

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта»
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи



ХРОМОВ Игорь Юрьевич

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ
НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛОКОМОТИВОВ**

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
ЛАКИН Игорь Капитонович

Москва – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	16
1.1 Техническое состояние локомотивов	16
1.1.1 Состояние локомотивного парка России.....	16
1.1.2 Современные локомотивы с микропроцессорной системой управления	18
1.2 Сервисное обслуживание локомотивов.....	20
1.2.1 Сервисное обслуживание на сети железных дорог России.....	20
1.2.2 Контракт жизненного цикла	23
1.3 Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации по данным микропроцессорных систем управления	25
1.3.1 Группы диагностики в сервисных локомотивных депо	25
1.3.2 Автоматизированное рабочее место «Умный локомотив»	26
1.4 Средства автоматизации сервисных предприятий	30
1.4.1 Автоматизированная система управления «Сетевой график».....	30
1.4.2 Фиксация замечаний в АСУ «Сетевой график»	33
1.4.3 Цифровое депо в ООО «ЛокоТех».....	35
1.5 Постановка задачи исследования	38
2 АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ	40
2.1 Статистика надёжности локомотивов.....	40
2.1.1 Обработка исходных статистических данных	40
2.1.2 Человеческий фактор при определении виновной стороны по неплановым ремонтам	43
2.2 Корреляционный анализ влияния нарушений режимов эксплуатации на техническое состояние локомотива	46
2.3 Режимы эксплуатации локомотивов	52
2.3.1 Влияние погодных условий на подвижной состав.....	52

2.3.2	Нарушения режимов эксплуатации	52
2.4	Выводы по разделу 2	56
3	АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛОКОМОТИВОВ	57
3.1	Методика исследования	57
3.2	Дизель и дизельное оборудование	58
3.2.1	Превышение допустимого времени работы дизеля на холостом ходу	58
3.2.2	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей ..	61
3.2.3	Работа дизеля под нагрузкой при заниженной температуре теплоносителей (позиция контроллера машиниста выше 4-й).....	64
3.2.4	Работа дизеля под нагрузкой при превышенной температуре теплоносителей.....	69
3.2.5	Запуск дизеля без прокачки масла	72
3.3	Тяговые электрические машины	74
3.3.1	Следование на лимитирующий подъем с поездом критической массы со скоростью ниже расчётной	74
3.3.2	Отключение мотор-вентиляторов в режиме выбега или тяги локомотива / движение с отключенным тяговым электродвигателем	78
3.3.3	Перегрузка тягового электродвигателя по токам/напряжениям.....	80
3.3.4	Превышение допустимых значений токов тягового (главного) генератора (кратковременный, часовой, длительный)	84
3.4	Электрооборудование и вспомогательные электрические машины	86
3.4.1	После остановки дизеля не выключен рубильник аккумуляторной батареи.....	86
3.5	Колёсно-моторный блок.....	87
3.5.1	Непринятие мер по случаю боксования колёсных пар	87
3.5.2	Применение вспомогательного крана в тяге для предотвращения боксования	89
3.5.3	Юз колёсных пар.....	91

3.5.4	Отключение автоматической подсыпки песка при исправной работе системы.....	93
3.6	Тормозное и пневматическое оборудование.....	95
3.6.1	Нарушение порядка продувки напорной магистрали	95
3.7	Выводы по разделу 3	97
4	АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ ЗАЩИТА ЛОКОМОТИВОВ	100
4.1	Методика реализации алгоритмических защит	100
4.2	Алгоритмические защиты от опасных режимов эксплуатации	103
4.2.1	Превышение допустимого времени работы дизеля на холостом ходу	104
4.2.2	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей ...	105
4.2.3	Работа дизеля под нагрузкой при заниженной температуре теплоносителей (ПКМ выше 4-й).....	106
4.2.4	Работа дизеля под нагрузкой при превышенной температуре теплоносителей.....	107
4.2.5	Запуск дизеля без прокачки масла	109
4.2.6	Следование на лимитирующий подъем с поездом критической массы со скоростью ниже расчётной.....	110
4.2.7	Отключение мотор-вентиляторов в режиме выбега или тяги локомотива / движение с отключенным тяговым электродвигателем	111
4.2.8	Перегрузка ТЭД по токам/напряжениям.....	112
4.2.9	Превышение допустимых значений токов тягового (главного) генератора (кратковременный, часовой, длительный)	114
4.2.10	После остановки дизеля не выключен рубильник аккумуляторной батареи.....	115
4.2.11	Непринятие мер по случаю боксования колёсных пар	116
4.2.12	Применение вспомогательного крана в тяге для предотвращения боксования	117
4.2.13	Юз колёсных пар.....	118
4.2.14	Отключение автоматической подсыпки песка при исправной работе системы	119

4.2.15	Нарушение порядка продувки напорной магистрали	120
4.3	Датчики, необходимые для реализации алгоритмических защит	122
4.3.1	Датчик температуры меди в обмотках тягового электродвигателя (якорной, главных и добавочных полюсов)	122
4.3.2	Датчик температуры окружающей среды	123
4.3.3	Вибродатчики на экипажной части локомотива.....	123
4.4	Испытание алгоритмических защит.....	124
4.5	Выводы по разделу 4	125
5	ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	127
5.1	Расширенный классификатор нарушений режимов эксплуатации	127
5.2	Алгоритмические защиты оборудования локомотивов от опасных режимов эксплуатации	129
5.3	Автоматизированное планирование объёма ремонта в условиях сервисных депо при наличии нарушений.....	131
5.4	Технико-экономическая эффективность	137
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	141
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	144
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	146
	ПРИЛОЖЕНИЕ А – КАТАЛОГ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАЩИТ ЛОКОМОТИВОВ.....	161
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б – СПРАВКИ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	185

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Железная дорога является крупнейшей, а в отдельных регионах и единственной транспортной артерией страны, обеспечивающей транспортировку грузов и пассажиров, и занимает ведущее положение в единой транспортной системе.

С начала XXI века на отечественном железнодорожном транспорте проводится комплексная реформа системы управления эксплуатацией и обслуживания железнодорожного транспорта.

Существенным и наиболее масштабным изменением в железнодорожном комплексе в рамках реформы является разделение функции эксплуатации и функции технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов, для обеспечения деятельности которых созданы соответствующие подразделения: Дирекция тяги (ЦТ) – филиал ОАО «РЖД» и Дирекция по ремонту тягового подвижного состава (ЦТР) – филиал ОАО «РЖД». С целью повышения качества ТОиР и системы эксплуатации локомотивов, с 1 июля 2014 года основные функции ТОиР переданы частным сервисным компаниям (ООО «ТМХ Сервис» (теперь – ЛокоТех-Сервис) и ООО «СТМ-Сервис»), оплата работы которых производится не за количество выполненных ремонтов, а за полезную работу локомотивов – километры пробега для магистральных локомотивов и часы работы для маневровых. Благодаря этому появилась заинтересованность в увеличении безремонтных пробегов локомотивов, увеличении их полезной работы, улучшению технического состояния локомотивного парка.

После разделения функций эксплуатации и ремонта локомотивов появилась необходимость разделения ответственности за отказы тягового подвижного состава между производителями, эксплуатацией и сервисным ремонтом. В связи с этим потребовался контроль правильности эксплуатации локомотивов. Наличие на современных локомотивах микропроцессорных систем управления с функцией диагностирования, а в ремонтных депо – автоматизированных систем управления ТОиР позволяет определить зависимость технического состояния локомотивов от

режимов их эксплуатации. Поэтому тема диссертации является актуальной для совершенствования системы ТОиР и повышения надёжности локомотивов.

Степень разработанности темы. Управление техническим состоянием и надёжностью тягового подвижного состава (ТПС), в т.ч. с учётом режимов их эксплуатации постоянно является темой научно-практического изучения в локомотивостроительных компаниях «Трансмашхолдинг», «Уральские локомотивы», General Electric, Siemens, Alstom, Bombardier, в научно-исследовательских институтах ВНИИЖТ, ВНИКТИ, ВЭЛНИИ, НИИТКД, в проектно-конструкторском бюро локомотивного хозяйства (ПКБ ЦТ), в высших учебных заведениях: ДВГУПС, ИрГУПС, ОмГУПС, ПГУПС, РУТ, СамГУПС и РГУПС. Значительный вклад внесли многие отечественные учёные: И.П. Исаев [36 – 39, 79, 93], В.Д. Кузьмич [49], А.В. Горский [18 – 24, 102], А.А. Воробьев [18, 6, 7, 20, 24, 102], А.В. Воротилкин [8, 9], В.А. Гапанович [12], А.Д. Глущенко [13], А.Т. Головатый [14, 15], А.Н. Головаш [16, 17], В.В. Грачёв [26], Ю.А. Давыдов [28 – 31], А.М. Замышляев [32], В.Н. Игин [33], Ю.М. Иньков [34, 35], С.И. Ким [41, 67], В.И. Киселев [42, 43], В.С. Коссов [46, 47], А.С. Космодамианский [44, 45], С.М. Кузнецов [2], И.К. Лакин [58 – 63, 124], А.Т. Осяев [65, 66, 67], А.В. Плакс [69], А.Д. Пузанков [72, 73, 74], Е.Н. Розенберг [78], А.П. Семёнов [82, 83, 84], В.В. Семченко [86 – 89], А.В. Скребков [91, 92], В.Т. Стрельников [93], Э.Д. Тартаковский [94, 95], М.В. Федотов [101], В.П. Феоктистов [102, 103], В.А. Четвергов [116], Н.Г. Шабалин [117, 118, 119], С.Г. Шантаренко [120, 121].

В современных условиях сервисного ТОиР теме управления техническим состоянием локомотивов посвящены научные труды А.А. Аболмасова [1], И.И. Лакина [50], И.В. Пустового [75]. Проблема изучается и за рубежом, например, в трудах P. Burgwinkel [122], F. Rensmann, H.W. Heinrich [123], J.P. Womak [125], D.T. Jones, D. Roos и многих других.

Проблема управления надёжностью локомотивов является проработанной, но требует развития для условий разделения функций эксплуатации и ТОиР.

Объектом исследования являются локомотивы, их техническое состояние и режимы эксплуатации.

Предметом исследования является зависимость технического состояния локомотивов от режимов их эксплуатации, что позволит повысить эффективность системы технического обслуживания и ремонта локомотивов, повысить надёжность локомотивов.

Целью исследования является повышение надёжности локомотивов за счёт выявления закономерностей между режимами эксплуатации и техническим состоянием локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления локомотивов (МСУ) для использования в автоматизированных системах управления ТООР (АСУ ТООР) в условиях сервисных ремонтных локомотивных депо.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1 анализ современной системы ТООР отечественных локомотивов и существующих систем управления их техническим состоянием с выявлением имеющихся проблем с обеспечением технического состояния локомотивов;
- 2 статистический анализ соблюдения режимов эксплуатации отечественных локомотивов с выявлением типовых нарушений;
- 3 разработка метода и статистический анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов, научное обоснование наличия закономерностей для каждого вида оборудования локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления и автоматизированных систем управления локомотивного хозяйства;
- 4 разработка методов защиты оборудования локомотивов от опасных режимов эксплуатации за счёт доработки программного обеспечения (ПО) бортовых МСУ локомотивов (алгоритмические защиты);
- 5 практическая реализация полученных в диссертации научных результатов в программном обеспечении МСУ локомотивов и в информационных системах сервисных локомотивных депо.

Научная новизна диссертационной работы.

- 1 Научно доказаны или подтверждены закономерности между нарушениями режимов эксплуатации (НРЭ) локомотивов и их техническим состоянием.
- 2 Разработан усовершенствованный научно обоснованный классификатор нарушений режимов эксплуатации с указанием их возможного влияния на техническое состояние локомотивов.
- 3 Разработан метод защиты локомотивов от опасных нарушений режимов эксплуатации с использованием бортовых микропроцессорных систем управления для существующего и расширенного набора датчиков технического состояния оборудования локомотивов.
- 4 Разработан метод автоматизированного планирования объема технического обслуживания и ремонта локомотивов в условиях сервисных локомотивных депо при наличии нарушений режимов эксплуатации.
- 5 Выполнено технико-экономическое обоснование целесообразности реализации предлагаемых технических решений.

Теоретическая значимость работы. Разработан вероятностно-статистический метод определения влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов и метод планирования ТОиР с учётом режимов их эксплуатации.

Практическая значимость работы. Разработан и внедрён классификатор нарушений режимов эксплуатации и их влияния на техническое состояние локомотивов. Обоснован расширенный набор датчиков для контроля технического состояния локомотивов и режимов их эксплуатации. Технические решения реализованы в АСУ ТОиР сервисных локомотивных депо группы компаний «ЛокоТех». Разработана матрица влияния режимов эксплуатации локомотивов на их техническое состояние, позволяющая своевременно оценивать наиболее подверженные нарушениям серии локомотивов и их оборудование, разрабатывать соответствующие корректирующие мероприятия. Разработаны и апробированы на тепловозах серий ТЭП70БС, 2ТЭ116У и 2(3)ТЭ10МК(УК) алгоритмические защиты от опасных режимов эксплуатации за счёт доработки программного обеспечения

микропроцессорных систем управления локомотивов. Для сетевой (85 сервисных локомотивных депо) информационно-управляющей системы АСУ «Сетевой график» (АСУ СГ) группы компаний «ЛокоТех» разработано автоматизированное рабочее место диагноста с модулем «Корреляция НР-НРЭ», внедрённое в работу во всех сервисных подразделениях группы компаний.

Методология и методы исследования. При анализе надёжности локомотивов, режимов их эксплуатации и влияния нарушений режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов использованы вероятностно-статистические методы, методы корреляционного анализа, в том числе математические функции пакета программ Microsoft Excel (MS Excel). При выявлении влияния режимов работы локомотивов на техническое состояние их оборудования выполнен анализ имеющихся место физических процессов, в том числе с использованием положений теории локомотивной тяги. При разработке алгоритмических защит использованы методы алгоритмического программирования. При разработке способов управления техническим состоянием использованы методы международных стандартов в области управления качеством и надёжностью, методы концепции управления производственным предприятием Lean Production и библиотека информационных технологий ИТЛ.

Положения, выносимые на защиту.

- 1 Метод выявления наличия закономерностей между режимами эксплуатации локомотивов и их техническим состоянием.
- 2 Расширенный классификатор нарушений режимов эксплуатации, внедрённый в работу локомотивного комплекса ОАО «РЖД» при сервисном техническом обслуживании и ремонте локомотивов.
- 3 Алгоритмы защиты оборудования локомотивов от опасных режимов эксплуатации.
- 4 Обоснование минимально необходимого набора датчиков для контроля режимов эксплуатации локомотивов.

5 Метод автоматизированной организации сервисного технического обслуживания и ремонта локомотивов с учётом нарушений режимов эксплуатации, влияющих на техническое состояние оборудования.

Степень достоверности. Высокий уровень достоверности полученных теоретических положений научного исследования достигнут за счёт использования методов вероятностно-статистического анализа при обработке большого объёма данных ОАО «РЖД» и группы компаний «ЛокоТех» об эксплуатации и ремонте локомотивов (Big Data): более 21,1 млн событий за 12 месяцев по 85-и сервисным локомотивным депо. Достоверность также подтверждается практическим внедрением результатов исследований в программные модули автоматизированной системы управления ТООР группы компаний «ЛокоТех», а также в программное обеспечение бортовых микропроцессорных систем управления тепловозов серий ТЭП70БС, 2ТЭ116У и 2(3)ТЭ10МК(УК).

Апробация работы. Основные результаты работы доложены, обсуждены и одобрены на девяти научно-практических (НПК) и научно-технических (НТК) конференциях: 5-я международная НТК «Локомотивы. Транспортно-технологические комплексы. XXI век», 6-я и 7-я международные НТК «Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век» (ПГУПС, Санкт-Петербург, 2017, 2018, 2020); 3-я международная НПК «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов» (МИИТ, ЛокоТех, Москва, 2018); 19-я всероссийская НПК «Безопасность движения поездов – 2018» (РУТ, Москва, 2018); 10-я международная НПК «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (ИрГУПС, Иркутск, 2019); всероссийская НПК с международным участием «Цифровизация транспорта и образования» (КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 2019); всероссийская НПК с международным участием «Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава» (КрИЖТ ИрГУПС, ДЦВ Красноярской ж.д., Красноярск, 2020), 4-я международная НПК «Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта» (ОмГУПС, Омск, 2020).

Диссертация в 2020-м году доложена и одобрена на заседаниях кафедр «Электропоезда и локомотивы» (РУТ, г. Москва) и «Локомотивы и локомотивное хозяйство» (ПГУПС, г. Санкт-Петербург).

Публикации. Основные положения диссертационной работы и полученные результаты опубликованы в 19-и научных работах, из них 4 статьи (одна без соавторов) в изданиях, включенных в перечень ВАК, 4 – в отраслевых журналах (две без соавторов), 11 – в трудах научно-практических конференций (5 из них без соавторов), 12 статей имеют индексацию РИНЦ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 125 источников и двух приложений. Содержит 187 страниц основного текста, 22 таблицы и 84 рисунка.

В первом разделе выполнен анализ технического состояния отечественного локомотивного парка, а также уровня его технического развития. Рассмотрена система сервисного обслуживания локомотивов. Изучено становление системы мониторинга на железных дорогах России: появление новых локомотивов с бортовыми МСУ, развитие диагностического оборудования, создание групп диагностики в сервисных локомотивных депо (СЛД). Проанализированы средства автоматизации сервисных предприятий. Поставлена задача исследования.

Во втором разделе по данным литературных источников выполнен анализ существующей в ОАО «РЖД» системы технического обслуживания и ремонта локомотивов: внедрена сервисная система ТОиР в том числе по контракту жизненного цикла. В связи с этим стала актуальной задача отнесения ответственности за отказы локомотивов между их производителями и конструкторами, эксплуатационными и ремонтными подразделениями.

Сервисные компании автоматизируют работу локомотивных депо, внедряя ERP- и MES-системы (АСУ ТОиР) на базе пакетов программ 1С или SAP R/3, что создаёт предпосылки для автоматизации управления надёжностью и техническим состоянием локомотивов. Наибольший интерес для этих целей представляет АСУ ТОиР группы компаний «ЛокоТех» под общим названием АСУ «Сетевой

график», важным свойством которой является создание электронных журналов (аналогов журнала формы ТУ-28) для регистрации замечаний по техническому состоянию из доступных источников информации всех обслуживаемых локомотивов для их дальнейшего устранения при выполнении плановых и неплановых ремонтов (НР) локомотивов. Важно, что в системе предложено оценивать учёт технического состояния локомотивов через продолжительность, трудоёмкость и материалоемкость сверхцикловых ремонтных работ.

В АСУ «Сетевой график» реализовано автоматическое поступление замечаний из программы диагностирования по данным бортовых микропроцессорных систем управления локомотивов, реализуется с участием НИИТКД автоматическое поступление замечаний от деповских переносных и стационарных систем технического диагностирования.

На основании выполненного анализа поставлена задача совершенствования системы управления надёжностью локомотивов путём учёта влияния на техническое состояние режимов эксплуатации локомотивов.

Третий раздел научного исследования посвящён вероятностно-статистическому анализу распространённых нарушений режимов эксплуатации за 12 месяцев эксплуатации локомотивов. Определены физические процессы, приводящие к ухудшению технического состояния оборудования локомотивов после нарушений режимов эксплуатации. Описаны вероятные последствия нарушений. По каждому нарушению проанализирована статистика в виде диаграммы Парето с разбивкой по сериям локомотивов, а также статистическая информация по неплановым ремонтам, произошедшим из-за конкретного нарушения. На основании диаграмм определены зависимости и предрасположенности к отказу отдельных групп оборудования и серий локомотивов из-за определённых НРЭ. Составлена матрица влияния НРЭ на локомотивы – для наглядного отображения «проблемных зон» по группам оборудования и сериям локомотивов и определения приоритетов при дальнейшей разработке корректирующих мероприятий.

В четвёртом разделе разработана методика реализации алгоритмических защит. Рассмотрено диагностическое оборудование, благодаря которому возможна реализация этих защит. На примере самых распространённых НРЭ, приведённых в третьем разделе, описаны предлагаемые алгоритмические защиты: указан алгоритм их действия, приведена логическая блок-схема и информация по датчикам, необходимым для реализации алгоритмических защит. Предложенные алгоритмы защиты послужили основой для разработки новой версии программного обеспечения локомотивов серии ТЭП70БС, 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК). Усовершенствованное программное обеспечение проверено на локомотивах упомянутых серий в трёх локомотивных депо, приведена статистика срабатывания алгоритмических защит. В процессе изучения диагностического оборудования локомотивов выявлено, что для внедрения большинства алгоритмических защит не требуется установки дополнительного диагностического оборудования. Однако, для реализации полного перечня защит, необходима установка датчиков температуры обмотки (якорной, главных и добавочных полюсов), окружающего воздуха и вибродатчиков на экипажной части локомотива. Полный перечень разработанных алгоритмических защит приведён в Приложении А.

В пятом разделе описана практическая реализация научных разработок. Приведены результаты практической реализации научных разработок. Расширенный классификатор нарушений режимов эксплуатации утверждён распоряжением ОАО «РЖД» и используется специалистами групп диагностики в СЛД группы компаний «ЛокоТех». Описаны практические результаты внедрения опытного программного обеспечения с разработанными алгоритмическими защитами на локомотивах серии ТЭП70БС, 2ТЭ116У и 2(3)ТЭ10МК(УК). В результате внедрения алгоритмических защит существенно сократилось количество НРЭ и неплановых ремонтов оборудования локомотивов. Описано практическое внедрение автоматизированного рабочего места диагноста с модулем «Корреляция НР-НРЭ» в информационно-управляющую систему группы компаний «ЛокоТех» – АСУ «Сетевой график»: разработан справочник типовых

замечаний, реализован функционал, повышающий прозрачность расследования неплановых ремонтов по локомотиву со случаями нарушений режимов эксплуатации. Проанализированы источники технико-экономического эффекта от внедрения результатов научного исследования.

В заключении приведены основные научные и практические результаты научного исследования, сформулированы выводы и предложения по дальнейшей разработке темы диссертации.

В списке использованных литературных источников приведены основные использованные источники, ссылки на которые приведены по тексту диссертации.

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

1 ОБОСНОВАНИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Техническое состояние локомотивов

1.1.1 Состояние локомотивного парка России

Железнодорожный транспорт в России был и остаётся основным видом пассажирских и грузовых перевозок. Это обусловлено многими факторами, основные из которых – себестоимость перевозок, большой лимит по максимальному перевозимому весу груза, а также географической и климатической разнообразностью страны.

Если в части пассажирских перевозок существенную конкуренцию железнодорожному сообщению составляют автомобильные и авиаперевозки, то в грузовых перевозках железнодорожный транспорт, по данным ОАО «РЖД», существенно лидирует (рисунок 1.1). Большой процент грузооборота имеет только трубопроводный способ транспортировки грузов, но ввиду особой специфики данного вида грузового сообщения и крайне ограниченного типа транспортируемых грузов (жидкое и газообразное топливо), полностью заместить железнодорожное сообщение ему не удастся [76].

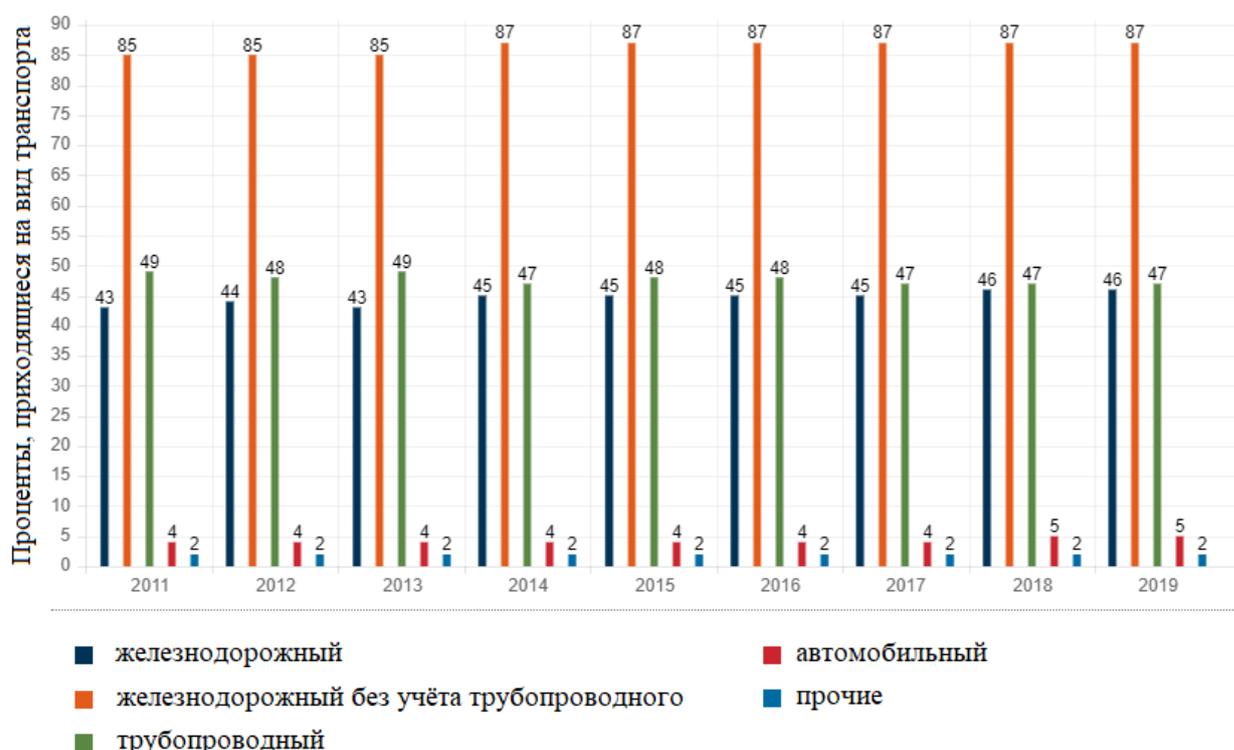


Рисунок 1.1 – Структура грузооборота в процентах по видам транспорта

Однако, наряду с повышенным спросом к железнодорожным перевозкам, появилась проблема со средним возрастом и техническим состоянием локомотивного парка: недофинансирование отрасли, снижение выпуска новых локомотивов, и списание локомотивов с неисчерпанным ресурсом в 90-е годы прошлого века поставили под угрозу факт обеспечения необходимых локомотивных мощностей для осуществления перевозочного процесса в начале XXI-го века, поскольку планируемое количество списываемых локомотивов превышало запланированное количество закупаемых единиц тягового подвижного состава, а средний возраст ТПС стал критически приближаться к нормативному сроку полезного использования локомотива (индивидуальный для каждой серии локомотивов).

В сложившейся ситуации, наряду с прогнозами (на 2013 – 2019 год) по снижению суммарной мощности грузовых тепловозов, и при отсутствии планов массовой электрификации участков пути, появилась идея применять маневровые тепловозы серии ТЭМ7А в сдвоенном исполнении по системе многих единиц (СМЕ) для вождения грузовых поездов – такая идея стала победителем смотра-конкурса «Идея ОАО «РЖД»-2013» [11, 48].

Очевидно, что это была вынужденная мера, поскольку даже грузовые тепловозы, спроектированные и рассчитанные под такую работу, имели проблемы с тяговыми двигателями из-за перевеса поезда.

В ОАО «РЖД» был выработан план по «омоложению» среднего возраста подвижного состава. Так, со слов начальника Дирекции тяги ОАО «РЖД» Валинского О.С.: «Ежегодная потребность обновления парка рассчитывается на период до 2025 года от 720 до 745 единиц». В 2017 году была запланирована поставка 459 локомотивов, в 2018 – 600 локомотивов, в 2019 – 732 локомотива (среди которых 12 новых локомотивов серии 3ТЭ25К2М для эксплуатации на Дальневосточной железной дороге), а в 2020 году – 746 локомотивов. Начал обсуждаться вопрос о переходе на закупку локомотивов по контракту жизненного цикла, подразумевающий поставку, техническое обслуживание и ремонт локомотивов.

Также была поставлена задача повысить эффективность использования локомотивов, их надёжность, а также эффективность ремонтов, что, в совокупности, должно привести к сокращению необходимости в локомотивном парке примерно на 1 тысячу единиц [77].

1.1.2 Современные локомотивы с микропроцессорной системой управления

Развитие вычислительной техники и микропроцессорных систем не обошло стороной и локомотивный комплекс. Помимо повышенных требований к техническим характеристикам новых локомотивов, современные локомотивы невозможно представить без бортовых микропроцессорных систем управления.

Микропроцессорные системы управления изначально были предназначены для управления тяговым электроприводом локомотивов и поддержания параметров режимов работы локомотива согласно заданным значениям.

Одна из первостепенных и важнейших задач использования МСУ – реализация полного использования силы тяги при любых условиях сцепления. В основе её лежит принцип дифференциального управления каждым тяговым электродвигателем (ТЭД). С этой целью управление напряжением тяговых двигателей выполняется независимо тиристорными выпрямителями.

Для функционирования микропроцессорной системы управления режимами работы локомотива необходима чётко отлаженная обратная связь. В рамках управления тяговым электроприводом – это информация, получаемая от датчиков тока и напряжения ТЭД, скорости вращения колёсной пары (КП) и другие. Применительно к контролю параметров режимов работы дизеля – это информация по частоте вращения коленчатого вала дизеля, положению топливных реек, температуре выхлопных газов из каждого цилиндра и множество других параметров.

Однако, информацию, которую обрабатывает МСУ локомотива можно использовать не только для управления тяговыми ресурсами локомотива, но также и для анализа данных поездки локомотива, расчёта и оценки текущего состояния многих узлов и деталей локомотива.

На российских железных дорогах, локомотивы с МСУ стали появляться в середине «нулевых» — с момента начала серийного производства пассажирских локомотивов серии ТЭП70А (он же ТЭП70БС, ТЭП70У) производства ОАО «Коломенский завод» и грузовых локомотивов серии 2ТЭ116У производства ПАО «Лугансктепловоз», выпуск которых фактически прекращён с середины 2014 года, в связи с остановкой деятельности завода (в 2016 году завод выпустил последний локомотив – 3ТЭ116У). Основной отличительной чертой этих локомотивных серий от ранее выпускавшихся на заводах, является наличие комплексной бортовой МСУ, осуществляющей непрерывный контроль и регистрацию (в памяти бортового компьютера) значений нескольких сотен параметров (с периодичностью 0,5 – 1 с), используемых как для управления силовой установкой (дизель-генераторная установка – ДГУ), так и для реализации функции диагностики и, преимущественно, аварийно-предупредительной сигнализации.

Бортовые МСУ современных локомотивов могут отслеживать несколько сотен различных параметров и режимов работы локомотивного оборудования. Такой объём получаемой информации позволяет осуществлять качественный мониторинг и анализ технического состояния локомотивов, что, в свою очередь, может позволить корректировать существующую систему планово-предупредительного ремонта (ППР) – осуществлять обслуживание локомотива с учётом его фактического технического состояния. При этом следует отметить, что не всё локомотивное оборудование контролируется и анализируется бортовыми МСУ, поэтому их возможности ограничены [82].

Появление таких новых локомотивов способствовало внедрению различных интеллектуальных технологий в ТОиР отечественных локомотивов.

В мировой практике, благодаря развитию систем диагностики и мониторинга технического состояния локомотивов, наблюдаются тенденции к переходу на систему ремонта по фактическому состоянию локомотива, однако полностью отказаться от ППР в том или ином её виде не удалось пока ещё никому [51].

1.2 Сервисное обслуживание локомотивов

Сервисное обслуживание локомотивов играет важнейшую роль в обеспечении бесперебойных перевозок и безопасности движения на железной дороге. Ввиду особой сложности конструкции подвижного состава в целом и тепловозов (из-за наличия дизеля) в частности, необходимо постоянно совершенствовать систему технического обслуживания и ремонта локомотивов.

1.2.1 Сервисное обслуживание на сети железных дорог России

Перенимая опыт западных стран, начиная с 2014 года, обслуживание локомотивов перешло от ОАО «РЖД» к сервисным компаниям, основной из которых была ООО «ТМХ-Сервис» (сейчас – ООО «ЛокоТех-Сервис»), заключившая сделку с ОАО «РЖД» на обслуживание 14 799 локомотивов. Крупнейшие сервисные компании на данный момент – это ООО «ЛокоТех-Сервис» (входящая в группу компаний ООО «ЛокоТех»), ООО «СТМ-Сервис», ООО «Милорем-Сервис».

Оплата работы сервисных компаний осуществляется не по факту проведения ремонта, а за 1 километр пробега локомотива, то есть оплата производится только за факт выполнения полезной работы. Переход на такую систему обслуживания подвижного состава позволил разделить зоны ответственности эксплуатирующей и сервисных компаний, что, в свою очередь, предполагало повышение качества обслуживания и эксплуатационных показателей. Такой подход к сервису, со слов экспертов, оправдал себя: с 2012 года межремонтный пробег увеличился на 15 процентов, а затраты на 1 млн км пробега снизились на 19 процентов [80].

Крупнейшей сервисной компанией и основным преемником производственных мощностей (по сервису локомотивов) ОАО «РЖД» является группа компаний «ЛокоТех», производственную базу которой составляют около 90 сервисных локомотивных депо и 9 локомотиворемонтных заводов по всей России. Для эффективного управления такой обширной производственной базой и повышения контроля производственных процессов, с 2019 года компания перешла на полигонную систему управления, состоящую из трёх полигонов (Центральный, Северный, Восточный), которые, в свою очередь, разделены на управления по

дорогам – в соответствии со структурой «дорог» ОАО «РЖД» для оптимизации взаимодействия между компаниями на местном и региональном уровнях. Большой объём обслуживаемых в ООО «ЛокоТех» локомотивов, наряду с разнообразием обслуживаемого парка, способствуют постоянному развитию технологии ремонта, повышению качества технического обслуживания и ремонта, технических, информационных и аппаратных средств, используемых при анализе состояния локомотива и выполнении сервисного обслуживания [53].

Так, в 2012 году, в группе компаний ООО «ЛокоТех» разработана и утверждена «Концепция Автоматизированной системы управления надёжностью локомотивов (АСУНТ)» (рисунок 1.2), включающая в себя три контура управления техническим состоянием подвижного состава:

- контур управления инцидентами;
- контур управления проблемами;
- контур управления уровнем сервиса.

Основой системы АСУНТ является мониторинг технического состояния оборудования локомотивов и режимов их функционирования в условиях эксплуатации. Результатом мониторинга являются так называемые «инциденты», то есть любое отклонение от «нормы» технического состояния локомотива и режима его эксплуатации, установленных требованиями руководств по эксплуатации, техническими условиями по локомотиву в целом и отдельному его оборудованию в частности. Обнаруженные на данном этапе инциденты устраняются проведением корректирующих мероприятий: восстановление технического состояния (плановый или неплановый ТОиР) и мероприятия по предотвращению нарушений режимов эксплуатации – через эксплуатирующую локомотив организацию.

Контур управления проблемами осуществляется по результатам анализа инцидентов. Накопленная в первом контуре информация подвергается статистической обработке и факторному анализу, результатом чего является определение проблем (причин инцидентов).

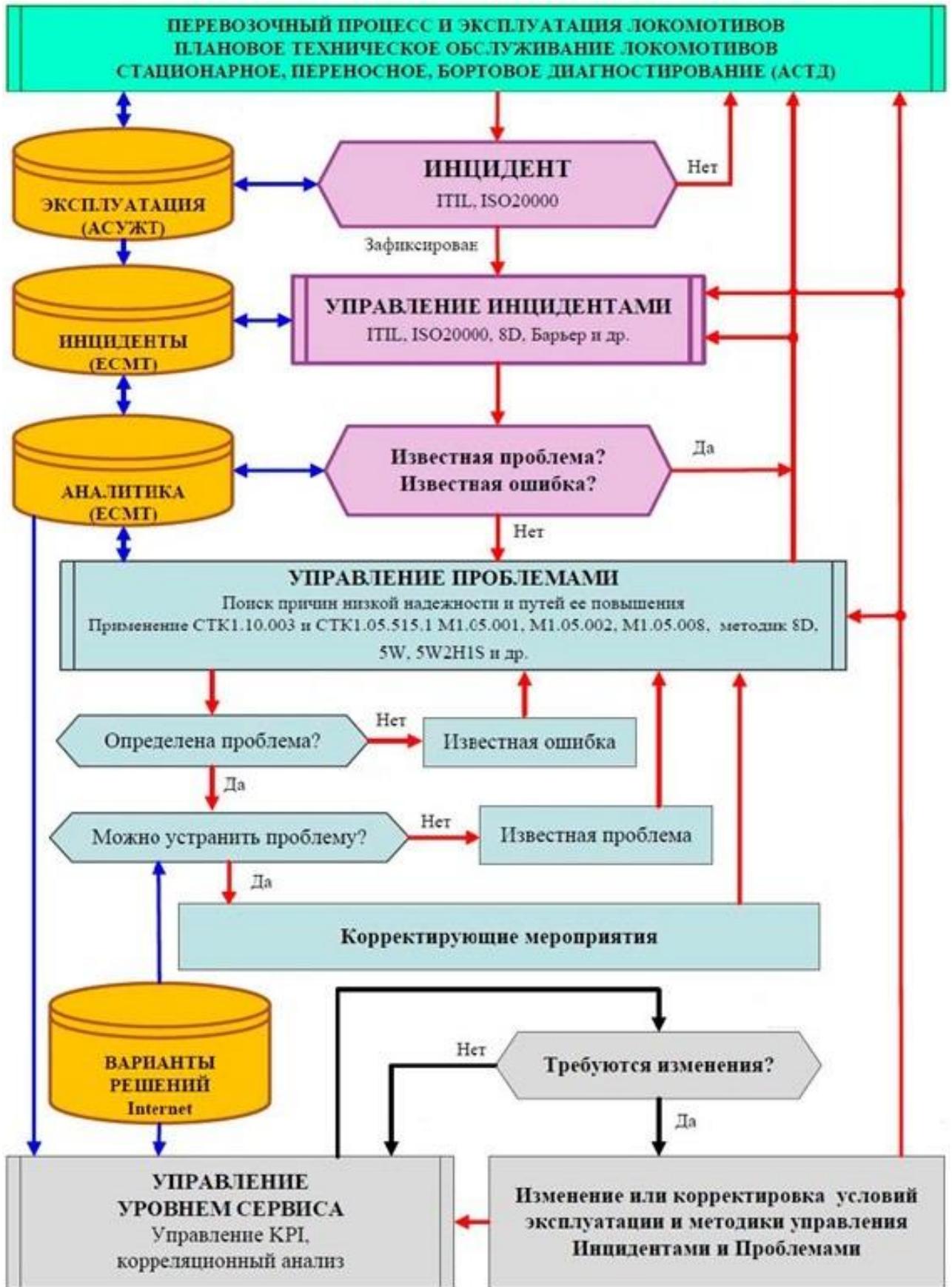


Рисунок 1.2 – Структура системы АСУНТ

На основании анализа возникающих проблем принимаются глобальные решения (корректирующие мероприятия) по изменению функционирования деятельности компании и взаимодействию с владельцем парка локомотивов.

Следует отметить одну из главных особенностей системы – реализация методологического принципа «Встроенное качество», когда используемые на каждом этапе принципы математических, логических и методических стандартов изначально инкапсулированы в систему. То есть осуществляется работа по принципу «правильно или никак». Благодаря данному принципу, работа в СЛД выполняется в соответствии с требованиями международных стандартов в области менеджмента качества, бережливого производства и др. даже при низкой квалификации работников СЛД.

1.2.2 Контракт жизненного цикла

С 2018 года для вновь выпускаемых локомотивов предусмотрен контракт жизненного цикла (КЖЦ) [107]. Контракт жизненного цикла подразумевает собой полное сопровождение изделия заводом-изготовителем на всём сроке его использования. Преимущество работы по такой системе заключается в том, что производителю становится невыгодна система, когда нужно просто продать готовый продукт, а дальнейшая его судьба (например, исправность) особого значения не имеет (разве что ущерб репутации в случае неисправности), поскольку, согласно договору КЖЦ, именно завод-производитель несёт полную ответственность за техническую исправность своего продукта (локомотива, в частности), а также поддержание его работоспособности. Следственно, производитель ещё на стадии проектирования изделия будет стремиться минимизировать свои дальнейшие затраты, а следственно выдать более совершенный, надёжный и отвечающий всем требованиям заказчика продукт.

В России уже имеется положительный опыт перехода на КЖЦ: в автомобильной промышленности (в том числе и инфраструктура – отрезки федеральных трасс М4, М1 и М11), атомной энергетике, авиа- и вагоностроении.

Применительно к железнодорожному транспорту, первой компанией в России, которая перешла на закупку новых изделий по КЖЦ стала ОАО «РЖД» с

контрактом на закупку и обслуживание поездов «Сапсан» (Velaro RUS) производства «Siemens». В свою очередь, первыми, кто начал закупать по КЖЦ изделия, производимые в России, стал ГУП «Московский метрополитен». Компания заключила договор на поставку поездов моделей 81-760/761 «Ока» и 81-765/766/767 «Москва» производства ОАО «Метровагонмаш», снизив тем самым расходы на подвижной состав на 15 % [80].

В отличие от иностранных компаний (General Electric, Siemens, Alstom и др.), где сервисное обслуживание подвижного состава осуществляется предприятием-изготовителем на всем пути его жизненного цикла, техническое обслуживание российских локомотивов, поставляемых по КЖЦ, осуществляется с помощью основных сервисных компаний (ООО «ЛокоТех», ООО «СТМ-Сервис»), обслуживающих подвижной состав с момента разделения «эксплуатации» и «сервиса» [27].

Переход на КЖЦ подразумевает положительное влияние на обе стороны:

- производитель (завод-изготовитель) повышает качество выпускаемого продукта, получает новый опыт, а также прибыль на протяжении всего срока службы изделия;
- заказчик (эксплуатирующая компания) получает возможность сконцентрировать внимание только на эксплуатационных показателях, не забывая голову задачами сервиса – со всеми сопутствующими затратами ресурсов и времени.

Итоговая эффективность КЖЦ зависит от взаимодействия производителя и заказчика на всех этапах жизненного цикла. Например, получая обратную связь от заказчика в процессе эксплуатации, производитель может внести незначительные изменения в конструкцию следующих партий локомотивов для повышения их надёжности [10].

1.3 Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации по данным микропроцессорных систем управления

Переход на сервисную систему обслуживания локомотивов положил начало развитию системы мониторинга технического состояния и эксплуатации локомотивов в нашей стране, так как от времени полезной эксплуатации локомотива напрямую зависит прибыль сервисной компании. Для осуществления непрерывного мониторинга технического состояния нужны как человеческие, так и информационно-программные ресурсы. На примере группы компаний «ЛокоТех» рассмотрим основные инструменты осуществления мониторинга.

1.3.1 Группы диагностики в сервисных локомотивных депо

В рамках работы согласно концепции АСУНТ, а также в связи с появлением на железных дорогах России новых локомотивов с бортовыми МСУ, появилась необходимость в создании подразделения в каждом СЛД, на которых было бы возможно возложить функцию считывания и расшифровки данных поездки и диагностической информации с бортовых МСУ локомотивов.

С этой целью в группе компаний ООО «ЛокоТех», были созданы новые штатные единицы – группы диагностики, численностью от двух человек [110].

Основными задачами групп диагностики является:

- анализ данных бортовых МСУ с целью выявления предотказных состояний (предотказы) оборудования локомотива и иных параметров работы локомотивного оборудования (под предотказом понимается работоспособное состояние оборудования или узла/детали, при котором его определяющие параметры (хотя бы один из них) имеют значение, находящееся в области предельных значений, установленных эксплуатационной, ремонтной или иной технической документацией);
- контроль технического состояния устройств бортовой диагностики, которые подвержены негативному воздействию в пути следования локомотива, а также вандализму со стороны локомотивных бригад.

После захода локомотива в депо, инженер группы диагностики производит копирование информации, накопленной бортовой МСУ, на съёмный флеш-

накопитель для последующей обработки полученной информации на своём рабочем месте.

Для расшифровки данных поездки могут использоваться различные автоматизированные рабочие места (АРМ) в зависимости от серии локомотива и установленной на нём бортовой микропроцессорной системы управления [115].

Анализ выявляемых группами диагностики инцидентов показал, что массовых характер имеют случаи несоблюдения локомотивными бригадами требований руководств по эксплуатации локомотивов, следствием которых является превышение установленных пределов значений контролируемых параметров.

Поскольку надёжность – это свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения [25], то нарушение этих «заданных режимов», то есть превышение установленных пределов значений контролируемых параметров, неминуемо ведёт к ухудшению технического состояния локомотивного оборудования, и, как следствие, снижению надёжности локомотива в целом.

Такие инциденты получили название нарушение режимов эксплуатации и происходят, в основном, по причине низкой технологической грамотности локомотивных бригад или из-за превышения предельных весовых норм поездов. Была произведена работа по систематизации и определению основных НРЭ [68].

1.3.2 Автоматизированное рабочее место «Умный локомотив»

Группы диагностики положили начало развитию системы мониторинга отечественных локомотивов и до сих пор остаются важнейшим её этапом. Растущие объёмы обрабатываемой группами диагностики информации, а также современные тенденции к цифровизации и автоматизации процессов производства привели к идее использования интеллектуальных программных методов для обработки диагностической информации [83].

В рамках реализации этих идей, с 2016 года для решения задач обработки диагностической информации, накапливаемой в бортовых МСУ, привлечена компания ООО «Кловер Групп», совместно с которой в группе компаний

ООО «ЛокоТех» реализуется проект «Умный локомотив». Следует отметить, что проект «Умный локомотив» непосредственно к локомотиву не относится и представляет собой автоматизированное рабочее место, доступ к которому при наличии учётной записи можно получить через браузер с любого компьютера, куда специалисты группы диагностики загружают файлы поездок, считанные с бортовых МСУ, для их дальнейшего анализа системой (рисунок 1.3).

По заложенным внутри алгоритмам, на сервере АРМ «Умный локомотив» (АРМ УЛ) происходит обработка данных и определение инцидентов (нарушения режимов эксплуатации, предотказы и неисправные датчики), после чего специалист группы диагностики может вручную проверить выявленные инциденты и производить дальнейшую работу. Особенность АРМ «Умный локомотив» в том, что помимо унификации обрабатываемых серий в одном АРМ, система осуществляет обработку информации и поиск инцидентов в автоматическом режиме [109]. В АРМ «Умный локомотив» предусмотрена возможность стыковки с АСУ «Сетевой график» для возможности дальнейшей отработки выявленных инцидентов. После обработки файлов поездки системой и проверки специалистом группы диагностики выявленных инцидентов в окнах «Все события» и «Графики» (рисунок 1.4), информация по инцидентам поступает в АСУ СГ (после нажатия специалистом группы диагностики кнопки «Выгрузить в АСУ СГ» в рабочем окне данных поездки), где фиксируется в виде замечания в диагностической карте ремонта локомотива [52].

Опытная эксплуатация системы началась с августа 2018 года на базе 59 предприятий (57 сервисных локомотивных депо и 2 сервисных отделения) группы компаний ООО «ЛокоТех». Такое количество задействованных в опытной эксплуатации предприятий, с учётом их географического расположения, позволило охватить более 7 тысяч секций локомотивов. Контроль за внедрением системы, а также её доработки были произведены при активном участии автора. Внедрение подобной системы позволило упростить работу специалистам группы диагностики, а также создаёт предпосылки для автоматизации процессов считывания данных, определения инцидентов и их последующего устранения.

id	Серия	№ ТПС	Секция	Депо прили...	СЛД	Вид ТОиР	Дата загрузки	Продол...	Статус	Кол-во ин...	Начало данных	Окончание дан...	Пользователь	Проанализировал	Действия
3011986	ТЭП70БС	0129	А	ТЧЭ-11 СА...	СЛД Сарепта	ТО-2	10.03.2020, 09:20:44	81:21	Любое	49	04.03.2020, 18:00...	10.03.2020, 08:...	Павел Александрович К...		Скачать
3011982	2ТЭ116У	0209	Б	ТЧЭ-18 ДНО	СЛД Дно-Псков...	ТО-3	10.03.2020, 09:19:02	91:19			03.03.2020, 11:00...	08.03.2020, 22:...	Андрей Александрович ...	1	Скачать
3011981	2ТЭ25КМ	0236	Б	ТЧЭ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:18:59	119:18	Обработано	1	02.03.2020, 20:07...	08.03.2020, 00:...	Евгений Александрович ...		Скачать
3011980	2ТЭ25КМ	0236	А	ТЧЭ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:18:55	118:51		8	02.03.2020, 20:10...	08.03.2020, 00:...	Евгений Александрович ...		Скачать
3011977	2ТЭ25КМ	0315	Б	ТЧЭ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:14:20	110:51	Обработано	9	02.03.2020, 20:08...	07.03.2020, 23:...	Евгений Александрович ...		Скачать
3011976	2ТЭ25КМ	0315	А	ТЧЭ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:14:18	110:13	Обработано	56	02.03.2020, 20:56...	07.03.2020, 23:...	Евгений Александрович ...		Скачать
3011974	2ТЭ25КМ	0434	Б	ТЧЭ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:51:35	111:39	Обработано	0	02.03.2020, 20:28...	08.03.2020, 07:...	Анастасия Андреевна Ф...		Скачать
3011971	2ТЭ25КМ	0434	А	ТЧЭ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:50:48	111:45	Обработано	0	02.03.2020, 20:27...	08.03.2020, 07:...	Анастасия Андреевна Ф...		Скачать
3011969	2ТЭ25КМ	0430	Б	ТЧЭ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:50:07	60:45	Обработано	0	05.03.2020, 20:07...	08.03.2020, 17:...	Анастасия Андреевна Ф...		Скачать
3011968	2ТЭ25КМ	0430	А	ТЧЭ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:49:24	60:01	Обработано	0	05.03.2020, 20:29...	08.03.2020, 17:...	Анастасия Андреевна Ф...		Скачать
3011966	2ТЭ25КМ	0296	Б	ТЧЭ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:48:49	107:15	Обработано	5	02.03.2020, 20:21...	08.03.2020, 13:...	Анастасия Андреевна Ф...		Скачать
3011964	2ТЭ10МК	0558	А	ТЧЭ-3 ЗИМА	СЛД Новая Чара	Локомотив...	10.03.2020, 08:37:11	171:42	Обработано	636	26.02.2020, 00:12...	04.03.2020, 05:...	Юрий Юрьевич Колодюк		Скачать
3011961	2ТЭ25КМ	0355	Б	ТЧЭ-13 ЕР...									Евгений Александрович Му...		Скачать
3011960	2ТЭ10МК	0773	Б	ТЧЭ-3 ЗИМ									Юрий Юрьевич Колодюк		Скачать
3011956	2ТЭ25КМ	0313	Б	ТЧЭ-13 ЕР...									Евгений Александрович ...		Скачать
3011955	2ТЭ25КМ	0355	А	ТЧЭ-13 ЕР...									Евгений Александрович Му...		Скачать
3011954	2ТЭ25КМ	0313	А	ТЧЭ-13 ЕР...									Евгений Александрович ...		Скачать
3011952	2ТЭ25КМ	0414	Б	ТЧЭ-13 ЕР...									Евгений Александрович ...		Скачать
3011950	2ТЭ25КМ	0414	А	ТЧЭ-13 ЕР...									Евгений Александрович ...		Скачать
3011948	2ТЭ25КМ	0296	А	ТЧЭ-46 БР...									Анастасия Андреевна Ф...		Скачать

Реестр загрузок

Извлечение, загрузка, обработка первичной информации в систему

[Перейти](#)

Загрузка данных

[Перейти](#)

Отчеты

[Перейти](#)

Серия Номер локомотива Секция Вид ТОиР [ПРОАНАЛИЗИРОВАТЬ](#)

[ЗАГРУЗИТЕ ФАЙЛ](#)

или перетащите в это поле

+ ДОБАВИТЬ ОТЧЕТ

ID	Имя	Группа
18	1. Данные (СЛД-Серия)	Наличие данных
58	2. Данные (Посекционню)	Наличие данных
57	3. Итоговые данные (Серия)	Наличие данных

Рисунок 1.3 – Основные рабочие окна АРМ «Умный локомотив»

id	Серия	№ ТПС	Секция	Депозит при...	СЛД	Вид ТОиР	Дата загрузки	Продол...	Статус	Кол-во ин...	Начало данных	Окончание дан...	Пользователь	Проанализировал	Действия
3011986	ТЭП70БС	0129	А	ТЧЗ-11 СА...	СЛД Сарепта	ТО-2	10.03.2020, 09:20:44	81:21	Обработано	49	04.03.2020, 18:00...	10.03.2020, 08...	Павел Александрович К...		Скачать
3011982	2ТЭ116У	0209	Б	ТЧЗ-18 ДНО	СЛД Дно-Псков...	ТО-3	10.03.2020, 09:19...								Скачать
3011981	2ТЭ25КМ	0236	Б	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:18...								Скачать
3011980	2ТЭ25КМ	0236	А	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:18...								Скачать
3011977	2ТЭ25КМ	0315	Б	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:14...								Скачать
3011976	2ТЭ25КМ	0315	А	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 09:14...								Скачать
3011974	2ТЭ25КМ	0434	Б	ТЧЗ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:51...								Скачать
3011971	2ТЭ25КМ	0434	А	ТЧЗ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:50...								Скачать
3011969	2ТЭ25КМ	0430	Б	ТЧЗ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:50...								Скачать
3011968	2ТЭ25КМ	0430	А	ТЧЗ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:49...								Скачать
3011966	2ТЭ25КМ	0296	Б	ТЧЗ-46 БР...	СЛД Узловая	ТО-2	10.03.2020, 08:48...								Скачать
3011964	2ТЭ10МК	0558	А	ТЧЗ-3 ЗИМА	СЛД Новая Чара	Локомотив...	10.03.2020, 08:37...								Скачать
3011961	2ТЭ25КМ	0355	Б	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Ершовское	ТО-3	10.03.2020, 08:28...								Скачать
3011960	2ТЭ10МК	0773	Б	ТЧЗ-3 ЗИМА	СЛД Новая Чара	Локомотив...	10.03.2020, 08:28:26	170:03	Обработано	37	26.02.2020, 00:58...	04.03.2020, 06...	Юрий Юрьевич Колодок		Скачать
3011956	2ТЭ25КМ	0313	Б	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 08:27:57	110:10	Обработано	7	02.03.2020, 20:29...	07.03.2020, 22...	Евгений Александрович ...		Скачать
3011955	2ТЭ25КМ	0355	А	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Ершовское	ТО-3	10.03.2020, 08:27:42	130:29	Обработано	1	03.03.2020, 20:10...	10.03.2020, 04...	Дмитрий Васильевич Му...		Скачать
3011954	2ТЭ25КМ	0313	А	ТЧЗ-13 ЕР...	СЛД Астраханс...	ТО-2	10.03.2020, 08:27:07	108:05	Обработано	7	02.03.2020, 20:01...	07.03.2020, 22...	Евгений Александрович ...		Скачать
3011952															Скачать
3011950															Скачать

Все события

ИНЦИДЕНТЫ неисправные датчики тревожные сообщения границы файлов инциденты пользователя прогнозирование математические модели

Нарушение режимов эксплуатации Предотказное состояние Скрыть все

[ВЫГРУЗИТЬ В АСУ СГ](#)

Название	Количество	Показать	Выгрузить
Заниженные показания t выхлопных газов ЦК	48	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Длительная работа на холостом ходу.	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

20 Показано с 1 по 2 из 2

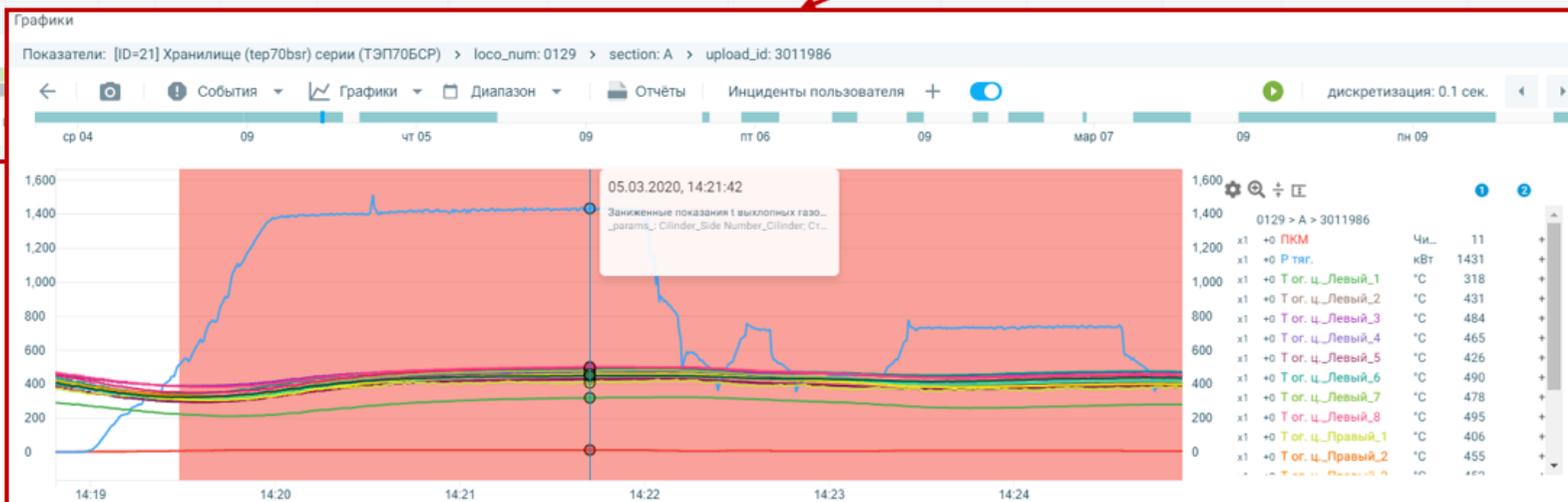


Рисунок 1.4 – Проверка выявленных инцидентов в АРМ «Умный локомотив»

1.4 Средства автоматизации сервисных предприятий

С развитием электронно-вычислительных машин в середине 20-го века, а также с активным внедрением теории менеджмента касаясь организации производства, сама структура организации работы на производстве и сервисных предприятиях начала принимать другой, более совершенный облик.

На примере крупнейшей сервисной компании России ООО «ЛокоТех» рассмотрим передовые технологические, информационные и цифровые решения.

1.4.1 Автоматизированная система управления «Сетевой график»

С развитием технологий, а также благодаря стремительной цифровизации производственных и сервисных предприятий, в группе компаний ООО «ЛокоТех» в рамках реализации концепции АСУНТ начала внедряться автоматизированная система управления технологическими процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов АСУ «Сетевой график». Постоянная промышленная эксплуатация системы началась с 24 января 2019 года, утверждённая внутренним приказом «Об управлении затратами ТОиР» группы компаний «ЛокоТех».

Проект АСУ СГ автоматизирует управление процессами мониторинга технического состояния локомотивов, планирования ТОиР, планирования производства (планирование потребности в товарно-материальных ценностях (ТМЦ) и материалах повторного использования (МПИ), а также в технологическом обеспечении) и производит управление ТОиР в СЛД.

Система позволяет сформировать различные отчёты для детального анализа информации, что, наряду с работой системы по принципу «замкнутого контура» (рисунок 1.5), позволяет реализовать принцип постоянного улучшения через проведение корректирующих мероприятий на различных уровнях и этапах технического обслуживания и ремонта локомотивов.

Важнейшим (с точки зрения учёта текущего технического состояния локомотива) элементом АСУ СГ является диагностическая карта (ДК), которая формируется сотрудниками производственно-диспетчерского отдела (куда также входят группы диагностики) и формирует объективную картину о техническом

состоянии локомотива. Вкладка «Замечания» диагностической карты содержит актуальный перечень неисправностей (включая замечания из единой системы мониторинга технического состояния локомотивов – ЕСМТ и АРМ УЛ) и, по своей сути, является заданием мастерам цехов в СЛД на выполнение дополнительных работ (сверхцикловых) для восстановления работоспособности локомотива.

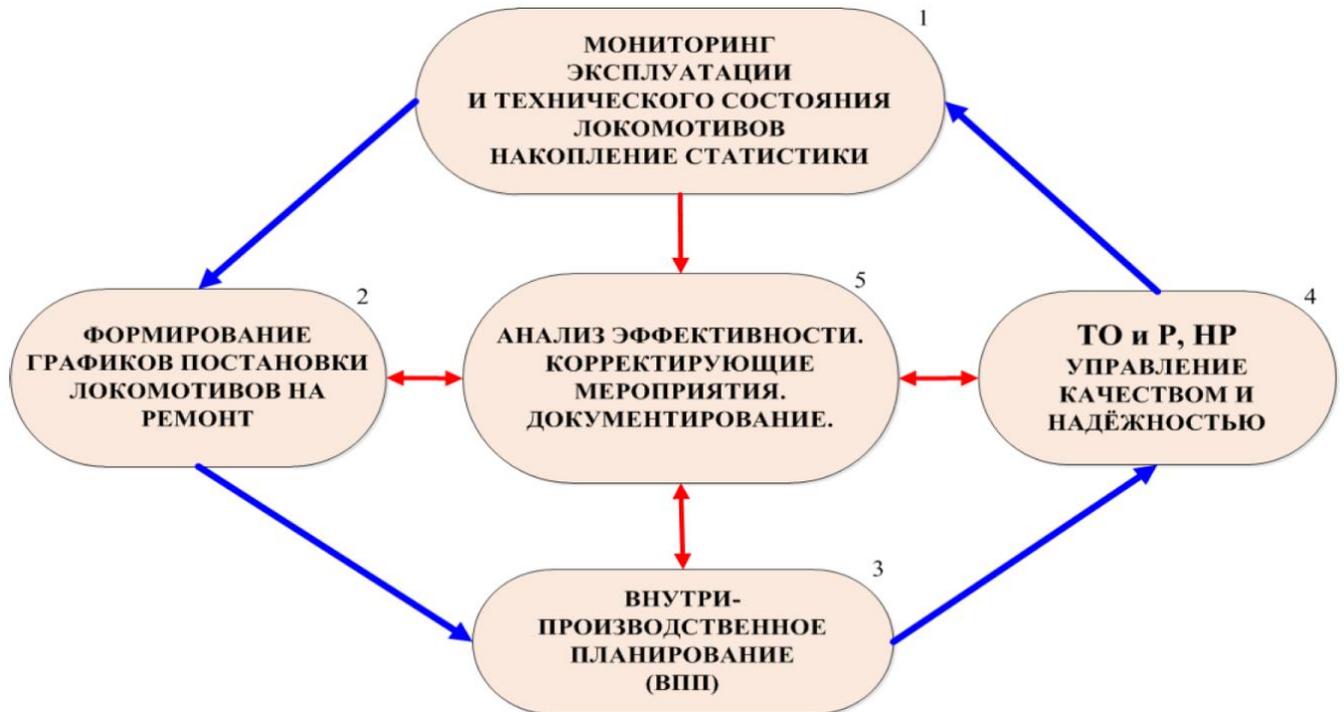


Рисунок 1.5 – Замкнутый контур управления АСУ «Сетевой график»

На основании замечаний в диагностической карте по загруженным в АСУ СГ шаблонам мастера назначают работы и осуществляют контроль их выполнения, формируют сменно-суточное задание слесарям, формируют заявки на склад по потребности в ТМЦ и МПИ и фиксируют установку/снятие линейного оборудования с локомотива.

В АСУ «Сетевой график» задействованы практически все участники производственного процесса СЛД. Роль сотрудников сервисных локомотивных депо по взаимодействию с АСУ «Сетевой график» показана на рисунке 1.6.

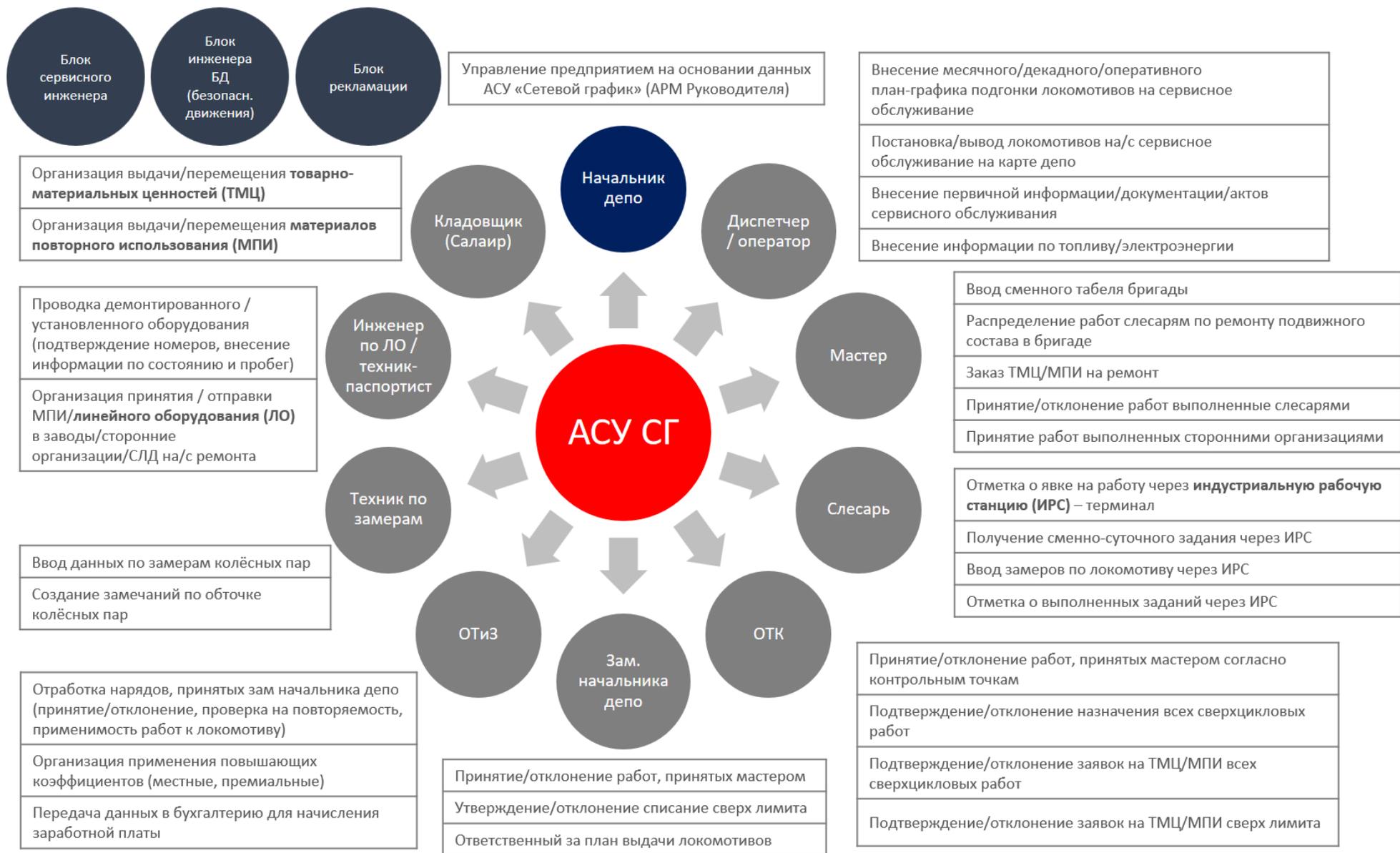


Рисунок 1.6 – Матрица ответственности по внесению информации в АСУ «Сетевой график»

1.4.2 Фиксация замечаний в АСУ «Сетевой график»

Несмотря на автоматизацию большинства процессов, благодаря АСУ СГ, фиксация замечаний по техническому состоянию подвижного состава осуществляется вручную. После захода локомотива в СЛД, замечания по его техническому состоянию поступают в ДК ремонта локомотива от:

- мастеров, производящих осмотр локомотива и фиксирующих выявленные замечания в АСУ СГ;
- техников, которые переносят в АСУ СГ замечания, зафиксированные локомотивными бригадами в бортовом журнале установленной в ОАО «РЖД» формы ТУ-152;
- групп диагностики, осуществляющих расшифровку данных бортовых МСУ с последующей фиксацией выявленных нарушений;
- сторонних систем (АРМ «Умный локомотив» и др.), с которыми выполнена стыковка и осуществлён обмен информацией.

И, если замечания, поступающие от сторонних систем, однотипны и определяются программными алгоритмами, то остальные (вносимые вручную) могут представлять из себя различный набор символов. Учитывая, что большая часть замечаний (в том числе и по нарушениям) вносится вручную, человеческий фактор при внесении и отработке замечания играет значительную роль – особенно при внесении данных по НР и определении ответственности в информационных системах «ЛокоТех» и «РЖД». Для каждого НР обязательно указать корневое замечание (главную причину захода локомотива на неплановый ремонт), выбрать которое необходимо из существующих в диагностической карте локомотива замечаний. При этом никаких ограничений при создании описания (наименования) замечания в ДК ремонта нет – из выпадающего списка необходимо выбрать только источник замечания и оборудование, к которому это замечание относится. Ошибки при заполнении этого поля могут возникать по разным причинам: низкая технологическая грамотность, высокая загруженность персонала, отсутствие контроля со стороны непосредственного руководителя. На рисунке 1.7 показан пример создания некорректных замечаний.

Управление замечаниями по ремонту ТР-1 ЗТЭ10МК №1400Б Амурское 01.10.2019 16:00:00 в состоянии "Завершен"

Закреть | Обновить | Все действия ▾

Во избежание недопустимости записи данных из-за параллельных изменений этих же данных другими пользователями рекомендуется чаще выполнять запись этой формы.

Тип секции: ЗТЭ10МК | Номер секции: 1400Б | Секция находится в эксплуатации

Замечания: + Добавить ▾ | Текущее замечание ▾ | Установить/снять признак "корневое"

Вид замечания / описание	Дата	Оборудование	Заводч...	Источник	МП	Статус от...	Комм...	Шаблон ...	Смежно...	ТОиР план
Замечание										
не хватает ограждения на компенсаторы ТК	24.09.2019 4:29:56	Дизель и дизельное оборудование локомотива		ТО-2Д		Устранено				
течь масла по фильтрам КТ-7	24.09.2019 4:29:56	Тормозное и пневматическое оборудование локомотива		ТО-2Д		Устранено				
слабые АКБ	24.09.2019 4:29:56	Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива		ТО-2Д		Устранено				
нет а/з	24.09.2019 4:29:56	Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива		ТО-2Д		Устранено				
нет показаний температуры масла С А на Б, с Б на В	24.09.2019 4:29:56	МСУ и РТС		ТО-2Д		Устранено				
1 трубка р/ст	24.09.2019 4:30:10	Дизель и дизельное оборудование локомотива		ТО-2Д		Устранено				

Свойства

Типовое замечание

Работы | Технология устранения замечаний

Вид работы	Шаблон работ	Работа	Оборудование	Кол-во	Участок	№ нарядов	Трудоемкость	Норма простоя	Стоимость материалов	Стоимость трудозатрат

Рисунок 1.7 – Диагностическая карта ремонта локомотива, зашедшего на ремонт

Такая система создания замечаний в масштабах всей страны (84 СЛД) рано или поздно заполнит АСУ СГ огромным количеством информации, не подлежащей систематизации и дальнейшей обработке, поскольку даже одно (по своей сути) замечание может отражаться в системе бесконечным множеством строк из-за опечаток, ошибок и сокращений в тексте замечания. Некорректные замечания в ДК АСУ СГ не влияют непосредственно на выполнение программы ремонта, однако, при этом пропадает возможность провести статистический анализ внесённых замечания для оценки технического состояния отдельного оборудования, конкретных локомотивов или серий локомотив в целом.

1.4.3 Цифровое депо в ООО «ЛокоТех»

«Цифровое депо» – пилотный проект группы компаний «ЛокоТех», реализуемый на базе СЛД «Братское» с 2018 года вместе с компанией ОАО «НИИТКД» и группой компаний «Ctrl2GO».

Главная цель реализуемых нововведений – повышение качества ремонта (увеличение сроков эксплуатации и безаварийной работы) и эффективности обслуживания локомотивов (повышение коэффициента готовности к эксплуатации – основного показателя эффективности работы сервисной компании – на уровне требований к новому локомотиву). Автоматизация производственных процессов должна минимизировать воздействие человеческого фактора и, с учётом применения современных цифровых и технологических решений, сократить время нахождения локомотива в СЛД на ТОиР, где маневровые перемещения из цеха в цех могли занимать до 8 часов при общем плановом простое 24 часа. С целью сокращения времени простоя локомотива на ремонте, были выделены 7 групп оборудования, которые было необходимо скомпоновать в одном цехе, скорректированы технологические процессы (максимально запараллелены) на основании построенной линейной диаграммы всех процессов. Тем самым удалось сократить время ремонта локомотива практически в 3 раза. Реализована технология «универсальная ремонтная позиция» (рисунок 1.8) для секции локомотива, которая заходит на позицию и остаётся на ней до конца ремонта. Перекатка колёсно-моторного блока (КМБ) и обточка колёсных пар производится на этой же позиции.



Рисунок 1.8 – Проект ОАО «НИИТКД» – универсальная ремонтная позиция

Универсальность ремонтных позиций обуславливается возможностью обслуживания всех эксплуатируемых серий локомотивов. Технология универсальных ремонтных позиций позволяет минимизировать трансформацию технологических процессов при появлении новых серий локомотивов. Следует отметить, что всё оборудование оснащено микропроцессорными системами управления, позволяющими дистанционно программировать их и получать в ответ диагностическую информацию, в том числе о выполненных ремонтах, что позволяет получать точную информацию о загрузке оборудования и планировать ТОиР с учётом полученных данных. Наличие таких «инструментов» позволяет говорить о том, что в депо, по сути, создана киберфизическая промышленная система (Cyber Physical Production System – CPPS) – основа технологии «Индустрия 4.0» [57]. Также CPPS позволяет осуществлять комплексное планирование ТОиР индивидуально для каждой секции, контролировать ход выполнения каждой операции и обеспечивать своевременную выдачу локомотива на линию [85]. Таким образом, проект насчитывает более 30 различных цифровых и технологических решений, основные из которых:

- универсальная ремонтная позиция – исключает необходимость в манёврах локомотива. Сверхцикловые работы на трёхсекционных локомотивах становится возможным производить без перестановки секций по цехам, существенно снижая тем самым общее время ремонта;
- интеллектуальная рамка (перед депо) – для идентификации (через считывание RFID-меток) ключевых узлов локомотива, его номера, а также измерения тормозных колодок;
- самоходный тяговый агрегат – для оптимизации манёвров в депо.

Особенность проекта «Цифровое депо» – грамотная интеграция «умных» решений в единой платформе, в которую осуществляется непрерывная передача данных как с МСУ локомотива, так и со стационарных средств диагностики в СЛД. На основании этой информации производится анализ технического состояния локомотива и заранее планируются ресурсы (материальные и трудовые) для организации производственных процессов [71].

1.5 Постановка задачи исследования

Таким образом, современные средства диагностики (бортовые МСУ и стационарное оборудование), а также информационно-программные комплексы позволяют изменить существующую на данный момент технологию ремонта, подняв её на новый уровень. Ввиду грядущего масштабного обновления парка эта задача особенно актуальна.

Необходимо рассмотреть возможность перехода на индивидуальный ремонт локомотивов в зависимости от режимов их эксплуатации (а именно, от нарушений этих режимов).

Обобщив вышесказанное, можно сказать, что повышение надёжности локомотивов (в нынешних условиях) возможно следующими очевидными путями:

- модернизация существующей системы ремонта;
- снижение и, впоследствии, полное исключение нарушений режимов эксплуатации.

И если для решения первой задачи имеются все необходимые информационно-программные комплексы (требуется только их доработка), то работа по части предотвращения нарушений режимов эксплуатации только набирает обороты.

С целью модернизации существующей системы ремонта можно и нужно использовать наработки российских сервисных компаний, например АСУ «Сетевой график», функционал которой благодаря реализации функций встроенного качества (ФВК) позволит вводить жёсткие ограничения на том или ином этапе ТОиР.

Для снижения количества нарушений эксплуатирующая компания проводит обучение локомотивных бригад, а также постоянные разборы случившихся фактов НРЭ, однако этого недостаточно. Для всех локомотивов, оборудованных бортовыми МСУ, необходимо создать такие условия, в которых локомотивная бригада не имела бы возможности осуществить нарушение режимов эксплуатации – так называемая «защита от дурака». В АСУ СГ примером такой защиты служат функции встроенного качества, которые отлично себя показывают на практике.

Помимо функций встроенного качества необходимо минимизировать влияние человеческого фактора на каждом этапе выявления и последующего устранения инцидентов (НРЭ и предотказы). Для этого, опираясь на существующие автоматизированные системы управления и бортовые микропроцессорные систему управления, необходимо разработать такую схему накопления, передачи, обработки информации и последующего устранения инцидентов, где большую часть задач выполняют информационные системы по заложенным в них алгоритмам действий и математическим моделям.

Используемые в ОАО «РЖД» справочники о нарушениях режимах эксплуатации основаны только на информации из руководств по эксплуатации. Необходима существенная доработка данного материала – с расширением перечня нарушений и с учётом статистики по отказам локомотивов и основным неисправностям типов локомотивов и серий локомотивов за отдельный период.

Для достижения вышеописанных целей в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- 1 анализ произошедших нарушений режимов эксплуатации, определение зависимостей между нарушением и ухудшением технического состояния локомотива;
- 2 составление расширенного перечня нарушений режимов эксплуатации, а также способа их предотвращения с использованием технических возможностей бортовых МСУ локомотивов. Анализ технической оснащённости диагностического оборудования локомотивов для возможности реализации защит от нарушений режимов эксплуатации;
- 3 модернизация существующей в АСУ «Сетевой график» методики расследования неплановых ремонтов, произошедших из-за нарушений режимов эксплуатации (определение виновной стороны), а также технологии внесения и устранения замечаний по нарушениям – вносимых вручную, а также передаваемых из АРМ УЛ и ЕСМТ.

2 АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ

2.1 Статистика надёжности локомотивов

Для анализа текущего состояния надёжности локомотивов обработаны данные по неплановым ремонтам локомотивов за 2018 год, а также проанализировано по каким причинам чаще всего происходят эти ремонты.

2.1.1 *Обработка исходных статистических данных*

Воспользуемся статистическими данными по неплановым ремонтам и нарушениям режимов эксплуатации, экспортированными из ЕСМТ (куда также подгружается соответствующая информация из информационной системы ОАО «РЖД» – АСОУП) за январь – декабрь 2018 года. Выгружен и проанализирован достаточно большой объём данных: таблица Microsoft Excel по неплановым ремонтам содержит более 2,1 млн ячеек с информацией, а по НРЭ более 1,7 млн ячеек. Каждый элемент экспортированных данных (строка) содержит всю необходимую для проведения анализа информацию. Пример исходных данных (некоторые столбцы скрыты для удобства отображения) показан в таблице 2.1.

Подобный формат выгрузки данных позволяет использовать функционал сводной таблицы MS Excel для обработки большого объёма информации (таблица 2.2). При этом следует учитывать, что среди выгруженных данных имеются некорректные строки (ошибка в МСУ, неправильное заведение на ремонт, перепростой на ТО-2 и т.д.), что фактически не является неплановым ремонтом или нарушением режимов эксплуатации. Такие некорректные значения отсортировывались и не учитывались при анализе экспортированных данных.

Таблица 2.1 – Пример исходных данных по неплановым ремонтам за 2018 год, экспортированных из ЕСМТ

Инцидент				Локомотив			Анализ			
Дата инцидента	Источник (предприятие)	Причина захода в депо	Обстоятельства инцидента	Серия	Депо приписки	СЛД	Оборудование	Причина инцидента	Виновное предприятие	Принятые меры
29.12.18 08:23	СЛД-27 КАНДАЛАКША	Неплановый ремонт	Восстановление работы 1,2,6 ТЭД //0// Нет	2ЭС5К	ТЧЭ-5 КАНДАЛАКША	КАНДАЛАКША	Тяговый двигатель пульсирующего тока	ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ: Колесно-моторные блоки: Перегрузка ТЭД по токам/напряжениям: Нет вентилирования тяговых электродвигателей	ТЧЭ	Произведено восстановление 1,2,6 ТЭД.
29.12.18 08:09	СЛД-15 ИРКУТСКОЕ	Неплановый ремонт	неисправность поездных контакторов //0//	ТЭМ18Д	ТЧЭ-3 ЗИМА	ЗИМИНСКОЕ	Контактор электромагнитный вспомогательных цепей и цепей управления	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ: Некачественный ремонт в депо: Прочее	ТМХ-СЕРВИС	неисправность устранена
29.12.18 08:03	СЛД-24 ТАЙШЕТ	Неплановый ремонт	8-й ТД ОВ "0" МОм мин.-1192, макс.-1209, сек.-1 неисправен переключатель сх.410.	ВЛ80Р	ТЧЭ-1 БОГОТОЛ	БОГОТОЛ-СИБ	Тяговый двигатель пульсирующего тока	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ: Некачественный ремонт в депо: Прочее	ТАЙШЕТ	При проведении ремонтов ТЭД по циклу ТР-3, проводить тепловизионный контроль состояния межкатушечных соединений ТЭД после ремонта.
29.12.18 07:45	СЛД-9 КАРАСУК	Неплановый ремонт	Отключен 7 ТЭД. Срабатывает ГВ, РЗ //1// НРЭ превышение весовых норм	ВЛ80С	ТЧЭ-10 КАРАСУК	КАРАСУК	Тяговый двигатель пульсирующего тока	ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ: Отправление поезда со станции с массой более установленного	ТЧЭ	ревизия ТЭД.
29.12.18 07:37	СЛД-9 КАНСК-ИЛАНСКИЙ	Неплановый ремонт	Провороты бандажа КП. Смена КП. //1// НРЭ Применение КВТ в Т.	ВЛ80С	ТЧЭ-3 ИЛАНСКАЯ	КАНСК-ИЛАНСКИЙ	Колесная пара локомотива	ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ: Колесно-моторные блоки: Применение вспомогательного крана 254 в тяге	ТЧЭ	Провороты бандажа КП. Смена КП.

Таблица 2.2 – Объем исходный данных (строк с информацией) из ЕСМТ по неплановым ремонтам за 2018 год

Филиал	Количество строк с данными (по месяцам)												
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Общий итог
Восточно-Сибирский	1320	1195	1479	953	799	682	733	674	646	631	685	1000	10 797
Дальневосточный	1385	1416	1499	1100	1163	927	995	919	855	874	922	1214	13 269
Западный	284	401	450	475	516	399	444	380	344	369	358	353	4 773
Западно-Сибирский	904	796	755	582	614	586	527	493	383	391	551	689	7 271
Московский	213	195	247	220	267	211	232	185	195	204	224	239	2 632
Северный	478	512	514	466	442	391	512	466	457	457	452	510	5 657
Северо-Кавказский	459	462	416	420	399	390	512	515	427	395	431	482	5 308
Северо-Западный	655	708	661	637	569	505	604	641	489	567	591	679	7 306
Южный	605	682	736	618	690	578	739	856	633	698	804	878	8 517
Общий итог	6303	6367	6757	5471	5459	4669	5298	5129	4429	4586	5018	6044	65 530

Обработка полученной информации производилась в несколько этапов:

- сортировка (отбор) некорректных данных;
- сортировка неплановых ремонтов по убыванию, составление диаграммы Парето по всем нарушениям режимов эксплуатации и всем сериям (позволяет выявить нарушения режимов эксплуатации, которые с наибольшей вероятностью приведут к неплановому ремонту локомотива);
- анализ неплановых ремонтов по конкретному нарушению с составлением диаграммы Парето по сериям локомотивов (по количеству неплановых ремонтов позволяет выявить степень влияния нарушений режимов эксплуатации на отдельные серии локомотивов).

На рисунке 2.1 показано распределение неплановых ремонтов по отказавшим типам оборудования.

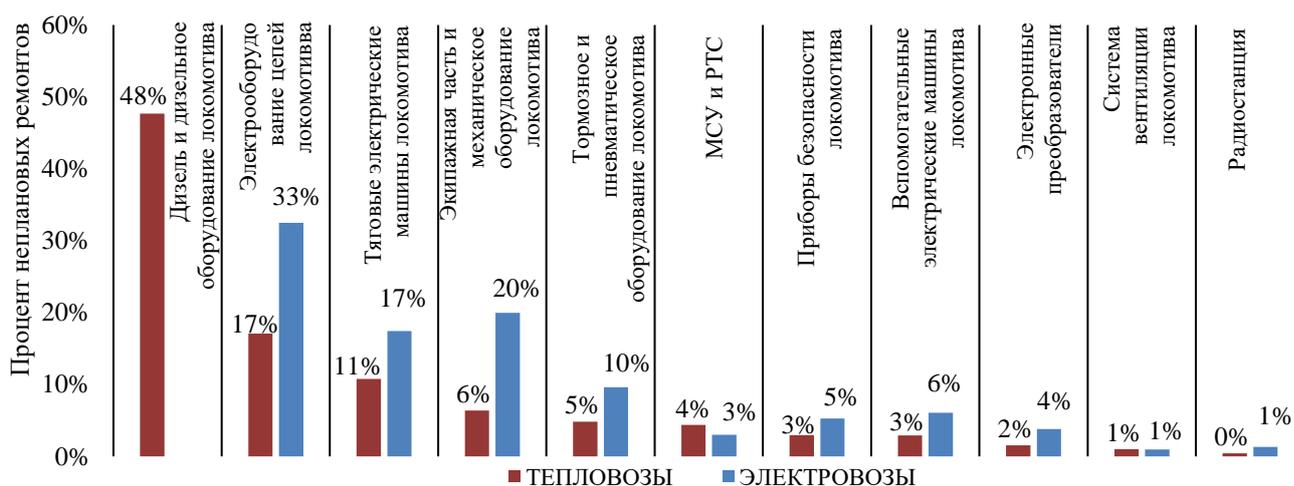


Рисунок 2.1 – Причины заходов локомотивов на неплановый ремонт (неисправности оборудования)

Как видно из гистограммы – около половины неплановых ремонтов тепловозов происходит по причине отказа дизеля и дизельного оборудования.

2.1.2 Человеческий фактор при определении виновной стороны по неплановым ремонтам

По каждому неплановому ремонту производится так называемый разбор между сервисным предприятием и локомотивным эксплуатационным депо.

В сервисном локомотивном депо, в котором локомотив находится на неплановом ремонте, группа диагностики производит расшифровку бортовых данных поездки конкретного локомотива, и, если замечены случаи нарушений режимов эксплуатации, составляет акт и пишет письмо в эксплуатационное локомотивное депо (ТЧЭ) с доказательством ошибки локомотивной бригады, которая так или иначе привела к неплановому ремонту локомотива.

В ОАО «РЖД» признают влияние нарушений режимов эксплуатации на ухудшение технического состояния локомотива, что прописано в соответствующих распоряжениях и приказах компании. Однако, несмотря на это, довольно часто при проведении разборов между ТЧЭ и СЛД, многие факты нарушений режимов эксплуатации не принимаются эксплуатирующей компанией. Это связано, во многом, со внутриорганизационными показателями эффективности каждого отдельного эксплуатационного депо.

Помимо прочего, следует учитывать человеческий фактор в работе групп диагностики (рисунок 2.2) при выявлении нарушений режимов эксплуатации, где могут быть следующие ошибки:

- при расшифровке данных (пропускаются случаи НРЭ);
- при внесении информации в ЕСМТ, где заполнение информации в рабочем окне (лист регистрации) необходимо осуществлять по строгим правилам для возможности дальнейшей автоматизированной обработки и учёта информации.

Также, довольно распространена проблема при считывании данных с бортовых МСУ на флэш-накопитель:

- неисправность (из-за вандализма) USB-выходов на дисплейном модуле (блоке индикации) для считывания информации;
- есть вероятность пропустить (не скачать) данные поездки по причине несоответствия рабочего графика группы диагностики и графика захода локомотива на обслуживание/ремонт.

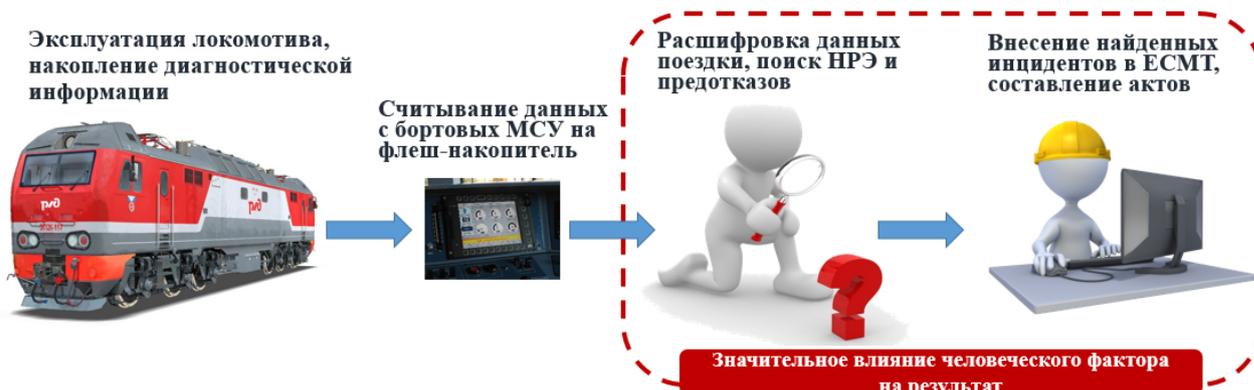


Рисунок 2.2 – Существующая схема обработки диагностических данных, накопленных в бортовых микропроцессорных системах управления

С учётом реализованных на данный момент технических и программных инициатив, основными из которых являются проекты «Цифровое депо» и АРМ «Умный локомотив», по мнению автора возможно организовать процесс анализа данных телеметрии и диагностики локомотивного оборудования с минимальным влиянием человеческого фактора на результат (рисунок 2.3). Для этого необходимо организовать:

- дистанционную передачу данных с бортовых МСУ и стационарных диагностических устройств локомотивов на сервер единого аналитического информационного ресурса, где данные будут автоматически расшифрованы и определены инциденты – онлайн телеметрия;
- непрерывную передачу данных в автоматическом режиме из единого аналитического информационного ресурса в АСУ «Сетевой график», как основной информационно-производственной системы сервисных локомотивных депо, сразу после их расшифровки и выявления инцидентов;
- проверку/подтверждение инцидентов, попавших в диагностическую карту локомотива и определение виновной стороны (в случае, если инцидент привёл к unplanned ремонту) с использованием средств программной поддержки пользователя. На данном этапе всё ещё важно и необходимо участие групп диагностики, однако вышеописанные риски по поиску инцидентов, связанные с человеческим фактором, в данной ситуации исключены [112].



Рисунок 2.3 – Предлагаемая схема обработки диагностических данных, накопленных в бортовых микропроцессорных системах управления

Организация процесса передачи информации, согласно данной схеме, позволит не только минимизировать влияние человеческого фактора, но также расширить инструментарий для анализа и обработки информации в целом (создание новых и развитие уже имеющихся инструментов/алгоритмов на каждом этапе обработки информации), что, в свою очередь, позволит получить более достоверную картину о техническом состоянии локомотива и отдельных его узлов.

2.2 Корреляционный анализ влияния нарушений режимов эксплуатации на техническое состояние локомотива

Для оценки влияния нарушений режимов эксплуатации на техническое состояние (с точки зрения сервисных компаний), то есть надёжность локомотива, используя математические инструменты, выполним корреляционный анализ взаимного влияния самого факта нарушения на дополнительные работы по устранению неисправностей и вес инцидента (затраты на устранение НРЭ).

Корреляционный анализ характеризуется коэффициентом корреляции r_{pq} , который определяет силу влияния случайной величины q на значение случайной величины p . Коэффициент корреляции принимает значения из диапазона $-1 \leq r_{pq} \leq 1$ и определяется как:

$$r_{pq} = \frac{\alpha_{1,1}(p,q) - m_p m_q}{\sigma_p \sigma_q}, \quad (2.1)$$

где $\alpha_{1,1}(p, q)$ – второй смешанный начальный момент, характеризующий математическое ожидание попарного произведения случайных величин p_i и q_i ,

составляющих выборки исходных данных объёма N [3, 20, 25]:

$$\alpha_{11}(p, q) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i \cdot q_i, \quad (2.2)$$

σ – среднеквадратическое отклонение.

Степень корреляционной связи между величинами определяется по величине коэффициента корреляции. Сила связи не зависит от ее направленности и определяется по абсолютному значению коэффициента корреляции.

В технике, в соответствии со шкалой Чеддока, принята следующая классификация корреляционных связей:

$0,9 < |r_{pq}| < 0,99$ – весьма высокая корреляционная связь;

$0,7 < |r_{pq}| < 0,89$ – высокая корреляционная связь;

$0,50 < |r_{pq}| < 0,69$ – заметная корреляционная связь;

$0,30 < |r_{pq}| < 0,49$ – умеренная корреляционная связь;

$0,10 < |r_{pq}| < 0,29$ – слабая корреляционная связь.

В качестве исходных данных будет использована выгрузка из АСУ «Сетевой график» за 2019 год (январь – ноябрь) по всем сериям локомотивов и всем дорогам приписки. Каждый элемент выборки содержит в себе исчерпывающую информацию как по объекту ремонта (серия, номер, секция, депо приписки), так и по паре «Замечание-Работа» (описание, источник замечания, оборудование по четырёхуровневому классификатору и т.д.), что позволяет оценить влияние нарушений режимов эксплуатации на надёжность локомотивов в целом и по отдельным сериям в частности. Выгруженные в MS Excel данные насчитывают более 21,1 млн ячеек с данными (событий).

В таблице 2.3 представлен пример экспортированной отчётной формы с исходными данными. При этом часть столбцов, несущих дополнительную информацию по локомотиву, нарушениям режимов эксплуатации и работам, но не относящихся непосредственно к дальнейшему корреляционному анализу, скрыта для удобства восприятия.

Таблица 2.3 – Пример исходных данных, экспортированных из информационной системы АСУ «Сетевой график»

Данные по локомотиву						Замечание		Работа		
Место ремонта	Депро приписки	Серия локомотива	Номер секции	Вид ремонта	Дата захода в СЛД	Описание	Тип оборудования	Вид работы	Работа	Тип оборудования
Ртищево	Ртищево-Восточное	2ТЭ116У	0061Б	НР	11.01.2019 12:10:00	Перегрузка ТЭД (ТЭД = 3)	Тяговые электрические машины локомотива	Сверхцикловые работы	Изоляцию ТЭД (залитого маслом) восстановить, замерить	Тяговые электрические машины локомотива
Волгоград СЛД	Максим-Горький	2ТЭ25КМ	0031Б	ТО-3	03.01.2019 19:57:00	Боксование колесных пар	Тяговые электрические машины локомотива	Сверхцикловые работы	Следы переброса на коллекторе тягового электродвигателя устранить; 2ТЭ116, ТЭМ2	Экипажная часть и механическое оборудование локомотива
Инская	Новосибирск	ТЭМ18ДМ	0449	ТО-3	03.01.2019 4:09:00	Превышение времени длительной работы на холостом ходу (более 40 мин.)	Дизель и дизельное оборудование локомотива	Цикловые работы	Дизель и вспомогательное оборудование осмотреть, отремонтировать	Дизель и дизельное оборудование локомотива
Ершовское СЛД	Ершов	2ТЭ25КМ	0234А	ТО-3	01.01.2019 20:50:00	Превышена температура включения мотор-вентилятора МВЗ	–	Цикловые работы	Аппаратуру электрическую тепловоза осмотреть	Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива
Курск	Курск-Сортировочный	3ТЭ10МК	1186А	ТО-3	13.01.2019 22:00:00	Работа с отключенным ТЭД	Тяговые электрические машины локомотива	Цикловые работы	Тяговый электродвигатель осмотреть	Тяговые электрические машины локомотива
Братское	Вихоревка	2ЭС5К	0013А	ТР-1	02.01.2019 12:57:00	Высокая вероятность отказа ВИП	Электронные преобразователи	Цикловые работы	Выпр-инверт. Преобразователь осмотреть отремонтировать	Электронные преобразователи

С целью сохранения коммерческой тайны и сохранения исходных пропорций «НРЭ – стоимость работ», приведём вес инцидента в условных единицах – у.е. (сумма инцидента, помноженная на коэффициент). Для анализа используем данные по всем основным сериям локомотивов, в независимости от наличия бортовых МСУ. В таблице 2.4 приведён пример выборки данных со следующими отборами :

- все виды ремонта, кроме ТО-2;
- фильтр по замечанию (запуск/эксплуатация/остановка дизеля с нарушением температурного режима теплоносителей).

Таблица 2.4 – Пример отбора данных для корреляционного анализа

Серия	Количество замечаний, шт.	Количество работ, шт.	Стоимость работ, у.е.
2/3ТЭ10М	2	0	0,00
2/3ТЭ10МК	11	9	195,12
2/3ТЭ10УК	5	0	0,00
2ТЭ10М	300	88	990786,22
2ТЭ10МК	113	26	1167,58
2ТЭ10У	37	8	2711,76
2ТЭ10УК	2	0	0,00
2ТЭ116У	1309	101	104335,96
2ТЭ116УД	1	0	0,00
2ТЭ25А	377	8	1486,61
2ТЭ25КМ	927	329	260878,82
3/4ТЭ10С	12	4	55,13
3ТЭ10М	87	21	508,36
3ТЭ10МК	1007	417	1881659,54
3ТЭ10МКО	847	135	223567,92
3ТЭ10МО	54	13	145,07
3ТЭ10УК	147	20	531,55
3ТЭ10УКО	123	20	225,12
3ТЭ116У	236	14	75773,41
ТЭМ18Д	18	11	1474,98
ТЭМ18ДМ	66	5	1764,97
ТЭМ2	106	70	104451,52
ТЭМ2А	9	2	120,95
ТЭМ2АК	2	2	154,32
ТЭМ2К	3	0	0,00
ТЭМ2У	3	3	1026,66
ТЭМ2УМ	4	0	0,00
ТЭП70	1	1	186,01
ТЭП70БС	244	44	43509,85
ТЭП70У	3	0	0,00
ЧМЭЗ	2	0	0,00
КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ:		0,78875	0,536676

Данные отборы по выборке данных позволяют получить наиболее достоверную оценку влияния НРЭ на техническое состояние локомотивов с точки зрения корреляционного анализа. Благодаря отсутствию отбора по видам работы (цикловая или сверхцикловая) в полученных данных присутствуют НРЭ, по которым в АСУ СГ указан статус «неактуально», либо «устранено (обходное решение)», что фактически указывает на неподтверждение замечания или на отсутствие негативных последствий после НРЭ. Таким образом, в итоговой таблице для анализа присутствуют данные по нарушениям как с подтверждённым негативным эффектом (назначена цикловая или сверхцикловая работа), так и неподтверждённые замечания, что позволяет подтвердить верность и объективность выборки данных для проведения корреляционного анализа.

Как видно из таблицы 2.4 по паре «НРЭ – работа» наблюдается сильная корреляционная зависимость, что, в первом приближении, уже позволяет отметить наличие причинно-следственной связи между нарушением режимов эксплуатации и ухудшением технического состояния оборудования локомотивов в целом.

Результаты корреляционного анализа по различным нарушениям режимов эксплуатации и сравниваемым параметрам приведены в таблице 2.5.

С учётом вышеописанного, в качестве ориентира для заключения выводов по каждой области сравнения следует использовать подпункт 2 в каждом пункте (значения в строчке «все виды работ, без ТО-2»). Как видно из таблицы 2.5 по данным зависимостям и указанным фильтрам наблюдается высокая (по пунктам 1, 3, 4, 7) и заметная (по пунктам 2, 5, 6) корреляционные связи. При этом в пунктах 3 (нарушения режимов эксплуатации по тяговым электрическим машинам) и 7 (нарушения по экипажной части) отборы позволяют учитывать данные не только по тепловозной тяге, но и по электровозам.

Таким образом, при поверхностном анализе статистических данных за достаточно большой период времени можно подтвердить наличие причинно-следственной связи между НРЭ и ухудшением технического состояния локомотива, то есть снижением его эксплуатационной надёжности [113].

Таблица 2.5 – Результаты корреляционного анализа по данным из АСУ СГ за период январь – ноябрь 2019 г.

№ п/п	Область сравнения (отборы/фильтры)	№ п/п	Сравниваемые параметры	Коэффициент корреляции	
				НРЭ - доп работы	НРЭ - стоимость работ
1	По всем сериям и НРЭ локомотивов (без фильтров)	1.1	Все виды работ и ремонта	0,8723	0,6325
		1.2	Все виды работ, без ТО-2	0,9267	0,7016
		1.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,9080
2	По всем сериям, оборудованным МСУ (без фильтра по НРЭ)	2.1	Все виды работ и ремонта	0,8535	0,5970
		2.2	Все виды работ, без ТО-2	0,9156	0,6784
		2.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,9162
3	По замечанию (следование по лимитирующему подъёму со скоростью ниже установленной)	3.1	Все виды работ и ремонта	0,8517	0,8379
		3.2	Все виды работ, без ТО-2	0,8745	0,8025
		3.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,8422
4	По замечанию (длительная работа на холостом ходу)	4.1	Все виды работ и ремонта	0,8361	0,7460
		4.2	Все виды работ, без ТО-2	0,9281	0,8933
		4.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,6070
5	По замечанию (боксование колёсных пар)	5.1	Все виды работ и ремонта	0,7684	0,5085
		5.2	Все виды работ, без ТО-2	0,8782	0,5764
		5.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,8741
6	По замечанию (запуск/эксплуатация/остановка дизеля с нарушением температурного режима)	6.1	Все виды работ и ремонта	0,5649	0,3137
		6.2	Все виды работ, без ТО-2	0,7888	0,5367
		6.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,5879
7	По замечанию (юз колёсных пар)	7.1	Все виды работ и ремонта	0,9786	0,8367
		7.2	Все виды работ, без ТО-2	0,9887	0,7756
		7.3	Все виды ремонта, сверхцикловые работы	1,0000	0,8943

2.3 Режимы эксплуатации локомотивов

2.3.1 Влияние погодных условий на подвижной состав

Тяговый подвижной состав во время эксплуатации порой испытывает колоссальные нагрузки.

Помимо прочих факторов, пагубное влияние на локомотивы оказывают также погодные условия, такие как большой перепад температуры окружающей среды, значительное количество снега в зимнее время года, мелкодисперсная пыль и песок в воздухе и т.д. Несмотря на то, что оборудование локомотивов проектируется с запасом прочности как раз для возможности работы в разных погодных условиях, чрезмерное влияние данных факторов несомненно ухудшает техническое состояние локомотивов, поскольку допускаемые (по паспорту изделия) диапазоны температур, влажности воздуха и т.д. не охватывают все ситуации, с которыми приходится сталкиваться в процессе эксплуатации.

Ввиду того, что влияние погодных условий нельзя ограничить и/или предотвратить, рассматривать их в дальнейшем не будем, но проанализируем некоторые действия локомотивных бригад, которые, в совокупности с неблагоприятными погодными условиями, могут нанести существенный ущерб оборудованию локомотива.

2.3.2 Нарушения режимов эксплуатации

Определив наличие причинно-следственной связи между нарушениями режимов эксплуатации и ухудшением технического состояния локомотива посредством корреляционного анализа, перейдём к более детальному рассмотрению нарушения режимов эксплуатации. Рассмотрим общую ситуацию по части нарушений режимов эксплуатации на сети железных дорог России [106].

По аналогии с пунктами 2.1 и 2.2 воспользуемся данными информационного ресурса крупнейшей сервисной компании России ООО «ЛокоТех» – АСУ СГ, что позволит получить наиболее объективные результаты анализа данных.

Общая информация по самым распространённым нарушениям режимов эксплуатации за 2018 год приведена в виде диаграммы Парето на рисунке 2.4 [55].

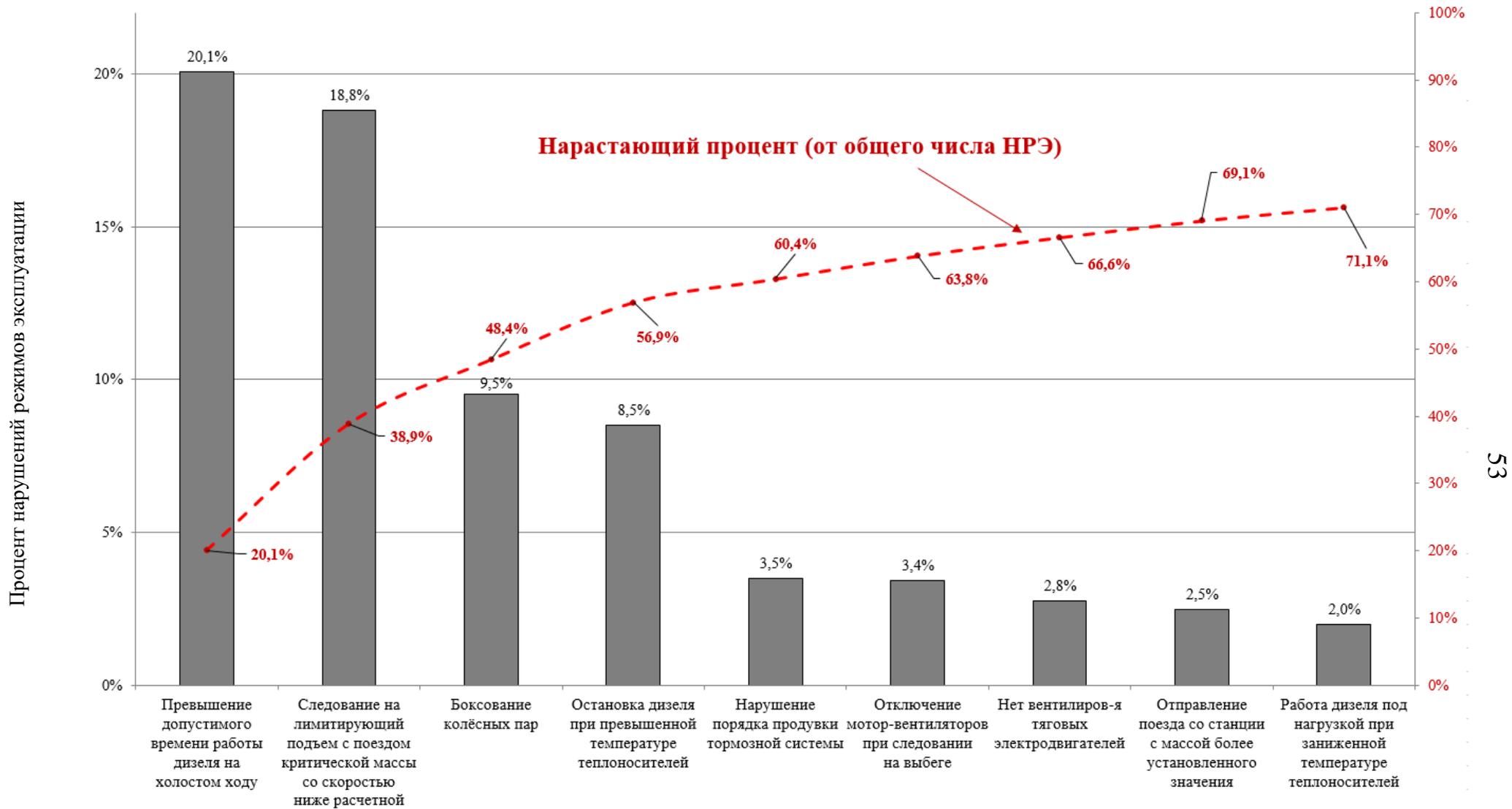


Рисунок 2.4 – Наиболее распространенные нарушения режимов эксплуатации за 2018 год

На диаграмме отображены 9 самых распространённых НРЭ, на которые суммарно приходится 71,1 % от общего их числа. Только 3 из 9 НРЭ, показанных на рисунке, относятся непосредственно к тепловозам, поскольку связаны с дизелем и дизельным оборудованием. Остальные 6 НРЭ можно рассматривать с учётом данных как по тепловозам, так и по электровозам, поскольку данные НРЭ связаны с общим для этих двух типов локомотивов оборудованием (колёсные пары, тяговые электродвигатели, тормозное оборудование). Приняв данную информацию к сведению, и, учитывая информацию на рисунке 2.4, рассмотрим распределение нарушений по сериям локомотивов за 2018 год (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Распределение нарушений по сериям локомотивов за 2018 год

Ввиду того, что парк локомотивов насчитывает разное количество единиц ТПС (от нескольких десятков до нескольких тысяч единиц по серии) имеет смысл также проанализировать какое количество нарушений приходится на секцию локомотива. Для этого воспользуемся неким удельным показателем (НРЭ на секцию локомотива) – общее количество нарушений по серии необходимо поделить на количество секций локомотивов той же серии [111]. На рисунке 2.5 отображён такой удельный показатель в виде красной кривой линии с метками. Важно отметить, что кривая линия на этом рисунке приведена для упрощения восприятия информации (для наглядного отображения разброса удельного

показателя по сериям локомотивов). Численное значение удельного показателя отображено чёрными маркерами на красной линии с подписями значений.

Рассмотрим ситуацию с нарушениями только по тепловозным сериям – на рисунке 2.6 приведена статистика за 2018 год в виде диаграммы Парето.



Рисунок 2.6 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

Анализ данных по тепловозам показал, что на первые 6 серий локомотивов приходится более 81 % от всех НРЭ по тепловозам [106]. При этом 5 из 6 серий локомотивов (кроме ТЭМ2) оборудованы микропроцессорными системами управления, благодаря функциональным возможностям которых можно повлиять на ситуацию с НРЭ (снизить их количество или предотвратить их полностью).

Также стоит отметить, что из 9 серий локомотивов, показанных на рисунке 2.6, только одна пассажирская (ТЭП70БС и ТЭП70У – по сути один и тот же локомотив) и две маневровые (ТЭМ2 и ТЭМ18Д), что позволяет выделить склонность к нарушениям именно у локомотивных бригад грузовых локомотивов. Нарушения по маневровым локомотивам чаще всего происходят из-за необходимости соблюдения регламента действий эксплуатирующей компании – необходимость срочных манёвров, запуска/остановки дизеля приводит к таким нарушениям как быстрый набор позиций (без выдержки времени на позиции), остановка дизеля при превышенной температуре и т.д.

Таким образом, обобщив информацию, можно выделить следующие основные положения:

- Наибольшую склонность к нарушениям режимов эксплуатации имеют локомотивные бригады грузовых и маневровых серий локомотивов;
- Большая часть этих локомотивов оснащена бортовыми МСУ;
- Определены серии локомотивов с наибольшим количеством нарушений.

2.4 Выводы по разделу 2

Анализируя статистические данные и вышеприведённую информацию, можно сделать следующие выводы:

1 проанализирована статистика по нарушениям режимов эксплуатации на сети железных дорог России за 2018 год. Определено, что НРЭ носят массовый характер, преимущественно на грузовых и маневровых сериях локомотивов;

2 выявлено, что наибольшее число нарушений приходится на дизельное оборудование и колёсно-моторный блок (как у тепловозов, так и у электровозов);

3 с помощью математических инструментов (корреляционный анализ) доказана зависимость между нарушениями режимов эксплуатации и ухудшением технического состояния локомотива;

4 определены серии локомотивов, где нарушения режимов эксплуатации совершаются чаще всего (удельный показатель НРЭ на секцию локомотива);

5 технические возможности локомотивов позволяют снизить количество НРЭ или предотвратить их полностью – работы в данном направлении уже ведутся, но велик риск ошибок, ввиду значительного влияния человеческого фактора;

6 нет чёткой картины причинно-следственной связи между нарушениями режимов эксплуатации и отказом оборудования локомотивов – требуется детальный анализ;

7 необходимо создание программно-аппаратных систем для снижения количества нарушений режимов эксплуатации или полного их предотвращения, а также создание комплексной системы обработки выявленных нарушений (на базе АСУ «Сетевой график»).

3 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛОКОМОТИВОВ

3.1 Методика исследования

Текущий раздел диссертации посвящён анализу самых распространённых нарушений режимов эксплуатации (согласно рисунку 2.6 – п. 2.3.2) и их влиянию на техническое состояние локомотивов. При этом использованы реальные производственные данные группы компаний «ЛокоТех» за 2018 год, однако, с целью сохранения коммерческой тайны, вся количественная информация (по количеству НРЭ и неплановым ремонтам) приведена в процентном соотношении.

Рассмотрение нарушений режимов эксплуатации в данной главе осуществляется по группам оборудования, где каждая отдельная группа оборудования представляет собой раздел. Повествование по каждому нарушению начинается с краткого описания – суммарной выдержки из руководств по эксплуатации оборудования, техническое состояние которого ухудшается из-за конкретного НРЭ. Пример определения НРЭ приводится с указанием серии, МСУ локомотива и средства обнаружения НРЭ.

Для определения влияния конкретного нарушения на техническое состояние локомотива сопоставлены данные по количеству случаев нарушения, а также по количеству неплановых ремонтов, произошедших из-за данного НРЭ. Информация по каждому нарушению предоставлена в виде диаграммы Парето с разбивкой по сериям локомотивов, что наглядно показывает на каких сериях локомотивов (в силу их конструкционных особенностей или условий эксплуатации) данное нарушение встречается чаще всего. Диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за нарушений режимов эксплуатации, позволит проанализировать на какие серии локомотивов оказывается наибольшее влияние со стороны отдельно взятого НРЭ. По отдельным нарушениям режимов эксплуатации (либо по группе НРЭ – например, связанных с нарушением температурного режима теплоносителей) рассмотрены физические зависимости между нарушением и фактом ухудшения технического состояния оборудования локомотива.

3.2 Дизель и дизельное оборудование

Дизель является лимитирующим узлом при планировании крупных видов ремонтов, поскольку, ввиду сложности своего устройства и наличия большого количества деталей, является наименее надёжным узлом тепловоза, поэтому снижение количества НРЭ по дизелю и дизельному оборудованию позволит пересмотреть нормы межремонтных пробегов и максимально их оптимизировать.

3.2.1 *Превышение допустимого времени работы дизеля на холостом ходу*

Нарушение заключается в том, что машинист допускает работу дизеля на холостом ходу в течение длительного времени. По инструкции работа на холостом ходу не должна превышать установленного значения по времени. При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждого типа дизеля и каждой серии тепловоза. Данное НРЭ характерно для всех серий тепловозов.

3.2.1.1 *Ожидаемые последствия нарушения*

Длительная работа дизелей на холостом ходу может быть связана с ожиданием разрешающего сигнала светофора и при отстое на станционных путях, а в зимнее время ещё и с необходимостью прогрева при отстое в депо. Опыт наблюдений показал, что нижняя температура газов в цилиндре на холостом ходу, особенно при низкой температуре окружающего воздуха (ниже +5 °С), приводит к тому, что попавшее в камеру сгорания масло не сгорает. Оно частично окисляется и сбрасывается в картер поршневыми кольцами со втулки цилиндра при ходе поршня к нижней мёртвой точке, частично попадает в ресивер наддувочного воздуха и выпускной тракт дизеля. При последующем нагружении дизеля масло может воспламениться, что может привести к местному перегреву коллекторов, газоприёмных патрубков турбокомпрессора, глушителя тепловоза и снижению их долговечности. В результате масло загрязняется продуктами неполного окисления, растёт его вязкость, снижаются его физико-химические показатели [100, 104].

3.2.1.2 *Статистика по нарушению*

На рисунке 3.1 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением нарушения (ЗТЭ10МК / аппаратно-программный

комплекс «БОРТ» (АПК-БОРТ) / АРМ «Осциллограф»). При этом отслеживаются параметры: позиция контроллера машиниста и обороты дизеля. На рисунке 3.2 приведено распределение нарушений режимов эксплуатации по сериям ЛОКОМОТИВОВ.

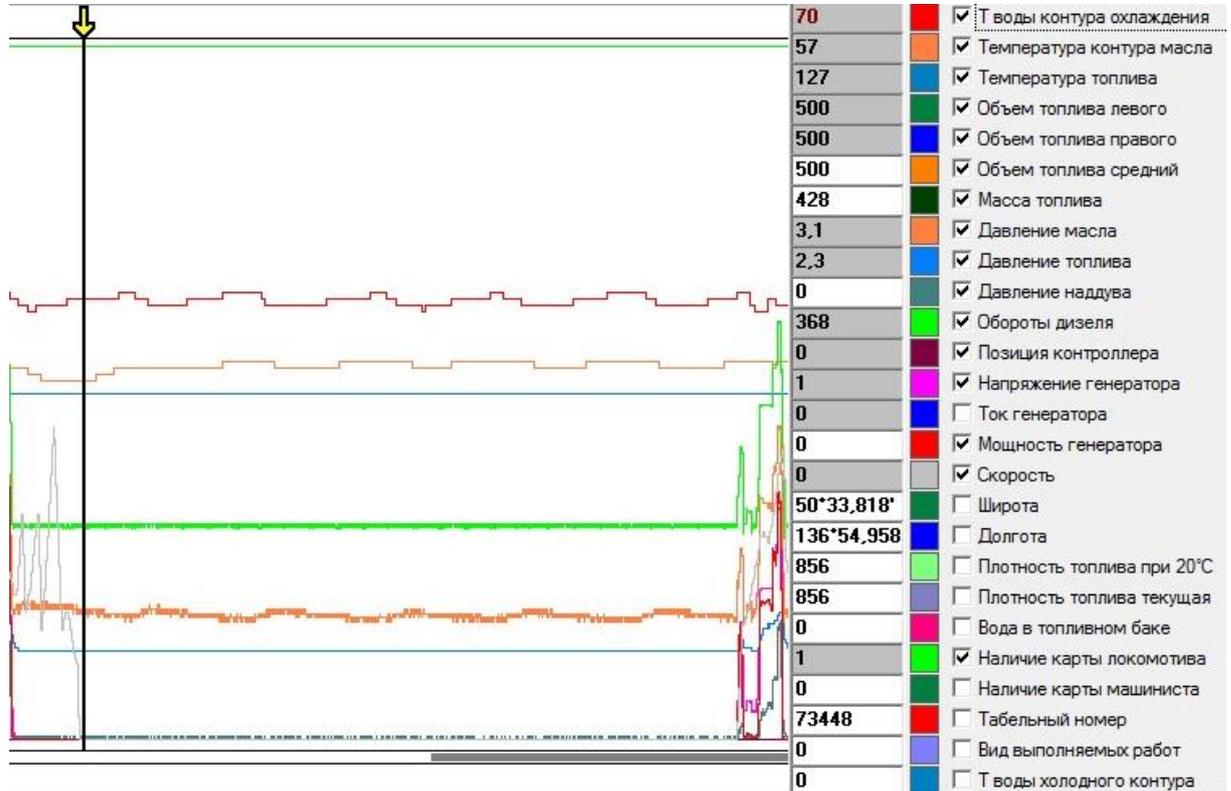


Рисунок 3.1 – Пример определения нарушения

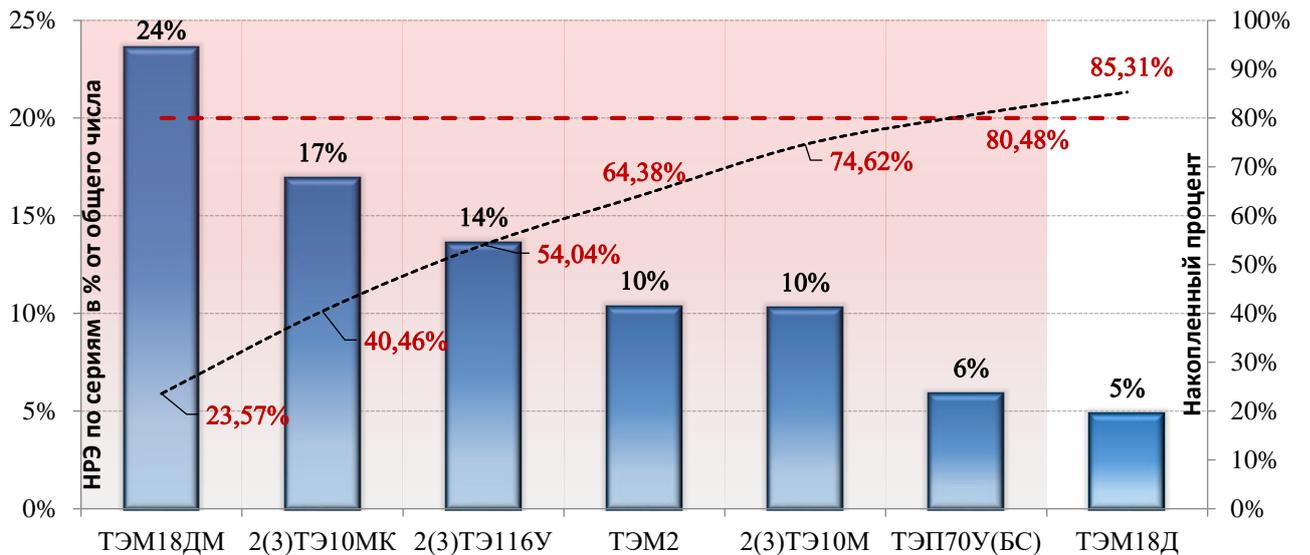


Рисунок 3.2 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно 1,3 % случаев превышения допустимого времени работы дизеля на холостом ходу привели к

отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.3 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения.

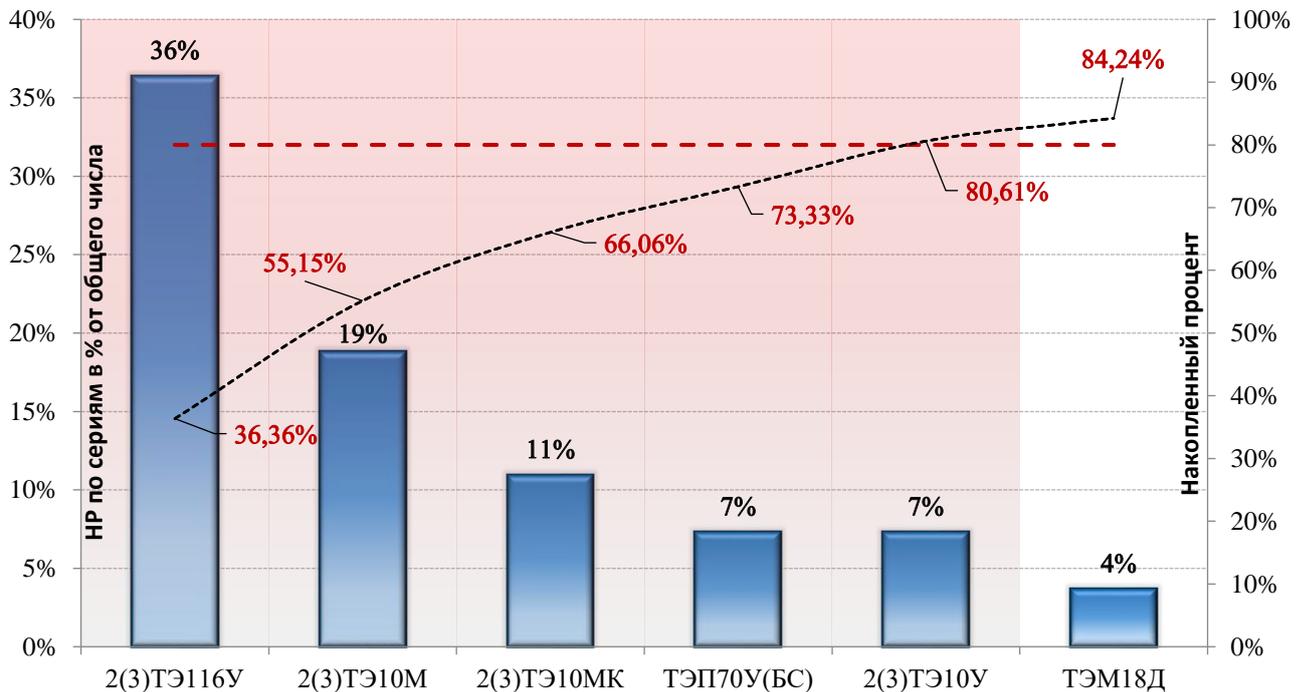


Рисунок 3.3 – Распределение неплановых ремонтов по сериям тепловозов

Примечательно, что неплановые ремонты, произошедшие из-за данного нарушения режима эксплуатации, наблюдаются, по большей части, только за магистральными локомотивами несмотря на то, что наибольшее количество нарушений согласно рисунку 3.2 приходится на маневровую серию ТЭМ18ДМ.

Таким образом, можно сказать, что наиболее пагубное влияние со стороны данного НРЭ оказывается на более мощные магистральные серии тепловозов.

3.2.1.3 Последствия нарушения

Интенсивное скапливание в выхлопной системе продуктов неполного сгорания топлива и дизельного масла, их отложение и последующее коксование на клапанах, распылителях форсунок, внутренних поверхностях выхлопного коллектора и турбокомпрессор, повреждение выхлопного коллектора и лопаток турбокомпрессора из-за воспламенения в выхлопной системе продуктов неполного сгорания топлива и дизельного масла.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при систематических нарушениях):

- ухудшается проходимость выхлопных газов через каналы турбокомпрессора, вследствие чего уменьшается давление надувочного воздуха и, далее, уменьшается количество сгораемого топлива за один впрыск;
- снижается мощность дизеля и ухудшается внешняя характеристика ДГУ;
- увеличивается «дымность» выхлопа;
- образуется пламя на выходе из выхлопной трубы, с последующим короблением выхлопной трубы и выхлопного коллектора, либо прожиганием их корпусов;
- повышенный нагрев теплоносителей при охлаждении выхлопного коллектора и последующий повышенный нагрев теплоносителей во всей водяной системе;
- ухудшение теплотехнических свойств цилиндрических комплектов.

3.2.2 Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей

Нарушение заключается в том, что машинист выключает дизель при температуре теплоносителей, превышающей допустимое значение. По инструкции машинист должен продолжить работу дизеля на холостом ходу, пока температура не опустится ниже установленного значения. При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждого типа дизеля и каждой серии тепловоза. Данное НРЭ характерно для всех серий тепловозов и происходит, в основном, либо из-за желания эксплуатанта сэкономить дизельное топливо, которое тратится не на полезную работу (перевоз пассажиров или грузов), а на охлаждение ДГУ, либо по причине выполнения внутренних эксплуатационных показателей (минимизация времени простоя локомотива в ожидании работы).

3.2.2.1 Ожидаемые последствия нарушения

После остановки дизеля происходит выключение мотор-вентиляторов системы охлаждения, то есть прекращается искусственное охлаждение теплоносителей (обдув секций радиатора), следовательно разогретый на рабочих режимах дизель большую часть тепловой энергии будет отдавать теплоносителям, а не окружающему его воздуху, поскольку теплопроводность теплоносителей ($\sim 0,6$ Вт / (м \times К) для воды и $\sim 0,12$ Вт / (м \times К) для масел) значительно выше

теплопроводности воздуха $0,022 \text{ Вт} / (\text{м} \times \text{К})$, и, следовательно, при остановке дизеля с критической (или близкой к ней) температурой теплоносителей, произойдёт так называемое «закипание» теплоносителей в металлических трубках системы охлаждения за счёт аккумулированного тепла. Также, из-за повышения температуры теплоносителей, снижается теплоотвод от элементов дизеля, что негативно сказывается на техническом состоянии агрегата в целом [90, 96].

3.2.2.2 Статистика по нарушению

На рисунке 3.4 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗТЭ10МК / АПК-БОРТ / АРМ «Осциллограф»). При этом отслеживаются параметры: обороты дизеля, температура воды и масла. На рисунке 3.5 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

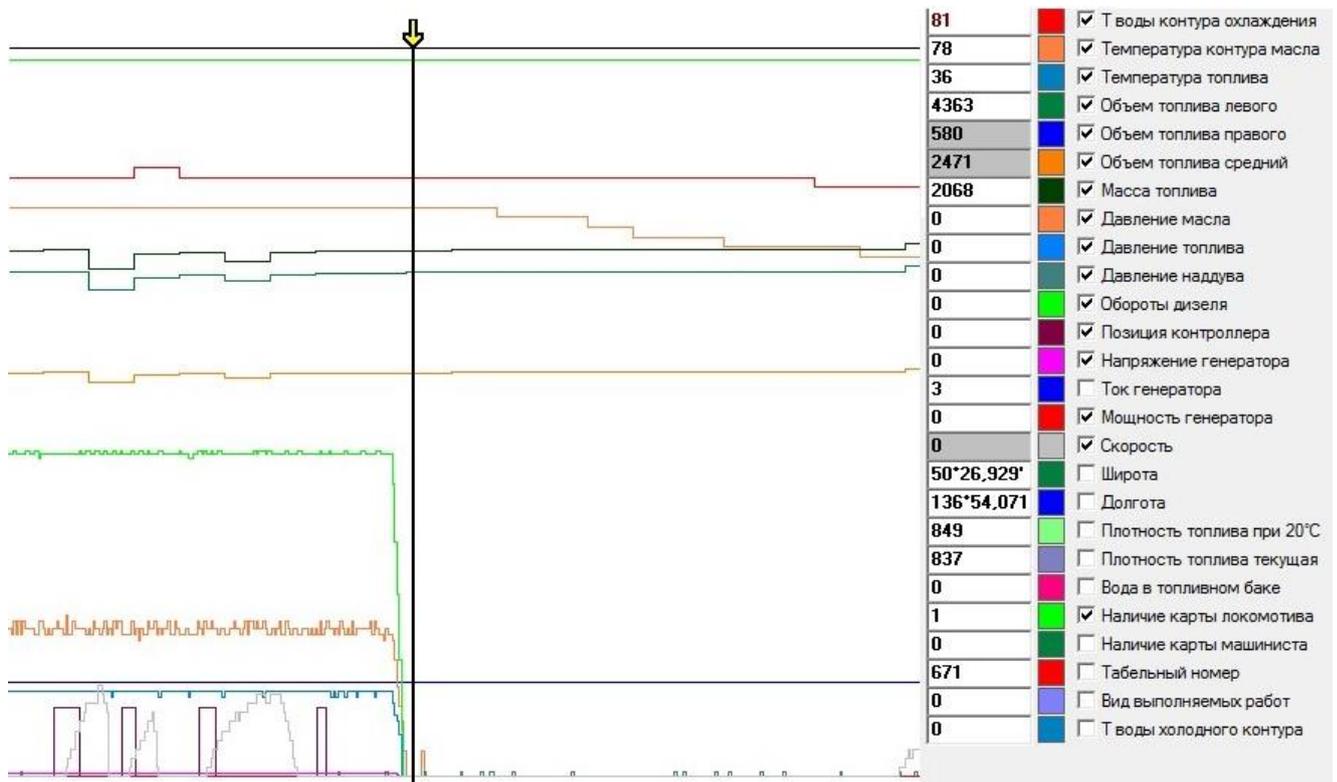


Рисунок 3.4 – Пример определения нарушения

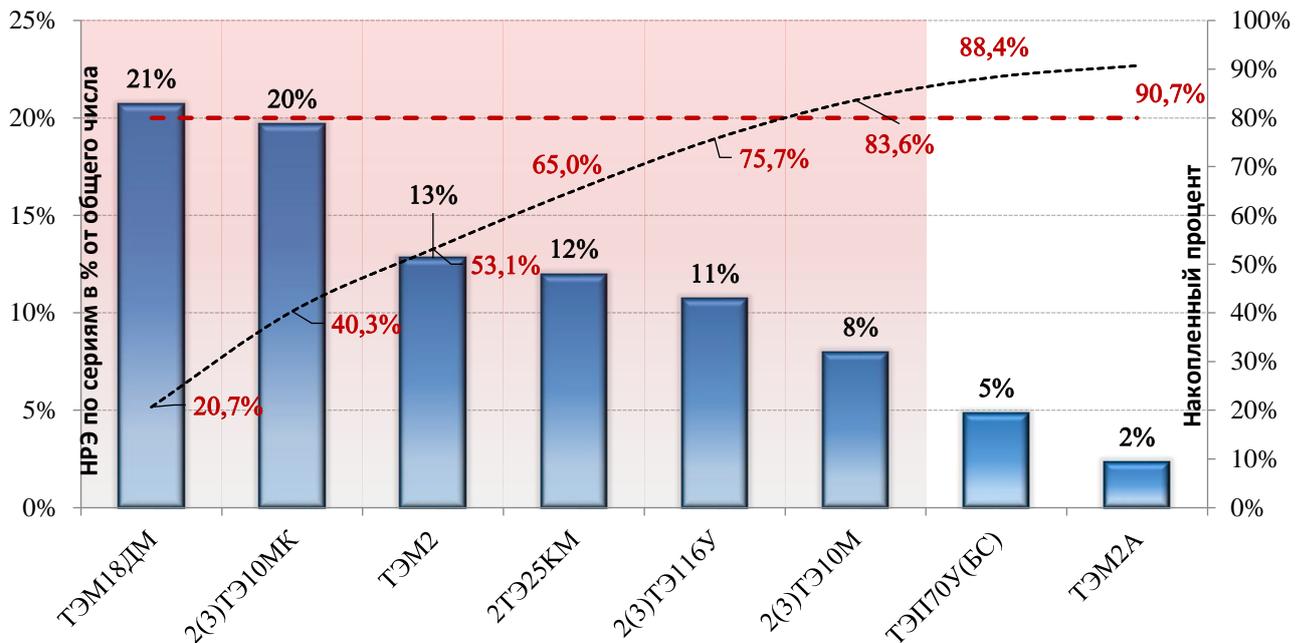


Рисунок 3.5 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й около 3,2 % случаев остановки дизеля при превышенной температуре теплоносителей привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.6 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за нарушений режима эксплуатации.

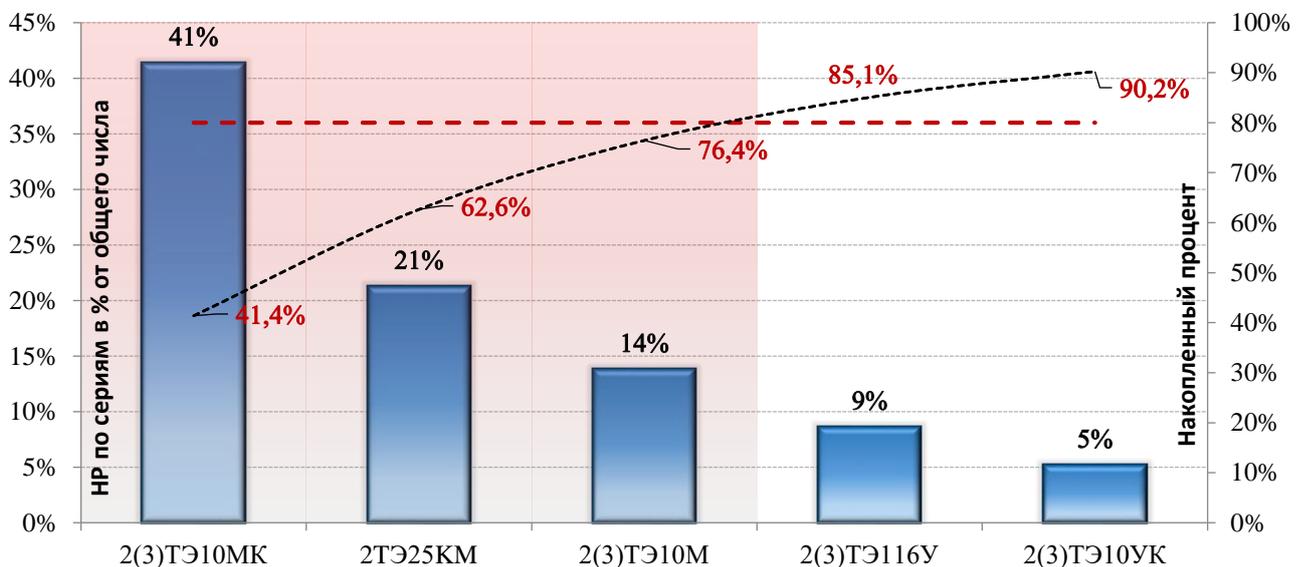


Рисунок 3.6 – Распределение неплановых ремонтов по сериям тепловозов

На диаграмме отсутствуют маневровые серии локомотивов, в то время как на диаграмме по количеству НРЭ (рисунок 3.5) присутствуют три маневровые серии локомотивов. Из этого следует вывод, что данное нарушение наиболее опасно для магистральных тепловозов.

3.2.2.3 Последствия нарушения

Снижение интенсивности теплоотвода от элементов дизеля после его остановки приводит к перегреву воды, что, в свою очередь, ведёт к разрушению цилиндрических крышек дизеля и уплотнений водяной системы с последующей течью по контрольным отверстиям, повышению интенсивности старения (окисления) дизельного масла вследствие его перегрева.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива:

- повышенный износ уплотнений водяной системы вследствие перегрева;
- образование задиров цилиндропоршневой группы и коленчатого вала дизеля, а также вала турбокомпрессора вследствие работы с разжиженным или обводнённым дизельным маслом.

3.2.3 Работа дизеля под нагрузкой при заниженной температуре теплоносителей (позиция контроллера машиниста выше 4-й)

Нарушение заключается в том, что машинист осуществляет набор позиций (даёт нагрузку на дизель) при температуре теплоносителей ниже допустимых значений. По инструкции перевод на позицию контроллера машиниста (ПКМ) выше 4-й должен производиться только после того, как температура теплоносителей будет выше установленного значения. При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждого типа дизеля и каждой серии тепловоза. Данное нарушение характерно для всех серий тепловозов.

3.2.3.1 Ожидаемые последствия нарушения

Вязкость — одно из важнейших свойств масла, имеющее многостороннее эксплуатационное значение. От вязкости зависит режим смазки пар трения, отвод тепла от рабочих поверхностей и уплотнение зазоров, энергетические потери в двигателе, его эксплуатационные свойства. Недостаточная вязкость масла приводит к сухому трению, нагреву и усиленному износу подшипников, а чрезмерно большая вязкость масла ведёт к потерям мощности на трение, то есть к снижению коэффициента полезного действия (КПД) дизеля и его агрегатов.

За многие годы изучения зависимости вязкости от температуры было предложено много способов построения вязкостно-температурных характеристик и формул, выражающих эту зависимость. Но лишь немногие из них дают удовлетворительную сходимость результатов расчета и практического определения вязкости вискозиметром. Это объясняется в первую очередь тем, что масла представляют собой жидкости, молекулы которых, имея сложное строение, образуют различные структуры, зависящие как от молекулярной массы, так и от группового химического состава масла.

Для описания зависимости вязкости моторных масел от температуры практически используют уравнения Вальтера и советского химмотолога Рамайя.

Формула Вальтера в экспоненциальной форме имеет вид:

$$(\nu_t + a) = e^{a/T^\varepsilon}, \quad (3.1)$$

где ν_t – кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре t , °С;

T – абсолютная температура;

a – коэффициент, зависящий от индивидуальных свойств жидкости.

Формула Рамайя имеет вид:

$$\sqrt{\lg \eta} = A + B/T, \quad (3.2)$$

где η – динамическая вязкость масла;

A и B – коэффициенты, постоянные для данного масла;

T – абсолютная температура.

Практически зависимость кинематической вязкости от температуры можно изображать в трех системах координат. В диапазоне температур 50-100 °С проще всего вязкостно-температурную характеристику строить в координатах t и ν (рисунок 3.7). При более широком диапазоне температур, например, от температуры застывания масла до 100 °С, рекомендуется применять сетку координат Рамайя (рисунок 3.8) [64, 81].

Таким образом, при переводе дизеля под нагрузку (что подразумевает большее нагружение элементов дизеля) при заниженной температуре

теплоносителей создаются тяжелейшие условия работы для трущихся и вращающихся частей дизеля, нуждающихся в постоянном обеспечении необходимого коэффициента трения, что в конечном итоге приводит к повышенному износу и снижению долговечности агрегата в целом.

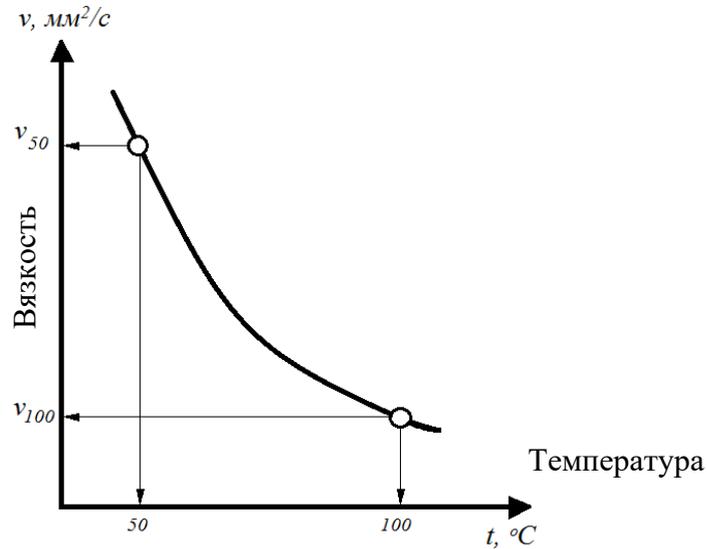


Рисунок 3.7 – Вязкостно-температурная характеристика масла в координатах вязкость-температура

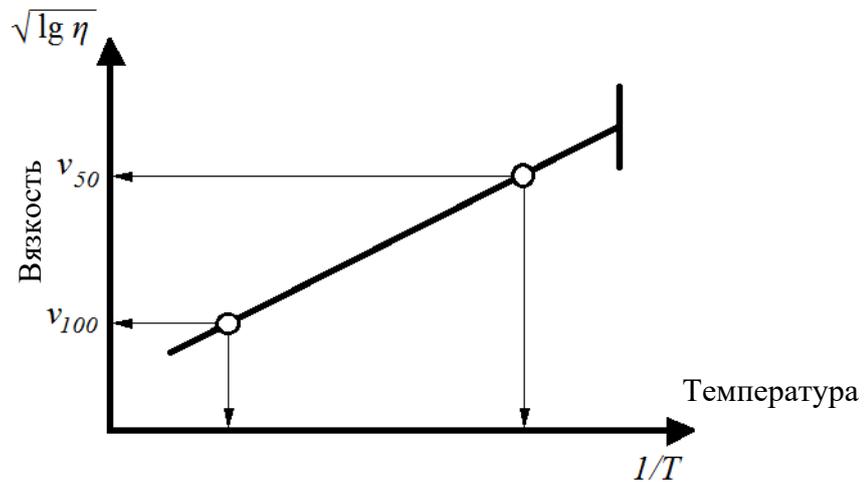


Рисунок 3.8 – Вязкостно-температурная характеристика масла в координатах Рамайя

3.2.3.2 Статистика по нарушению

На рисунке 3.9 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗТЭ10МК / АПК-БОРТ / АРМ «Осциллограф»). При этом отслеживаются параметры: позиция контроллера машиниста, обороты дизеля, температура воды и масла. На рисунке 3.10 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

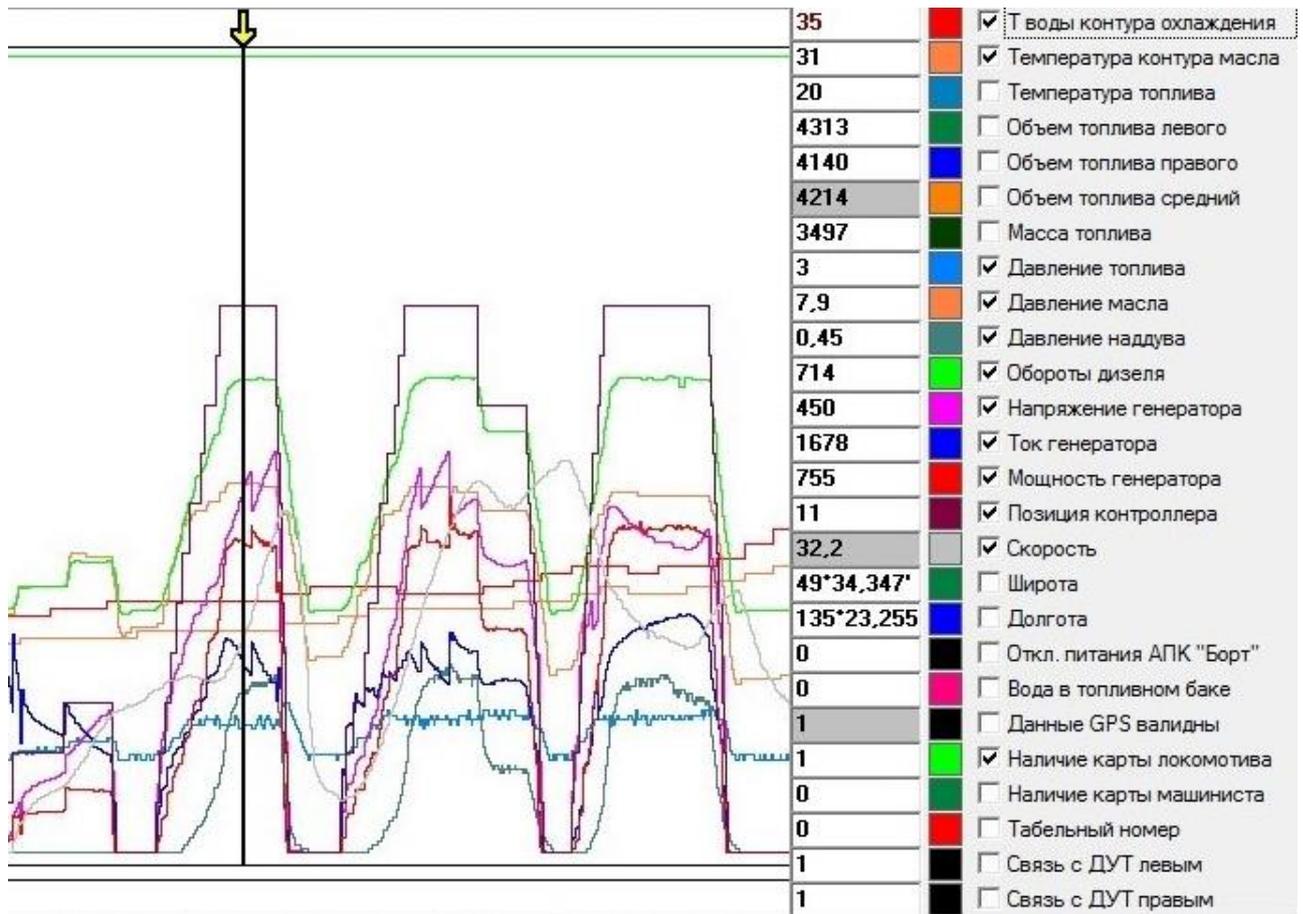


Рисунок 3.9 – Пример определения нарушения

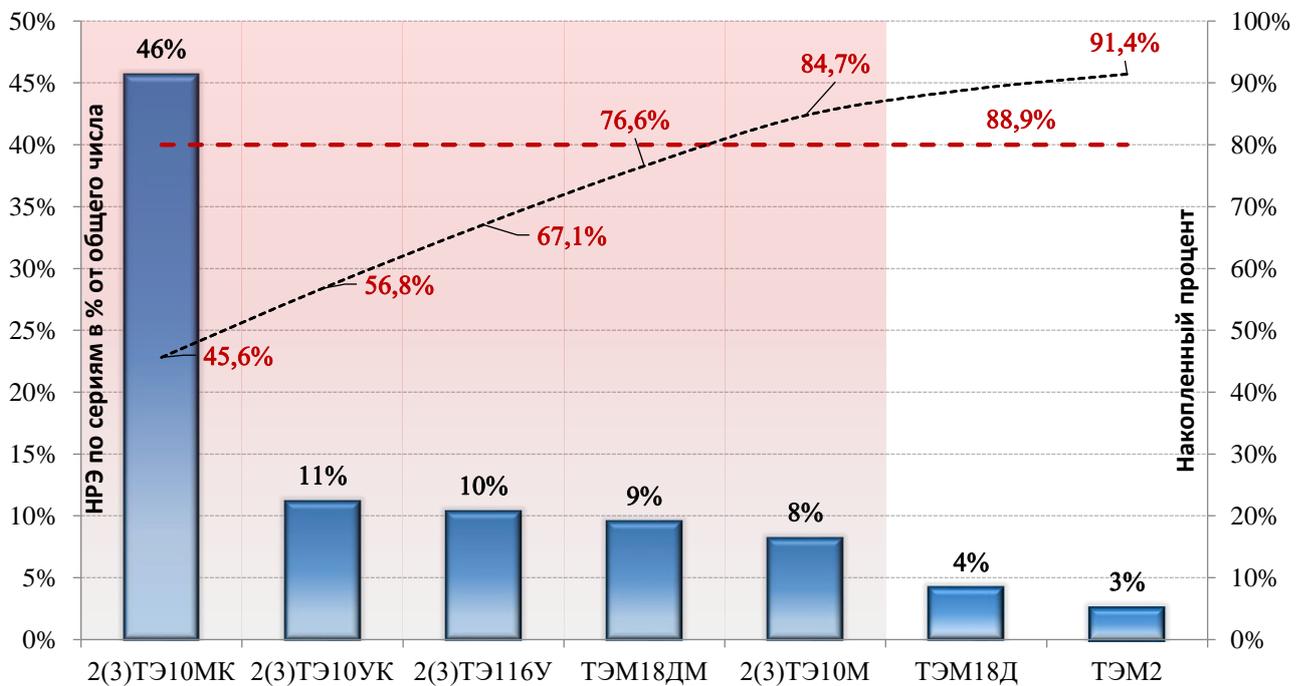


Рисунок 3.10 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно 6 % случаев перевода дизеля под нагрузку при заниженной температуре теплоносителей привели к

отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.11 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за нарушений.

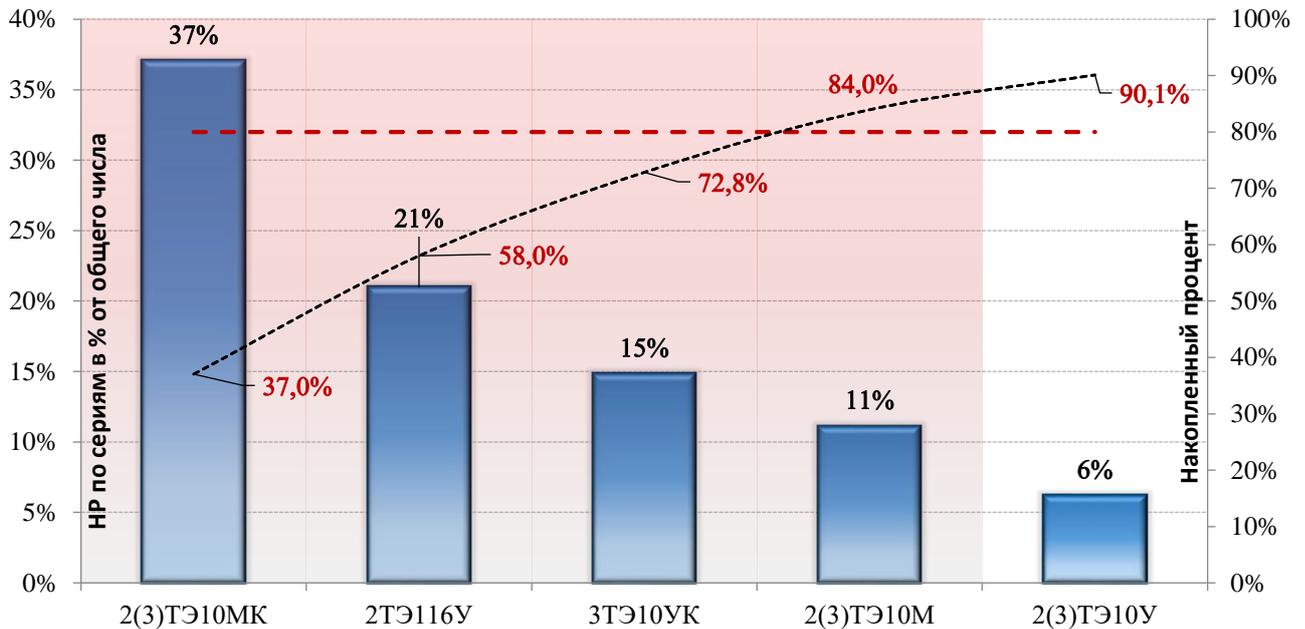


Рисунок 3.11 – Распределение неплановых ремонтов по сериям тепловозов

3.2.3.3 Последствия нарушения

Нарушение теплообменных процессов при сгорании топлива и газообразовании, вследствие чего ухудшается внешняя характеристика ДГУ; возрастает риск образования трещин на поверхностях деталей цилиндрического комплекта вследствие интенсивного теплообмена при большой разнице температур поверхностей охлаждаемых деталей и теплоносителей.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при систематических нарушениях):

- ухудшаются компрессионные и теплотехнические свойства цилиндрического комплекта;
- уменьшается количество сгораемого топлива за один впрыск;

Несгоревшее топливо, через зазоры в кольцах, просачивается в масляную систему дизеля и вызывает снижение кинематической вязкости масла («разжижение»).

3.2.4 Работа дизеля под нагрузкой при повышенной температуре теплоносителей

Нарушение заключается в том, что во время работы дизеля температура теплоносителей превышает допустимое значение (например, потому что не включены мотор-вентиляторы системы охлаждения). По инструкции машинист должен контролировать температуру теплоносителей и не допускать превышения установленных значений. При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждого типа дизеля и каждой серии тепловоза.

Данное НРЭ характерно для всех серий тепловозов и особенно распространено в летнее время года, а также при следовании локомотива с тяжеловесным поездом.

3.2.4.1 Ожидаемые последствия нарушения

Помимо описанных в пункте 3.2.2 вероятных последствий превышения температуры теплоносителей, можно также отметить, что повышенная температура теплоносителей не сможет обеспечить необходимый теплоотвод от элементов дизеля, а также отобразится на вязкости масла, что в свою очередь, негативно сказывается на состоянии трущихся поверхностей дизеля (повышенный износ и образование задиров).

3.2.4.2 Статистика по нарушению

На рисунке 3.12 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗТЭ10МК / АПК-БОРТ / АРМ «Осциллограф»). При этом отслеживаются параметры: позиция контроллера машиниста, обороты дизеля, температура воды и масла. На рисунке 3.13 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

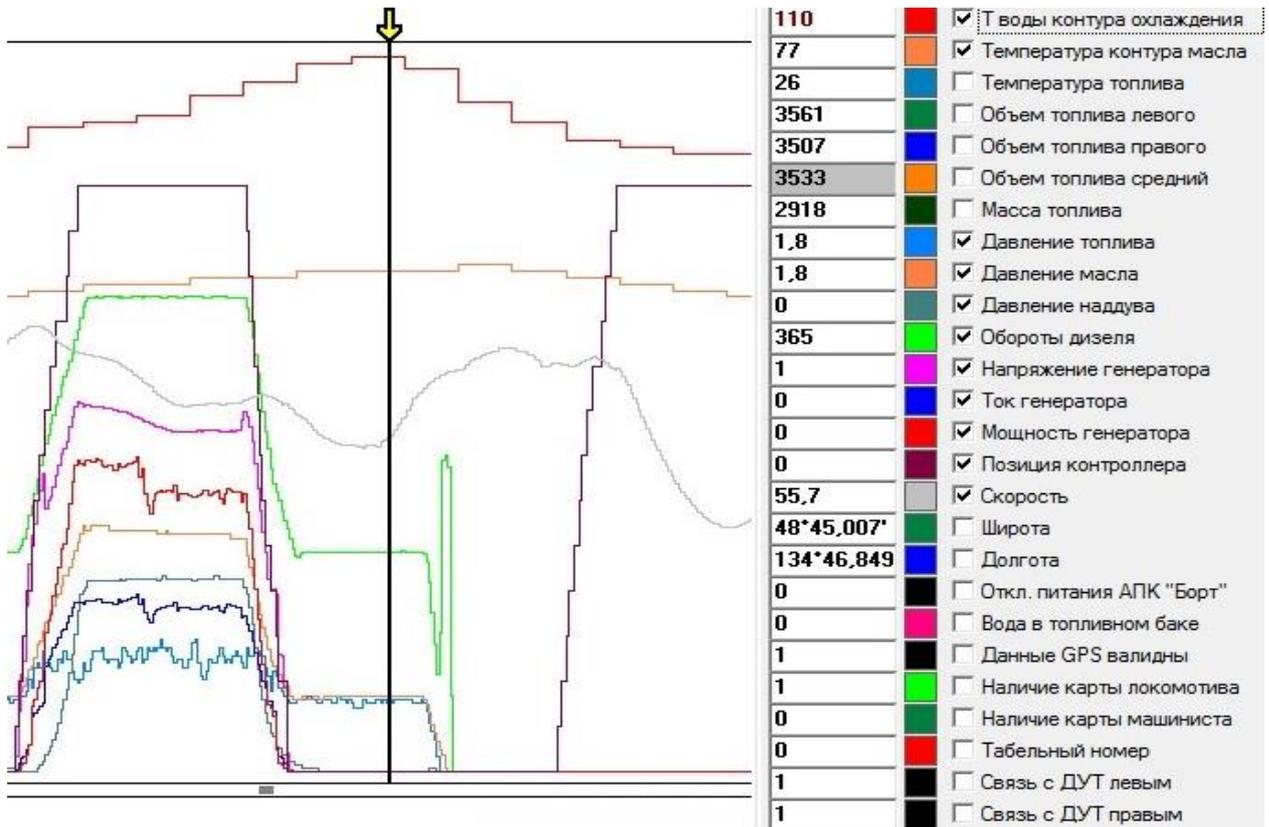


Рисунок 3.12 – Пример определения нарушения

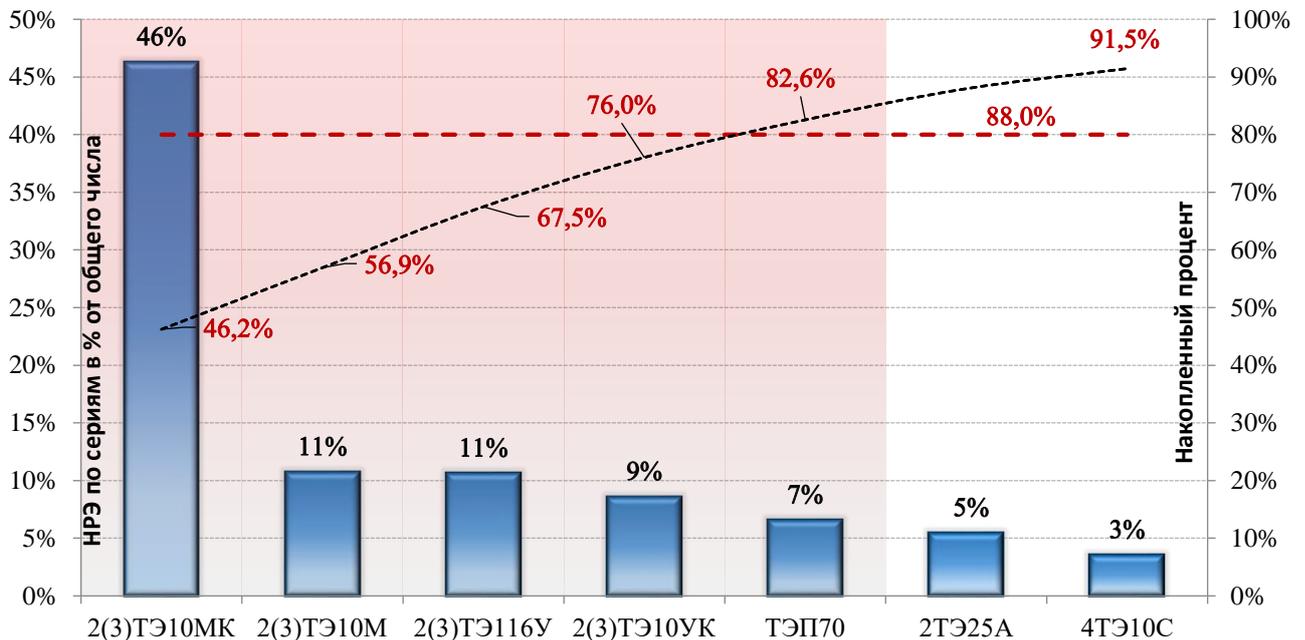


Рисунок 3.13 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно 13,3 % случаев перевода дизеля под нагрузку при превышенной температуре теплоносителей привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.14 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения.

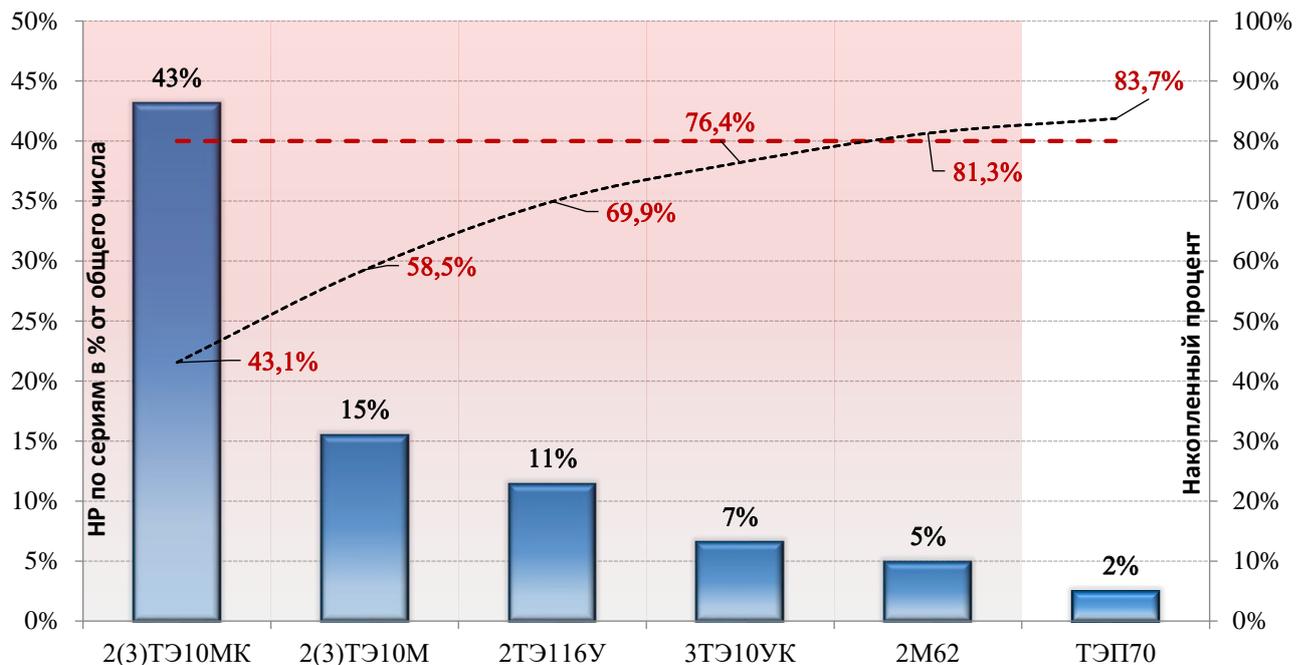


Рисунок 3.14 – Распределение неплановых ремонтов по сериям тепловозов

Следует отметить, что на первые 4 серии локомотивов по количеству нарушений приходится пропорциональное количество неплановых ремонтов, произошедших из-за данного НРЭ. Следовательно, причинно-следственная связь факта нарушения и возникновения НР, произошедшего из-за данного НРЭ, чётко прослеживается и подтверждается анализом статистических данных.

3.2.4.3 Последствия нарушения

Снижение интенсивности теплоотвода от элементов дизеля после его остановки приводит к перегреву воды, разрушению цилиндрических крышек и уплотнений водяной системы с последующей течью по контрольным отверстиям, повышению интенсивности старения (окисления) дизельного масла вследствие его перегрева.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива:

- повышенный износ уплотнений водяной системы вследствие перегрева;
- образование задиров цилиндропоршневой группы и коленчатого вала дизеля, а также вала турбокомпрессора вследствие работы с разжиженным или обводнённым дизельным маслом.

3.2.5 Запуск дизеля без прокачки масла

Нарушение заключается в том, что машинист запускает дизель без предварительной прокачки масла масляным насосом. По инструкции машинист должен сначала запустить масляный насос и затем, после выдержки времени (разное в зависимости от серии и типа дизеля), произвести запуск дизеля. Данное нарушение режима эксплуатации характерно для всех серий тепловозов. На современных локомотивах автоматическая прокачка масла перед запуском дизеля реализована в цепях запуска дизеля: перед запуском стартер-генератора и проворотом коленчатого вала, масляным насосом проводится автоматическая прокачка масла с выдержкой необходимого времени – контролируется с помощью реле давления масла в цепи запуска дизеля. В этом случае подобные нарушения возможны при неисправности цепей запуска дизеля или масляного насоса.

3.2.5.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.15 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗТЭ10МК / АПК-БОРТ / АРМ «Осциллограф»). На рисунке 3.16 приведено распределение нарушений режима эксплуатации по сериям локомотивов.

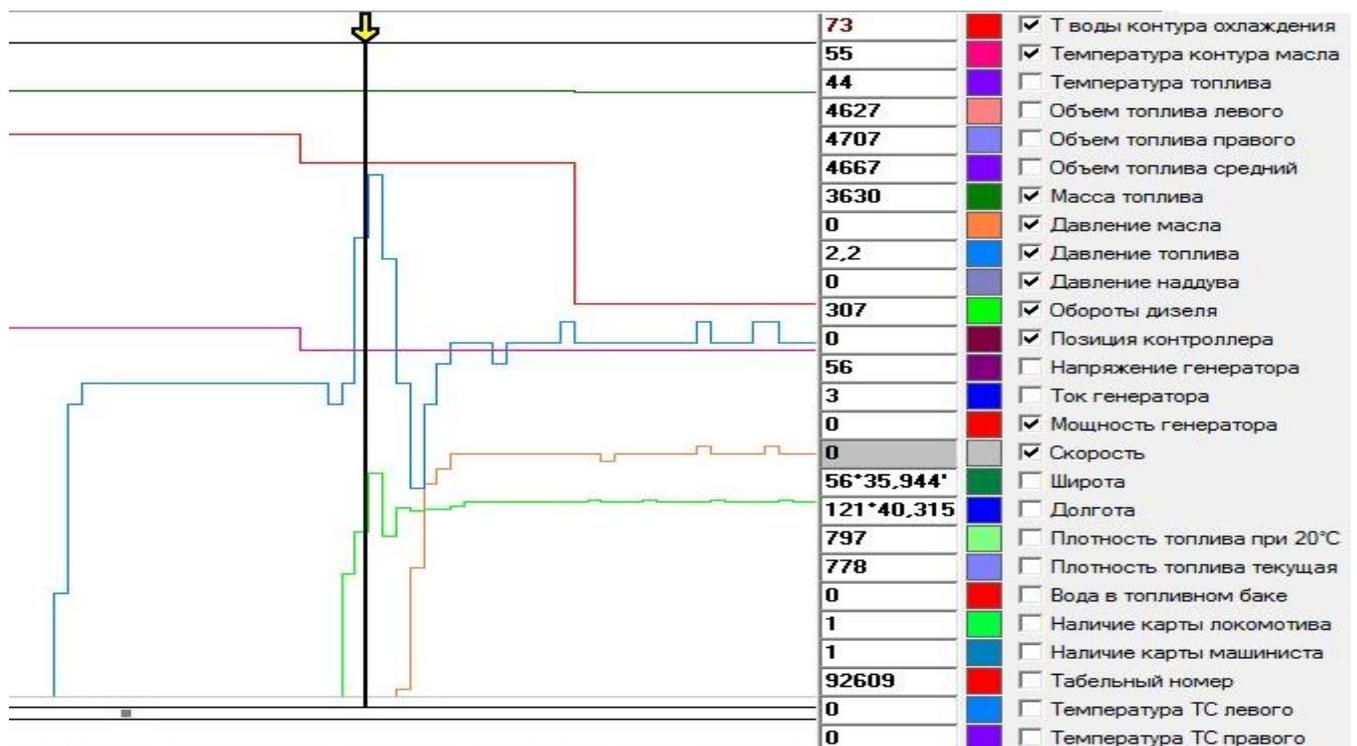


Рисунок 3.15 – Пример определения нарушения

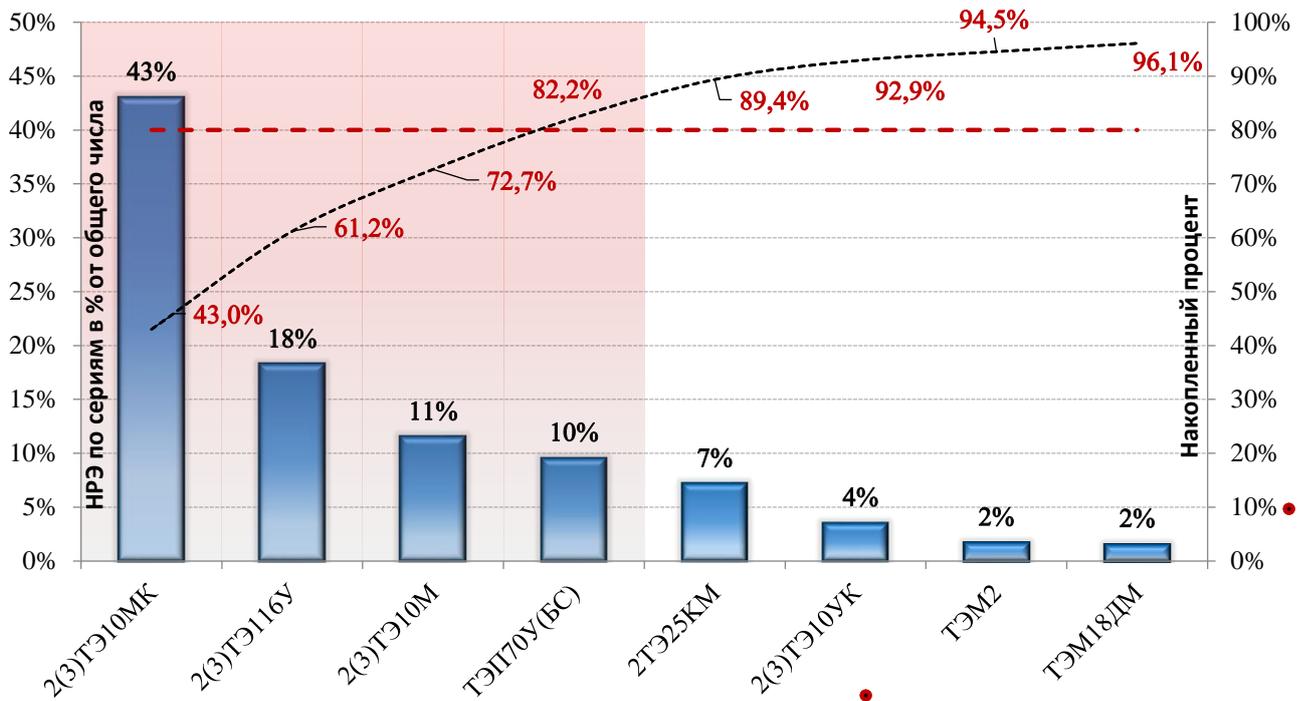


Рисунок 3.16 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год около 1,1 % случаев запуска дизеля без прокачки масла привели к отказам в течение 40 дней.

3.2.5.2 Последствия нарушения

- более интенсивный износ трущихся деталей шатунно-поршневой группы (маслосъёмные кольца) и рабочей поверхности цилиндровой втулки (комплекта);
- более интенсивный износ коленчатого вала, вкладышей коренных и шатунных шеек;
- более интенсивный износ вала турбокомпрессора.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при систематических нарушениях):

- ухудшаются компрессионные и теплотехнические свойства цилиндрического комплекта;
- уменьшается количество сгораемого топлива за один впрыск;
- несгоревшее топливо, через зазоры в кольцах, просачивается в масляную систему дизеля и вызывает снижение кинематической вязкости масла («разжижение»).

3.3 Тяговые электрические машины

Согласно обработанным статистическим данным (п. 2.3.2.) рассмотрим нижеприведённые НРЭ как по тепловозам, так и по электровозам, поскольку нет принципиальных различий по данной группе оборудования среди локомотивов разного вида тяги.

3.3.1 Следование на лимитирующий подъем с поездом критической массы со скоростью ниже расчётной

Нарушение заключается в том, что машинист допускает снижение скорости поезда ниже установленного значения на руководящем подъёме с полновесным составом, либо отправляется с поездом, масса которого превышает норму по условиям трогания с места без вспомогательного локомотива. При этом пороговые значения (веса, скорости) могут быть индивидуальны для каждой серии локомотива. Данное нарушение характерно для всех серий локомотивов.

3.3.1.1 Ожидаемые последствия нарушения

Нарушение скоростных режимов локомотивов, особенно с тяжеловесным поездом, приводит к перегреву изоляции тяговых электродвигателей. В технике для расчёта теплового влияния используют правило Монтзингера [97, 98]:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = 2^{\frac{T_1 - T_2}{\Delta T}}, \quad (3.3)$$

где τ_1, τ_2 – срок службы изоляции;

T_1, T_2 – разные температуры.

ΔT – повышение температуры, вызывающее сокращение срока службы изоляции при тепловом старении в 2 раза, $\Delta T = 10$ °C;

Для обеспечения исправной работы любого электрического устройства, необходима надёжная изоляция его токоведущих частей, особенно применительно к тяговому подвижному составу, где тяговые электродвигатели подвергаются значительному нагреву, воздействию погодных условий (влага, снег, грязь и др.), вибрации и другим факторам, негативно влияющим на состояние изоляции.

Поэтому крайне важно, чтобы изоляция обладала достаточной электрической и механической прочностью, а также должна быть нагрево- и влагоустойчивой.

Значительное влияние на величину сопротивления изоляции тяговых электродвигателей оказывает влияние погодных факторов – температура и влажность воздуха, загрязнённость воздуха пылью [40]. Попадание влаги резко снижает диэлектрические свойства изоляции и вызывает необходимость её сушки. Контроль за состоянием изоляции является важнейшей из задач по поддержанию исправного состояния тягового электродвигателя.

3.3.1.2 Статистика по нарушению

На рисунке 3.17 приведено Распределение нарушений по сериям локомотивов.

На рисунке 3.18 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением. При этом отслеживаются параметры: ток (кратковременный, часовой, длительный) главного генератора.

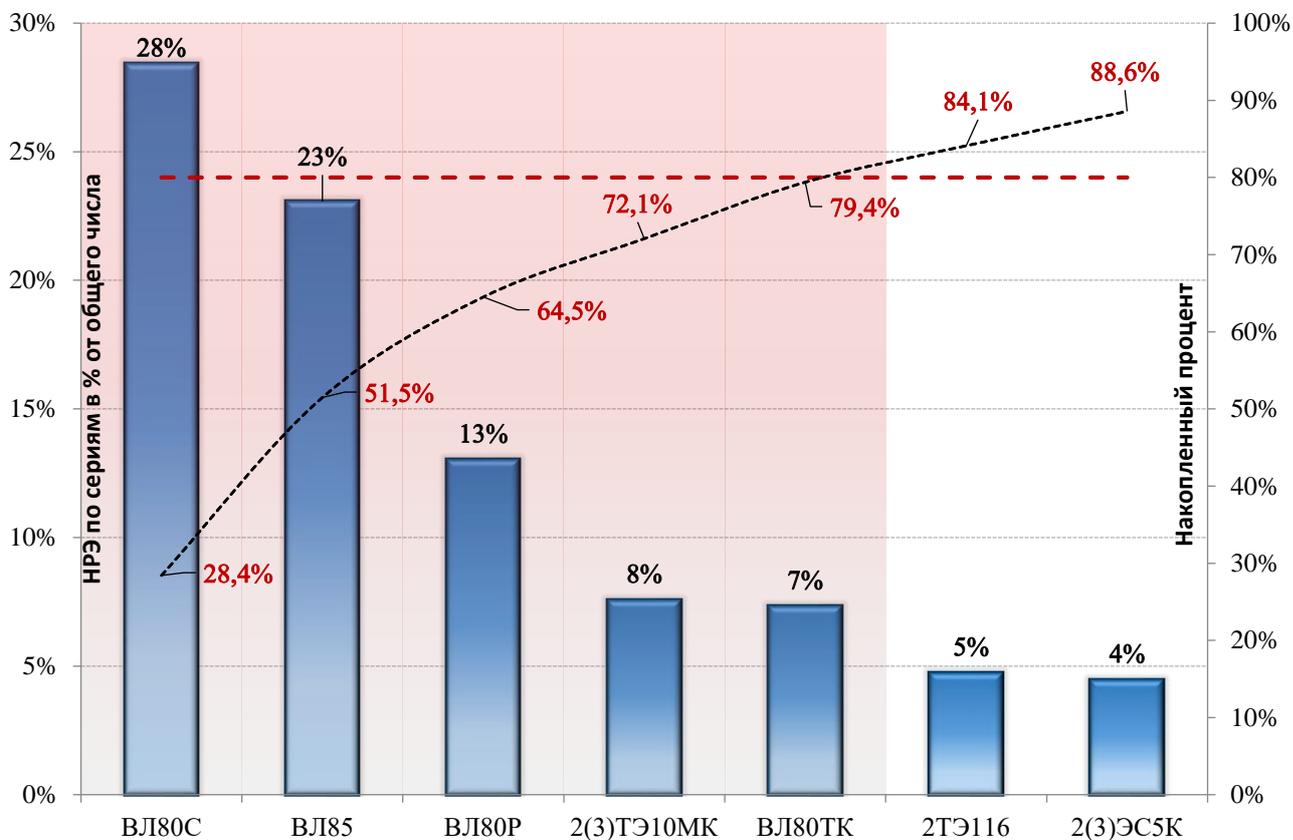
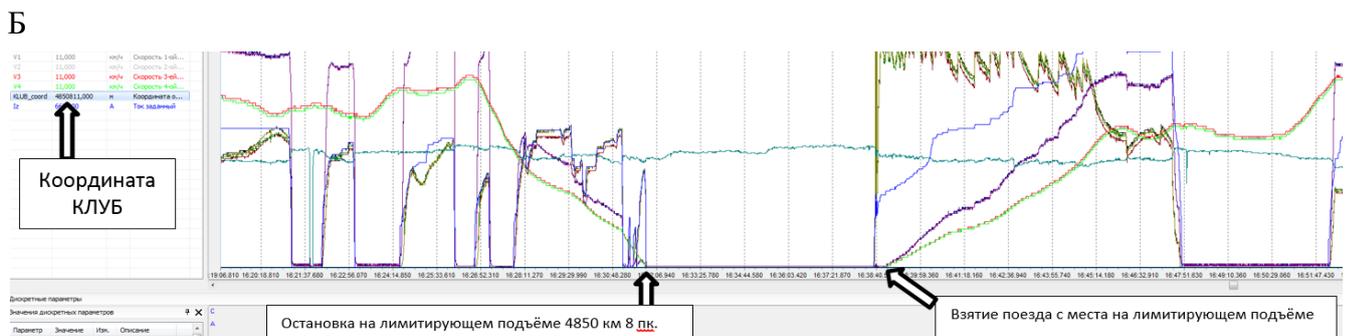
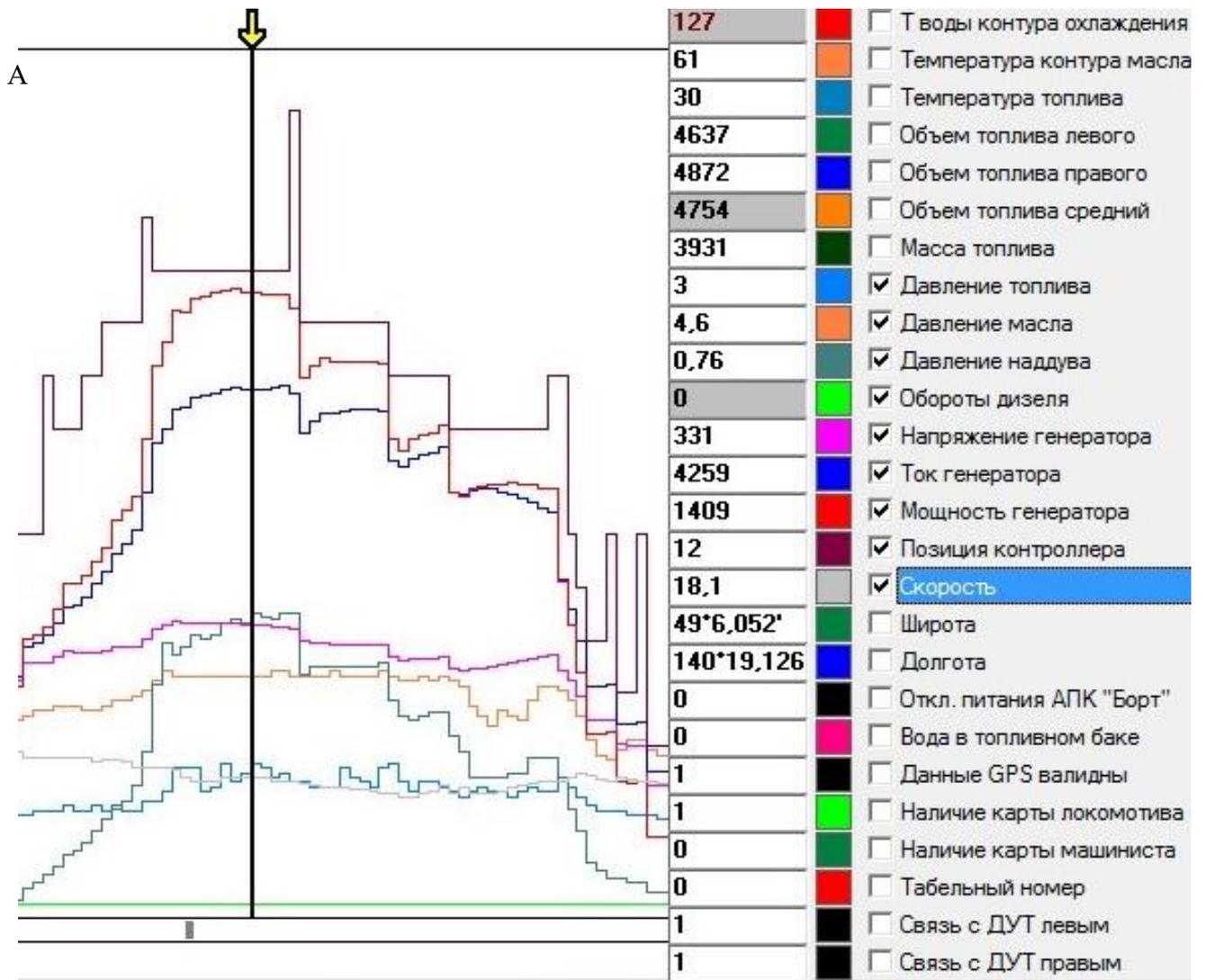


Рисунок 3.17 – Распределение нарушений по сериям локомотивов



А – 3ТЭ10МК / АПК-БОРТ / АРМ «Осциллограф»;

Б - 3ЭС5К / МСУД / МСУ Анализатор;

Рисунок 3.18 – Пример определения нарушения

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й примерно 3,4 % случаев несоблюдения скоростного режима на лимитирующем подъёме привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.19 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения режима эксплуатации.

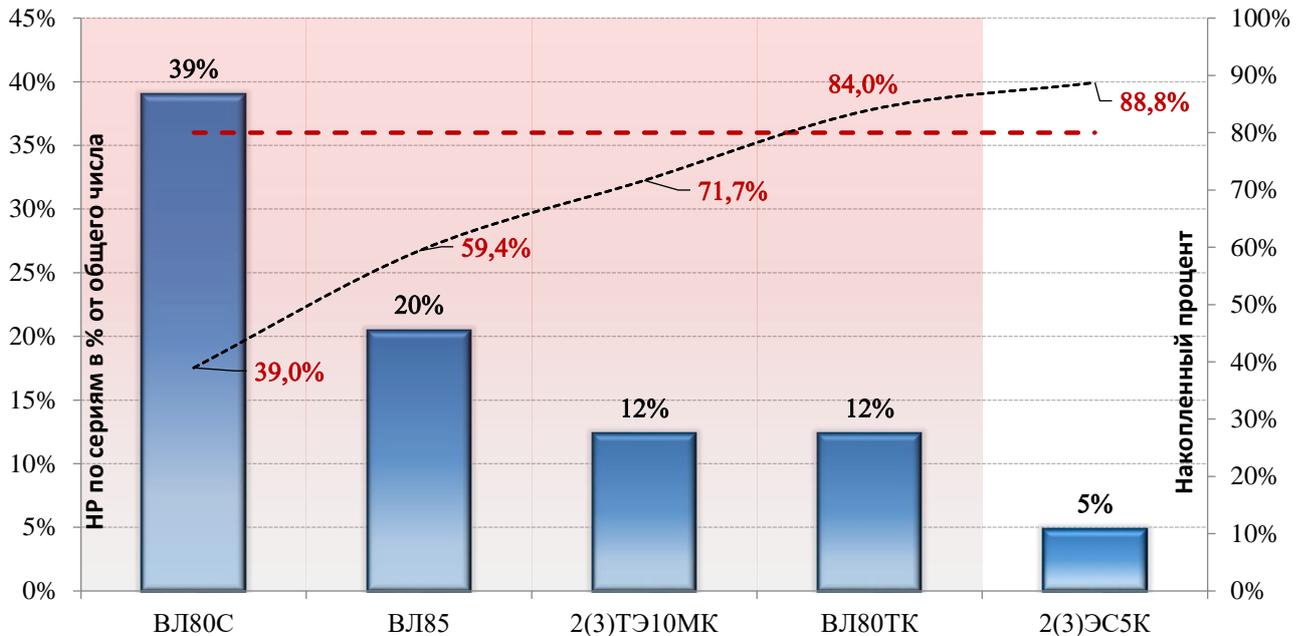


Рисунок 3.19 – Распределение неплановых ремонтов по сериям локомотивов

Следует отметить, что по 5 из 7 сериям локомотивов (за исключением ВЛ80Р и 2ТЭ116) количество нарушений пропорционально количеству неплановых ремонтов, произошедших из-за данного НРЭ, что подтверждает причинно-следственную связь между фактом нарушения и возникновением НР.

3.3.1.3 Последствия нарушения

Поскольку значение расчётной скорости устанавливается тягово-энергетической лабораторией исходя из требований охлаждения тяговых электродвигателей и тяговых генераторов, следование со скоростью ниже расчётной приводит к перегреву ТЭД и тяговых генераторов, снижению сопротивления изоляции их якорных обмоток, обмоток главных и вспомогательных полюсов, появлению межвитковых замыканий.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при систематических нарушениях):

- межвитковое замыкание обмоток генератора;
- пробой изоляции обмоток генератора на корпус («землю»);
- обрыв (потеря электрической цепи) обмоток генератора;
- межвитковое замыкание обмоток ТЭД;
- пробой изоляции обмоток ТЭД на корпус («землю»).

3.3.2 Отключение мотор-вентиляторов в режиме выбега или тяги локомотива / движение с отключенным тяговым электродвигателем

Нарушение заключается в том, что машинист выключает мотор-вентиляторы локомотива в режиме выбега или тяги. По инструкции, при скорости локомотива, отличной от 0 и нулевой позиции контроллера, мотор-вентиляторы должны быть включены. Данное НРЭ характерно для всех серий локомотивов.

3.3.2.1 Ожидаемые последствия нарушения

Необходимость включения мотор-вентиляторов при движении локомотива обусловлена защитой ТЭД (за счёт продувки вентиляторами охлаждения) от попадания грязи, влаги или снега на детали электрической машины. Понижение сопротивления изоляции из-за загрязнения ТЭД может также вызвать круговой огонь по коллектору. Наиболее опасно накопление грязи вблизи коллектора – на изоляторах щеткодержателей, «петушках», миканитовом конусе. Если в этих местах сопротивление изоляции окажется ниже требуемых значений, то произойдёт пробой изоляции: электрическая цепь замыкается накоротко и ток вместо того, чтобы течь по якорной обмотке, течёт поперек коллекторных пластин – возникает круговой огонь [4, 5].

3.3.2.2 Статистика по нарушению

На рисунке 3.20 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЭП1М / МСУД / МСУ Анализатор). На рисунке 3.21 приведено распределение нарушений режима эксплуатации по сериям локомотивов.

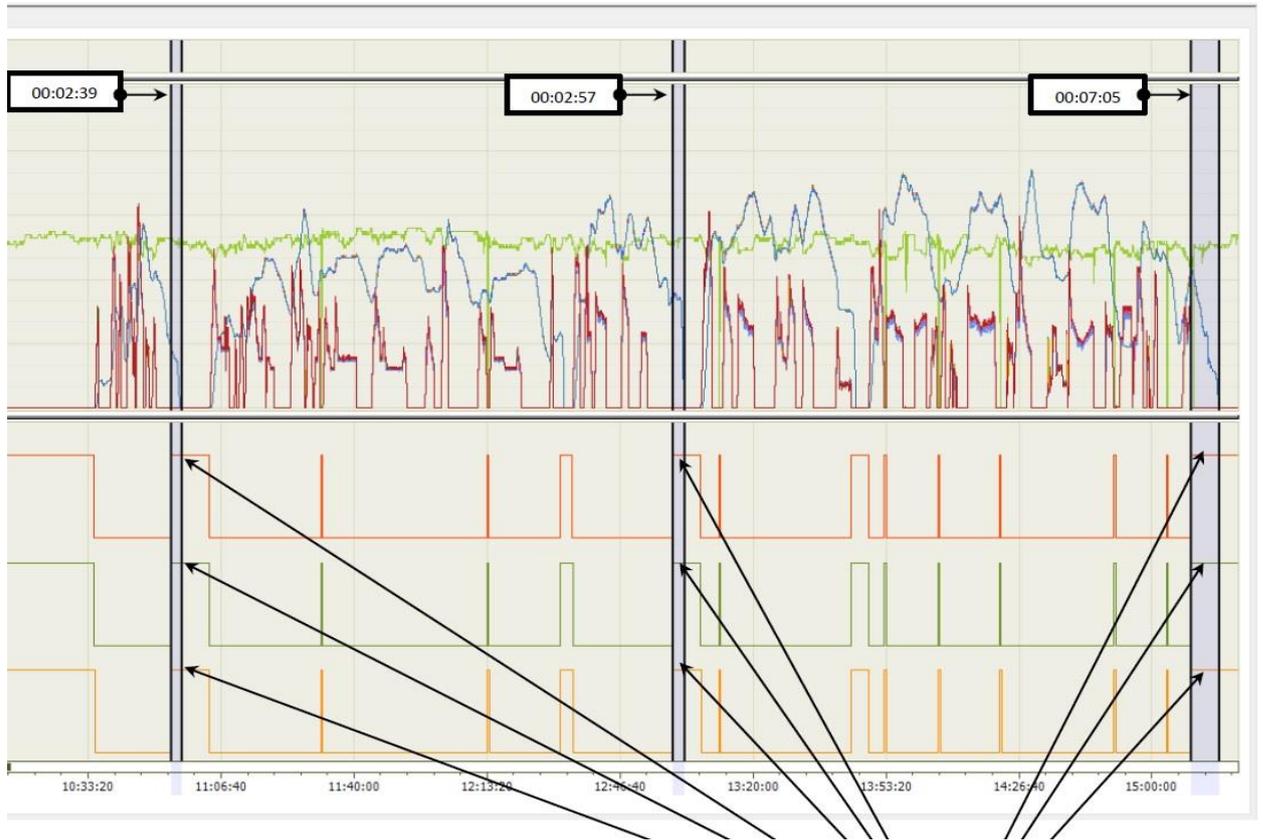


Рисунок 3.20 – Пример определения нарушения

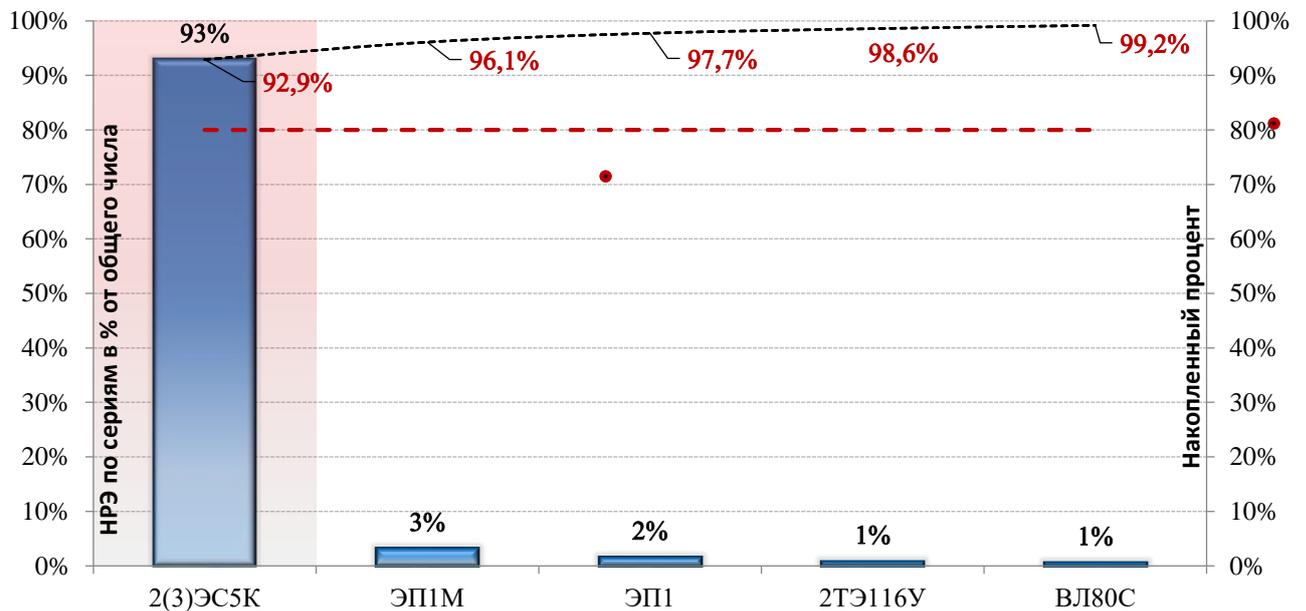


Рисунок 3.21 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год около 3 % случаев отключения вентилирования тягового электродвигателя в режиме выбега или тяги привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.22 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения.

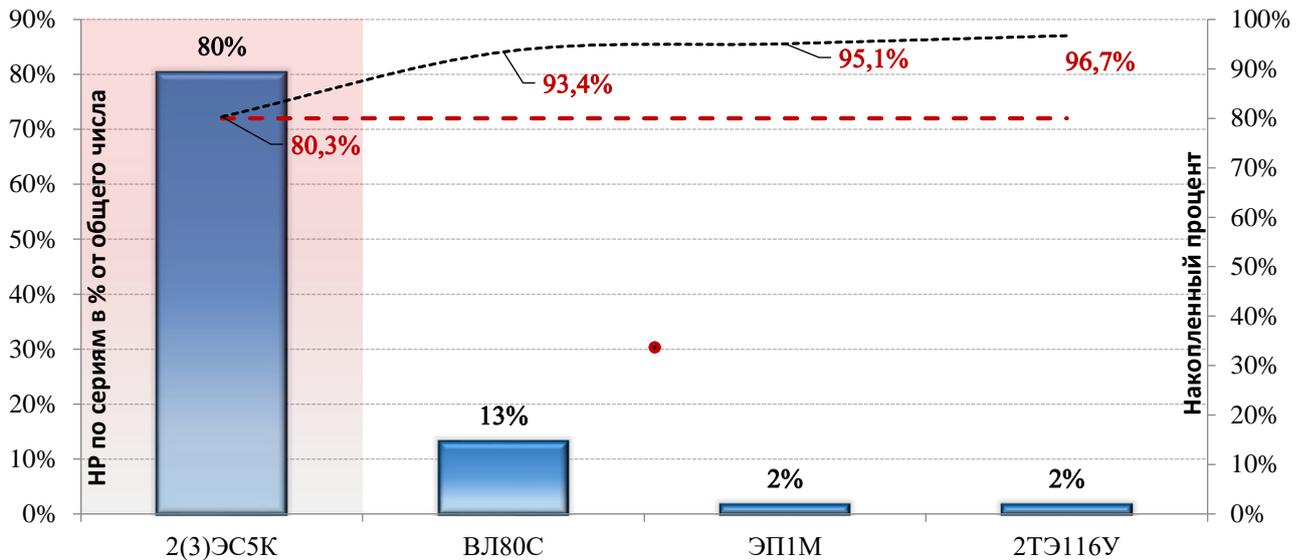


Рисунок 3.22 – Распределение unplanned repairs по сериям локомотивов

Примечательно, что на электровозах серии ВЛ80С данное нарушение в 67 % случаев привело к unplanned repairs, что позволяет сделать вывод о особой подверженности локомотивов данной серии ухудшению технического состояния тяговых электродвигателей из-за подобных нарушений.

3.3.2.3 Последствия нарушения

При движении с отключенными мотор-вентиляторами происходит засасывание грязи в ТЭД через вентиляционные отверстия, что приводит к снижению межламельного сопротивления и перебросам дуги по коллектору.

3.3.3 Перегрузка тягового электродвигателя по токам/напряжениям

Нарушение заключается в том, что машинист нагружает тяговый электродвигатель выше установленных значений по силе тока и напряжению. По инструкции установлена максимальная продолжительность работы для каждого значения силы тока (кратковременный, часовой, длительный). При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждой серии локомотива. Данное нарушение характерно для всех серий локомотивов.

3.3.3.1 Ожидаемые последствия нарушения

С точки зрения влияния на изоляцию длительных превышений тока различают сравнительно небольшие перегрузки (до 50 %) и большие (50 %).

Очевидно, что действие небольших перегрузок проявляется постепенно, в то время как последствия больших перегрузок проявляется практически сразу. Незначительное превышение температуры обмотки тягового электродвигателя выше допустимых значений приводит к медленному старению изоляции – структурные изменения материала изоляции накапливаются постепенно и проявляются со временем. По мере превышения температуры ускоряется и процесс старения изоляции (по правилу Монтзингера – п. 3.3.1).

После возникновения перегрузки температура обмоток тягового электродвигателя достигает допустимого значения. Дальнейшее повышение тока приводит к нагреву изоляции, величина допустимого превышения температуры которой зависит от её класса. При больших перегрузках время достижения критической температуры изоляции будет короче, при небольших перегрузках – длиннее. Таким образом, каждому значению тока перегрузки соответствует своё допустимое время воздействия (длительность перегрузки), которое можно считать относительно безопасным для изоляции.

Зависимость допустимой длительности перегрузки от её величины называют перегрузочной характеристикой электродвигателя (рисунок 3.23).

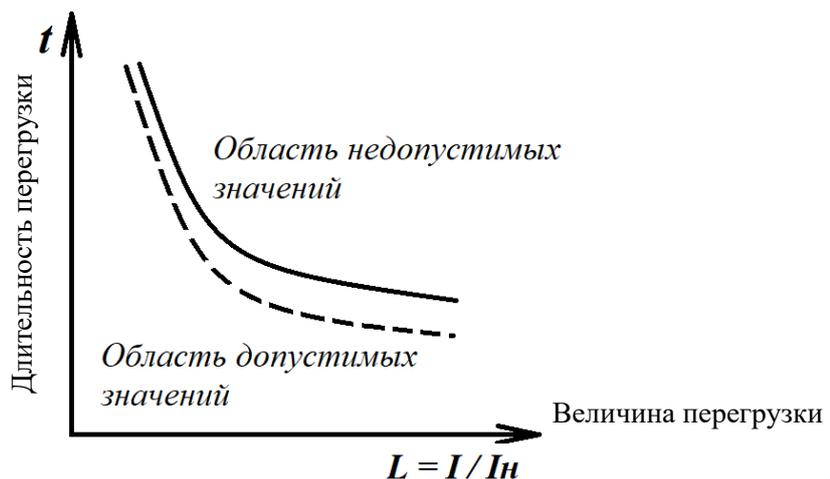


Рисунок 3.23 – Перегрузочная характеристика электродвигателя (сплошная линия) и желаемая характеристика защиты (пунктирная линия)

Из приведённой характеристики следует вывод, что для защиты (аппаратно-программной) изоляции тягового электродвигателя необходимо контролировать как величину перегрузки, так и её длительность. При этом желаемая

характеристика защиты должна всегда располагаться под перегрузочной характеристикой электродвигателя.

Контроль этих двух параметров (величина перегрузки и её длительность) позволит одновременно исключить критическое повышение температуры изоляции и даст возможность исключить ложные срабатывания защиты, то есть защита должна срабатывать только при попадании в область недопустимых значений [99].

3.3.3.2 Статистика по нарушению

На рисунке 3.24 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗЭС5К / МСУД / МСУ Анализатор). При этом отслеживаются параметры: ток ТЭД и время работы при данном значении тока. На рисунке 3.25 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

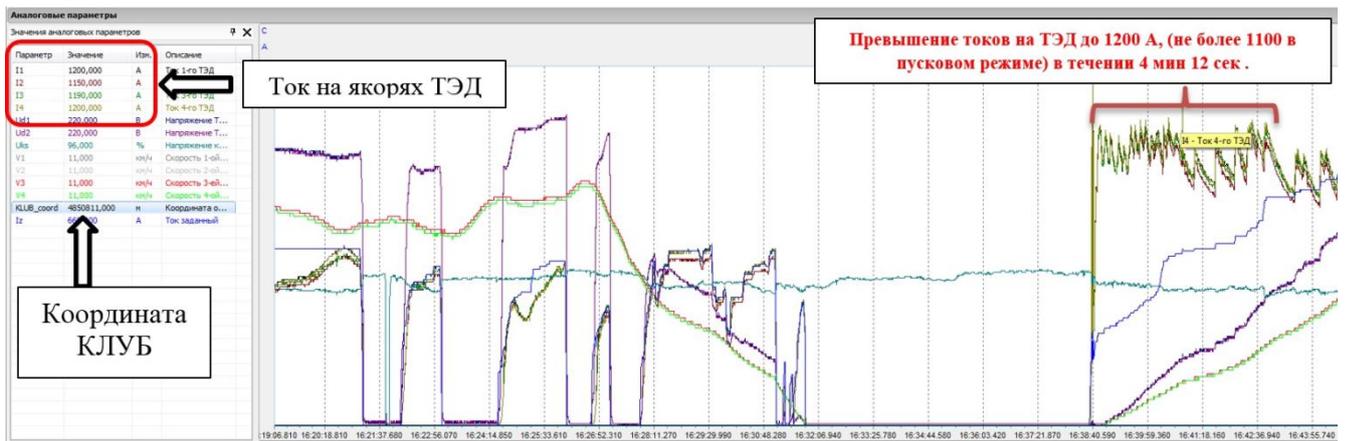


Рисунок 3.24 – Пример определения нарушения

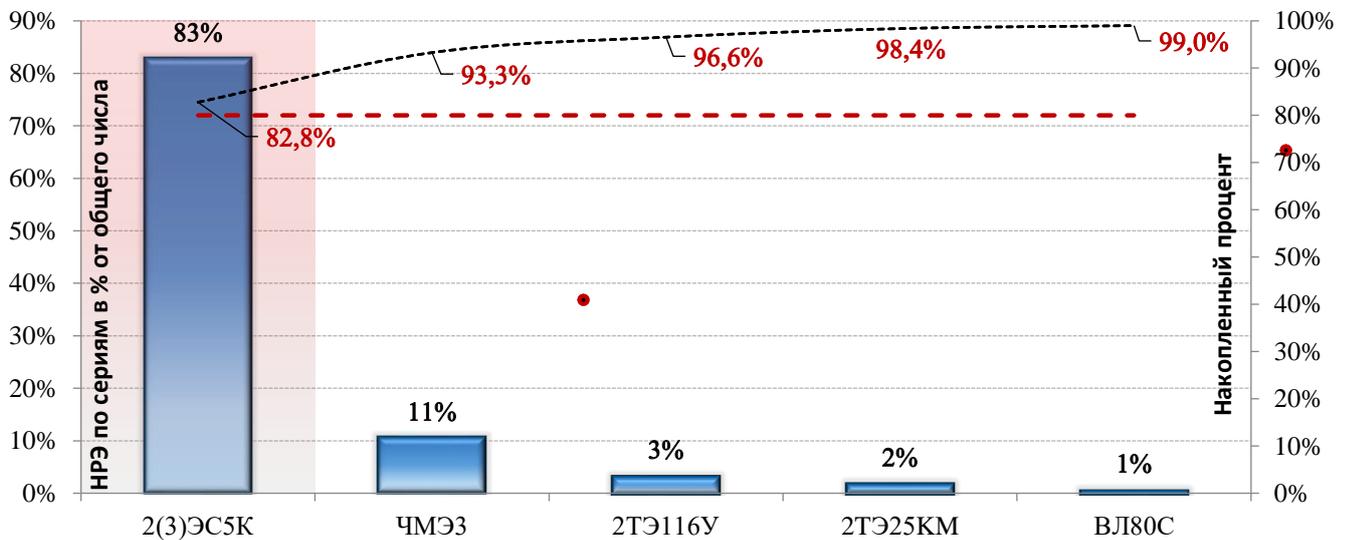


Рисунок 3.25 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно 3,5 % случаев перегрузки тяговых двигателей по токам и напряжениям привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.26 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за нарушений режима эксплуатации.

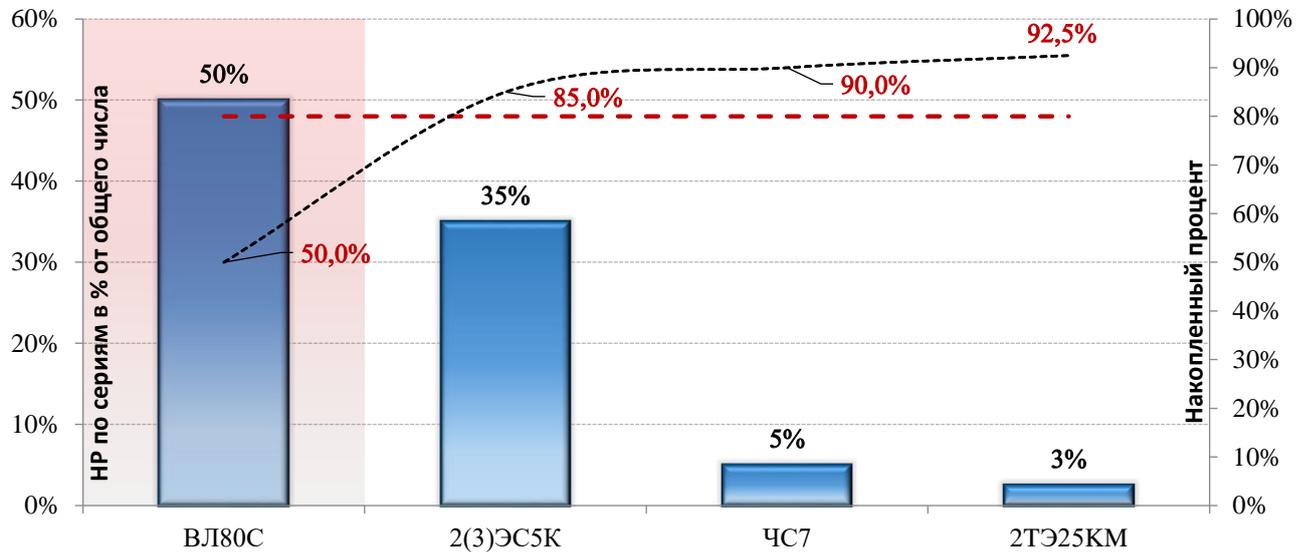


Рисунок 3.26 – Распределение неплановых ремонтов по сериям локомотивов

3.3.3.3 Последствия нарушения

- Ухудшение электроизоляционных свойств материалов проводников якорной обмотки и полюсных обмоток тягового электродвигателя.
- Увеличение переходного сопротивления в местах соединения электрических цепей обмоток тягового электродвигателя.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при систематических нарушениях):

- отказ колёсно-моторного блока;
- межвитковое замыкание обмоток тягового электродвигателя;
- пробой изоляции обмоток ТЭД на корпус («землю»);
- обрыв (потеря электрической цепи) обмоток ТЭД;
- повреждение изоляции силовых цепей.

3.3.4 Превышение допустимых значений токов тягового (главного) генератора (кратковременный, часовой, длительный)

Нарушение заключается в том, что машинист допускает работу тягового генератора (ТГ), не соблюдая максимальную продолжительность работы ТГ на определенных значениях силы тока ТГ. По инструкции установлена максимальная продолжительность работы для каждого значения силы тока тягового генератора (кратковременный, часовой, длительный) – воздействие превышения тока на надёжность тягового генератора аналогично воздействию превышения тока на ТЭД и описано в пунктах 3.3.1 и 3.3.3. При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждого каждой серии локомотива. Данное нарушение режима эксплуатации характерно для всех серий тепловозов.

3.3.4.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.27 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением (2ТЭ10МК / АПК-БОРТ / АРМ «Осциллограф»). При этом отслеживаются параметры: ток (кратковременный, часовой, длительный) главного генератора и время работы. На рисунке 3.28 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

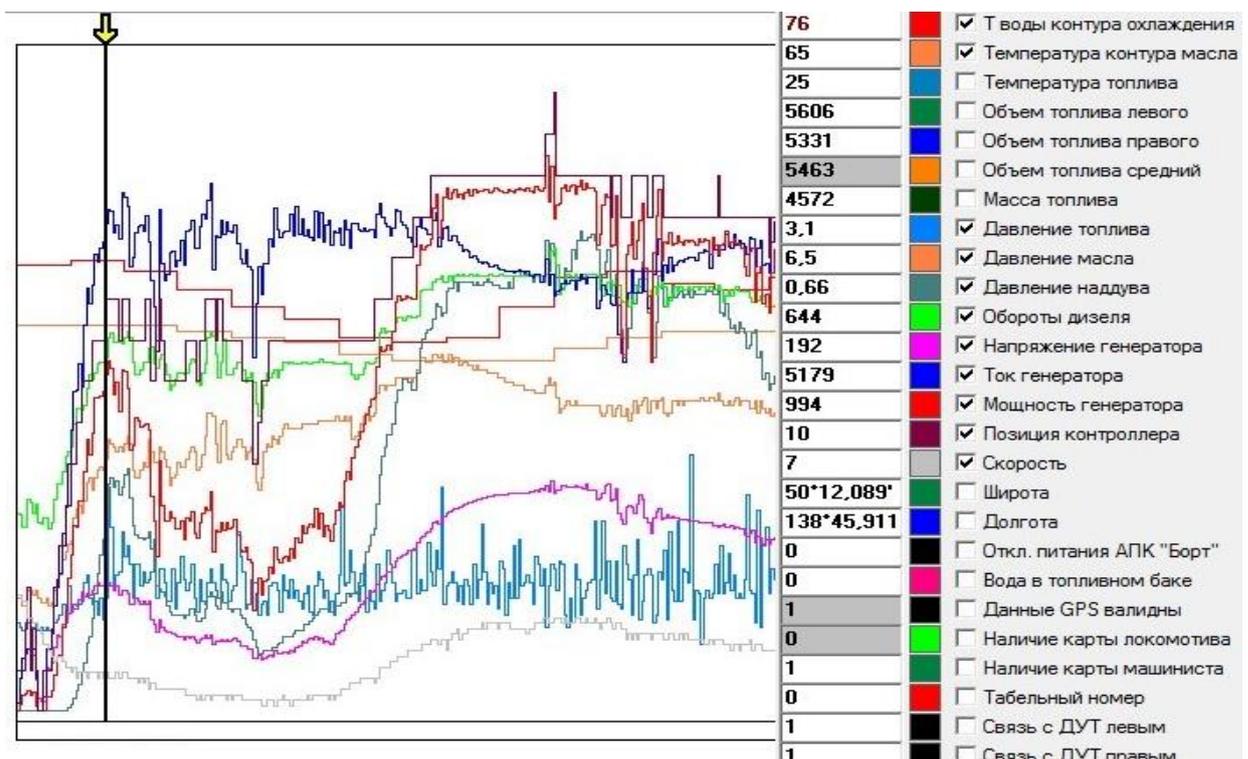


Рисунок 3.27 – Пример определения нарушения

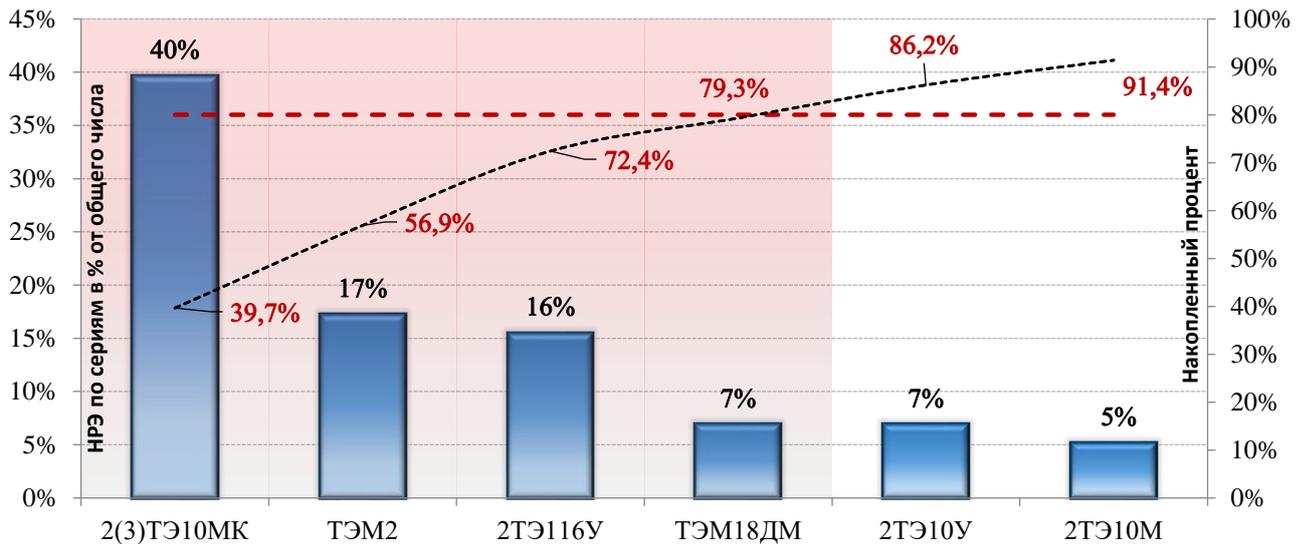


Рисунок 3.28 – Распределение нарушений по сериям тепловозов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год около 9,1 % случаев подобных нарушений привели к отказам в течение 40 дней. Учитывая приведённую информацию, можно сделать вывод, что данное нарушения оказывает значительное влияние на ухудшение технического состояния главного генератора.

Однако, следует учитывать и ухудшение технического состояния в долгосрочной перспективе (более 40 дней), поскольку главный генератор является электрической машиной, для которой превышение допустимых токов и напряжений недопустимо (о чём подробно написано в п. 3.3.1 и 3.3.3).

3.3.4.2 Последствия нарушения

- Ухудшение электроизоляционных свойств материалов проводников якорной обмотки и полюсных обмоток генератора;
- увеличение переходного сопротивления в местах соединения электрических цепей обмоток генератора.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при систематических нарушениях):

- межвитковое замыкание обмоток генератора;
- пробой изоляции обмоток генератора на корпус («землю»);
- обрыв (потеря электрической цепи) обмоток генератора;
- межвитковое замыкание обмоток тягового генератора;
- пробой изоляции обмоток тягового генератора на корпус («землю»).

3.4 Электрооборудование и вспомогательные электрические машины

3.4.1 После остановки дизеля не выключен рубильник

аккумуляторной батареи

Нарушение заключается в том, что машинист не выключает рубильник аккумуляторной батареи (АБ) после остановки дизеля. По инструкции, после остановки дизеля на время более 60 минут, машинист должен выключить рубильник АБ. Данное нарушение характерно для некоторых серий тепловозов.

На рисунке 3.29 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (2ТЭ116У / МСУ-ТП / АРМ «Осциллограф»).

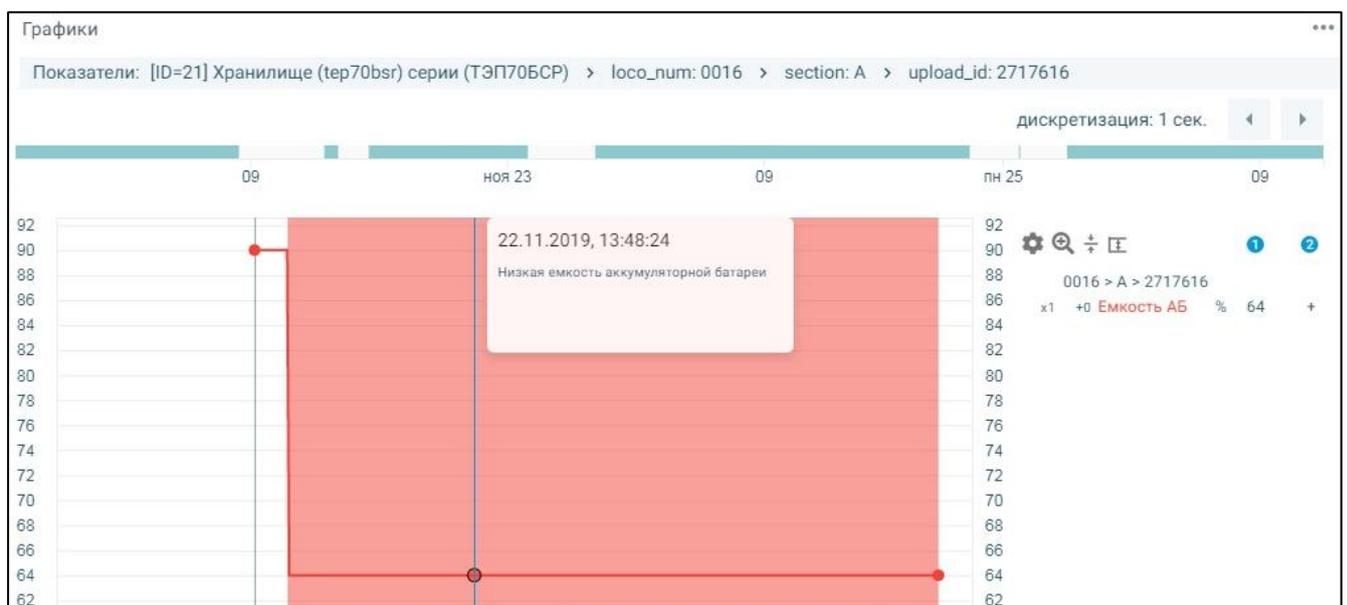


Рисунок 3.29 – Пример определения нарушения

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно в 3,7 % случаев данное нарушение привело к отказам и неплановым ремонтам в течение 40 дней.

3.4.1.1 Последствия нарушения

Глубокий разряд аккумуляторной батареи. При систематических нарушениях происходит интенсивное разрушение активного слоя элементов аккумулятора и выпадение соляных отложений на дно банок аккумулятора в виде осадков, а также интенсивное выкипание электролита при заряде батареи. После снижения емкости заряда АБ, её будет недостаточно для запуска дизеля.

3.5 Колёсно-моторный блок

3.5.1 Непринятие мер по случаю боксования колёсных пар

Нарушение заключается в том, что во время боксования колесных пар машинист не предпринимает необходимых действий: не снижает позицию контроллера машиниста и не осуществляет подачу песка (если автоподача выключена). Данное нарушение характерно для всех серий локомотивов.

3.5.1.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.30 показан пример расшифровки данных МСУ с определением НРЭ (2ТЭ25КМ / МПСУ-ТП / АСУ НБД). На рисунке 3.31 приведено распределение нарушений режима эксплуатации по сериям локомотивов.

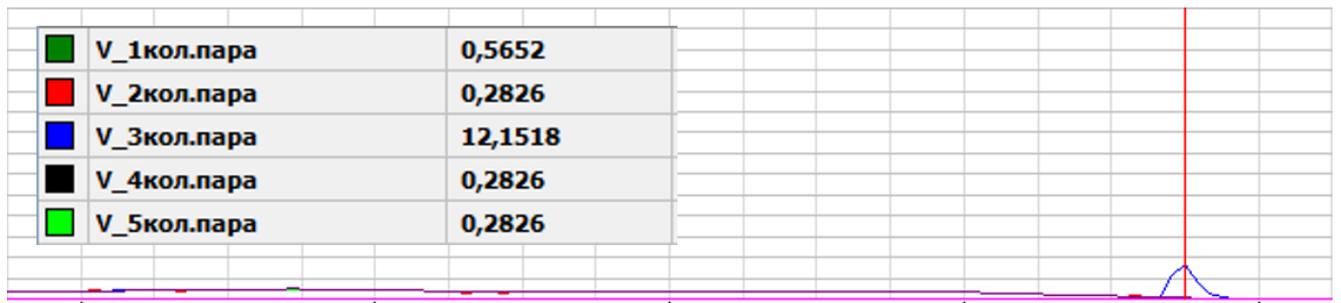


Рисунок 3.30 – Пример определения нарушения

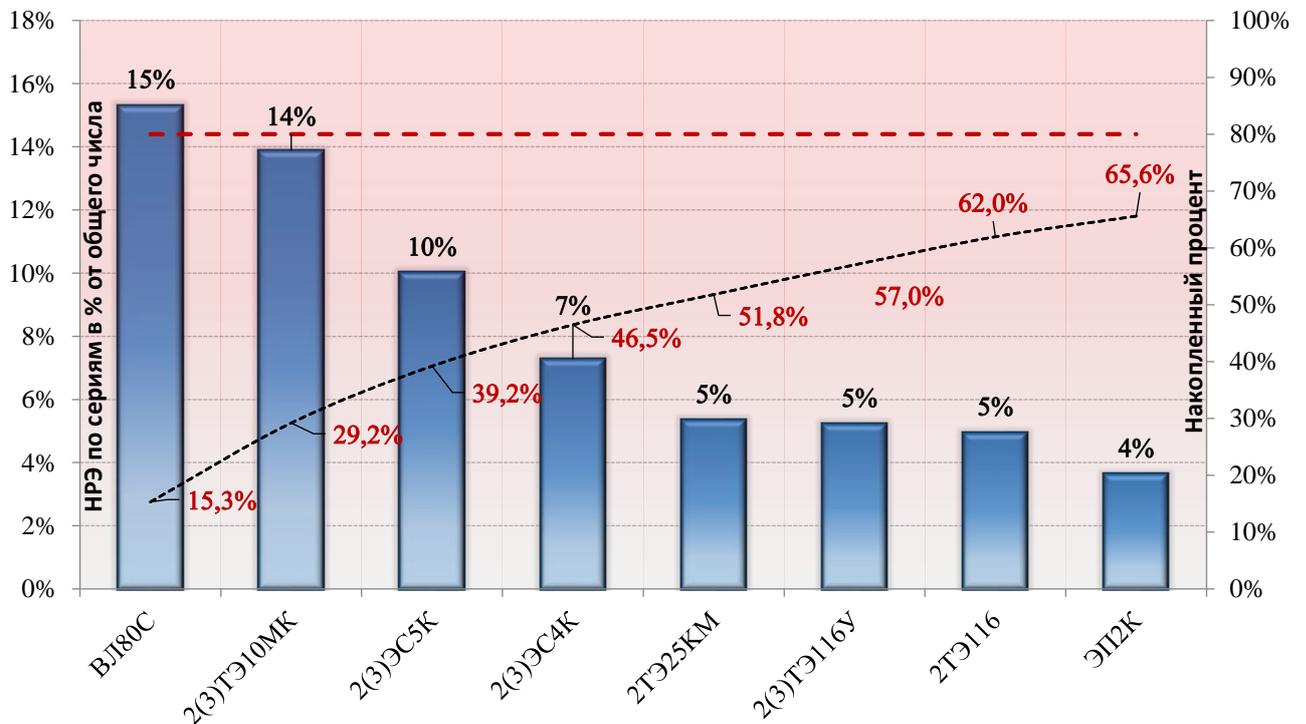


Рисунок 3.31 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год около 3,3 % случаев непринятия мер по факту боксования колёсных пар привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.32 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения.

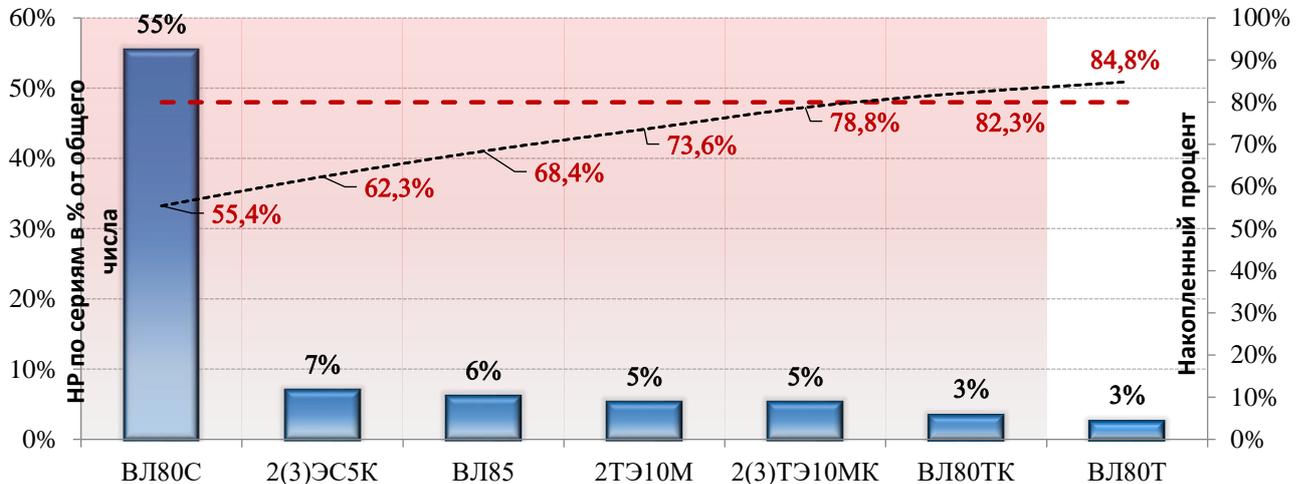


Рисунок 3.32 – Распределение неплановых ремонтов по сериям локомотивов

Из приведённых выше диаграмм следует отметить серию ВЛ80С, на которую приходится наибольшее количество НРЭ и особенно НР из-за НРЭ.

3.5.1.2 Последствия нарушения

Механическое разрушение деталей КМБ вследствие недопустимого увеличения частоты вращения колесной пары (якоря) при отсутствии сцепления с рельсом (разносное боксование).

Нарушение посадки шестерни на вал ТЭД (также, излом вала ТЭД, зубьев шестерни или большого зубчатого колеса – БЗК) вследствие резкого восстановления сцепления между колесной парой и рельсом.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при неблагоприятном развитии боксования происходит):

- отказ колёсно-моторного блока;
- несимметричное перераспределение (увеличение) токовых нагрузок между исправными (не боксующими) КМБ;
- провал (уменьшение) силы тяги локомотива в целом;
- перебросы по коллектору ТЭД вследствие бросков тока при боксовании.

3.5.2 Применение вспомогательного крана в тяге для предотвращения боксования

Нарушение заключается в том, что машинист использует вспомогательный кран машиниста в режиме тяги, вместо снижения тяговой позиции. Данное нарушение режима эксплуатации характерно для всех серий локомотивов.

3.5.2.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.33 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (2ЭС5К / МСУД / РП-САУТ-ЦМ). На рисунке 3.34 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

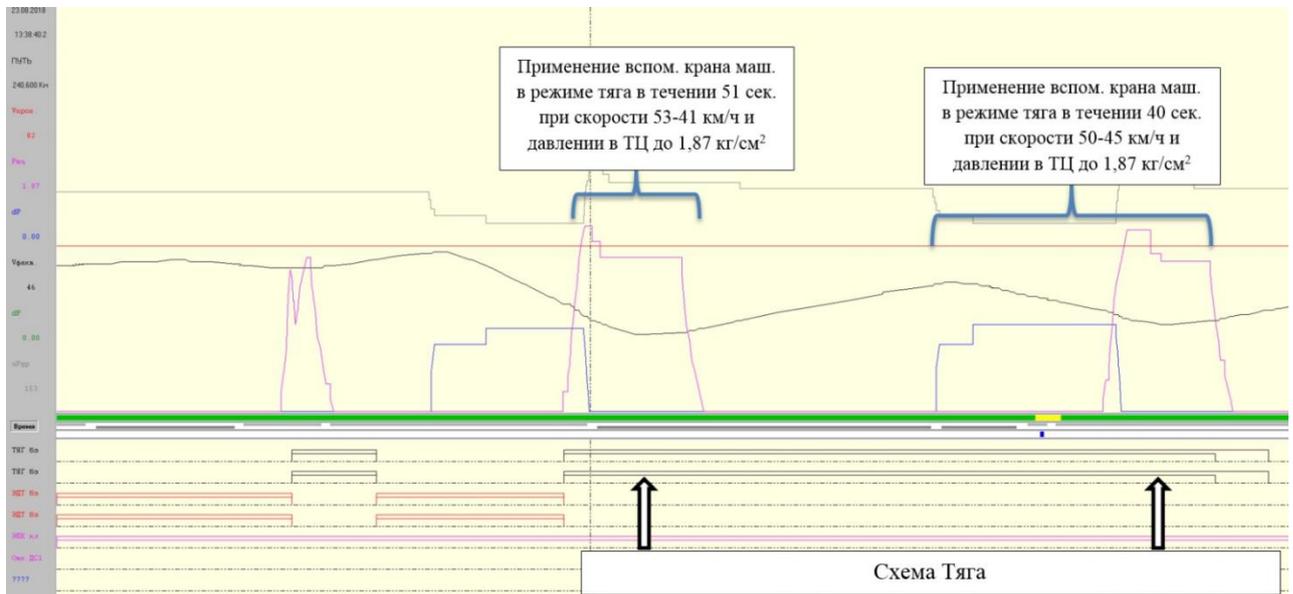


Рисунок 3.33 – Пример определения нарушения

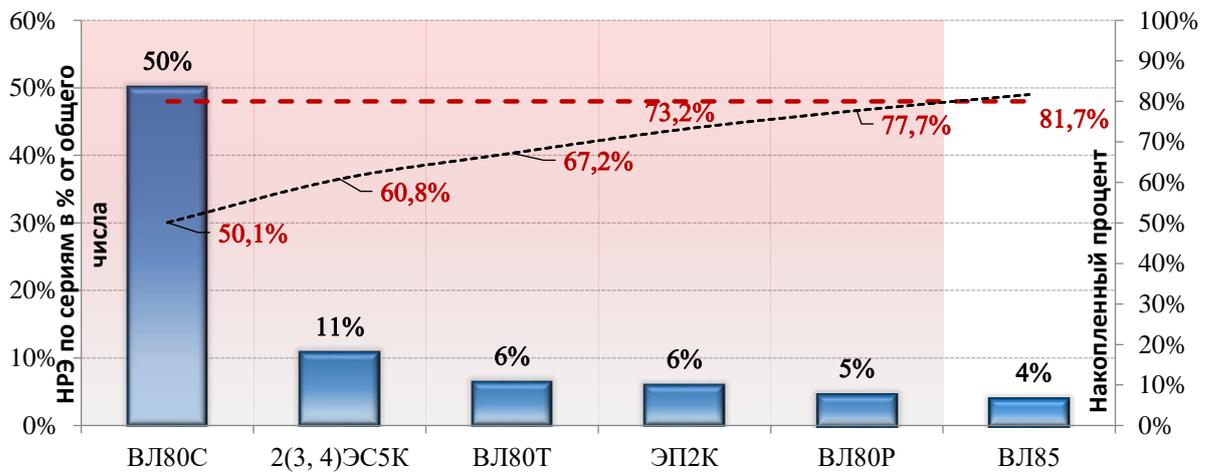


Рисунок 3.34 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно в 13,6 % случаев данное нарушение привело к отказам и внеплановым ремонтам в течение 40 дней.

На рисунке 3.35 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения режима эксплуатации.

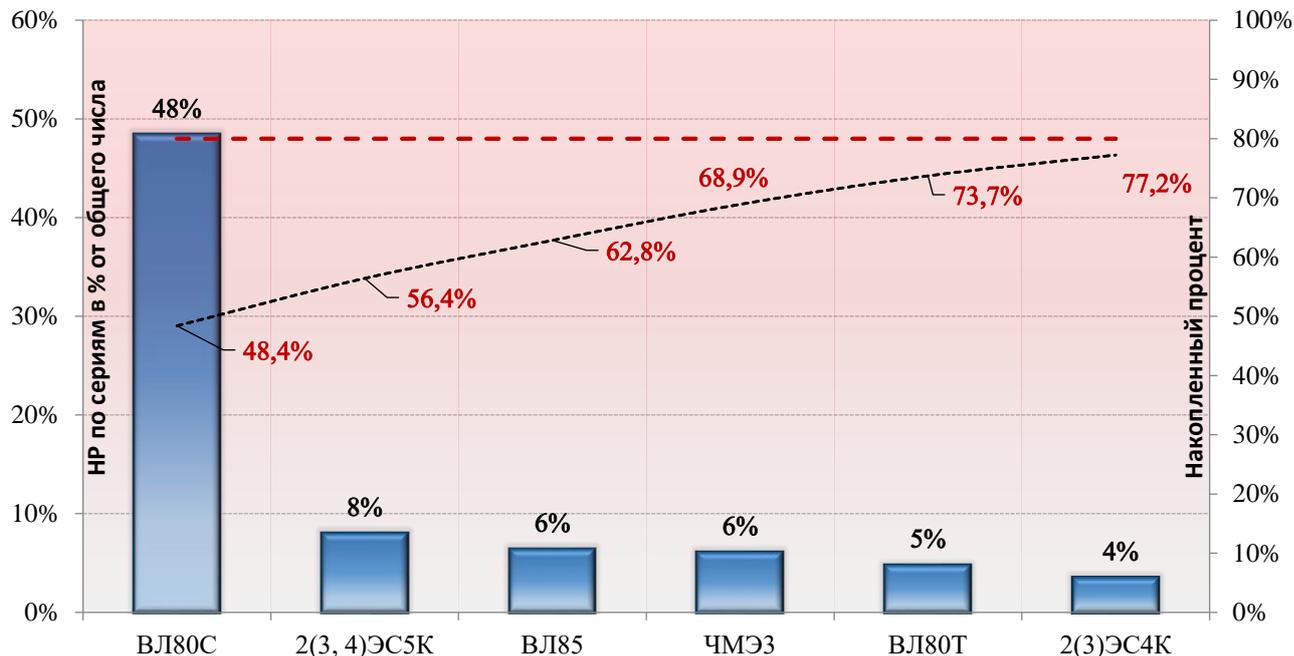


Рисунок 3.35 – Распределение неплановых ремонтов по сериям локомотивов

Следует отметить, что из 6 серий локомотивов, на которые приходится большая часть нарушений, 3 серии грузовых локомотивов (ВЛ80С, 2(3,4)ЭС5К и ВЛ85) являются «лидерами» по числу заходов на неплановый ремонт из-за данного НРЭ, что подтверждает причинно-следственную связь между фактом НРЭ и возникновения НР на грузовых локомотивах, которые, ввиду осуществления перевозок тяжёлых поездов, более склонны к срыву в боксование.

При этом на приведённых выше диаграммах отсутствуют тепловозные серии, что свидетельствует о распространении данного нарушения в основном среди электровозных локомотивных бригад.

3.5.2.2 Последствия нарушения

Ослабление бандажа колесной пары, повышенный износ коллекторно-щеточного узла.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива: проворот бандажа колёсной пары и переброс электрической дуги по коллектору.

3.5.3 Юз колёсных пар

Нарушение заключается в том, что машинист допускает повышенное давление в тормозных цилиндрах, приводящее к юзу колесных пар. Данное нарушение характерно для всех серий локомотивов, особенно грузовых, что связано с вождением тяжёлых поездов и склонностью перехода их колёсных пар в юз при превышении тормозного усилия со стороны колодки на бандаж.

3.5.3.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.36 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗЭС5К / МСУД / МСУ Анализатор). На рисунке 3.37 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

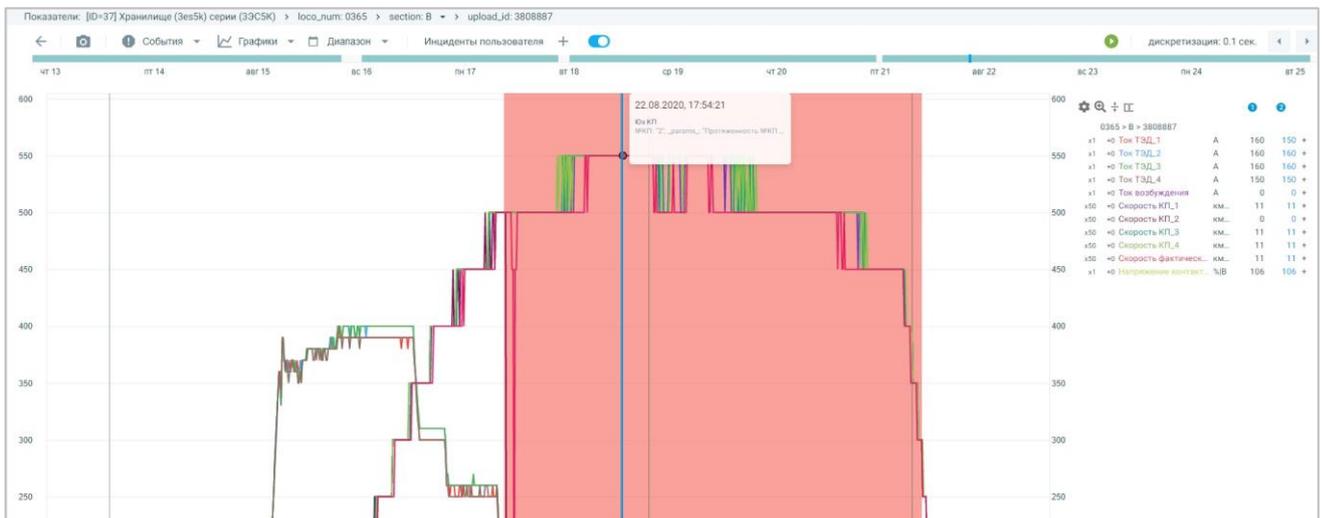


Рисунок 3.36 – Пример определения нарушения

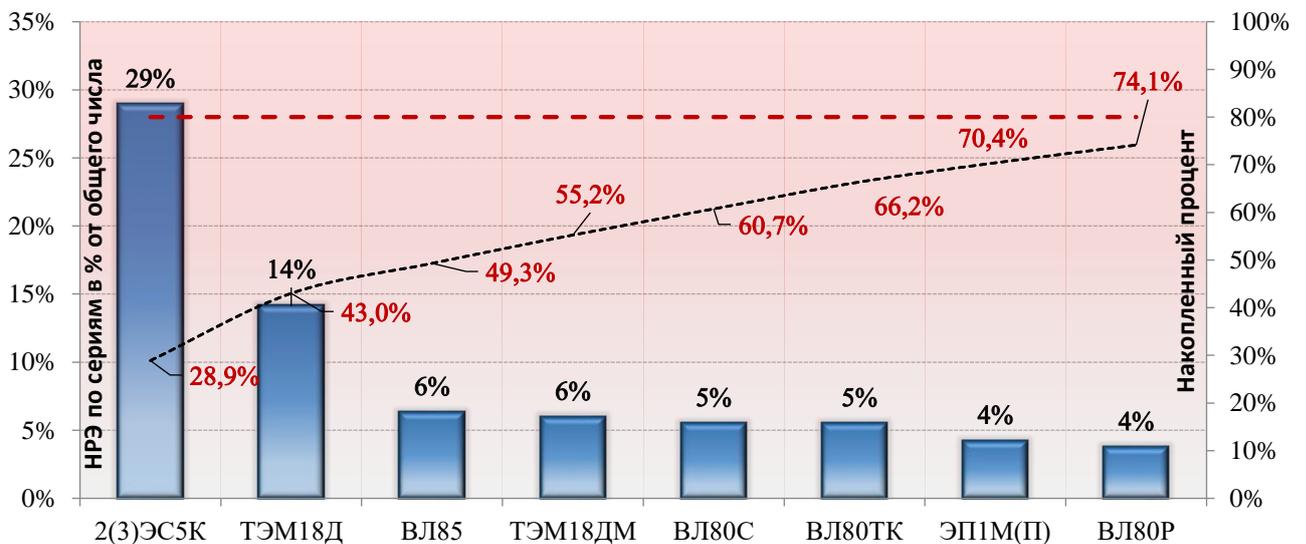


Рисунок 3.37 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год около 8,7 % случаев юза колёсных пар привели к отказам в течение 40 дней. На рисунке 3.38 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения.

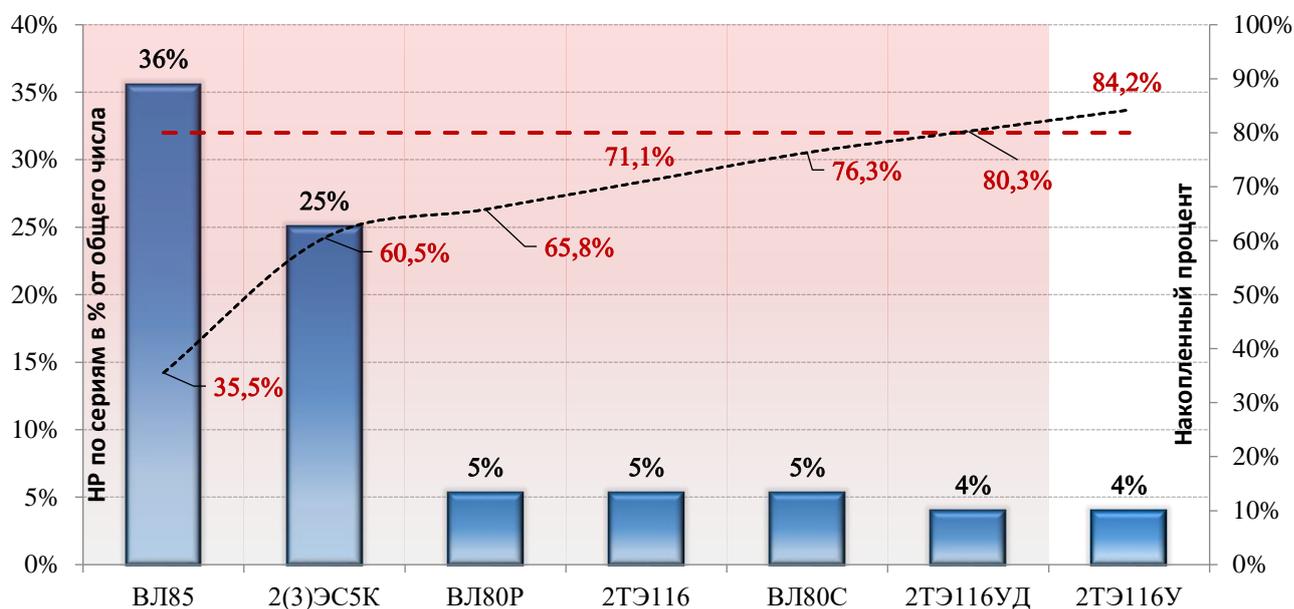


Рисунок 3.38 – Распределение неплановых ремонтов по сериям локомотивов

Наибольшее влияние данного НРЭ наблюдается по серии ВЛ85, где в 50 % случаев нарушение привело к отказу оборудования и неплановым ремонтам.

При этом остальные серии локомотивов, на которые приходится большая часть всех неплановых ремонтов (более 80 %) из-за данного НРЭ – грузовые, на которых повышенное воздействие НРЭ обусловлено видом их деятельности.

3.5.3.2 Последствия нарушения

Образование ползунов на поверхности катания колесных пар.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при неблагоприятном развитии юза колесных пар происходит):

- вынужденное снижение скорости следования локомотива вследствие образования ползунов на поверхности катания колёсных пар;
- отказ колёсно-моторного блока;
- несимметричное перераспределение (увеличение) токовых нагрузок между исправными КМБ;
- провал (уменьшение) силы тяги локомотива в целом.

3.5.4 Отключение автоматической подсыпки песка при исправной работе системы

Нарушение заключается в том, что во время движения локомотива система автоподачи песка выключена. Данное нарушение характерно для всех серий локомотивов и может привести к срыву сцепления колеса с рельсом с последующим переходом колёсных пар в режим боксования.

3.5.4.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.39 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗЭС5К / МСУД / МСУ Анализатор). На рисунке 3.40 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

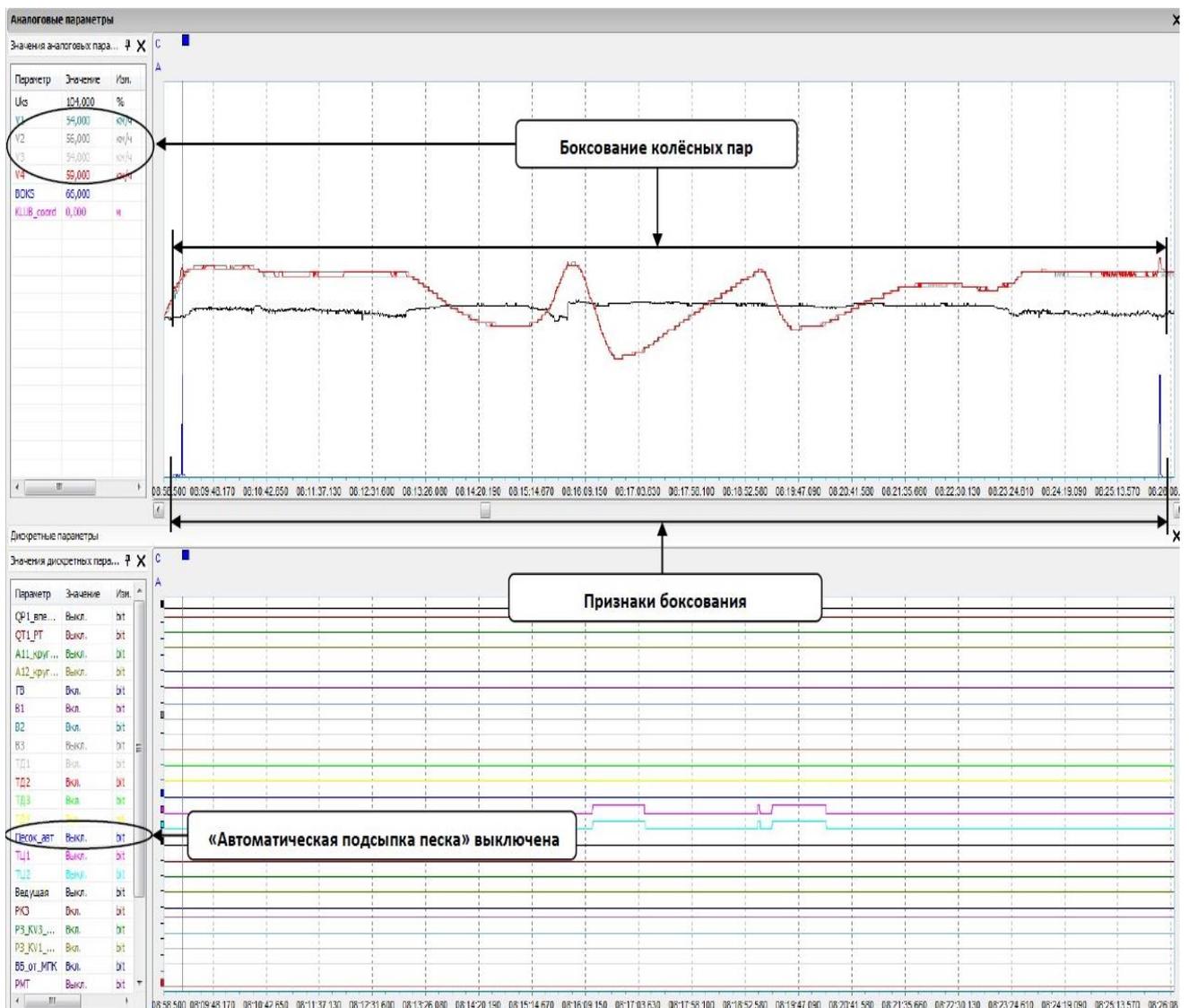


Рисунок 3.39 – Пример определения нарушения

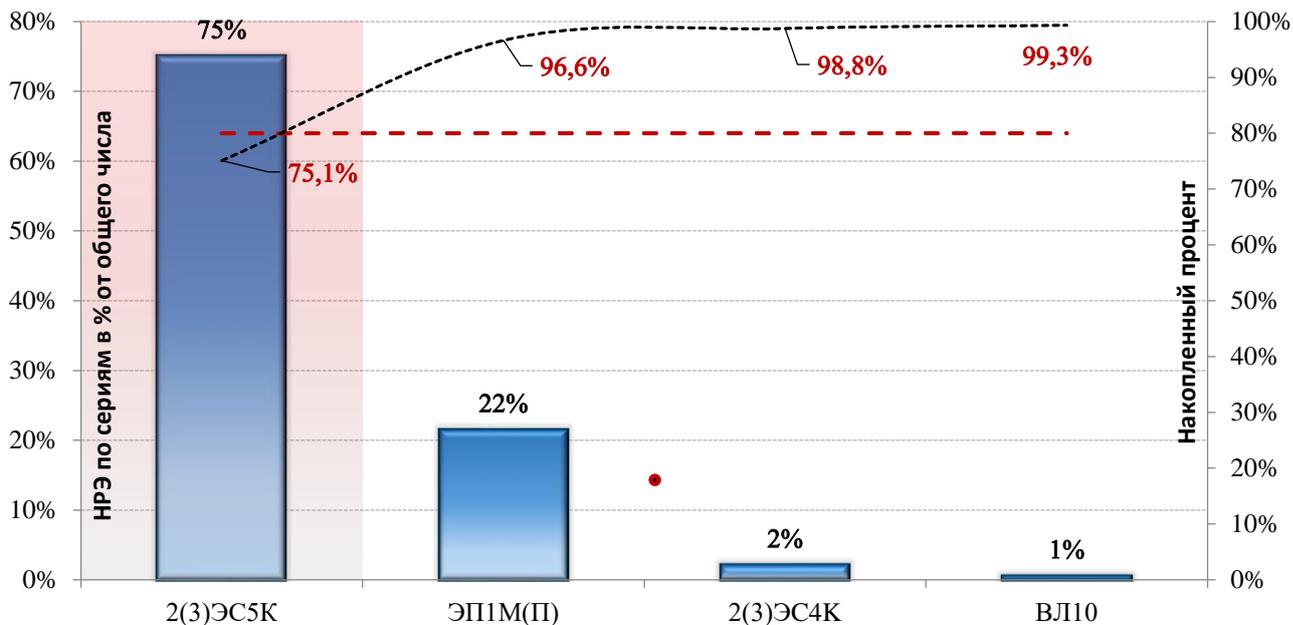


Рисунок 3.40 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год менее 1 % случаев отключения автоматической подсыпки песка при исправной работе системы привели к отказам в течение 40 дней, что позволяет сделать вывод о незначительном влиянии данного нарушения на техническое состояние локомотивов.

3.5.4.2 Последствия нарушения

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива (при неблагоприятном развитии боксования):

- отказ колёсно-моторного блока;
- несимметричное перераспределение (увеличение) токовых нагрузок между исправными (не боксующими) КМБ;
- провал (уменьшение) силы тяги локомотива в целом;
- перебросы по коллектору ТЭД вследствие бросков тока при боксовании.

Помимо прочего, данное нарушение является отягчающим обстоятельством при допущении боксования колесных пар.

3.6 Тормозное и пневматическое оборудование

3.6.1 Нарушение порядка продувки напорной магистрали

Нарушение заключается в том, что нарушается порядок нажатия кнопок продувки главных резервуаров. По инструкции определен порядок нажатия кнопок при продувке. Данное нарушение характерно для всех серий локомотивов.

Накопление конденсата происходит в резервуарах и пневматических цепях из-за разности температур (внутри и снаружи). Ошибочные действия локомотивных бригад при продувке пневматических цепей (направлено на устранение накопившегося конденсата) приводят к накоплению конденсата в пневматических цепях локомотива, что может привести к отказу оборудования.

3.6.1.1 Статистика по нарушению

На рисунке 3.41 показан пример осциллограммы расшифровки данных МСУ с графическим определением НРЭ (ЗЭС5К / МСУД / МСУ Анализатор). На рисунке 3.42 приведено распределение нарушений по сериям локомотивов.

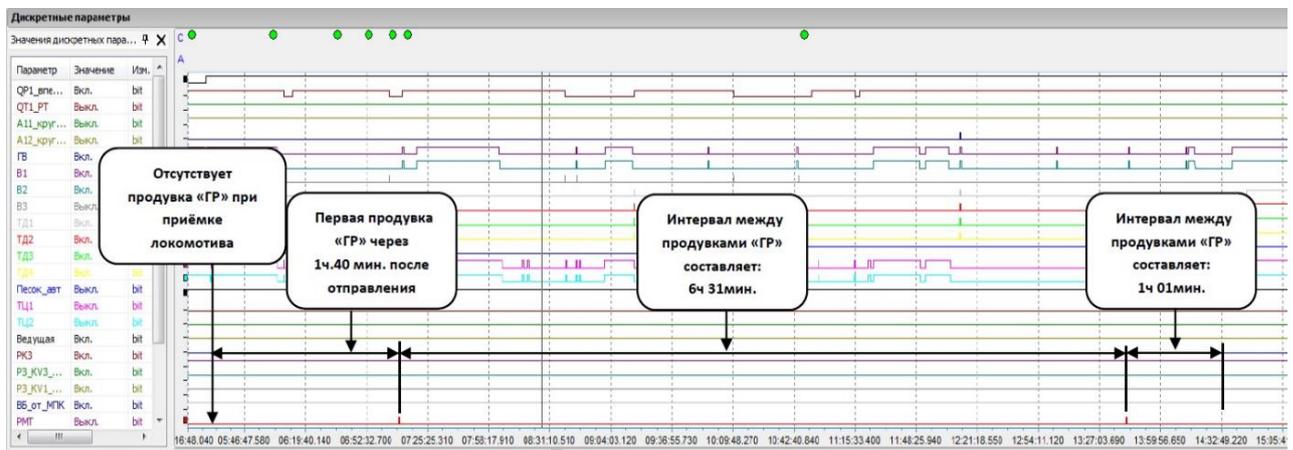


Рисунок 3.41 – Пример определения нарушения

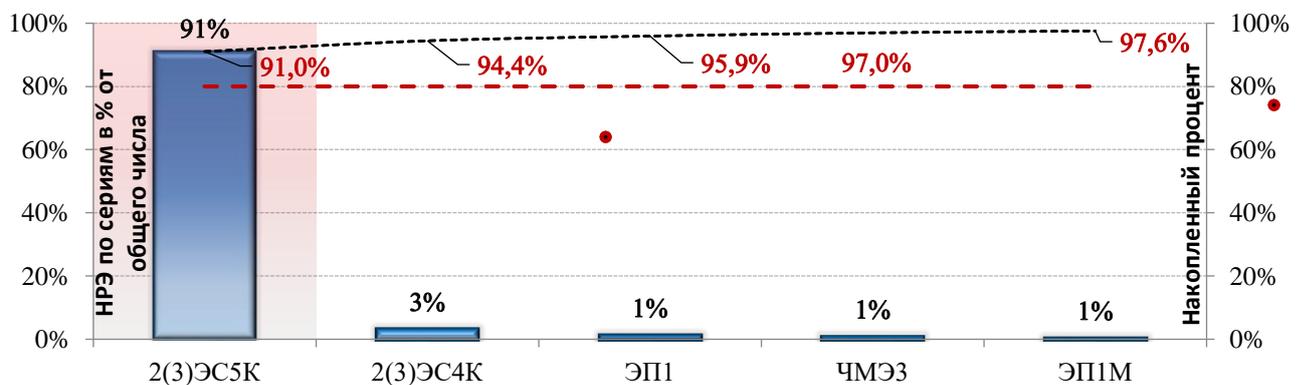


Рисунок 3.42 – Распределение нарушений по сериям локомотивов

По данным ООО «ЛокоТех» за 2018-й год примерно 13,8 % случаев нарушения порядка продувки тормозной магистрали привели к отказам в течение 40 дней, что позволяет судить о явном наличии влияния подобных нарушений на техническое состояние оборудования. На рисунке 3.43 приведена диаграмма Парето по неплановым ремонтам, произошедшим из-за данного нарушения.

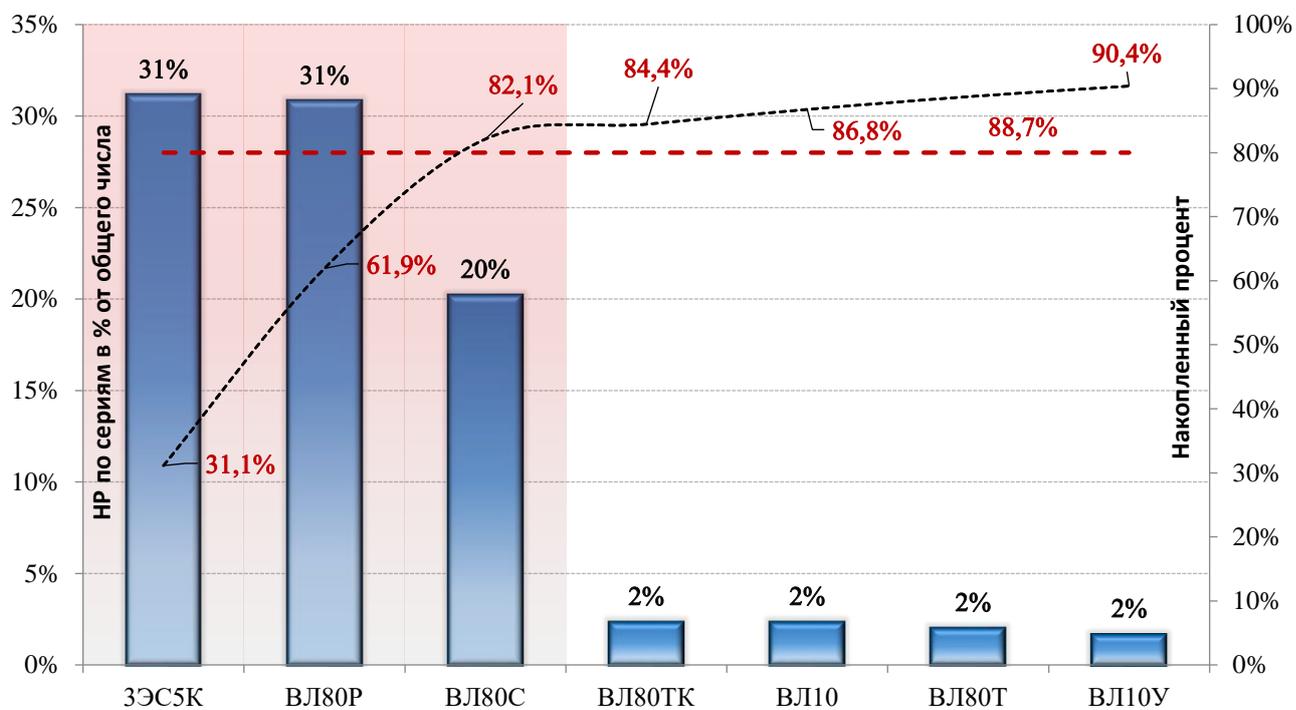


Рисунок 3.43 – Распределение неплановых ремонтов по сериям локомотивов

3.6.1.2 Последствия нарушения

Повышенное накопление конденсата и водомасляной эмульсии в пневматических цепях локомотива.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части:

- повышенное содержание водомасляной эмульсии в пневматических цепях негативно сказывается на производительности тормозных компрессоров, работе пневматических приборов и устройств;
- при отрицательных температурах воздуха окружающей среды возрастает риск образования ледяных пробок в магистрали с последующим нарушением её проходимости.

3.7 Выводы по разделу 3

Проанализированы данные по нарушениям и неплановым ремонтам по локомотивам, обслуживаемым в группе компаний «ЛокоТех» на всех полигонах эксплуатации (Центральный, Северный, Восточный) за 2018 год.

По дизелю и дизельному оборудованию особенно следует выделить тот факт, что нарушения, произошедшие по данной группе оборудования, по большей части оказывают влияние на магистральные (в частности, грузовые) серии тепловозов. Следовательно, дальнейшую работу по снижению затрат на неплановые ремонты, происходящие из-за нарушений режимов эксплуатации необходимо начинать именно с указанных в разделе локомотивных серий.

По ТЭД выявлена наиболее подверженная влиянию нарушений серия ВЛ80С. Это может быть связано с повышенным износом ТЭД, ввиду вождения поездов, превышающих весовую норму, что, в последнее время, характерно для электровозов «старых» серий на Восточном полигоне эксплуатации. Среди тепловозных серий проблема с ТЭД из-за нарушений по данной группе оборудования характерна только для тепловозов серии 2(3)ТЭ10МК, которые, в основном, задействованы в грузовом движении также на Восточном полигоне, для которого характерны тяжёлые поезда и переменчивый профиль пути.

По колёсно-моторному блоку также выявлена зависимость между нарушениями и неплановыми ремонтами именно у грузовых серий локомотивов, которые, ввиду вождения тяжёлых поездов, более склонны к юзу или срыву в боксование. При этом, как и по предыдущей группе оборудования, особенно выделяется серия электровозов ВЛ80С, на которую приходится наибольшее количество неплановым ремонтом, произошедших из-за НРЭ (п. 3.5.1 – 3.5.2). Следует отметить также серию 2(3,4)ЭС5К, которые, несмотря на относительно небольшой срок службы, также имеют проблемы из-за НРЭ.

Исходя из вышеприведённой информации и с учётом статистической обработки данных по неплановым ремонтам, произошедшим из-за нарушений режимов эксплуатации, составлена матрица влияния нарушений режимов эксплуатации на серии локомотивов – рисунок 3.44.

Группа оборудования	Наименование нарушения режима эксплуатации	Наиболее подверженные влиянию НРЭ серии локомотивов (на которые приходится 80% от общего числа по каждому НРЭ)																								Итого					
		Тепловозы														Электровозы															
		пасс	грузовые							маневровые							грузовые					пассажирские									
		ТЭП70У(ВС)	2ТЭ116	2(З)ТЭ116У	2ТЭ116УД	2(З)ТЭ10МК	2(З)ТЭ10М	2(З)ТЭ10УК	2(З)ТЭ10У	2ТЭ25КМ	2ТЭ25А	2М62	ТЭМ18ДМ	ТЭМ18Д	ТЭМ2	ТЭМ2А	ТЭМ2А	ЧМЭ3	2(З,4)ЭС5К	2(З)ЭС4К	ВЛ80С	ВЛ80Р	ВЛ80ТК	ВЛ80Т	ВЛ85		ЭП2К	ЭП1М(П)	ЭП1	ЧС7	
Дизель и дизельное оборудование	Длительная работа на холостом ходу	x		x		x	x		x																					5	
	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей			x		x	x			x																				4	
	Работа дизеля под нагрузкой при заниженной температуре теплоносителей			x		x	x	x																						4	
	Работа дизеля под нагрузкой при превышенной температуре теплоносителей			x		x	x	x			x																			5	
	Запуск дизеля без прокачки масла	ухудшение технического состояния в долгосрочной перспективе																													
Тяговые электрические машины	Следование на лимитирующий подъём со скоростью ниже расчётной					x														x		x		x					4		
	Отключение мотор-вентиляторов в режиме выбега или тяги																		x		x								2		
	Перегрузка ТЭД по токам/напряжениям																		x		x								2		
	Превышение допустимых значений токов тягового генератора	ухудшение технического состояния в долгосрочной перспективе																													
Электрооб-е и вспом-е машины	После остановки дизеля не выключен рубильник аккумуляторной батареи	ухудшение технического состояния в долгосрочной перспективе																													
Колёсно-моторный блок	Непринятие мер по случаю боксования колёсных пар					x													x		x		x	x	x				6		
	Применение крана вспомогательного тормоза в тяге																	x	x	x	x			x	x				6		
	Юз колёсных пар		x	x	x														x		x	x			x				7		
	Отключение автоматической подсыпки песка																		x								x		2		
Итого:		1	1	5	1	6	4	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	6	1	6	1	2	2	4	0	1	0	0		

Рисунок 3.44 – Матрица влияния нарушений режимов эксплуатации на локомотивы

По каждому нарушению значения в матрице проставлены только по тем сериям, на которые приходится 80 % от общего числа unplanned ремонтов, произошедших из-за НРЭ, то есть выбраны наиболее подверженные серии локомотивов по каждому конкретному нарушению [105]. На основании данной матрицы можно определить (по скоплению «красных зон») необходимую очередность разработки корректирующих мероприятий (способов предотвращения НРЭ) по группам оборудования и сериям локомотивов: в первую очередь – дизельное оборудование грузовых серий тепловозов, затем – КМБ грузовых серий электровозов и так далее, корректируя матрицу каждый определённый период времени (раз в месяц/квартал/полугодие) [108].

Обобщив информацию по разделу, можно сделать следующие выводы:

1 на основании статистических данных приведён список самых распространённых НРЭ с указанием наиболее подверженных их влиянию серий локомотивов – данные наглядно отображены на диаграммах Парето;

2 рассмотрены вероятные последствия воздействия НРЭ на техническое состояние оборудования локомотива. С учётом вида деятельности локомотивов, определены физические зависимости между случаем НРЭ и unplanned ремонтом локомотива, произошедшим из-за нарушения;

3 для наглядного представления степени влияния НРЭ на оборудование локомотивов разработана матрица влияния нарушений, позволяющая сформировать очередность разработки корректирующих мероприятий;

Следует отметить, что причинно-следственная связь между нарушением и unplanned ремонтом, прослеживается не всегда. Это может быть связано с качеством данных по поездкам локомотивов, влиянием человеческого фактора.

Учитывая масштаб распространения НРЭ на всей сети железных дорог России, а также принимая во внимание негативное воздействие НРЭ на техническое состояние ТПС, необходимо разработать эффективные механизмы предотвращения НРЭ. При этом разработка механизмов предотвращения НРЭ должна быть произведена с учётом текущего уровня развития подвижного состава (наличие датчиков, бортовых МСУ и аппаратно-программных комплексов).

4 АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ ЗАЩИТА ЛОКОМОТИВОВ

4.1 Методика реализации алгоритмических защит

Микропроцессорные системы управления, в первую очередь, предназначены для управления тяговым электроприводом локомотивов, благодаря возможности программирования логики работы системы. Принцип работы МСУ основан на сравнении требуемых и фактических параметров работы оборудования локомотива (рисунок 4.1). Если фактические параметры отличаются от требуемых, МСУ формирует сигналы, направленные на выравнивание фактических параметров до требуемых значений.

Требуемые параметры работы оборудования задаются машинистом локомотива через контроллер машиниста (КМ), который формирует так называемый «сигнал уставки» – определённые значения тока и напряжения в цепи управления, пропорциональные требуемому значению тока и напряжения в якорной обмотке тягового электродвигателя, положению рейки топливных насосов (у тепловозов) и т.д.

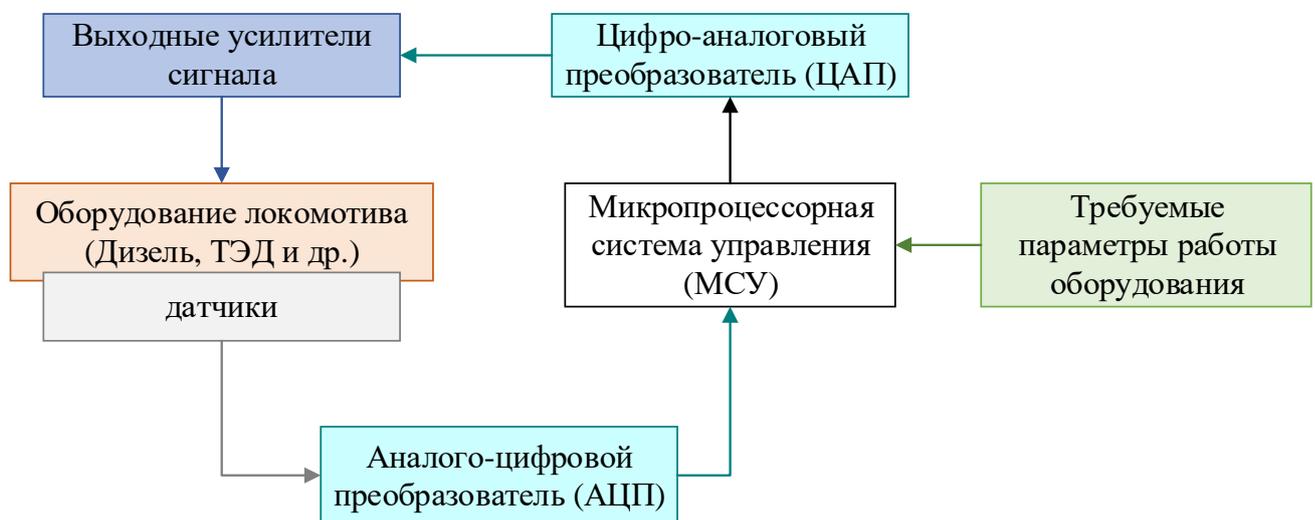
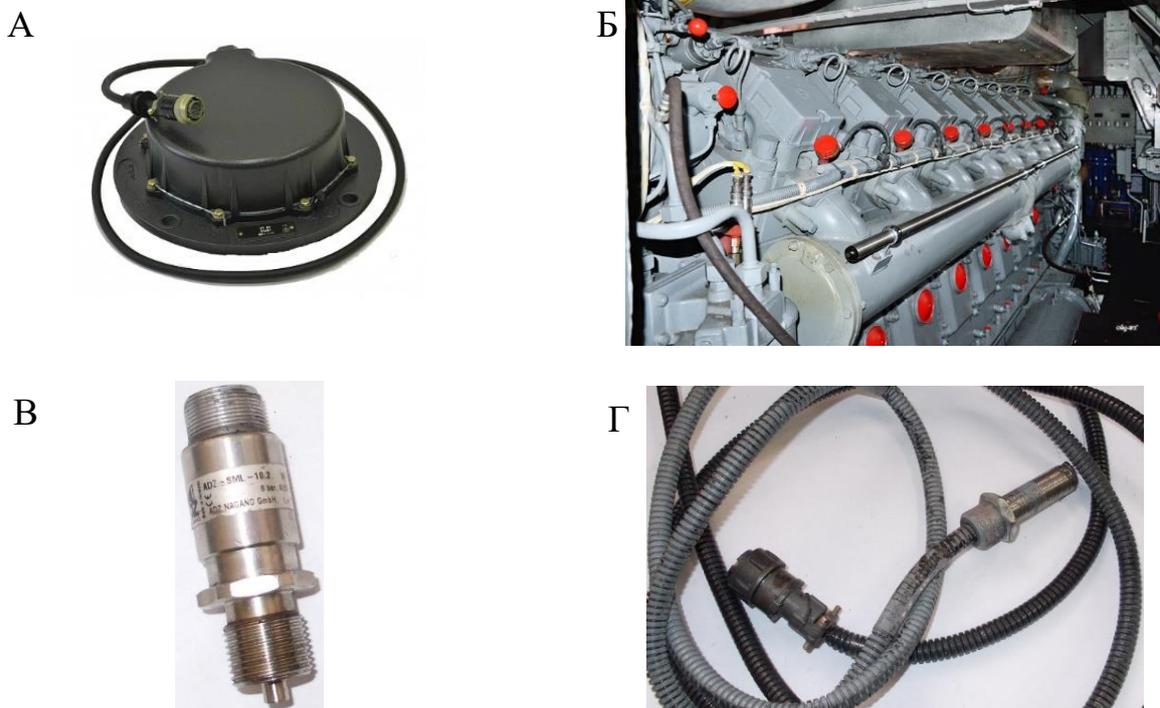


Рисунок 4.1 – Принцип работы МСУ локомотивов

Значения фактических параметров работы оборудования локомотива поступают в МСУ не напрямую, а через ряд преобразований, поскольку МСУ работает с цифровыми сигналами (как и другие компьютеры), а параметры работы оборудования локомотива могут характеризоваться разными физическими величинами (ток, напряжение, мощность, частота, температура, давление и т.д.).

Первое преобразование осуществляют датчики (рисунок 4.2), установленные на оборудовании, которые преобразуют различные аналоговые параметры (по каждому параметру – определённый датчик) в пропорциональные им значения тока и напряжения. Далее с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) значения, поступающие от датчиков, преобразуются в цифровой сигнал (как правило – двоичный код), который поступает в МСУ.

Преобразованные параметры работы отдельного оборудования поступают в МСУ через специально отведённый ему разъём – так система «понимает» от какого конкретно оборудования получена информация.



*А – датчик угла поворота (ДПС-У); Б – датчики температуры выхлопных газов;
 В – датчик давления жидкости (воды/масла); Г – датчик оборотов дизеля*

Рисунок 4.2 – Примеры датчиков, устанавливаемых на локомотивах

После выполнения заложенных в МСУ алгоритмов по приведению фактических параметров работы оборудования к требуемым, сигнал из МСУ через цифро-аналоговый преобразователь (принцип действия обратный АЦП) и выходные усилители сигнала (усиливают аналоговый сигнал до рабочих значений) поступает к оборудованию.

Благодаря вышеописанной функциональной возможности бортовых МСУ локомотивов их можно использовать для предотвращения нарушений режимов эксплуатации через внедрение специальных алгоритмов в МСУ – так называемые алгоритмические защиты локомотивов от опасных режимов эксплуатации [1, 50, 56].

В данном разделе в виде блок-схем будут представлены алгоритмы по предотвращению самых распространённых нарушений режимов эксплуатации (на основании информации разделов 2 и 3).

Каждый алгоритм состоит из следующих основных элементов:

1. начальное условие – исходные данные, после возникновения которых необходимо выполнение алгоритма;
2. один или несколько блоков «Условие», в которых выполняется проверка фактических параметров работы на их соответствие требуемым значениям;
3. блок «Процесс/действие», в котором описаны основные процессы по результатам обработки информации в блоке «Условие».

Помимо блок-схемы, для каждой алгоритмической защиты в виде таблицы приведена информация по датчикам, необходимым для её реализации, в которой указаны:

- контролируемый процесс – наблюдаемый параметр работы оборудования;
- тип сигнала – аналоговый или дискретный;
- возможность реализации на локомотиве – столбец, где указываются серии локомотивов, на которых датчики подобного типа уже имеются.

Таким образом, по каждому нарушению режима эксплуатации приводится не только способ его предотвращения (алгоритмическая защита), но и информация о возможности реализации с указанием конкретных серий локомотивов.

4.2 Алгоритмические защиты от опасных режимов эксплуатации

В процессе эксплуатации МСУ обрабатывает информацию с датчиков, установленных на оборудовании локомотива, с высокой частотой «опроса» параметров (дискретность менее одной секунды), благодаря чему имеется возможность практически мгновенно отреагировать на изменение какого-либо из контролируемых параметров. Основные инструменты алгоритмической защиты – это отказ в выполнении действий, противоречащих руководству по эксплуатации изделия и информирование локомотивной бригады о возможном/наступившем факте нарушения режима эксплуатации [54].

Большую роль при применении данного решения играет тот факт, что в конструкцию локомотива не вносятся изменения. Производится только переустановка программного обеспечения бортовых МСУ со встроенными алгоритмами защиты от опасных режимов эксплуатации.

Принципиальная схема функционирования алгоритмических защит в бортовых МСУ приведена на рисунке 4.3.

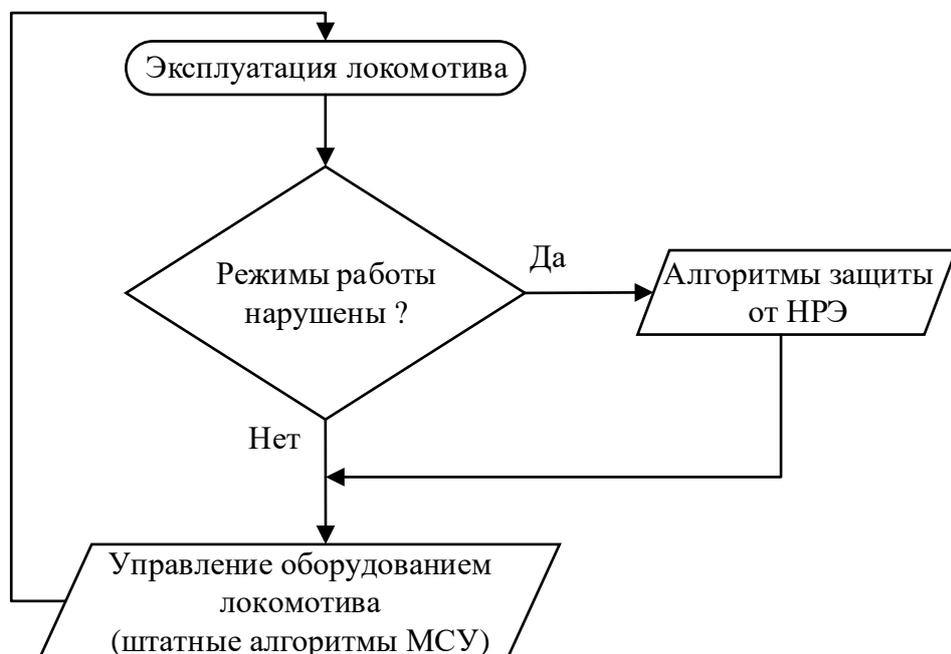


Рисунок 4.3 – Принцип работы алгоритмических защит (внутри МСУ)

Рассмотрим предлагаемые алгоритмические защиты по нарушениям режимов эксплуатации, описанным в разделе 3 с указанием датчиков, необходимых для их реализации.

4.2.1 Превышение допустимого времени работы дизеля на холостом ходу

- 1 После поступления команды от машиниста установить ПКМ ниже 4 контролировать время работы.
- 2 Если на ПКМ ниже 4 дизель работает более XX^1 (возможны разные значения в зависимости от серии) минут, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: через XX минут непрерывной работы дизеля на холостом ходу выводить на дисплейный модуль (ДМ) предупреждение: "Длительная работа на холостом ходу более XX минут".

На рисунке 4.4 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

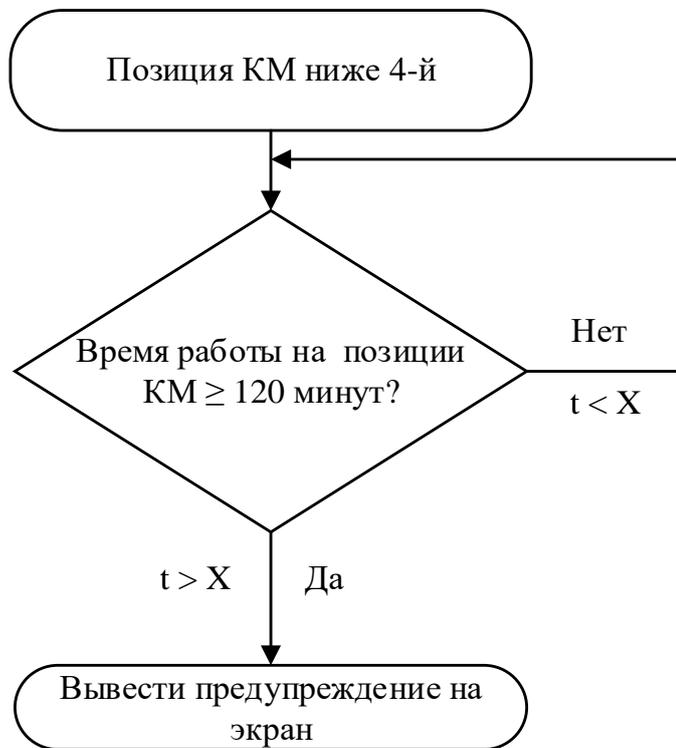


Рисунок 4.4 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.1.

¹ При описании алгоритмов защиты использовалось обозначение « XX » вместо количественных значений (температуры, времени, порядкового номера и т.д. в зависимости от контекста), поскольку конкретные количественные значения параметров могут отличаться в зависимости от серии локомотива.

Таблица 4.1 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция контроллера машиниста	Аналоговый сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ)
2	Обороты дизеля	Аналоговый сигнал	2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ

4.2.2 Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей

- 1 После поступления команды от машиниста выключить дизель проверить температуру воды и масла.
- 2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.
- 3 Если температура превышена, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.
- 4 Продолжить работу дизеля до достижения требуемой температуры.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля при температуре воды (масла) > XX °С запрещена (возможны разные значения в зависимости от серии локомотива)". После того, как температура вернётся в пределы допустимых значений - остановить дизель при повторном нажатии кнопки "Остановка дизеля".

На рисунке 4.45 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

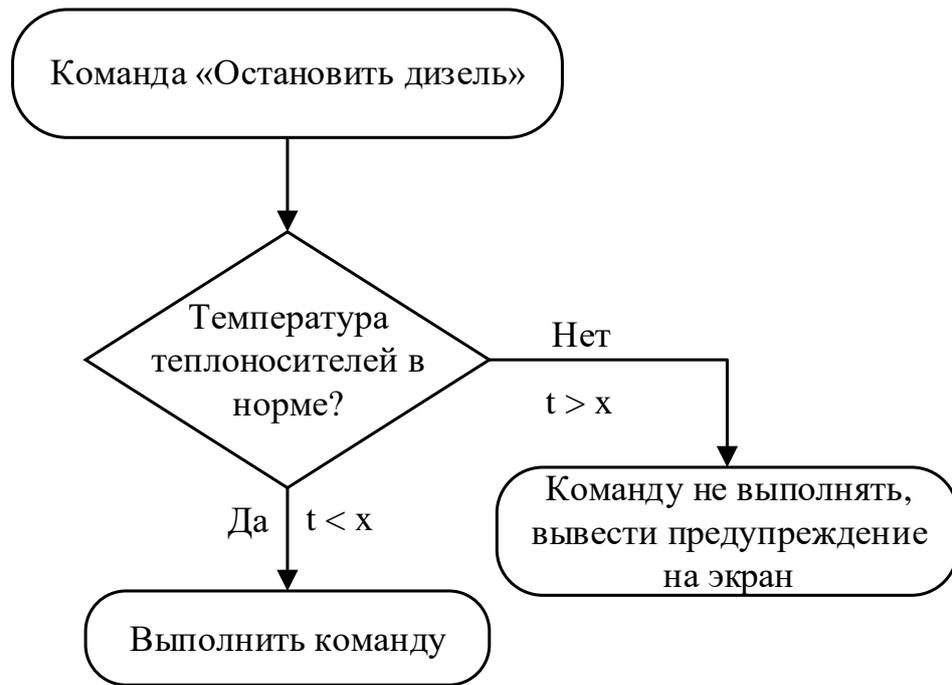


Рисунок 4.5 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Кнопка «Остановка дизеля»	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д)
2	Температура воды	Аналоговый сигнал	2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК)
3	Температура масла	Аналоговый сигнал	ТЭМ18ДМ

4.2.3 Работа дизеля под нагрузкой при заниженной температуре теплоносителей (ПКМ выше 4-й)

- 1 После поступления команды от машиниста установить пятую позицию контроллера машиниста проверить температуру воды и масла.
- 2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.
- 3 Если температура воды и масла ниже требуемой, то запретить набор позиции выше 4-й и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.
- 4 Разрешить набор позиций выше 4 по достижении требуемой температуры теплоносителей

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) менее XX °С. Позиция не выше 4-й" и не давать на дизель позицию выше 4-й. На рисунке 4.6 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

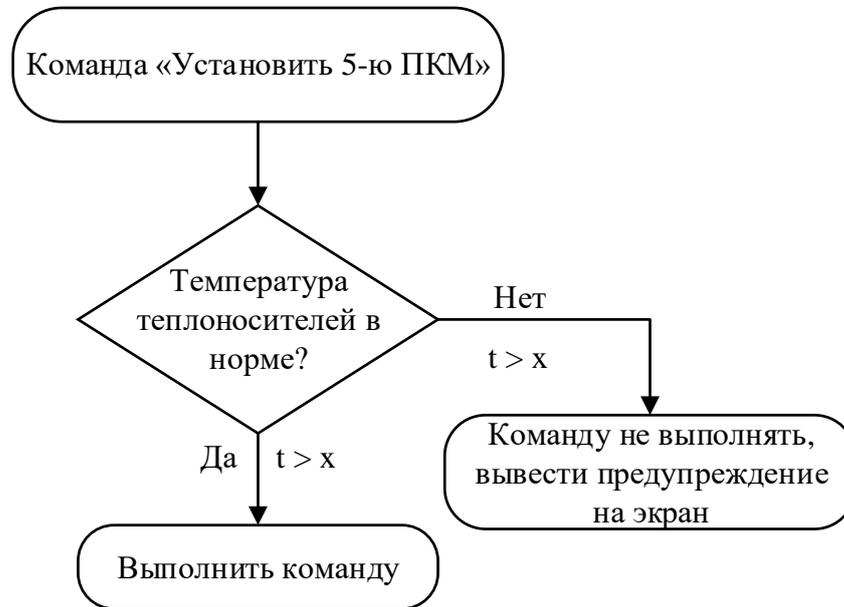


Рисунок 4.6 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция контроллера машиниста	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ
2	Температура воды	Аналоговый сигнал	
3	Температура масла	Аналоговый сигнал	

4.2.4 Работа дизеля под нагрузкой при превышенной температуре теплоносителей

- 1 После запуска ДГУ контролировать температуру воды и масла.
- 2 Если температура воды и масла выше нормы, то уменьшить мощность дизеля на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

- 3 Если температура воды и масла выше критического значения, то сбросить нагрузку полностью и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста
- 4 По достижении требуемой температуры воды и масла восстановить уровень мощности дизеля.

Примечание: Критическое значение температуры теплоносителей определяется отдельно для каждой серии. При срабатывании защиты выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) > XX °С. Мощность дизеля снижена на 20 %" и уменьшить мощность дизеля на 20 %. При снижении температуры воды (масла) до XX °С (возможны разные значения в зависимости от серии локомотива) – восстановить уровень мощности дизеля. На рисунке 4.7 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

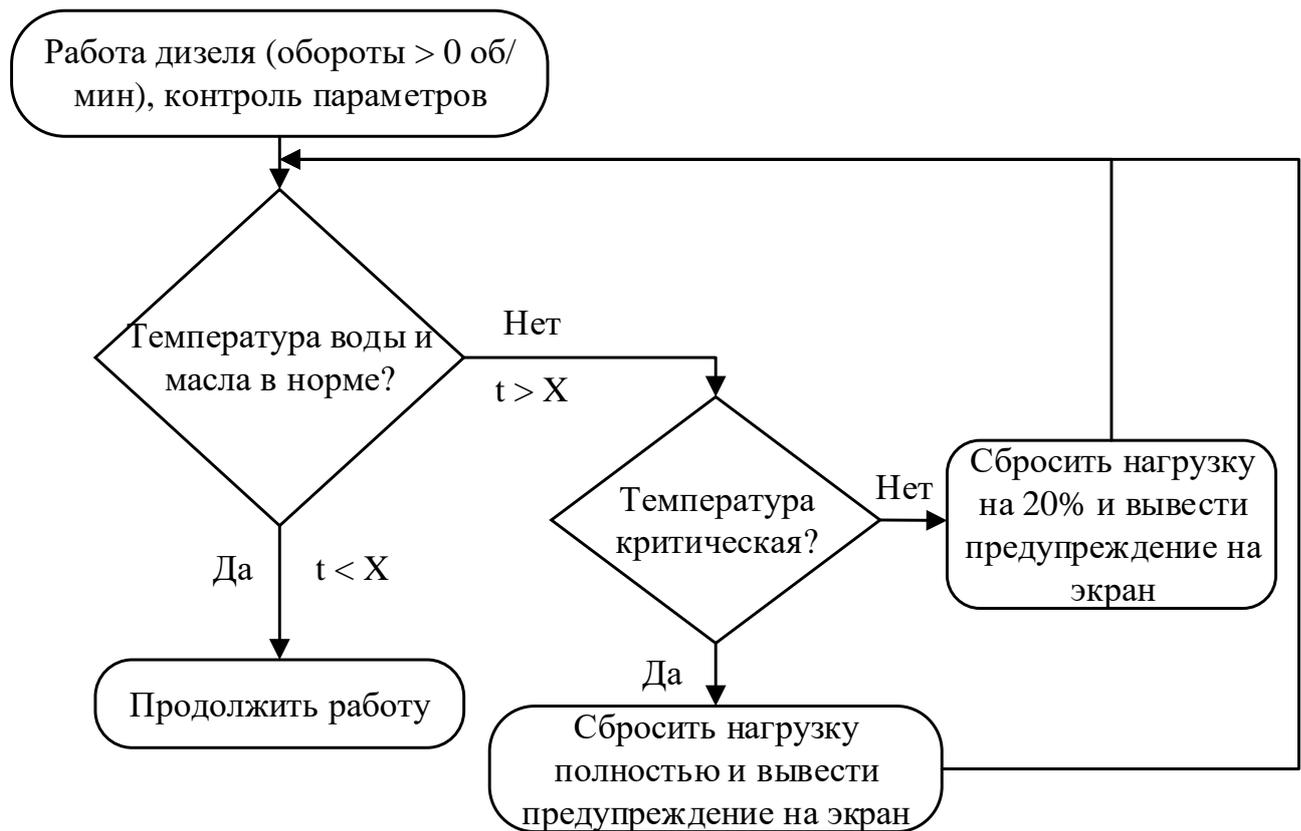


Рисунок 4.7 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция контроллера машиниста	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ
2	Температура воды	Аналоговый сигнал	
3	Температура масла	Аналоговый сигнал	

4.2.5 Запуск дизеля без прокачки масла

- 1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить время прокачки масла (время работы масляного насоса).
- 2 Если время прокачки масла перед запуском дизеля не менее 40 (60, 90) сек, то выполнить команду.
- 3 Если время прокачки масла перед запуском дизеля менее 40 (60, 90) сек, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Запуск дизеля без прокачки масла" если время прокачки менее 40 (60, 90) с. На рисунке 4.8 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

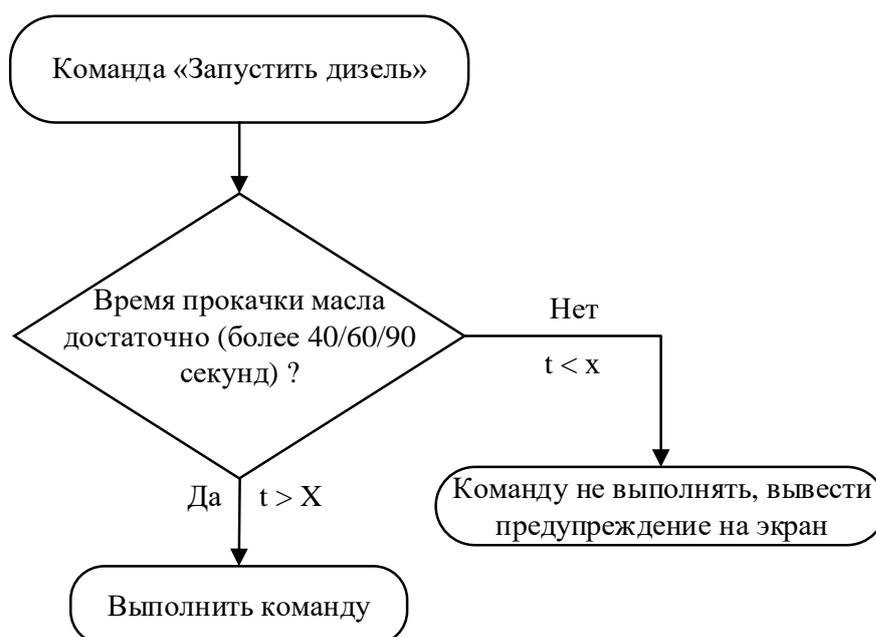


Рисунок 4.8 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Кнопка «Запуск дизеля»	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ)
2	Давление масла	Аналоговый сигнал	2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ

4.2.6 Следование на лимитирующий подъем с поездом критической массы со скоростью ниже расчётной

- 1 Во время движения контролировать скорость локомотива, позицию контроллера машиниста, ток тяговых электродвигателей, местоположение локомотива.
- 2 При следовании по лимитирующему подъему с поездом критической массы со скоростью ниже расчетной вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и ограничить ток тягового электродвигателя.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Следование на лимитирующий подъем со скоростью ниже расчётной". На рисунке 4.9 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

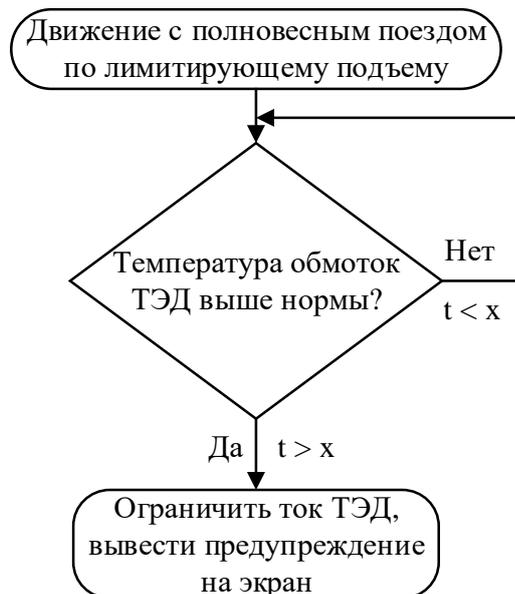


Рисунок 4.9 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция контроллера машиниста	Аналоговый сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ 2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	
3	Ток ТЭД	Аналоговый сигнал	
4	Температура обмоток ТЭД	Аналоговый сигнал	

4.2.7 Отключение мотор-вентиляторов в режиме выбега или тяги локомотива / движение с отключенным тяговым электродвигателем

- 1 После поступления команды от машиниста выключить мотор-вентилятор (МВ) проверить скорость локомотива и ПКМ.
- 2 Если скорость локомотива равна нулю и ПКМ в нулевой позиции, то выполнить команду.
- 3 Если скорость локомотива не равна нулю и ПКМ не в нулевой позиции, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Не выключать МВ в режиме выбега или тяги" и запретить выключение мотор-вентиляторов при скорости локомотива, отличной от нуля и нулевой позиции контроллера". На рисунке 4.10 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

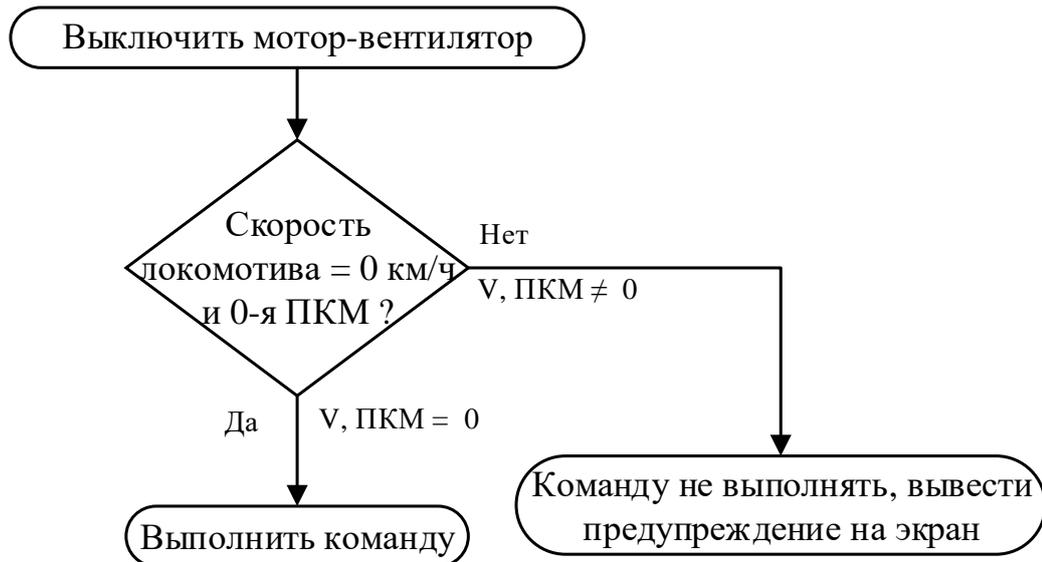


Рисунок 4.10 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Включение мотор-вентиляторов	Дискретный сигнал	2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ)
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ
3	Позиция контроллера машиниста	Аналоговый сигнал	2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р

4.2.8 Перегрузка ТЭД по токам/напряжениям

- 1 Контролировать ток тягового электродвигателя.
- 2 При превышении допустимого тока тяговых электродвигателей сбросить нагрузку и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: «Превышение допустимого тока по ТЭД ХХ. Отключи ТЭД № ХХ», запрет на последующую сборку тяговой схемы при включенном ТЭД. На рисунке 4.11 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

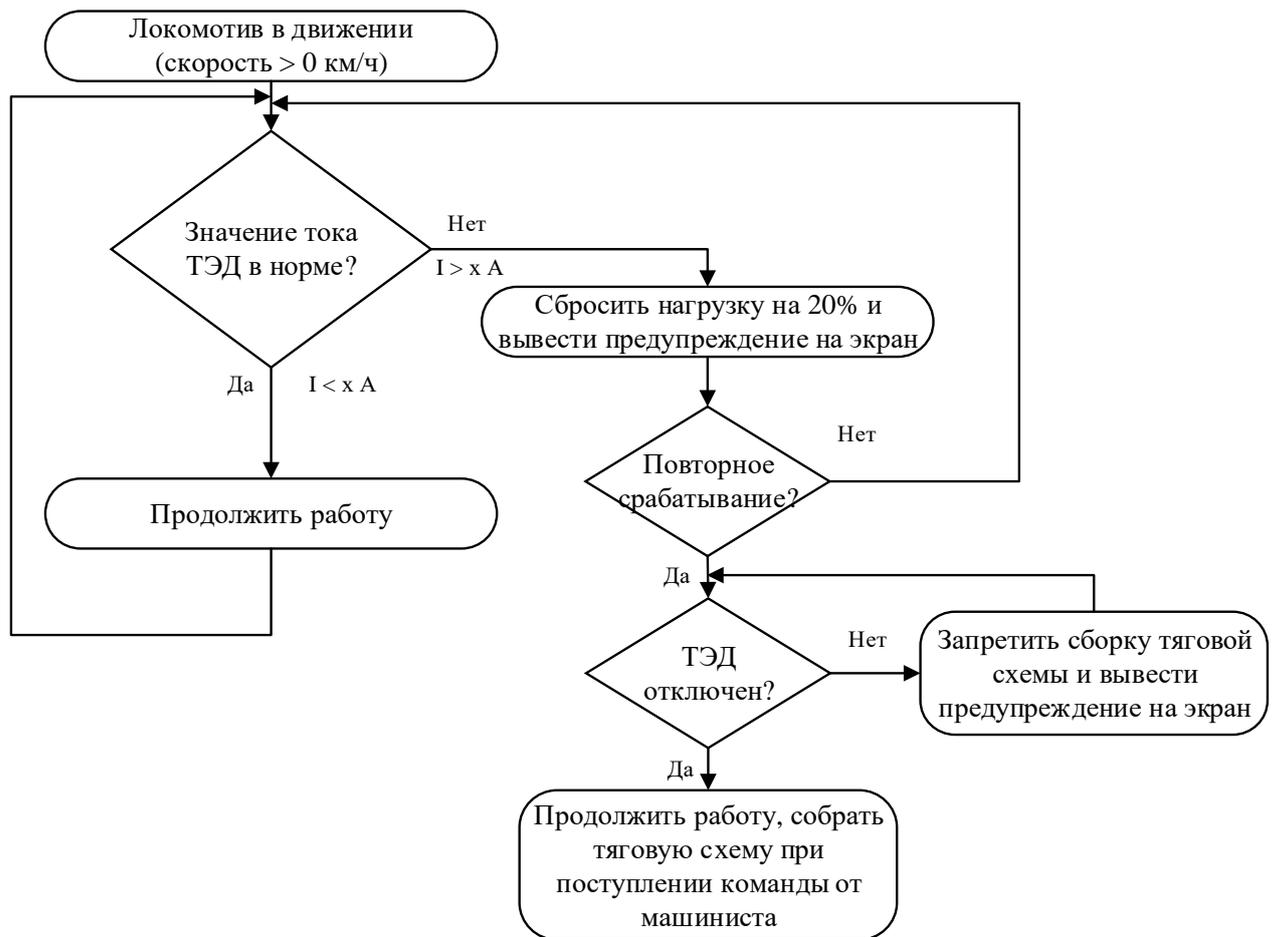


Рисунок 4.11 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Выключатель ОМ	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС)
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК
3	Ток ТЭД	Аналоговый сигнал	ТЭМ18ДМ 2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р

4.2.9 Превышение допустимых значений токов тягового (главного) генератора (кратковременный, часовой, длительный)

- 1 Контролировать ток генератора и время протекания тока при каждом его значении.
- 2 При длительном превышении допустимого тока генератора вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Ток ТГ > ХХ А (ХХ мин). Мощность снижена" и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.». На рисунке 4.12 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.



Рисунок 4.12 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Ток генератора	Аналоговый сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ

4.2.10 После остановки дизеля не выключен рубильник аккумуляторной батареи

- 1 После поступления команды от машиниста остановить дизель проверить положение рубильника аккумуляторной батареи и фиксировать время остановки.
- 2 Если после остановки дизеля на время более 60 минут рубильник аккумуляторной батареи не выключен, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Не выключен рубильник АБ".
На рисунке 4.13 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.



Рисунок 4.13 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Кнопка «Остановка дизеля»	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д)
2	Напряжение АБ	Аналоговый сигнал	
3	Рубильник АБ	Дискретный сигнал	

4.2.11 Непринятие мер по случаю боксования колёсных пар

При разбросе скоростей колесных пар более 5 км/ч, если позиция контроллера машиниста не уменьшается, а кнопка подачи и автоподачи песка включены, то ограничить ток ТЭД и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Боксование КП". На рисунке 4.14 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

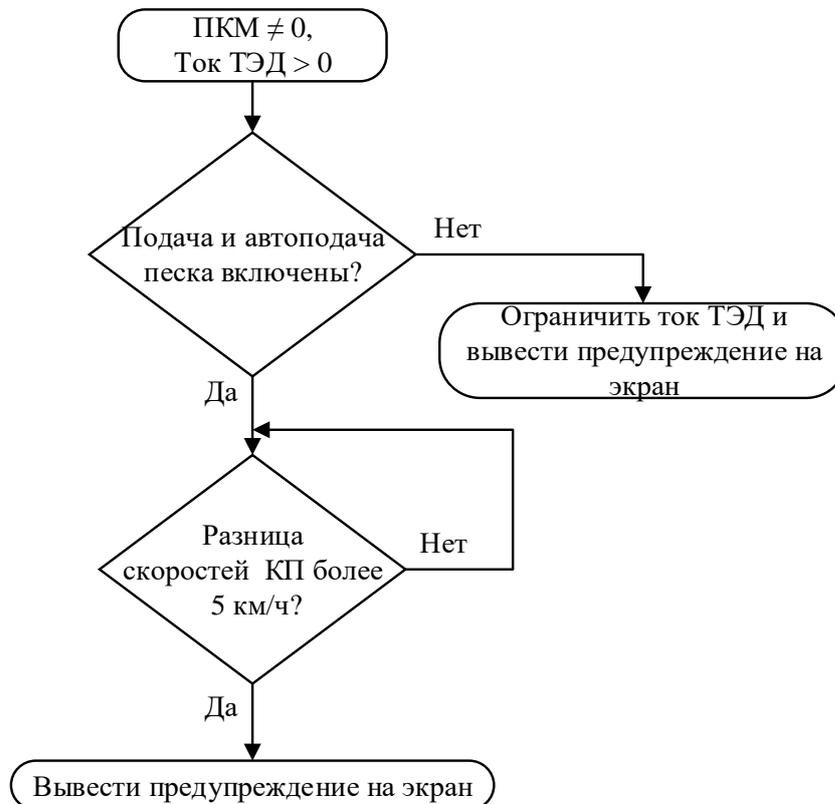


Рисунок 4.14 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Включение автоподачи песка	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ)
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ 2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К
3	Ток ТЭД	Аналоговый сигнал	ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р

4.2.12 Применение вспомогательного крана в тяге для предотвращения боксования

При скорости локомотива больше 0 км/ч и наличии давления в тормозных цилиндрах ограничить ток ТЭД и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: при отличных от нуля значениях скорости и позиции контроллера, и давлении в тормозных цилиндрах не равному 0 выводить на экран предупреждение: "Применение вспомогательного крана в тяге запрещено". На рисунке 4.15 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.



Рисунок 4.15 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция вспомогательного крана	Аналоговый сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ 2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	
3	Давление в тормозных цилиндрах	Дискретный сигнал	
4	Ток ТЭД	Аналоговый сигнал	

4.2.13 Юз колёсных пар

Если скорость на одной или нескольких колёсных пар ниже скорости остальных колёсных пар при торможении (для электровозов – в режиме рекуперации), то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "ЮЗ колёсных пар". На рисунке 4.16 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

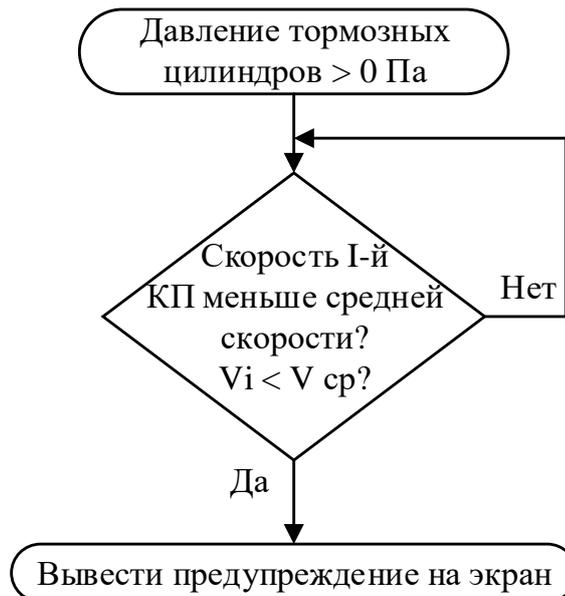


Рисунок 4.16 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция контроллера машиниста	Аналоговый сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ 2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	
3	Давление в тормозных цилиндрах	Аналоговый сигнал	

4.2.14 Отключение автоматической подсыпки песка при исправной работе системы

При скорости локомотива больше 0 км/ч и выключенной системе автоматической подсыпки песка вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Примечание: выводить на экран предупреждение: "Выключена автоматическая подсыпка песка". На рисунке 4.17 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

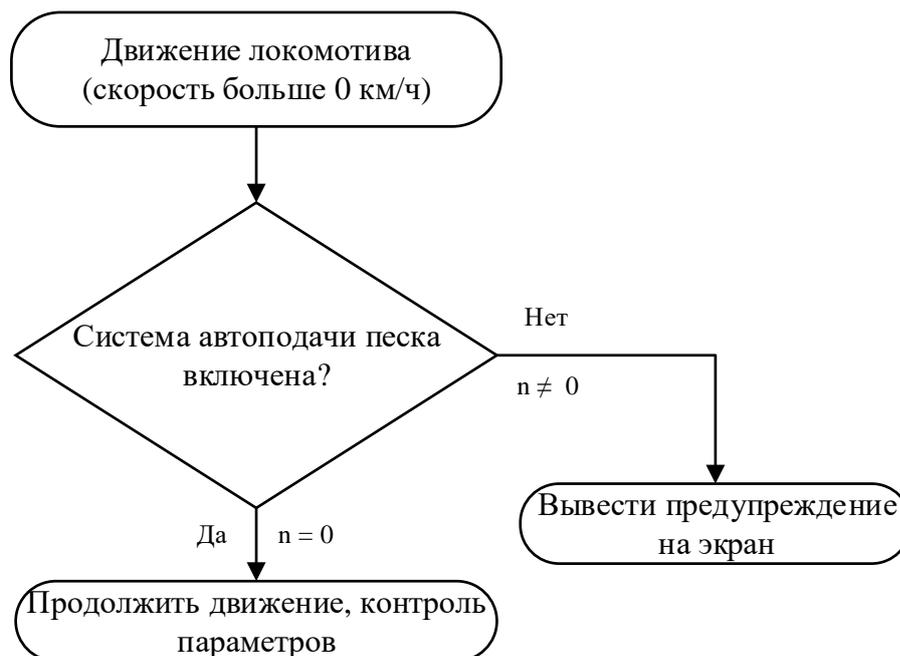


Рисунок 4.17 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Позиция контроллера машиниста	Аналоговый сигнал	2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П)
2	Скорость локомотива	Аналоговый сигнал	
3	Включение автоподачи песка	Дискретный сигнал	

4.2.15 Нарушение порядка продувки напорной магистрали

При нарушении порядка нажатия кнопок продувки главных резервуаров вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.

Работа алгоритма возможна при наличии возможности контроля и отслеживания положения кнопок продувки главных резервуаров – по типу «булево» (вкл. / выкл.).

Примечание: выводить на экран предупреждение: "нарушение порядка продувки напорной магистрали". На рисунке 4.18 представлена блок-схема реализации алгоритмической защиты.

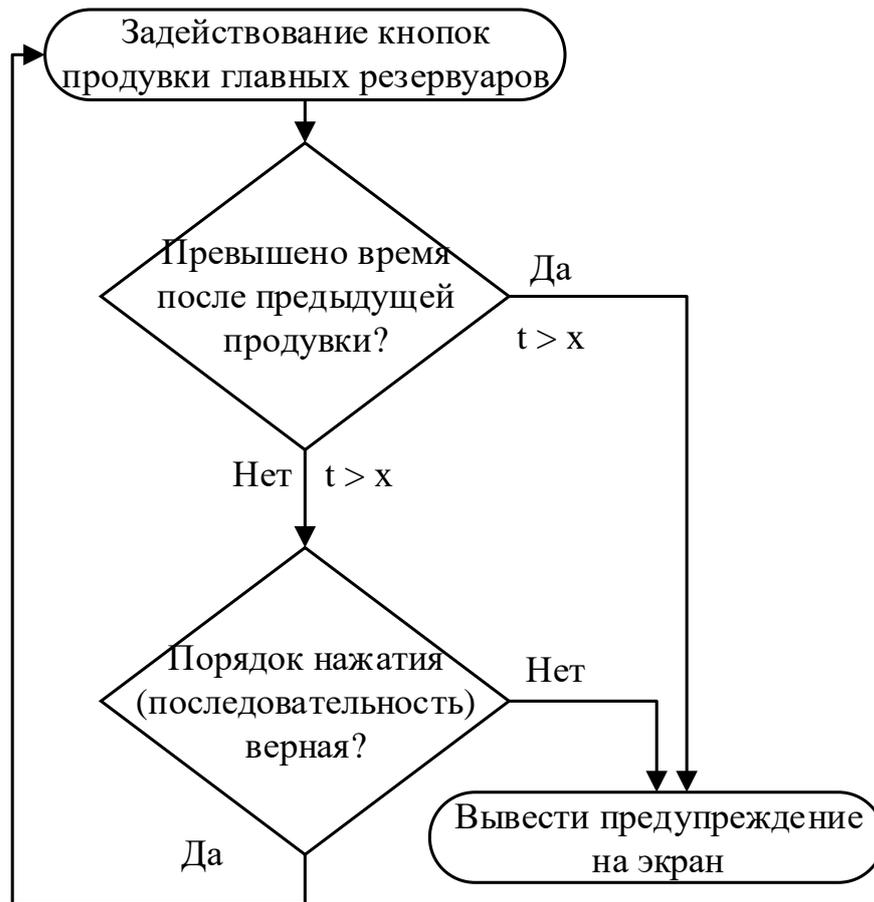


Рисунок 4.18 – Блок-схема алгоритмической защиты

Данные о требуемых датчиках приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Датчики для защиты от нарушений

№ п/п	Контролируемый процесс	Датчик	Возможность реализации на локомотиве
1	Нажатие кнопки продувки главного резервуара	Дискретный сигнал	ТЭП70У(БС) 2ТЭ116У(М, Д) 2ТЭ25А(К, КМ) 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭМ18ДМ 2(3,4)ЭС5К 2(3)ЭС4К ЭП1М(П) ЭП2К ВЛ80Р

4.3 Датчики, необходимые для реализации алгоритмических защит

С помощью описанных в текущем разделе алгоритмических защит возможно предотвратить большинство нарушений режимов эксплуатации без установки дополнительных датчиков.

Однако, для реализации полного перечня алгоритмических защит требуется установка дополнительных диагностических датчиков [114]:

4.3.1 Датчик температуры меди в обмотках тягового электродвигателя (якорной, главных и добавочных полюсов)

Перегрев обмоток ТЭД – одно из самых дорогих и, к сожалению, массовых НРЭ, которое связано с введением движения тяжеловесных поездов без достаточных испытаний. В результате машинисты часто не выдерживают минимально заданную скорость движения на руководящем подъеме, что приводит к перегреву изоляции и её преждевременному старению с последующим пробоем.

Температура обмоток контролируется только косвенно по минимальной скорости, которую устанавливают эмпирическим способом.

К сожалению, таких датчиков нет и их реализация на тяговых электродвигателях проблематична ввиду ограниченного пространства внутри корпуса ТЭД и невозможности установки датчика снаружи.

Однако, до тех пор, пока подобные датчики не появятся, вычисление температуры обмотки возможно другим способом – по сопротивлению R с использованием известной формулы:

$$R = R_0(1 + \alpha \times \Delta t),$$

где R_0 – сопротивление при температуре 20 °С;

α – температурный коэффициент сопротивления ($\alpha = 0,004$ для меди и алюминия);

Δt – разность температур;

Датчик температуры обмоток ТЭД позволит, в свою очередь, отказаться от ограничения скорости на руководящем (лимитирующем) подъеме или, как

минимум, позволит пересмотреть существующие скоростные нормы, так как основным критерием определения данного нарушения является именно температура обмоток тягового электродвигателя, а не скорость локомотива.

4.3.2 Датчик температуры окружающей среды

Полезен как дополнительный параметр при контроле режимов работы оборудования. Для алгоритмических защит по дизельному оборудованию подобный датчик необходим с целью расчёта допустимых параметров температуры теплоносителей при запуске или остановке дизеля.

Также информация о температуре окружающего воздуха необходима для реализации алгоритмических защит, направленных на сохранение токоприёмников электровозов, где смена токоприёмника (первого на второй и обратно) обязательна при температуре окружающего воздуха менее 0 °С и прописана в соответствующих руководствах по эксплуатации.

Подобные температурные датчики довольно распространены и их установка не потребует существенных материальных затрат и каких-либо изменений как в конструкции локомотива, так и в его электрической схеме.

4.3.3 Вибродатчики на экипажной части локомотива

Датчики необходимы для контроля динамического воздействия пути (инфраструктуры) на механическую часть локомотива.

Согласно исследованию ускорений необрессоренных частей электровоза серии ЗЭС5К (Отчет ОАО «РЖД» по испытаниям № ПЛ-01-2017), наблюдается ухудшение технического состояния оборудования локомотива из-за повышенных динамических нагрузок, ввиду плохого качества рельсового пути.

Требуется установка вибродатчиков на экипажную часть локомотива с целью контроля виброускорений и организации мониторинга их влияния на техническое состояние локомотива. Сами датчики достаточно известны и распространены на рынке, однако предварительно требуется выполнить научно-исследовательскую работу для выбора места их установки.

4.4 Испытание алгоритмических защит

Предложенные алгоритмы послужили основой для разработки новых версий программного обеспечения для бортовых микропроцессорных систем локомотивов. На основании предъявляемых требований и описанных алгоритмов, специалистами АО «ВНИКТИ» была реализована новая версия программного обеспечения для бортовых МСУ локомотивов со встроенными алгоритмическими защитами.

Опытная версия программного обеспечения была испытана в ноябре-декабре 2018 года при участии автора в СЛД «Саратов» на локомотивах серии ТЭП70БС приписки ТЧЭ «Саратов-Пассажирское», в СЛД «Дно-Псковское» на локомотивах серии 2ТЭ116У приписки ТЧЭ «Дно». Также испытания программного обеспечения были проведены в СЛД «Амурское» на локомотивах серии 2(3)ТЭ10МК(УК) приписки ТЧЭ «Комсомольск-на-Амуре».

На рисунке 4.19 приведена статистика по срабатыванию алгоритмических защит на локомотивах вышеописанных серий и депо приписки за первую половину 2019 года, согласно отчёту АО «ВНИКТИ».

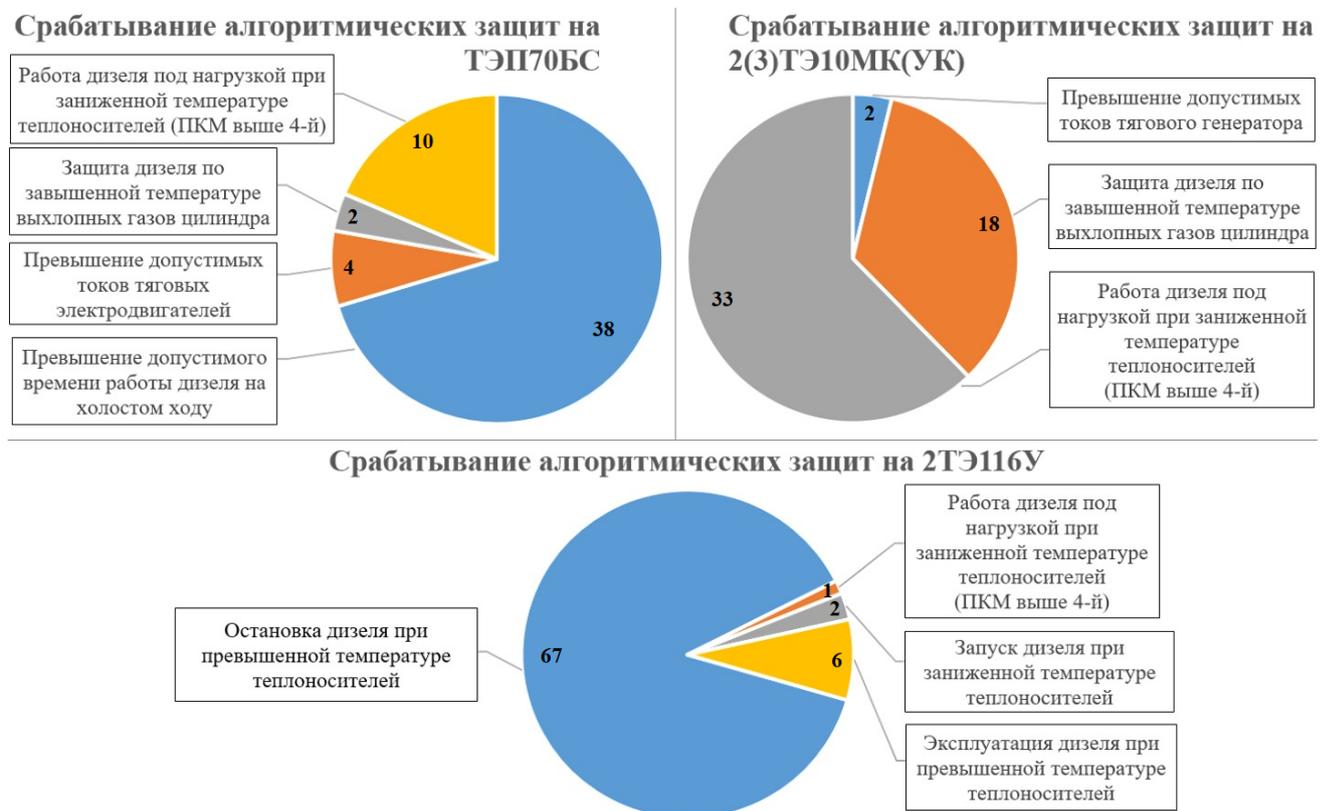


Рисунок 4.19 – Срабатывание алгоритмических защит на локомотивах

4.5 Выводы по разделу 4

В текущем разделе, на основании статистики по неплановым ремонтам и нарушениям режимов эксплуатации за 2018 год, предложены алгоритмы защиты от самых распространённых нарушений режимов эксплуатации, которые описаны в разделе 3. Полный перечень обоснованных в научном исследовании алгоритмических защит приведён в Приложении А.

Реализация алгоритмических защит не требует каких-либо существенных доработок диагностического оборудования локомотивов – большинство датчиков, необходимых для реализации алгоритмических защит, уже имеются на локомотивах. Однако, для полноты информации желательно доукомплектовать существующий набор диагностического оборудования датчиками температуры обмотки тяговых электродвигателей (якорной, главных и добавочных полюсов), температуры окружающего воздуха и датчиками виброускорений на экипажной части локомотива.

Разработанные алгоритмические защиты должны существенно сократить количество нарушений режимов эксплуатации и, по некоторым из них, исключить случаи нарушений режимов эксплуатации полностью. Помимо очевидных эффектов, результат от внедрения алгоритмических защит должен сказаться в долгосрочной перспективе – повышение культуры вождения поездов локомотивными бригадами, поскольку благодаря внедрению алгоритмических защит, осуществление работы будет выполняться по принципу «правильно или никак». Такие результаты возможны за счёт:

- уведомления локомотивных бригад при приближении значений контролируемых параметров к критическому уровню (до факта НРЭ);
- запрет на выполнение ошибочных действий локомотивных бригад (предупреждение нарушения);
- фиксация нарушений режимов эксплуатации (там, где невозможно предотвратить) в памяти бортовых МСУ и информационных системах

сервисной компании – для полноты информации для проведения расследования, в случае отказа оборудования.

Несмотря на то, что большинство датчиков, необходимых для реализации алгоритмических защит, уже имеются на локомотивах с бортовыми МСУ, фактическая их комплектность не всегда отвечает требуемым значениям.

Такая ситуация может складываться по причине вандализма или низкой надёжности датчиков. При реализации алгоритмических защит необходимо учитывать этот факт, но затраты на доукомплектование датчиками всех локомотивов с бортовыми МСУ следует относить в отдельную статью расходов.

Обобщив информацию по разделу, можно сделать следующие выводы:

- 1 функциональные возможности бортовых МСУ позволяют использовать алгоритмы по контролю параметров режимов работы локомотивов;
- 2 составлен перечень алгоритмических защит с описанием логики (алгоритма) их срабатывания;
- 3 указаны серии локомотивов, на которых возможно применить алгоритмические защиты;
- 4 практически все алгоритмические защиты возможно реализовать без установки на локомотиве дополнительных датчиков, что существенно сокращает сроки их фактической реализации;
- 5 указан перечень датчиков, необходимых для расширения диагностической возможности и реализации полного списка алгоритмических защит.

Таким образом, на основании матрицы влияния нарушений режимов эксплуатации на локомотивы и разработанных алгоритмических защит от опасных режимов эксплуатации можно сформировать точечные корректирующие мероприятия по повышению эксплуатационной надёжности как отдельных локомотивных серий, так и всего локомотивного парка с бортовыми МСУ.

5 ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1 Расширенный классификатор нарушений режимов эксплуатации

На основании исследования зависимостей между НРЭ и неисправностью локомотива или его отдельных узлов, а также принимая во внимания наработки отечественных сервисных компаний разработан расширенный классификатор нарушений режимов эксплуатации, основными новшествами которого являются:

- 1 Добавление детальной информации по каждому нарушению.
 - 1.1 Метод выявления нарушения.
 - 1.2 Вероятная объективная причина нарушения (техническая неисправность).
 - 1.3 Вероятная субъективная причина нарушения (человеческий фактор).
 - 1.4 Рекомендации по установлению причины нарушения при расследовании нарушения режима эксплуатации.
 - 1.5 Взаимосвязь между ухудшением технического состояния агрегата (узла) и допущенным нарушением режима его эксплуатации.
 - 1.6 Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива.
 - 1.7 Рекомендуемые методы неразборного контроля текущего технического состояния агрегата (узла) на основе информации бортовых систем.
 - 1.8 Рекомендуемые работы, направленные на повышение технического состояния неисправного агрегата (узла).
- 2 Добавлены более 30 нарушений к уже существующему списку.

Пример расширенного классификатора приведён на рисунке 5.1. Изменения в классификаторе НРЭ закреплены распоряжением ОАО «РЖД» № ЦТ-289/р от 27.12.2018 «О внесении изменений в Порядок оценки качества эксплуатации и ремонта локомотивов, предполагающий взаимный контроль и повышение прозрачности отнесения виновности за допущенные отказы, утвержденный распоряжением Дирекции тяги от 1 марта 2016 г. № ЦТ-47/р» и приведены приложением № 3 к данному распоряжению.

**Классификатор видов и причин нарушений режимов эксплуатации
локомотивов, выявляемых в процессе расшифровки данных бортовых локомотивных систем**

№	Агрегат	Вид нарушения режима эксплуатации локомотива	Серия локомотива	Параметр	Требуемое значение	Рук-во по эксплуатации (ссылка на нормативные документы)	Метод выявления нарушения	Вероятная объективная причина нарушения (неиспр. техника)	Вероятная субъективная причина нарушения (чел. фактор)	Рекомендации по установлению причины нарушения при Расследовании	Взаимосвязь между ухудшением технического состояния агрегата (узла) и допущенным нарушением режима его эксплуатации	Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним другие составные части локомотива	Рекомендуемые методы неразборного контроля текущего технического состояния агрегата (узла) на основе информации бортовых систем (диагностические работы) *	Рекомендуемые работы, направленные на повышение технического состояния неисправного агрегата (узла) *
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Дизель	Запуск дизеля без прокачки масла	ТЭМ2 в/и ТЭМ18Д(ДМ) ТЭМ18В 2ТЭ116 ТЭП70 ТЭМ7 в/и М62 в/и (с Д49) ТЭ10в/и (с Д49)	Время прокачки перед запуском	Не менее 30 сек. Не менее 40 сек. Не менее 60 сек. Не менее 90 сек.	Руководство по эксплуатации ТЭМ2 п. 3.5. Инструкция по эксплуатации ТЭМ18ДМ РЭ1 ч.2 п. 2.11. Руководство по эксплуатации дизеля 2-9ДГ-01.90РЭ, п.2.4. Руководство по эксплуатации дизеля 1-9ДГ исп. 3; 1А-9ДГ.62РЭ, п.2.4.1.	Ручной анализ по графикам зависимости значений контролируемых показателей в функции времени. Оценка длительности временного интервала от момента начала прокачки масла до запуска дизеля. Оценка длительности	Неисправность автоматики в электрических цепях запуска дизеля на тепловозе. Низкое качество ТО и ремонтов. Низкое знание персоналом требований эксплуатационной документации. Неисполнение персоналом требований эксплуатационной документации.	Умышленное вмешательство персоналом в работу исправных устройств на тепловозе. Низкое качество ТО и ремонтов. Низкое знание персоналом требований эксплуатационной документации. Неисполнение персоналом требований эксплуатационной документации.	Причина устанавливается в ходе расследования на основании сопоставления результатов осмотра тепловоза и обстоятельств случая, при которых допущено нарушение (из объяснений причастных лиц). При выявлении нарушения в процессе ожидания локомотивом работы, к материалам расследования приобщаются объяснения ТЧД, а также причастного персонала	Более интенсивный износ трущихся деталей шатунно-поршневой группы (маслосъемные кольца) и рабочей поверхности цилиндрической втулки (комплекта). Более интенсивный износ коленчатого вала, вкладышей коренных и шатунных шеек. Более интенсивный износ вала турбокомпрессора	При систематических нарушениях: – ухудшаются компрессионные и теплотехнические свойства цилиндрического комплекта; – уменьшается количество сгораемого топлива за один впрыск; – несгоревшее топливо, через зазоры в кольцах, просачивается в масляную систему дизеля и вызывает снижение кинематического	Сравнение между собой показателей температуры выхлопных газов по цилиндрам. Оценка внешней характеристики ДГУ на предмет отсутствия ее ухудшения по сравнению с предыдущим анализом. Химический анализ масла в масляной системе. Анализ выхлопных газов.	Смена цилиндрического комплекта с неисправными деталями. Ремонт с разборкой неисправного цилиндрического комплекта. Ремонт с демонтажем коленчатого вала и заменой вкладышей коренных и шатунных шеек. Ремонт с демонтажем и шлифовкой коленчатого вала. Ремонт с разборкой

Рисунок 5.1 – Страница 1 Приложения № 3 к распоряжению ОАО «РЖД» № ЦТ-289/р от 27.12.2018 (пример)

5.2 Алгоритмические защиты оборудования локомотивов от опасных режимов эксплуатации

Опытная эксплуатация программного обеспечения с алгоритмическими защитами проводилась на основании распоряжений ООО «ЛокоТех» и по согласованию с ОАО «РЖД» и АО «Трансмашхолдинг».

Автором, при содействии дирекции АСУ и ИТ группы компаний «ЛокоТех» и сотрудников групп диагностики соответствующих СЛД, был организован контроль за установкой ПО на всех локомотивах указанной серии и мониторинг срабатывания алгоритмических защит (таблица 5.1). За год мониторинга срабатывания алгоритмических защит была накоплена статистика по их срабатыванию, а также по влиянию на отказы оборудования локомотива.

Так, со слов специалистов управления по Приволжской дороге Центрального полигона ООО «ЛокоТех», в состав которого входит СЛД «Саратов»:

«При сравнении случаев выходов из строя ТЭД за 2018 год на тепловозах серии ТЭП70БС зафиксировано 11 случаев перегатки ТЭД, связанных с их неисправностями. За 2019 год, после внедрения программного обеспечения с алгоритмическими защитами, было зафиксировано 4 случая перегатки ТЭД, связанных с их неисправностями.

Для сравнения в 2018 году нарушений режимов эксплуатации, связанных с работой дизеля как при повышенной температуре теплоносителей, так и при пониженной, составляло 114 случаев, а за период 2019 года всего 33 случая».

Следует отметить, что часть нарушений режимов эксплуатации произошли до установки программного обеспечения с алгоритмическими защитами ввиду того, что установка опытного программного обеспечения на локомотивах серии ТЭП70БС в СЛД «Саратов» происходила в течение нескольких месяцев.

По результатам успешного испытания нового ПО на опытном локомотиве каждой серии было принято решение о тиражировании ПО с алгоритмическими защитами на всех локомотивах данной серии соответствующего депо приписки.

Таким образом, на основании вышеприведённых данных разработанные алгоритмические защиты можно считать эффективными.

Таблица 5.1 – Пример табличной формы по контролю за срабатыванием алгоритмических защит

№ п/п	СЛД приписки	Серия локомотива	Номер локомотива	Секция	Дата прошивки алгозащитами	Наименование инцидента	Срабатывание защиты (да/нет)	Дата инцидента	Примечания
19	Саратов	ТЭП70БС	153		22.02.2019	Работа на ХХ более 120 минут	да	22.03.2019	Выдается предупреждение, производится запись в память МСУ
20	Саратов	ТЭП70БС	154		04.02.2019	Работа на ХХ более 120 минут	да	24.03.2019	Выдается предупреждение, производится запись в память МСУ
21	Саратов	ТЭП70БС	130		15.02.2019	Работа на ХХ более 120 минут	да	29.03.2019	Выдается предупреждение, производится запись в память МСУ
22	Саратов	ТЭП70БС	41		08.02.2019	Защита ТЭД по допустимым токам с обязательным отключением соответствующего ОМ	да	29.03.2019	Переброс тока по щеткодержателю 1 ТЭД, бригада отключила ТЭД. ТЭД остался цел.
23	Саратов	ТЭП70БС	153		22.02.2019	Защита ТЭД по допустимым токам с обязательным отключением соответствующего ОМ	да	01.04.2019	Переброс тока по щеткодержателю 5 ТЭД, бригада отключила ТЭД. ТЭД остался цел.
24	Дно-Псковское	2ТЭ116У	33	Б	17.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	20.01.2019	
25	Дно-Псковское	2ТЭ116У	33	А	17.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	22.01.2019	
26	Дно-Псковское	2ТЭ116У	54	Б	17.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	21.01.2019	
27	Дно-Псковское	2ТЭ116У	54	А	17.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	21.01.2019	
28	Дно-Псковское	2ТЭ116У	82	Б	18.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	23.01.2019	
29	Дно-Псковское	2ТЭ116У	82	А	18.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	24.01.2019	
30	Великие Луки	2ТЭ116У	316	Б	18.01.2019	Остановка дизеля при высоких значениях температуры масла	да	29.01.2019	

5.3 Автоматизированное планирование объёма ремонта в условиях сервисных депо при наличии нарушений

С целью организации процесса создания записи, расследования и отработки замечаний по нарушениям режимов эксплуатации в единой информационной системе, по разработанному автором техническому заданию в АСУ «Сетевой график» реализовано автоматизированное рабочее место диагноста (АРМ Диагноста) с модулем «Корреляция НР-НРЭ». Основными преимуществами данного решения являются исключение возможности потери данных о нарушениях при интеграции информационных систем и повышение прозрачности и точности определения виновной стороны за unplanned ремонт, произошедший из-за нарушения режимов эксплуатации.

Для реализации данной задачи было необходимо привести создаваемые в информационной системе АСУ «Сетевой график» замечания к типовой форме.

Таким образом, с целью предотвращения внесения некорректных (а иногда и бессмысленных) замечаний, в АСУ «Сетевой график» осенью 2019 года автором создан справочник типовых замечаний, насчитывающий около двух тысяч наименований. По каждому замечанию указано оборудование согласно классификатору оборудования АСУ СГ, по возможности указывается до 4 уровня (деталь). Для некоторых замечаний указаны так называемые свойства – характеристики замечания, необходимые для создания замечания в ДК ремонта. К таким свойствам относятся номер колёсной пары, сторона колёсной пары, номер цилиндрического комплекта, сторона цилиндрического комплекта и так далее. Итоговое замечание в ДК ремонта формируется путём сложения основного наименования типового замечания и его свойств (рисунок 5.2).

Таким образом, при создании нового замечания в ДК ремонта с использованием функционала типовых замечаний возможно максимально подробно, достоверно и при этом безошибочно указать характеристику любой неисправности, что в свою очередь позволит выстроить чёткую причинно-следственную связь при расследовании случаев нарушений режимов эксплуатации.

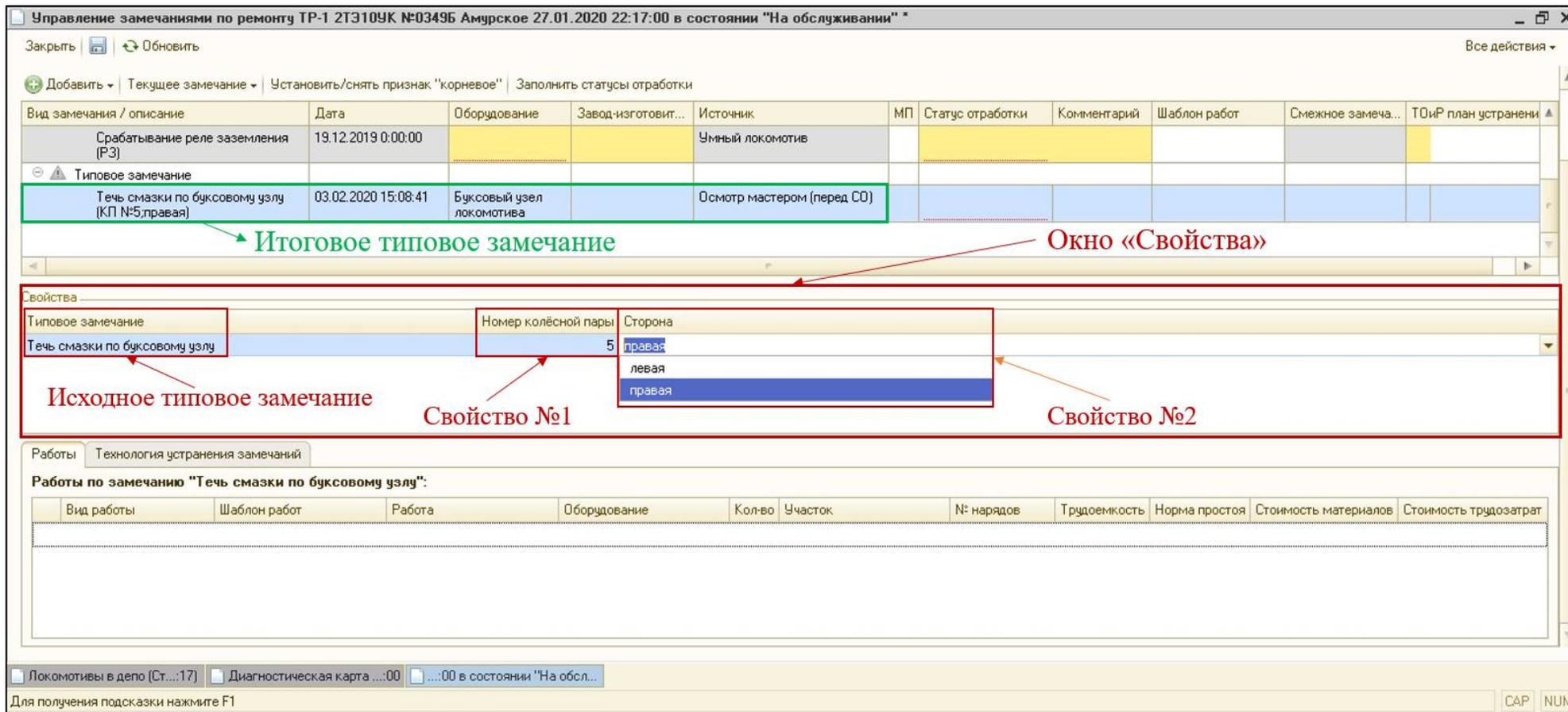


Рисунок 5.2 – Пример создания типового замечания в АСУ «Сетевой график»

Основную роль в индивидуальном формировании объёма ремонта локомотивов играет АРМ Диагноста, в котором специалисты групп диагностики осуществляют формирование записи о нарушении режимов эксплуатации путём создания листа регистрации инцидента (ЛРИ), в котором содержится подробная информация о локомотиве, обстоятельствах инцидента, повреждённом локомотивном оборудовании и принятых мерах (рисунок 5.3). Важным отличием АРМ Диагноста от подобного функционала системы ЕСМТ является минимизация полей ручного ввода – выбор данных осуществляется из предварительно загруженного списка наименований, что играет важнейшую роль при последующей статистической обработке данных и позволяет автоматизировать процессы, связанные с расследованием инцидента.

Также, наряду с автоматизированным рабочим местом диагноста, осенью 2019 года в АСУ «Сетевой график» разработан и внедрён по инициативе и при активном участии автора модуль «Корреляция НР-НРЭ», предлагающий в полуавтоматическом режиме обозначить ответственность за неплановый ремонт за эксплуатирующей подвижной состав компанией, если были замечены факты нарушений режимов эксплуатации (рисунок 5.4). Основная задача модуля – минимизировать влияние человеческого фактора при определении виновной стороны по неплановому ремонту, произошедшему из-за НРЭ, с помощью прописанных в АСУ «Сетевой график» алгоритмов. Реализация данного инструмента стала возможна благодаря созданию классификатора типовых замечаний (см. рис. 5.2), так как с этого момента все корневые замечания стали унифицированы и обязательно имеют «привязку» к оборудованию.

Логика работы модуля заключается в формировании списка неплановых ремонтов, по каждому из которых отображается список НРЭ, предшествующих неплановому ремонту конкретной секции локомотива за 40 дней – период, утверждённый в ОАО «РЖД» и ООО «ЛокоТех» внутренними регламентами по разнесению ответственности. В случае совпадения оборудования, подверженного влиянию со стороны нарушения (заполняется АРМ Диагноста или автоматически по данным АРМ УЛ), и оборудования, отказ которого послужил причиной

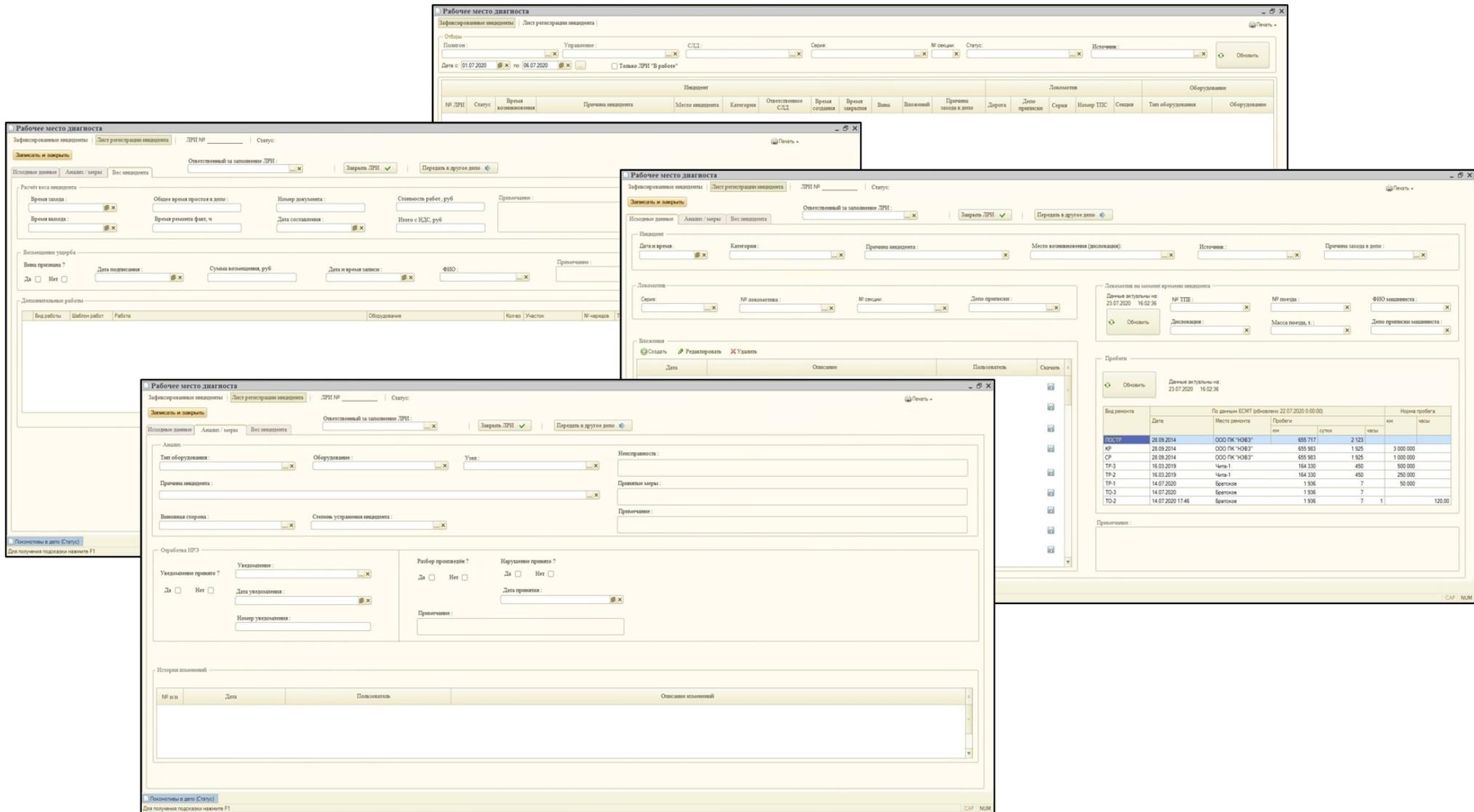


Рисунок 5.3 – Основные рабочие окна АРМ Диагноста в АСУ «Сетевой график»

НР	Вид ремонта по результатам разбора	Корневое	Источник замечания	Дата замечания	Тип оборудования	Оборудование	НРЭ	Оборудование	Тип оборудования	Работа по НРЭ	Вес инцидента
НР 2ТЭ116У №0250Б Югра (Западный) 30.11.2019 5:49:00	НР ЛТС	ТЭД	ТУ-152	30.11.2019 9:37:24	Тяговые электрические машины локомотива	Тяговый двигатель постоянного тока					
НР 2ТЭ116У №0250Б Югра (Западный) 30.11.2019 5:49:00	НР ЛТС	ТЭД	ТУ-152	30.11.2019 9:37:24	Тяговые электрические машины локомотива	Тяговый двигатель постоянного тока	Игнорирование тревожных сообщений о разбросе токов, нарушение токораспределения по ТЭД 1,2,3 от 40 до 73 на протяжении 7 часов + (ток более 1150 А)	Якорь тягового двигателя постоянного тока	Тяговые электрические машины локомотива		
НР 2ТЭ116У №0250Б Югра (Западный) 30.11.2019 5:49:00	НР ЛТС	ТЭД	ТУ-152	30.11.2019 9:37:24	Тяговые электрические машины локомотива	Тяговый двигатель постоянного тока	НРЭ: Перегрузка ТЭД (ТЭД = 2)				
НР 2ТЭ116У №0250Б Югра (Западный) 30.11.2019 5:49:00	НР ЛТС	ТЭД	ТУ-152	30.11.2019 9:37:24	Тяговые электрические машины локомотива	Тяговый двигатель постоянного тока	НРЭ: Применение крана 254 в тяге поезда для предотвращения боксования				
НР 2ТЭ116У №0252Б Югра (Западный) 11.01.2020 16:16:00	НР РЖД	ТК гонит масло	ТУ-152	16.01.2020 21:55:57							
НР 2ТЭ116У №0252Б Югра (Западный) 11.01.2020 16:16:00	НР РЖД	ТК гонит масло	ТУ-152	16.01.2020 21:55:57			НРЭ: Длительная работа на холостом ходу.				
НР 2ТЭ116У №0252Б Югра (Западный) 11.01.2020 16:16:00	НР РЖД	ТК гонит масло	ТУ-152	16.01.2020 21:55:57			НРЭ: Запуск дизеля в холодном состоянии без предварительной прокачки масла	Система подачи масла	Дизель и дизельное оборудование локомотива		
НР 2ТЭ116У №0252Б Югра (Западный) 11.01.2020 16:16:00	НР РЖД	ТК гонит масло	ТУ-152	16.01.2020 21:55:57			НРЭ: Остановка дизеля при превышенной температуре воды	Система циркуляции воды	Дизель и дизельное оборудование локомотива		
НР 2ТЭ116У №0252Б Югра (Западный) 11.01.2020 16:16:00	НР РЖД	ТК гонит масло	ТУ-152	16.01.2020 21:55:57			НРЭ: Остановка дизеля при превышенной температуре масла	Система подачи масла	Дизель и дизельное оборудование		

Корневое замечание по НР

НРЭ, предшествующие НР

Рисунок 5.4 – Пример сформированного отчёта модуля «Корреляция НР-НРЭ»

захода на непланный ремонт, модуль предлагает (посредством цветовой индикации выявленных соответствий и связи с блоком расследования непланных ремонтов) отнести ответственность за непланный ремонт на эксплуатирующую компанию с последующим формированием необходимых отчётов и актов.

Таким образом, АРМ Диагноста с модулем «Корреляция НР-НРЭ» и справочником типовых замечаний в АСУ «Сетевой график» не напрямую, но косвенно позволяет улучшить техническое состояние локомотива за счёт:

- исключения потери данных по нарушениям режимов эксплуатации;
- минимизации влияния человеческого фактора при определении непланных ремонтов, произошедших из-за нарушений режимов эксплуатации;
- формирования прозрачной системы отнесения ответственности организаций за неисправность подвижного состава;
- возможности проведения повторных разборов по непланным ремонтам, где неправильно определена виновная сторона (см. рис.5.4).

Для сервисных компаний это, в первую очередь, сокращение расходов на ремонт (за счёт перевыставления затрат по данным непланным ремонтам на эксплуатирующую компанию) и повышение коэффициента технической готовности обслуживаемого парка.

Эксплуатирующие организации, в свою очередь, смогут обнаружить «проблемные» места в обучении локомотивных бригад, или, возможно, во внутренних регламентах компании, что позволит провести корректирующие мероприятия, направленные на снижение количества нарушений режимов эксплуатации или предотвратить их полностью.

Таким образом, доработанный автором функционал отработки полученных данных по нарушениям режимов эксплуатации в АСУ «Сетевой график» группы компаний «ЛокоТех» должен позволить повысить качество обслуживания подвижного состава, благодаря индивидуальному формированию объёма ремонта, а также дать чёткую обратную связь эксплуатирующей компании по каждому факту возникновения нарушений режимов эксплуатации.

Справки о внедрении результатов исследований приведены в Приложении Б.

5.4 Техничко-экономическая эффективность

В настоящем разделе приведена технико-экономическая оценка эффективности разработанных автором научного исследования алгоритмических защит на основании расширенного классификатора нарушений режимов эксплуатации, а также методов определения виновной стороны за неплановый ремонт, произошедший из-за нарушений режимов эксплуатации.

Экономическая эффективность железных дорог определяется полезной работой – объёмом перевезённых по ней пассажиров и грузов. При этом количество перевозок (полезная работа) практически не зависит от надёжности тягового подвижного состава, ввиду наличия резерва тяговых единиц у эксплуатирующих их компаний.

Локомотивный комплекс с точки зрения экономики рассматривается как место возникновения затрат, учёт которых является одной из целей единой корпоративной автоматизированной системы управления финансами и ресурсами (ЕК АСУФР) ОАО «РЖД».

Таким образом, любые решения, направленные на повышения надёжности тягового подвижного состава не увеличат доход эксплуатирующей их компании, но снизят расходы на их обслуживание и поддержание работоспособного состояния.

С учётом перехода локомотивного комплекса на закупку новых локомотивов по контракту жизненного цикла и учитывая, что сервисные компании получают прибыль не за количество выполненных ремонтов, а за полезный пробег локомотива, сокращение затрат на обслуживание тяговых единиц положительно скажется на доходе локомотиворемонтного комплекса.

Сокращение потерь от внедрения решений, разработанных автором научного исследования, будет достигаться путём снижения затрат в статьях расхода сервисных компаний за счёт:

- 1 **Сокращение затрат на неплановые ремонты.** В разделе 5.2 показано, что разработанные алгоритмические защиты позволили сократить число неплановых ремонтов по тяговым электродвигателям локомотивов серии

ТЭП70БС примерно в 3 раза (с 11 до 4 случаев в СЛД «Саратов»). Сверхцикловые работы по ремонту тяговых электродвигателей на всех локомотивах серии ТЭП70БС в 2019 году обошлись сервисной компании примерно в 710 тыс. руб. Снижение этого показателя в 3 раза позволит сэкономить на ремонте ТЭД около 235 тыс. руб. в год только по серии ТЭП70БС. Принимая в расчёт, что ТЭП70БС – пассажирский тепловоз, а в научном исследовании доказано особое влияние НРЭ на грузовые локомотивы, а также с учётом унификации алгоритмических защит (по тяговым электродвигателям) и возможности их установки как на тепловозы, так и на электровозы с бортовыми МСУ, эффект от реализации будет достигаться за счёт снижения количества сверхцикловых работ и неплановых ремонтов по тяговым электродвигателям и составлять, по экспертной оценке, не менее 10 млн руб. в год.

Алгоритмические защиты по дизельному оборудованию позволили сократить количество нарушений, связанных с температурой теплоносителей, более чем в 3 раза. В 2019 году на сверхцикловые работы по ремонту дизельного оборудования локомотивов серии ТЭП70БС сервисная компания потратила около 7 млн руб. Таким образом, внедрение алгоритмических защит на всех тепловозах с бортовыми МСУ, позволит сократить общее количество неплановых ремонтов, что, по экспертной оценке, сэкономит не менее 50 млн руб. в год. Затраты сервисной компании на неплановые ремонты составляют примерно 1 млрд руб. в год. Из всего локомотивного парка, обслуживаемого ООО «ЛокоТех-Сервис», локомотивы, оборудованные бортовыми МСУ, составляют примерно 55 %. С учётом утраты файлов поездки ввиду случаев вандализма (изъятие съёмных носителей, перестановка дисплейных модулей или их повреждение), отсутствия дистанционной передачи данных с бортового компьютера на серверное хранилище и невозможности считывания информации в СЛД в режиме 24/7 (круглосуточно), реальный процент считывания данных поездки с бортовых МСУ составляет около 31 %. С учётом количества локомотивов с бортовыми МСУ и процента считывания данных общий процент локомотивов, данные поездок которых были проанализированы составляет $55 \% \times 31 \% = 17 \%$. От общего числа неплановых ремонтов, около 5,5 % признаются ОАО «РЖД» как произошедшие из-за НРЭ. С

учётом процента мониторинга можно предположить, что реальный процент неплановых ремонтов, произошедших из-за НРЭ, составляет $5,5 \% / 0,17 = 32,35 \%$ (около трети от общего числа НР). Таким образом внедрение разработанных автором научного исследования алгоритмических защит на всех локомотивах с бортовыми МСУ, обслуживаемыми ООО «ЛокоТех-Сервис», позволит снизить затраты на неплановые ремонты не менее, чем на 300 млн руб. в год.

2 Расширение списка определяемых НРЭ. В научном исследовании показано, что НРЭ – довольно частое явление на железных дорогах России и оказывают существенное влияние на ухудшение технического состояния локомотивного парка. Часть неплановых ремонтов, произошедших из-за НРЭ, оплачивается эксплуатирующей компанией. Расширение и доработка списка НРЭ, утверждённого ОАО «РЖД», и его доработка в части причинно-следственной связи, позволит увеличить количество выявляемых нарушений. Это, в свою очередь, позволит сервисной компании относить затраты по сверхцикловым работам (по устранению последствий НРЭ) на эксплуатирующую компанию, а эксплуатанту – проводить корректирующие мероприятия с локомотивными бригадами по профилактике случаев нарушений режимов эксплуатации и снижению их количества. В денежном эквиваленте суммарный экономический эффект оценить достаточно сложно. По экспертным оценкам, работа с локомотивными бригадами по профилактике случаев НРЭ позволяет снизить их количество примерно на 20 %. С учётом затрат ОАО «РЖД» на оплату работ по устранению последствий НРЭ, эффект составит около 60 млн руб. в год.

3 Трудозатраты. Разработанный и внедрённый в АСУ СГ классификатор типовых замечаний, а также модуль «Корреляция НР-НРЭ» позволит сократить трудозатраты сотрудников СЛД, занимающихся расследованием неплановых ремонтов и поиском причинно-следственной связи между неплановым ремонтом и НРЭ. Предположим, что на анализ НРЭ, предшествующих неплановому ремонту за 40 дней, и составление актов (перевыставление затрат по НР на эксплуатирующую компанию) сотрудник сервисной компании тратит от 30 до 50 % рабочего времени в каждом СЛД. Даже

исходя из минимально допустимого значения затрат рабочего времени (30 % – примерно 2,7 часа в день) и, принимая в расчёт среднюю заработную плату работника около 30 тыс. руб. в месяц, получается: стоимость часа = $30000 / (24 \times 8) = 156,25$ руб.; в месяц = $2,7 \times 24 \times 156,25 = 10,125$ тыс. руб.; в год = $10,125 \times 12 = 121,5$ тыс. руб. С учётом количества сервисных предприятий (85 СЛД по всей стране) годовой эффект от сокращения трудозатрат получается около 10,5 млн руб.

4 **Кумулятивный эффект.** Помимо непосредственного экономического эффекта, разработанные автором научного исследования алгоритмические защиты, расширенный перечень НРЭ и механизм расследования виновности по н в АСУ СГ, окажут долгосрочное влияние на культуру эксплуатации локомотивов, что, в свою очередь, положительно скажется на техническом состоянии оборудования локомотивов. Повышение эксплуатационной надёжности локомотивов позволит сократить локомотивный парк, что, наряду с ежегодным ростом производительности, позволит сократить инвестиционные и операционные расходы ОАО «РЖД» на несколько млрд руб. [77].

Благодаря матрице влияния нарушений режимов эксплуатации на локомотивы, разработанной автором научного исследования на основании фактических данных, возможно определить верную очерёдность разработки целевых корректирующих мероприятий (способов предотвращения нарушений) по группам оборудования и сериям локомотивов, что позволит достигнуть максимального эффекта в минимальные сроки. Однако в денежном эквиваленте эти долгосрочные эффекты оценить крайне затруднительно.

Эффект от внедрения алгоритмических защит, разработанных для предотвращения НРЭ согласно расширенного и утверждённого ОАО «РЖД» перечня, на локомотивах с бортовыми МСУ, а также модуля определения виновности за неплановый ремонт, произошедший из-за НРЭ, можно оценить в объёме не менее 0,4 млрд руб. в год. При этом расходы на внедрения несопоставимо малы и, суммарно, не должны превысить 100 млн руб. Таким образом, внедрение алгоритмических защит и модуля «Корреляция НР-НРЭ» в АСУ СГ является заведомо окупаемым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых научных исследований получены новые законченные научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение эффективности функционирования локомотивного комплекса ОАО «РЖД». Основные научные и практические результаты научного исследования состоят в следующем:

1 Научно обоснована закономерность между нарушениями режимов эксплуатации и ухудшением технического состояния локомотивов, для чего обработан расширенный объём статистических данных об эксплуатации локомотивов (более 21,1 млн событий за 12 месяцев по 85-и сервисным локомотивным депо) с использованием методов вероятностно-статистического и корреляционного анализа, что позволило выявить наличие нарушений режимов эксплуатации локомотивов, существенно влияющих на их техническое состояние. Основными нарушениями следует считать нарушения, связанные с несоблюдением температурных режимов теплоносителей и несоблюдением скоростных режимов при следовании на руководящем подъёме. Анализ физических процессов и корреляционный анализ позволили выявить возникающие при этом отказы или ухудшение технического состояния, при этом наиболее подвержены влиянию дизель и дизельное оборудование грузовых тепловозов (у пассажирских и маневровых влияние меньше), тяговые электродвигатели и колёсно-моторный блок магистральных грузовых тепловозов и электровозов, причём независимо от года выпуска. При этом коэффициент корреляции между различными нарушениями и наличием отказов составлял от 0,537 до 0,989. Среднее значение коэффициента корреляции по исследуемым зависимостям составило 0,805, что позволяет судить о наличии высокой корреляционной связи, между нарушениями и отказами оборудования. В системе ТОиР необходим учёт режимов эксплуатации локомотивов.

2 На основании проведённых научных исследований разработан расширенный классификатор типовых (имеющих место на практике) нарушений

режимов эксплуатации с указанием последствий, которые они могут оказать на техническое состояние локомотива. Классификатор состоит из 54 нарушений, определяемых по более чем 30-и локомотивным сериям и группам серий. Классификатор согласован с сервисными компаниями, утверждён и введён в действие в Дирекции тяги ОАО «РЖД» в систему сервисного обслуживания локомотивов.

3 Для защиты локомотивов от опасных режимов эксплуатации разработан комплекс алгоритмов, которые реализованы в программном обеспечении бортовых МСУ тепловозов серий ТЭП70БС приписки ТЧЭ «Саратов-Пассажи́рское», 2ТЭ116У приписки ТЧЭ «Дно» и 2(3)ТЭ10МК(УК) приписки ТЧЭ «Комсомольск-на-Амуре». Алгоритмические защиты позволили снизить число unplanned ремонтов защищаемого оборудования в среднем в 3 раза.

4 Предложен расширенный набор датчиков: необходимо дополнительно контролировать температуру обмотки ТЭД (якорной, главных и добавочных полюсов), температуру окружающего воздуха и виброускорения экипажной части локомотива. В остальном существующий набор датчиков достаточен для контроля режимов эксплуатации.

5 Для автоматизированной системы управления ТОиР разработан метод практического использования данных о режимах эксплуатации локомотивов при индивидуальном формировании объёма ремонта на плановых и unplanned видах технического обслуживания и ремонта, представляющий собой разработанное для АСУ ТОиР группы компаний «ЛокоТех» автоматизированное рабочее место диагноста с модулем «Корреляция НР-НРЭ» и внедрённое в работу в 85 сервисных локомотивных депо.

6 На основании проведённого анализа данных за 12 месяцев 2018 года по unplanned ремонтам, произошедшим из-за нарушений режимов эксплуатации, разработана матрица влияния нарушений режимов эксплуатации на локомотивы, позволяющая своевременно оценивать наиболее подверженные нарушениям серии локомотивов и их оборудование и разрабатывать соответствующие корректирующие мероприятия, актуальные в конкретный исследуемый период.

7 Эффект от внедрения результатов исследования достигается за счёт снижения затрат на unplanned ремонты, снижение количества нарушений режимов эксплуатации и уменьшения трудоёмкости при расследовании НР. Имеются справки о внедрении результатов исследований.

8 В качестве рекомендаций для дальнейшего повышения надёжности локомотивов, улучшения их технического состояния и исключения отрицательного влияния человеческого фактора рекомендуется организовать непрерывный мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации по данным бортовых МСУ с дистанционной (в режиме online) передачей данных в сервисные предприятия для предварительного планирования работ и заказа запасных частей и материалов, совершенствования методов ТОиР с постепенным переходом на ремонт по фактическому техническому состоянию.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

MS Excel – Microsoft Excel – программа для работы с электронными таблицами.

АБ – аккумуляторная батарея.

АПК-БОРТ – аппаратно-программный комплекс «БОРТ».

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АРМ УЛ – автоматизированное рабочее место «Умный локомотив».

АСОУП – автоматизированная система оперативного управления перевозками.

АСУ – автоматизированная система управления.

АСУ СГ – автоматизированная система управления «Сетевой график» (информационно-управляющая система (ERP- и MES-система) сервисных локомотивных депо группы компаний «ЛокоТех»).

АСУНТ – автоматизированная система управления надёжностью локомотивов

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

БВ – быстродействующий выключатель.

БЗК – большое зубчатое колесо.

ГВ – главный выключатель.

ДГУ – дизель-генераторная установка.

ДК – диагностическая карта ремонта в АСУ СГ.

ДМ – дисплейный модуль.

ЕСМТ – единая система мониторинга технического состояния локомотивов.

КЖЦ – контракт жизненного цикла.

КМ – контроллер машиниста.

КМБ – колёсно-моторный блок.

КП – колёсная пара.

КС – контактная сеть.

МВ – мотор-вентилятор.

МПИ – материалы повторного использования.

МСУ – микропроцессорная система управления.

МСУД – МСУ электровозов переменного тока с выпрямительно- инверторным преобразователем.

МСУ-ТП, МСУ-ТЭ – МСУ отечественных тепловозов.

НР – неплановый ремонт.

НРЭ – нарушения режимов эксплуатации.

ОАО «РЖД» - открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

ОНВ – охладитель наддувочного воздуха.

ПКМ – позиция контроллера машиниста.

ПО – программное обеспечение.

ППР – система планово-предупредительного ремонта.

ПСН – преобразователь собственных нужд.

РТС – ресурсосберегающие технические средства.

СЛД – сервисное локомотивное депо.

СМЕ – система многих единиц.

ТГ – тяговый (главный) генератор.

ТМЦ – товарно-материальные ценности.

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт.

ТПС – тяговый подвижной состав.

ТЧЭ – эксплуатационное локомотивное депо.

ТЭД – тяговый электродвигатель.

ФВК – функции встроенного качества.

ЦВС – централизованное воздуходобывание

ЦТ – Дирекция тяги – филиал ОАО «РЖД».

ЦТР – Дирекция по ремонту тягового подвижного состава – филиал ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аболмасов, А.А. Управление техническим состоянием тягового подвижного состава в условиях сервисного обслуживания [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Аболмасов Алексей Александрович. – М., 2017 – 180 с.
- 2 Бочаров, С.М. Использование информации АПК «Борт» для изменения периодичности технического обслуживания (ТО-3) и текущего ремонта маневровых тепловозов [Текст] / С.М. Кузнецов, В.М. Бочаров // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием – Омск: ОмГУПС, 2011, С. 227-233.
- 3 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – 4-е изд. стереотипное. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
- 4 Влияние влаги [Электронный ресурс] // studfile.net: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/3644592/page:46/> (дата обращения: 20.10.2020).
- 5 Возможные неисправности электрических машин [Электронный ресурс] // dieselloс.ru: [сайт]. – URL: https://www.dieselloс.ru/te3/te3_48.html (дата обращения: 20.10.2020).
- 6 Воробьев, А.А. Оптимизация периодичности и объёмов плановых ремонтов ЭПС и прогнозирование его технического состояния: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Воробьев Александр Алексеевич. – М., 1992. – 362 с.
- 7 Воробьев, А.А. Основы технологии производства подвижного состава [Текст] / А.А. Воробьев, А.В. Горский. – М.: МИИТ, 2003. – 228 с.
- 8 Воротилкин, А.В. Преобразования локомотивного комплекса фундамент успешного развития [Текст] / А.В. Воротилкин // Локомотив. – 2015. – № 2. – С. 2-3.
- 9 Воротилкин, А.В. Локомотивный комплекс и перспективы его развития [Текст] / А.В. Воротилкин // Локомотив. – 2011. – № 1. – С. 2-5.
- 10 Всерьез и надолго. Контракты жизненного цикла в России [Электронный ресурс] // Train and Brain: Яндекс Дзен: [сайт]. –

URL: <https://zen.yandex.ru/media/trainandbrain/vserez-i-nadolgo-kontrakty-jiznennogo-cikla-v-rossii-6-vajnyh-vyvodov-o-problemah-5d3f2fc9f0d4f400ada9b140> (дата обращения: 18.10.2020).

- 11 Газета «Московский железнодорожник» № 28 (09.08.2013): Гудок.RU [Электронный ресурс] // Издательский дом «Гудок». Москва. – URL: <https://www.gudok.ru/zdr/175/?ID=956503&archive=30895> (дата обращения: 18.10.2020).
- 12 Гапанович, В.А. Некоторые вопросы управления ресурсами и рисками на железнодорожном транспорте на основе состояния эксплуатационной надежности и безопасности объектов и процессов [Текст] / В.А. Гапанович, А.М. Замышляев, И.Б. Шубинский // Надежность. – 2011. – № 1(36). – С. 2-8.
- 13 Глущенко, А.Д. Динамика тяговых электродвигателей тепловозов [Текст] / А.Д. Глущенко, В.И. Юшко. – Ташкент: Фан УзССР, 1980. – 168 с.
- 14 Головатый, А.Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом [Текст] / А.Т. Головатый, А.Ю. Лебедев. – М.: Транспорт, 1977. – 159 с.
- 15 Головатый, А.Т. Электроподвижной состав. Эксплуатация, надежность и ремонт [Текст]: Учебник для вузов ж.- д. транспорта / А.Т. Головатый, И.П. Исаев, П.И. Борцов. – М.: Транспорт, 1983. – 350 с.
- 16 Головащ, А.Н. Проблемы и решения сервисного обслуживания локомотивов [Текст] / А.Н. Головащ // Труды первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. – С. 141-143.
- 17 Головащ, А.Н. Вероятностная модель оценки результатов диагностирования [Текст] / А.Н. Головащ, В.Г. Шахов // – Омский научный вестник. – 2008. – № 2. – С. 11-14.
- 18 Горский, А.В. Использование эксплуатационных показателей надёжности для оптимизации межремонтных пробегов электровозов на полигоне Челябинск – Рыбное [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв, А.В. Скребков // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы первой

- международной научно-практической конференции. – М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. – С. 144-152.
- 19 Горский, А.В. Методы оптимизации системы планово-предупредительных ремонтов электровозов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Горский Анатолий Владимирович. – М., 1985. – 526 с.
 - 20 Горский, А.В. Модуль статистики ЕСМТ. Алгоритмы функционирования. Научный отчёт [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв, А.В. Скребков. – М.: МИИТ, 2015. – 200 с.
 - 21 Горский, А.В. Оптимизация сроков ремонта на основе интенсивности отказов [Текст] / А.В. Горский, В.А. Козырев, А.В. Скребков // Мир транспорта. – 2015.– № 5. – С. 16-18.
 - 22 Горский, А.В. Стратегия интеллектуального ремонта локомотивов [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв, А.В. Скребков // Локомотив. – 2015. – № 7. – С. 56-59.
 - 23 Горский, А.В. Надёжность электроподвижного состава [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв. – М.: Маршрут, 2005. – 301 с.
 - 24 Горский, А.В. Оптимизация системы ремонта локомотивов [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв. – М.: Транспорт. 1994. – 208 с.
 - 25 ГОСТ 27.002-2015. Надёжность в технике (ССНТ). Термины и определения [Текст]. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.
 - 26 Грачёв, А.А. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах [Текст]: Учебник для вузов / А.А. Грачёв, В.А. Гапанович и др.; под редакцией В.И. Ковалёва, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. – М.: Маршрут, 2006. – 544 с.
 - 27 Гудок.RU [Электронный ресурс] // Издательский дом «Гудок». – Москва. – URL: <https://www.gudok.ru/news/?ID=1409773> (дата обращения: 18.10.2020).
 - 28 Давыдов, Ю.А. Моделирование и анализ информационных потоков при автоматизированном управлении технологическими процессами в локомотивном депо: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06, 05.22.07 / Давыдов Юрий Анатольевич. – М., 2001. – 482 с.

- 29 Давыдов, Ю.А. Моделирование, оптимизация и контроль информационных потоков локомотивного депо [Текст] / Ю.А. Давыдов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001. – 116 с.
- 30 Давыдов, Ю.А. Интерактивная система диагностирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта [Текст] / Ю.А. Давыдов, А.К. Пляскин, М.Ю. Кейно // Труды первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. – С. 237-241.
- 31 Давыдов, Ю.А. Принципы моделирования информационной системы локомотивного депо [Текст] / Ю.А. Давыдов. – Хабаровск, ДВГУПС, 2000. – 163 с.
- 32 Замышляев, А.М. Автоматизация процессов комплексного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / Замышляев Алексей Михайлович. – М., 2013. – 46 с.
- 33 Игин, В.Н. Научные основы анализа и контроля энергетической эффективности эксплуатируемого парка тепловозов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Игин Валерий Николаевич. – М., 2002. – 300 с.
- 34 Иньков, Ю.М. Диагностирование локомотивов методом статистического последовательного анализа энергозатрат по поездкам [Текст] / Ю.М. Иньков, В.П. Феоктистов, Н.Г. Шабалин // Труды первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. – С. 158-160.
- 35 Иньков, Ю.М. Эксплуатация и ремонт электроподвижного состава магистральных железных дорог [Текст]: Учеб. пособие / Ю.М. Иньков, В.П. Феоктистов, Н.Г. Шабалин; под редакцией Ю.М. Инькова. – М.: Изд-во МЭИ, 2011. – 384 с.
- 36 Исаев, И.П. Определение оптимальных параметров системы ремонта электроподвижного состава [Текст] / И.П. Исаев, А.В. Горский, В.А. Козырев // Надежность и контроль качества. – 1977. – № 10. – С. 31-38.

- 37 Исаев, И.П. Проблемы повышения надежности технических устройств железнодорожного транспорта [Текст] / И.П. Исаев. – М.: Транспорт, 1968. – 159 с.
- 38 Исаев, И.П. Разработка оптимальной системы ремонта [Текст] / И.П. Исаев, А.В. Горский, В.И. Седов // Железнодорожный транспорт. –1970. – № 10. – С. 40-44.
- 39 Исаев, И.П. Стремитесь познавать: Методологический подход к исследованию и решению технических проблем железнодорожного транспорта [Текст] / И.П. Исаев. – М.: Транспорт, 1988. – 159 с.
- 40 Какова зависимость сопротивления изоляции от ее температуры? [Электронный ресурс] // cons-systems.ru: [сайт]. – URL: <http://cons-systems.ru/vopros-otvet/2015-02-17/kakovo-vliyanie-parametrov-sredy-na-soprotivlenie-izolyatsii> (дата обращения: 20.10.2020).
- 41 Ким, С.И. Тепловозы. Назначение и устройство [Текст]: Учебник для образовательных учреждений ж.-д. транспорта / С.И. Ким, О.Г. Куприенко, Э.И. Нестеров, А.С. Евстратов; под редакцией О.Г. Куприенко. – М.: Маршрут, 2006. – 280 с.
- 42 Киселёв, В.И. Опыт сервисного обслуживания локомотивов [Текст] / В.И. Киселёв, И.И. Лакин // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 4. – С. 64-67.
- 43 Киселёв, В.И. Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава [Текст]: Учеб. пособие / В.И. Киселев, В.А. Гапанович, И.К. Лакин и др.; под общей редакцией В.А. Гапановича. – М.: ИРИС Групп, 2012. – 576 с.
- 44 Космодамианский, А.С. Автоматические системы регулирования [Текст] / А.С. Космодамианский. – М.: РГОТУПС, 2004. – 40 с.
- 45 Космодамианский, А.С. Автоматические системы управления локомотивов [Текст]: / Учебник для вузов ж. - д. транспорта / А.С. Космодамианский, Н.М. Луков. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 429 с.
- 46 Коссов, Е.Е. Анализ стоимости жизненного цикла (LCC) при оценке

- эффективности подвижного состава [Текст] / Е.Е. Коссов, М. Бабел, М. Шкода // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 6. – С. 55-59.
- 47 Коссов, Е.Е. К вопросу прогнозирования остаточного ресурса тепловозного дизель-генератора [Текст] / Е.Е. Коссов, И.В. Сиротенко // Вестник ВНИИЖТ. – 2000. – № 7. – С. 38-43.
- 48 Краткий анализ локомотивного парка РЖД [Электронный ресурс] // Livejournal.com : [сайт]. – URL: <https://nkps.livejournal.com/2476.html> (дата обращения: 18.10.2020).
- 49 Кузьмич, В.Д. Теория локомотивной тяги [Текст]: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.Д. Кузьмич. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.
- 50 Лакин, И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Лакин Игорь Игоревич. – М., 2016 – 195 с.
- 51 Лакин, И.И. Становление предиктивного ремонта [Текст] // И.И. Лакин, И.Ю. Хромов // Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (24 – 25 марта 2020 года, г. Красноярск). – под ред. И.К. Лакина; ДЦВ Красноярской ж.д., КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 2020. – 360 с. – С. 216-222.
- 52 Лакин, И.К. Как предупредить заход локомотива на неплановый ремонт [Текст] / И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, И.Ю. Хромов // Локомотив. – 2019. – № 3. – С. 4-5.
- 53 Лакин, И.К. Направления повышения эффективности локомотивов [Текст] / Лакин И.К., Семенов А.П., Хромов И.Ю. // Мир транспорта. – 2019. – № 6. – С. 90-105.
- 54 Лакин, И.К. Обоснование необходимости алгоритмических защит локомотивов от опасных режимов их эксплуатации / И.К. Лакин, И.Ю. Хромов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 4(64). – С. 102 – 107. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.4(64).102-107.

- 55 Лакин, И.К. Оптимизация защитной функциональности МСУ локомотивов [Текст] / И.К. Лакин, И.Ю. Хромов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы десятой международной научно-практической конференции. – Иркутск: ИрГУПС, 2019. – Т.2. – 402 с. – С. 197-202.
- 56 Лакин, И.К. Повышение надёжности тепловозов за счёт реализации алгоритмических защит в их микропроцессорных системах управления [Текст] / И.К. Лакин, И.Ю. Хромов // Цифровизация транспорта и образования: материалы всероссийской научно-практической конференции (Красноярск, 9-11 октября 2019 г.). – КриЖТ ИрГУПС, Красноярск, 2019. – 484 с. – С. 381-383.
- 57 Лакин, И.К. Роль цифровых двойников в управлении сервисным обслуживанием локомотивов [Текст] / И.К. Лакин, А.П. Семенов, И.Ю. Хромов // Локомотив. – 2019. – № 6. – С. 41-42.
- 58 Лакин, И.К. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством. АСУТ [Текст] / И.К. Лакин, Ю.В. Смирнов, А.Ю. Тимченко. – М.: ОЦВ, 2002. – 516 с.
- 59 Лакин, И.К. Анализ основных показателей работы железнодорожного транспорта [Текст] / И.К. Лакин // Транспорт РФ. – 2007. – № 1. – С. 60-63.
- 60 Лакин, И.К. Инкапсуляция статистических методов управления в информационные системы Локотех [Текст] / И.К. Лакин, С.Л. Лянгасов, А.А. Аболмасов // Труды третьей всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава». – Омск: ОмГУПС, 2015. – С. 14-21.
- 61 Лакин, И.К. История создания систем менеджмента качества (СМК) и особенности их внедрения на железнодорожном транспорте [Текст] / И.К. Лакин, В.Н. Супрун. – Красноярск: КФ ИрГУПС, 2006. – 92 с.
- 62 Лакин, И.К. Применение статистических методов при диагностировании тепловозов [Текст] / И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников // Известия

- Транссиба. – 2015. – № 1. – С. 20-29.
- 63 Лакин, И.К. Разработка теории и программно-технических средств комплексной автоматизированной справочно-информационной и управляющей системы локомотивного депо: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Лакин Игорь Капитонович. – М., 1997. – 377 с.
- 64 Масла для дизелей. Общие свойства [Электронный ресурс] // matrixplus.ru: [сайт]. – URL: <http://www.matrixplus.ru/index3-018.htm> (дата обращения: 18.10.2020).
- 65 Осяев, А.Т. Вопросы совершенствования системы ремонта электроподвижного состава при применении средств и методов технического диагностирования [Текст] : ВНИИ ж.-д. трансп. ; под редакцией А.Т. Осяева. – М. : Транспорт, 1991. – 117 с.
- 66 Осяев, А.Т. Концепция управления жизненным циклом изделий железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» [Текст] / А.Т. Осяев, А.Б. Подшивалов, А.Ю. Тимченко, Ю.В. Смирнов. – М.: ВНИИЖТ, 2006. – 100 с.
- 67 Панфёров, В.И. Концепция комплексной системы диагностики тягового подвижного состава. Принципы и общие положения [Текст] / В.И. Панфёров, А.А. Хацкелевич, П.И. Борцов, А.Т. Осяев, Д.Л. Киржнер, В.А. Перминов, С.И. Ким, Ю.В. Бобков, М.Д. Федотов, М.Д. Рабинович, Б.Д. Никифоров, А.Л. Донской, В.С. Вербицкий и др.; – М.: ОЦВ, 2001. – 37 с.
- 68 Пат. 2569216 Российская Федерация, МПК⁷ В 61 К 11/00, 2006.01. Способ управления обслуживанием и ремонтом тягового подвижного состава железнодорожного транспорта и система для его осуществления [Текст] / К. В. Липа, А. В. Гриненко, С. Л. Лянгасов, И. К. Лакин, А. А. Аболмасов, В. А. Мельников; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ГМХ-Сервис». - № 2013147471/11; заявл. 24.10.13; опубл. 20.11.15, Бюл. № 32. – 13 с.: ил.
- 69 Плакс, А.В. Дефектоскопия механической части электрического подвижного состава [Текст]: Учебное пособие / А.В. Плакс, А.П. Зеленченко. – СПб.: СПбГУ ПС, 1998. – 23 с.

- 70 Постановление Правительства РФ от 18.05.2001 № 384 (ред. от 22.07.2009) «О Программе структурной реформы на железнодорожном транспорте» // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 23. – Ст. 2366.
- 71 Проект «Цифровое депо» [Электронный ресурс] // Tadviser.ru: [сайт]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Умный_локомотив_\(Локотех\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Умный_локомотив_(Локотех)) (дата обращения: 18.10.2020).
- 72 Пузанков, А.Д. Статистические методы обработки выборочных данных наблюдений или экспериментов. Методические указания [Текст] / А.Д. Пузанков. – М.: МИИТ, 2000. – 52 с.
- 73 Пузанков, А.Д. Методы расчёта и использования показателей надёжности в эксплуатации [Текст] / А.Д. Пузанков. – М.: МИИТ, 2004. – 112 с.
- 74 Пузанков, А.Д. Управление качеством локомотивного хозяйства [Текст] / А.Д. Пузанков. – М.: МИИТ, 2009. – 262 с.
- 75 Пустовой, И.В. Разработка информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Пустовой Илья Владимирович. – Омск, 2018. – 181 с.
- 76 РЖД в грузообороте страны [Электронный ресурс]. – Москва. – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9377/page/103290?id=17127#main-header> (дата обращения: 17.10.2020).
- 77 РЖД планируют увеличить закупки локомотивов [Электронный ресурс] // РЖД: [официальный сайт]. – Москва. – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=142634> (дата обращения: 18.10.2020).
- 78 Розенберг, Е.Н. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06, 05.22.08 / Ефим Наумович Розенберг. – М., 317 с.
- 79 Розенфельд, В.Е. Теория электрической тяги [Текст] / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров. – М.: Транспорт, 1983 – 328 с.

- 80 Российская газета [Электронный ресурс] // ФГБУ «Редакция «Российской газеты». – Москва. – URL: <https://rg.ru/2016/11/22/v-rf-obsudiat-vygod-chastnyh-lokomotivov-na-puti-obshchego-polzovaniia.html> (дата обращения: 18.10.2020).
- 81 Свойства моторных масел [Электронный ресурс] // studfile.net: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/3625453/page:2/> (дата обращения: 20.10.2020).
- 82 Семенов, А.П. Информационная энтропия систем технического диагностирования локомотивов / А.П. Семенов, И.К. Лакин, И.Ю. Хромов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3(67). – С. 42 – 53. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.3(67).42-53.
- 83 Семенов, А.П. Комплексные решения автоматизации технологических процессов диагностирования и ремонта подвижного состава [Текст] / А.П. Семенов, С.В. Елисеев // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: Материалы X Междунар. науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО ПГУПС; НВЦ «Вагоны» [и др.]. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 65-68.
- 84 Семенов, А.П. На основе средств технического диагностирования и информационных технологий [Текст] / А.П. Семенов, А.С. Вайсбурд, А.Н. Головаш // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 7. – С. 58-61.
- 85 Семенов, А.П. Реализация проекта «Цифровое депо» и «Универсальная ремонтная позиция» [Текст] // А.П. Семенов // Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (24 – 25 марта 2020 года, г. Красноярск). – под ред. И.К. Лакина; ДЦВ Красноярской ж.д., КриЖТ ИрГУПС, Красноярск, 2020. – 360 с. – С. 71-81.
- 86 Семченко, В.В. Микропроцессорная система управления и диагностирования электровозов ВЛ80Р. МСУЭ. Учебное пособие по эксплуатации. [Текст] / И.Е. Чмилев, О.А. Терегулов, А.В. Раздобаров, В.В. Семченко, И.К. Лакин, Е.А. Мальцев, М.Н. Турсунов, Е.Н. Зиновьев, А.Г. Замятной // – Красноярск: Издательство дорожного центра внедрения Красноярской ж.д., 2011. – 64 с.
- 87 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.
- 88 Семченко, В.В. Эксплуатация и техническое обслуживание электронных систем управления электровозов переменного тока [Текст] / В.В. Семченко, И.К. Лакин, И.Е. Чмилев –Красноярск: Издательство дорожного центра внедрения Красноярской железной дороги, 2010. – 72 с.
- 89 Семченко, В.В. Оптимизация ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока восточного полигона [Текст] / В.В. Семченко, И.К. Лакин, Е.А. Мальцев, А.А. Чевер // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы второй международной научно-практической конференции. – М: ООО «Локомотивные технологии», 2015 г. – С. 269-279.
- 90 Силовые и термические нагрузки [Электронный ресурс] // studizba.com: [сайт]. – URL: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1816-avtomobilnye-dvigateli/35575-25-silovye-i-termicheskie-nagruzki-na-detali-dvigatelja.html> (дата обращения: 18.10.2020).
- 91 Скребков А.В. Оптимизация межремонтных пробегов ТПС [Текст] / А.В. Скребков, С.А. Алексеев, С.А. Соколов // – М.: Мир транспорта. – 2009. – № 1. – С. 68-71.
- 92 Скребков, А.В. Определение оптимальной структуры ремонтного цикла электровозов в конкретных условиях эксплуатации [Текст] / – дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Скребков Алексей Валентинович. – М., 2003. – 137 с.
- 93 Стрельников, В.Т. Комплексное управление качеством технического обслуживания и ремонта электровозов [Текст] / В.Т. Стрельников, И.П. Исаев. – М.: Транспорт, 1980. – 207 с.
- 94 Тартаковский, Э.Д. Основы автоматизации технического обслуживания, диагностирования и ремонта локомотивов [Текст] / Э.Д. Тартаковский. – Харьков: Изд-во ХИИТ, 1987. – 72 с.

- 95 Тартаковский, Э.Д. Совершенствование технологии технического обслуживания тепловозов [Текст] / Э.Д. Тартаковский, Н.Н. Бабанский, А.Б. Бабанин. – Электрическая и тепловозная тяга. – 1982. – №1. – С. 24-26.
- 96 Температурные напряжения металла в цилиндрических сосудах [Электронный ресурс] // Энергетика. ТЭС и АЭС: [сайт]. – URL: <https://tesiaes.ru/?p=14033> (дата обращения: 18.10.2020).
- 97 Тепловое старение изоляции [Электронный ресурс] // helpiks.org: [сайт]. – URL: <https://helpiks.org/6-34796.html> (дата обращения: 20.10.2020).
- 98 Тепловое старение изоляции [Электронный ресурс] // studopedia.ru: [сайт]. – URL: https://studopedia.ru/3_83844_teplovoe-starenie-izolyatsii.html (дата обращения: 20.10.2020).
- 99 Токовые перегрузки и их влияние на работу и срок службы электродвигателей [Электронный ресурс] // electricalschool.info: [сайт]. – URL: <http://electricalschool.info/main/drugoe/379-tokovye-peregruzki-i-ikh-vlijanie-na.html> (дата обращения: 20.10.2020).
- 100 Условия работы на тепловозе [Электронный ресурс] // Dieselloс.ru: [сайт]. – URL: https://www.dieselloс.ru/books/d49/d49_59.html (дата обращения: 18.10.2020).
- 101 Федотов, М.В. Оперативное определение показателя энергоэффективности магистральных тепловозов в эксплуатации по данным МСУ [Текст] / М.В. Федотов, В.А. Перминов, В.В. Грачёв // Труды второй международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М.: ООО «Локомотивные технологии», 2015. – С. 236-242.
- 102 Феоктистов, В.П. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством (АСУТ) [Текст] / В.П. Феоктистов, А.Ю. Тимченко, И.К. Лакин, А.А. Воробьев, А.В. Горский, Ю.В. Смирнов. – М.: МИИТ, – 2001. – 42 с.
- 103 Феоктистов, В.П. Задачи повышения безопасности в системе технической эксплуатации подвижного состава [Текст] / В.П. Феоктистов, В.И. Киселёв // Труды VI научно-практической конференции «Безопасность движения

поездов». – М.: МИИТ, 2005 – С. VI-12-13.

- 104 Холостые обороты дизельного двигателя [Электронный ресурс] // Forum4x4club.ru: [сайт]. – URL: <https://forum4x4club.ru/index.php?showtopic=87965> (дата обращения: 18.10.2020).
- 105 Хромов, И.Ю. Анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов [Текст] / И.Ю. Хромов // Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век: материалы VII Международной научно-технической конференции. – ПГУПС, Санкт-Петербург, 2020.
- 106 Хромов, И.Ю. Влияние нарушений режимов эксплуатации локомотивов на их надёжность [Текст] / И.Ю. Хромов // Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век: материалы VI Международной научно-технической конференции. – ПГУПС, Санкт-Петербург, 2018. – С. 176-179.
- 107 Хромов, И.Ю. Единое информационное пространство для управления жизненным циклом [Текст] / А.А. Храпин, И.Ю. Хромов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы третьей международной научно-практической конференции – М.: ООО "ЛокоТех", 2018. - 448 с. – С. 387-390.
- 108 Хромов, И.Ю. Метод определения влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотива [Текст] / И.Ю. Хромов // Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта: материалы четвертой международной научно-практической конференции. – ОмГУПС, Омск, 2020. – 313 с. – С. 139-144
- 109 Хромов, И.Ю. Методы повышения надежности локомотивов и внедрение современных систем мониторинга их технического состояния [Текст] / И.Ю. Хромов // Локомотивы. Транспортно-технологические комплексы. XXI век: материалы V Международной научно-технической конференции. - ПГУПС, Санкт-Петербург, 2017. – С. 259-261
- 110 Хромов, И.Ю. Мониторинг режимов эксплуатации локомотивов [Текст] / И.Ю. Хромов, А.А. Баркунова, Е.А. Никишкина // Перспективы развития

- сервисного обслуживания локомотивов: материалы третьей международной научно-практической конференции – М.: ООО "ЛокоТех", 2018. – 448 с. – С. 391-395.
- 111 Хромов, И.Ю. Нарушения режимов эксплуатации и их влияние на техническое состояние локомотивов [Текст] / И.Ю. Хромов // Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (24 – 25 марта 2020 года, г. Красноярск). – под ред. И.К. Лакина; ДЦВ Красноярской ж.д., КриЖТ ИрГУПС, Красноярск, 2020. – 360 с. – С. 344-348.
- 112 Хромов, И.Ю. Нарушения режимов эксплуатации и их влияние на техническое состояние локомотивов [Текст] / И.Ю. Хромов // Локомотив. – 2020. – № 5. – С. 5-7.
- 113 Хромов, И.Ю. Обоснование влияния нарушений режимов эксплуатации на ухудшение технического состояния локомотивов [Текст] / И.Ю. Хромов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 2(66). – С. 62 – 68. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).62-68.
- 114 Хромов, И.Ю. Повышение надёжности тепловозов за счёт автоматизации соблюдения режимов эксплуатации [Текст] / И.Ю. Хромов // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – ДВГУПС, Хабаровск, 2019. – №3 (20). – С. 30-33.
- 115 Хромов, И.Ю. Роль групп диагностики в автоматизированной системе управления сервисным обслуживанием локомотивов [Текст] / А.А. Баркунова, Е.А. Никишкина, И.Ю. Хромов // Цифровизация транспорта и образования: материалы всероссийской научно-практической конференции (Красноярск, 9-11 октября 2019 г.). – КриЖТ ИрГУПС, Красноярск, 2019. – 484 с. – С. 38-40.
- 116 Четвергов, В.А. Надёжность локомотивов [Текст] / В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков. – М: Маршрут, 2003. – 415 с.
- 117 Шабалин, Н.Г. Организация эксплуатации и технического обслуживания тягового подвижного состава с использованием современных

- информационных технологий: дис. ... канд. техн. наук: 08.00.28 / Шабалин Николай Григорьевич. – Красноярск, 1999. – 171 с.
- 118 Шабалин, Н.Г. Электронное оборудование электровоза ВЛ80Р ремонт и техническое обслуживание [Текст] / Н.Г. Шабалин, В.Н. Горбань, А.Л. Донской. – М.: Транспорт, 1984. – 183 с.
- 119 Шабалин, Н.Г. Автоматизированная система управления качеством технологических процессов на железнодорожном транспорте (АСУ КТП) [Текст]: Техническое предложение / Н.Г. Шабалин. – М.: Железнодорожные технологии, 2004 – 348 с.
- 120 Шантаренко, С.Г. Инженерные методы анализа и обеспечения эксплуатационной надёжности колёсно-моторных блоков локомотивов новых серий [Текст] / С.Г. Шантаренко // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Омск: ОмГУПС, 2011. – С. 72-79
- 121 Шантаренко, С.Г. Совершенствование технологической готовности технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Шантаренко Сергей Георгиевич. – Омск, 2006. – 419 с.
- 122 Burgwinkel, P. Дистанционный контроль и управление парком тягового подвижного состава на общеевропейской сети [Текст] / P. Burgwinkel, F. Rensmann. – М.: Железные дороги мира. – 2005. – № 10. – С. 41-46.
- 123 Heinrich H.W. Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach. / H.W. Heinrich – Madysson: McGraw-Hill, 1941, 448 p.
- 124 Lakin, I.K. New service agreements enhance locomotive service and repair efficiency [Text] / I.K. Lakin, I.V. Pustovoy // Railway Equipment. Special issue. 2017. – P. 16-25.
- 125 Womak, J.P. The machine that changed the world. The story of lean production. – New York, NY [Text]/ J.P. Womak, D.T. Jones, D. Roos // Harper Perennial. Ed., 1991 – 323 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – КАТАЛОГ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАЩИТ ЛОКОМОТИВОВ

Таблица А.1 – Каталог алгоритмических защит локомотивов от опасных режимов эксплуатации

№ п/п	Узел	Вид НРЭ	Серия ТПС	Алгоритмическая защита (краткое описание)	СТАТУС
1	2	3	4	5	6
1	Дизель	Запуск дизеля без прокачки масла	ТЭМ18в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить время прокачки масла (время работы масляного насоса).</p> <p>2 Если время прокачки масла перед запуском дизеля не менее 40 с, то выполнить команду.</p> <p>3 Если время прокачки масла перед запуском дизеля менее 40 с, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Запуск дизеля без прокачки масла", если время прокачки менее 40 с.</p>	Новая
1	Дизель	Запуск дизеля без прокачки масла	ТЭ10МК	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить время прокачки масла (время работы масляного насоса).</p> <p>2 Если время прокачки масла перед запуском дизеля не менее 90 с, то выполнить команду.</p> <p>3 Если время прокачки масла перед запуском дизеля менее 90 с, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Запуск дизеля без прокачки масла" если время прокачки менее 90 с.</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
2	Дизель	Запуск дизеля в холодном состоянии без предварительной прокачки масла	2ТЭ116У ТЭП70БС ТЭ25в/и	Выводить на ДМ предупреждение: "Запуск дизеля в холодном состоянии без предварительной прокачки масла " если при температуре масла менее 45 °С время прокачки масла менее 60 с.	Новая
3	Дизель	Остановка дизеля без прокачки масла	ТЭМ18В; ТЭ25в/и	1 После поступления команды от машиниста остановить дизель фиксировать время работы масляного насоса. 2 Если время прокачки масла менее 60 с (при аварийной остановке менее 300 с), то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля без прокачки масла ", если прокачка масла была менее 60 с (при аварийной остановке менее 300 с) .	Новая
3	Дизель	Остановка дизеля без прокачки масла	ТЭ10в/и (с Д49)	1 После поступления команды от машиниста остановить дизель фиксировать время работы масляного насоса. 2 Если время прокачки масла менее 90 с, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. Примечание: выводить на ДМ предупреждение: "Остановка дизеля без прокачки масла ", если прокачка масла была менее 90 с .	Новая
3	Дизель	Остановка дизеля без прокачки масла	2ТЭ116У ТЭП70БС ТЭП70У	1 После поступления команды от машиниста остановить дизель фиксировать время работы масляного насоса. 2 Если время прокачки масла менее 60 с, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля без прокачки масла ", если прокачка масла была менее 60 с.	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
4	Дизель	Многokратный повторный запуск дизеля	ТЭМ18в/и ТЭМ18В 2ТЭ25КМ ТЭМ2в/и ТЭП70БС ТЭ10МК 2ТЭ116У	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить историю запусков дизеля.</p> <p>2 Если в течение часа было произведено 3 запуска дизеля, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Многokратный повторный запуск дизеля" и запретить сборку пусковой схемы, если было произведено 3 пуска подряд (за "подход").</p>	Новая
5	Электро-оборудование	После остановки дизеля не выключен рубильник АБ	2ТЭ116У	<p>1 После поступления команды от машиниста остановить дизель проверить положение рубильника аккумуляторной батареи и фиксировать время остановки.</p> <p>2 Если после остановки дизеля на время более 60 минут рубильник АБ не выключен, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Не выключен рубильник АБ".</p>	Новая
6	Электро-оборудование	Продолжительность работы стартер-генератора более 12 с (ручной режим)	2ТЭ116У ТЭП70БС	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель фиксировать продолжительность работы стартер-генератора.</p> <p>2 Если продолжительность работы стартер-генератора 12 с, то разобрать схему запуска дизеля и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Работа стартер-генератора более 12 с, разбор схемы запуска дизеля".</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
7	Электро- оборудование	После ручного пуска не отключены тумблеры «насос масляный», «насос топливный»	2ТЭ116У	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить положение тумблеров "насос масляный" и "насос топливный".</p> <p>2 Если после запуска ДГУ тумблеры "насос масляный" и "насос топливный" находятся в положении "включено", то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Не отключены тумблеры насос масляный, насос топливный"</p>	Новая
7	Электро- оборудование	После ручного пуска не отключены тумблеры «насос масляный», «насос топливный»	ТЭ10МК	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить положение тумблеров "насос масляный" и "насос топливный".</p> <p>2 Если после запуска ДГУ тумблеры "насос масляный" и "насос топливный" находятся в положении "включено", то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Не отключены тумблеры насос масляный, насос топливный"</p>	Новая
8	Дизель	Запуск дизеля при заниженной температуре теплоносителей	ТЭМ18в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура масла менее 8 °С., то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>3 Если температура воды ниже 8 °С, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура масла (воды) < 8 °С".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
8	Дизель	Запуск дизеля при заниженной температуре теплоносителей	ТЭМ7в/и ТЭ25в/и 2ТЭ116У ТЭП70БС ТЭ10в/и М62в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста запустить дизель проверить температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура масла менее 8 °С, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>3 Если температура воды ниже 40 °С при температуре окружающей среды ниже 8 °С, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура масла (воды) < 8 (40) °С".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
9	Дизель	Эксплуатация дизеля при заниженной температуре теплоносителей (ПКМ выше 4-й)	ТЭМ18Д (ДМ, В)	<p>1 После поступления команды от машиниста установить 5-ю позицию контроллера машиниста проверить температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.</p> <p>3 Если температура воды и масла ниже нормы (ниже 40 °С), то запретить набор позиции выше 4-й и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>4 Разрешить набор позиций выше 4-й по достижении требуемой температуры теплоносителей (если температура воды и масла не менее 40 °С).</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) < 40 °С. Позиция не выше 4-й" и не давать на дизель позицию выше 4-й.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
9	Дизель	Эксплуатация дизеля при заниженной температуре теплоносителей (ПКМ выше 4-й)	ТЭ10МК (Д49); 2ТЭ25в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста установить 5-ю позицию контроллера машиниста проверить температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.</p> <p>3 Если температура воды и масла ниже нормы (ниже 45 °С), то запретить набор позиции выше 4-й и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>4 Разрешить набор позиций выше 4-й по достижении требуемой температуры теплоносителей (если температура воды и масла не менее 45 °С).</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) < 45 °С. Позиция не выше 4-й" и не давать на дизель позицию выше 4-й.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
9	Дизель	Эксплуатация дизеля при заниженной температуре теплоносителей (ПКМ выше 4-й)	2ТЭ116У ТЭП70БС	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста установить 5-ю позицию контроллера машиниста проверить температуру воды и масла. 2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду. 3 Если температура воды и масла ниже нормы (ниже 45 °С), то запретить набор позиции выше 4-й и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 4 Разрешить набор позиций выше 4-й по достижении требуемой температуры теплоносителей (если температура воды и масла не менее 45 °С). <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) < 45 °С. Позиция не выше 4-й" и не давать на дизель позицию выше 4-й.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
10	Дизель	Эксплуатация дизеля при превышенной температуре теплоносителей	ТЭМ18Д (ДМ, В)	<ol style="list-style-type: none"> 1 После запуска ДГУ контролировать температуру воды и масла. 2 Если температура воды выше 90 °С, а масла выше 84 °С, то уменьшить мощность дизеля на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 3 По достижении требуемой температуры воды (не более 90 °С) и масла (не более 84 °С) восстановить уровень мощности дизеля. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) > 90 (84) °С. Мощность дизеля снижена на 20 %" и уменьшить мощность дизеля на 20 %. При снижении температуры воды (масла) до 90 (84) °С - восстановить уровень мощности дизеля</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
10	Дизель	Эксплуатация дизеля при превышенной температуре теплоносителей	ТЭ25в/и	<ol style="list-style-type: none"> 1 После запуска ДГУ контролировать температуру воды и масла. 2 Если температура воды выше 103 °С, а масла выше 88 °С, то уменьшить мощность дизеля на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 3 По достижении требуемой температуры воды (не более 103 °С) и масла (не более 88 °С) восстановить уровень мощности дизеля. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) > 103 (88) °С. Мощность дизеля снижена на 20 %" и уменьшить мощность дизеля на 20 %. При снижении температуры воды (масла) до 103 (88) °С - восстановить уровень мощности дизеля</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
10	Дизель	Эксплуатация дизеля при повышенной температуре теплоносителей	2ТЭ116в/и	<p>1 После запуска ДГУ контролировать температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура воды выше 103 °С, а масла выше 88 °С, то уменьшить мощность дизеля на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>3 По достижении требуемой температуры воды (не более 103 °С) и масла (не более 88 °С) восстановить уровень мощности дизеля.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) > 103 (88) °С. Мощность дизеля снижена на 20 %" и уменьшить мощность дизеля на 20 %. При снижении температуры воды (масла) до 103 (88) °С - восстановить уровень мощности дизеля</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
10	Дизель	Эксплуатация дизеля при повышенной температуре теплоносителей	ТЭ10МК	<p>1 После запуска ДГУ контролировать температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура воды выше 93 °С, а масла выше 85 °С, то уменьшить мощность дизеля на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>3 По достижении требуемой температуры воды (не более 93 °С) и масла (не более 85 °С) восстановить уровень мощности дизеля.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) > 93 (85) °С. Мощность дизеля снижена на 20 %" и уменьшить мощность дизеля на 20 %. При снижении температуры воды (масла) до 93 (85) °С - восстановить уровень мощности дизеля.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
10	Дизель	Эксплуатация дизеля при повышенной температуре теплоносителей	ТЭП70БС	<p>1 После запуска ДГУ контролировать температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура воды выше 110 °С, а масла выше 88 °С, то уменьшить мощность дизеля на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>3 По достижении требуемой температуры воды (не более 110 °С) и масла (не более 88 °С) восстановить уровень мощности дизеля.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Температура воды (масла) > 110 (88) °С. Мощность дизеля снижена на 20 %" и уменьшить мощность дизеля на 20 %. При снижении температуры воды (масла) до 110 (88) °С - восстановить уровень мощности дизеля</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
11	Дизель	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей	ТЭП70в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста выключить дизель проверить температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.</p> <p>3 Если температура превышена, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>4 Продолжить работу дизеля до достижения требуемой температуры.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля при температуре воды (масла) > XX² °С запрещена". После того, как температура вернётся в допуск - остановить дизель при повторном нажатии кнопки "Остановка дизеля"</p>	Испытана на тепловозах серии ТЭП70БС
11	Дизель	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей	ТЭ10МК ТЭМ18в/и 2ТЭ116в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста выключить дизель проверить температуру воды и масла.</p> <p>2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.</p> <p>3 Если температура превышена, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>4 Продолжить работу дизеля до достижения требуемой температуры.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля при температуре воды (масла) > XX °С запрещена". После того, как температура вернётся в допуск - остановить дизель при повторном нажатии кнопки "Остановка дизеля"</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

² При описании алгоритмов защиты использовалось обозначение «XX» вместо количественных значений (температуры, времени, порядкового номера и т.д. в зависимости от контекста), поскольку конкретные количественные значения параметров могут отличаться в зависимости от серии локомотива.

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
11	Дизель	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей	2ТЭ25в/и	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста выключить дизель проверить температуру воды и масла. 2 Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду. 3 Если температура превышена, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 4 Продолжить работу дизеля до достижения требуемой температуры. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля при температуре воды (масла) > XX °С запрещена". После того, как температура вернётся в допуск - остановить дизель при повторном нажатии кнопки "Остановка дизеля"</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
12	Дизель	Не выдержка времени (перед остановкой дизеля) работы дизеля на 0 ПКМ после работы ДГУ под нагрузкой	2ТЭ116в/и ТЭП70в/и ТЭ10МК	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста выключить дизель проверить время работы ДГУ на 0-й ПКМ. 2 Если время работы дизеля на 0 ПКМ составляет не менее 7 минут, то выполнить команду. 3 Если время работы дизеля на 0 ПКМ составляет менее 7 минут, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля сразу после работы под нагрузкой запрещена". После выдержки времени (7-10 минут) - остановить дизель при повторном нажатии кнопки "Остановка дизеля"</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
12	Дизель	Не выдержка времени (перед остановкой дизеля) работы дизеля на 0 ПКМ после работы ДГУ под нагрузкой	2ТЭ25в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста выключить дизель проверить время работы ДГУ на 0-й ПКМ.</p> <p>2 Если время работы дизеля на 0 ПКМ составляет не менее 7 минут, то выполнить команду.</p> <p>3 Если время работы дизеля на 0 ПКМ составляет менее 7 минут, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Остановка дизеля сразу после работы под нагрузкой запрещена". После выдержки времени (7-10 минут) - остановить дизель при повторном нажатии кнопки "Остановка дизеля".</p>	Новая
13	Дизель	Длительная работа на холостом ходу	ТЭМ18Д (ДМ, В)	<p>1 После поступления команды от машиниста установить ПКМ ниже 4-й контролировать время работы.</p> <p>2 Если на ПКМ ниже 4 дизель работает более 40 минут, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: через 40 минут непрерывной работы дизеля на холостом ходу выводить на ДМ предупреждение: "Длительная работа на холостом ходу более 40 минут".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
13	Дизель	Длительная работа на холостом ходу	ТЭ10в/и 2ТЭ116в/и ТЭП70в/и 2ТЭ25в/и	<p>1 После поступления команды от машиниста установить ПКМ ниже 4-й контролировать время работы.</p> <p>2 Если на ПКМ ниже 4 дизель работает более 120 минут, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: через 120 минут непрерывной работы дизеля на холостом ходу выводить на ДМ предупреждение: "Длительная работа на холостом ходу более 120 минут".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
14	Дизель	Нет выдержки времени на позиции контроллера	ТЭ10МК 2ТЭ116в/и ТЭП70в/и М62в/и ЧМЭ3в/и ТЭМ18Д (ДМ, В) 2ТЭ25в/и	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста изменить позицию контроллера машиниста проверить время работы ДГУ на текущей ПКМ. 2 Если время работы на текущей ПКМ составляет не менее 2 с, то выполнить команду. 3 Если время работы на текущей ПКМ составляет менее 2 с, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Нет выдержки времени на позиции контроллера". Осуществить переход на другую позицию после выдержки времени не менее 2 с.</p>	Новая
15	Генератор	Превышение допустимых значений токов тягового генератора	ТЭ10МК	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать ток генератора и время протекания тока при каждом его значении. 2 При длительном превышении допустимого тока генератора вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Ток ТГ > ХХ А (ХХ мин). Мощность снижена" и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК)
15	Генератор	Превышение допустимых значений токов тягового генератора	2ТЭ116У	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать ток генератора и время протекания тока при каждом его значении. 2 При длительном превышении допустимого тока генератора вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Ток ТГ > ХХ А (ХХ мин). Мощность снижена" и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК)

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
15	Генератор	Превышение допустимых значений токов тягового генератора	ТЭП70в/и	<p>1 Контролировать ток генератора и время протекания тока при каждом его значении.</p> <p>2 При длительном превышении допустимого тока генератора вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: " Ток ТГ > XX А (XX мин). Мощность снижена" и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК)
15	Генератор	Превышение допустимых значений токов тягового генератора	ТЭМ18в/и	<p>1 Контролировать ток генератора и время протекания тока при каждом его значении.</p> <p>2 При длительном превышении допустимого тока генератора вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: " Ток ТГ > XX А (XX мин). Мощность снижена" и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК)
15	Генератор	Превышение допустимых значений токов тягового генератора	2ТЭ25К (КМ)	<p>1 Контролировать ток генератора и время протекания тока при каждом его значении.</p> <p>2 При длительном превышении допустимого тока генератора вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: " Ток ТГ > XX А (XX мин). Мощность снижена" и уменьшить возбуждение генератора до достижения током допустимого значения.</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК)

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
16	Колёсно-моторные блоки	Непринятие мер по случаю боксования колёсных пар	Все серии	<p>1 При разбросе скоростей колесных пар более 5 км/ч на расстоянии больше 60 м, если ПКМ не уменьшается и кнопки подачи и автоподачи песка выключены, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>2 При разбросе скоростей колесных пар более 5 км/ч, если ПКМ не уменьшается, а кнопка подачи и автоподачи песка включены, то ограничить ток ТЭД и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Боксование КП".</p>	Испытана на электровозах серии 2(3,4)ЭС5К и 2(3)ЭС4К
17	Колёсно-моторные	Юз колёсных пар	Все серии	<p>1 Если скорость на одной или нескольких колёсных пар ниже скорости остальных колёсных пар при торможении (для электровозов - в режиме рекуперации), то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "ЮЗ КП".</p>	Испытана на электровозах серии 2(3,4)ЭС5К и 2(3)ЭС4К
18	Тяговый электродвигатель	Следование на лимитирующий подъём с поездом критической массы со скоростью ниже расчётной в т.ч. Отправление с поездом, масса которого превышает норму по условиям трогания с места без вспомогательного локомотива	Все серии	<p>1 Во время движения контролировать местоположение локомотива, вес поезда, скорость локомотива, позицию КМ.</p> <p>2 При следовании по лимитирующему подъему с поездом критической массы со скоростью ниже расчетной вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Следование на лимитирующий подъём со скоростью меньше расчётной".</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
19	Силовые цепи	Проследование нейтральной вставки без выключения вспомогательных машин и мотор вентиляторов	ЭС5К ЭП1в/и ВЛ80в/и ЭП2К ВЛ85 ЧС4Т ЧС8	<ol style="list-style-type: none"> 1 Движение локомотива (скорость больше 0 км/ч). 2 Если напряжение в контактной сети равно нулю, а вспомогательные машины и МВ включены, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Проследование нейтральной вставки без выключения вспомогательных машин и МВ".</p>	Новая
20	Силовые цепи	Отключение мотор-вентиляторов в режиме выбега или тяги локомотива	ЭП1в/и ЭС5К ЭП2К ЭС4К; 2ЭС6 2ЭС10 ВЛ80в/и; ВЛ85	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста выключить мотор-вентилятор проверить скорость локомотива и ПКМ. 2 Если скорость локомотива равна 0 км/ч и 0-я ПКМ, то выполнить команду. 3 Если скорость локомотива не равна 0 км/ч и ПКМ не на 0, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Не выключать МВ в режиме выбега или тяги" и запретить выключение мотор-вентиляторов при скорости локомотива, отличной от 0 и нулевой позиции контроллера</p>	Новая
21	Силовые цепи	Многократное восстановление защиты силовой цепи на тепловозах	ТЭП70в/и 2ТЭ116в/и 2ТЭ25в/и ТЭМ18в/и ТЭМ7А ТЭМ14 ТЭ10МК	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать срабатывание реле защиты на локомотиве. 2 При срабатывании реле защиты 5-й раз за 1 час (?) вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Многократное восстановление защиты силовой цепи на тепловозах"</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
22	Силовые цепи	Многократное восстановление ГВ (БВ) на электровозах	ЭП1 в/и ЭС5К ЭП2К ЭС4К ВЛ80В/и ВЛ85	<p>1 Контролировать срабатывание ГВ (БВ) на локомотиве.</p> <p>2 При срабатывании ГВ (БВ) 5-й раз за 1 час (?) вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Многократное восстановление ГВ (БВ) на электровозах"</p>	Новая
23	Электро-оборудование	Включение или отключение ТЭД под нагрузкой (пакетниками ОМ1-ОМ6)	2ТЭ116В/и; ТЭМ18В/и; 2ТЭ25В/и; ТЭ10В/и	<p>1 Контролировать положение ОМ1-ОМ6, ток ТЭД, позицию КМ, ток ТЭД.</p> <p>2 При включении (отключении) ОМ1-ОМ6, если ПКМ не равна 0, ток ТЭД > 0, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Включение и отключение ТЭД под нагрузкой запрещено"</p>	Новая
24	Топливная система дизеля	Езда с включенным электрическим топливоподкачивающим насосом	ТЭ10МК	<p>1 Контролировать обороты дизеля, позицию контроллера машиниста.</p> <p>2 Если обороты дизеля больше 0 об/мин и тумблер топливоподкачивающего насоса в положении "включено", либо давление топлива выше нормы, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Езда с включенным эл-м топливоподкачивающим насосом".</p>	Новая
24	Топливная система	Езда с включенным электрическим топливоподкачивающим насосом	ТЭМ18Д (ДМ)	<p>Выводить на ДМ предупреждение: "Езда с включенным электрическим топливоподкачивающим насосом".</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
25	Водяная система дизеля	Превышение температуры охлаждающей жидкости на входе в охладитель наддувочного воздуха	2ТЭ116У ТЭП70У ТЭ25в/и;	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать обороты дизеля, позицию контроллера машиниста. 2 Если температура охлаждающей жидкости на входе в ОНВ выше нормы, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Превышение температуры охлаждающей жидкости на входе в ОНВ".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК) ТЭП70БС
25	Водяная система дизеля	Превышение температуры охлаждающей жидкости на входе в охладитель наддувочного воздуха	ТЭ10МК	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать обороты дизеля, позицию контроллера машиниста. 2 Если температура охлаждающей жидкости на входе в ОНВ выше нормы, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Превышение температуры охлаждающей жидкости на входе в ОНВ".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС
25	Водяная система дизеля	Превышение температуры охлаждающей жидкости на входе в охладитель наддувочного воздуха	ТЭМ18Д (ДМ)	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать обороты дизеля, позицию контроллера машиниста. 2 Если температура охлаждающей жидкости на входе в ОНВ выше нормы, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Превышение температуры охлаждающей жидкости на входе в ОНВ".</p>	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
26	ТЭД	Превышение допустимого тока тяговых электродвигателей	ЭП2К	<p>1 Контролировать ток ТЭД.</p> <p>2 При превышении допустимого тока тяговых электродвигателей сбросить нагрузку и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Превышение допустимого тока по ТЭД X. Отключи ОМ №...", запрет на последующую сборку тяговой схемы при включенном ОМ.</p>	Новая
26	ТЭД	Превышение допустимого тока тяговых электродвигателей	ВЛ80в/и; ВЛ85	<p>1 Контролировать ток ТЭД.</p> <p>2 При превышении допустимого тока тяговых электродвигателей сбросить нагрузку на 20 % и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>При повторном срабатывании проверить отключен ли ТЭД:</p> <p>1 Если ТЭД отключен, то продолжить работу, собрать тяговую схему при поступлении команды от машиниста.</p> <p>2 Если ТЭД не отключен, то запретить сборку тяговой схемы и вывести предупреждение на экран.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Превышение допустимого тока по ТЭД X. Отключи ОМ №...", запрет на последующую сборку тяговой схемы при включенном ОМ.</p>	Новая
27	ТЭД НЭД	Отключение вентилятора центрального воздухо снабжения на стоянке	ЭП2К	<p>1 После поступления команды от машиниста выключить вентилятор ЦВС проверить скорость локомотива и положение БВ.</p> <p>2 Если скорость локомотива равна нулю и выключен ПСН, то выполнить команду.</p> <p>3 Если скорость локомотива не равна нулю и ПСН включен, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Отключение вентилятора ЦВС на стоянке запрещено" и запретить выключение вентилятора ЦВС при включенном ПСН.</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
29	Дизель	Остановка дизеля без последующего проворота коленчатого вала при аварийной остановке	ТЭ10МК 2ТЭ116У ТЭП70БС ТЭ25в/и	<p>После аварийной остановки дизеля вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: после аварийной остановки дизеля выводить на экран предупреждение: "Проверить коленвал после остановки дизеля".</p>	Новая
30		Отключение пускового двигателя при включении мотор-вентиляторов (Включение мотор-вентиляторов при отключенном пусковом двигателе)	ЭП1в/и ЭС5К ВЛ80в/и ВЛ85	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста включить мотор-вентиляторы проверить пусковой двигатель (включен или выключен). 2 Если пусковой двигатель включен, то выполнить команду. 3 Если пусковой двигатель выключен, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 4 После поступления команды от машиниста отключить пусковой двигатель проверить мотор-вентиляторы. 5 Если мотор-вентиляторы выключены, то выполнить команду. 6 Если мотор-вентиляторы включены, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая
31	Пневматический	Нарушение порядка продувки напорной магистрали	ЭС4К ЭП1в/и	<p>При нарушении порядка нажатия кнопок продувки главных резервуаров вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение "нарушение порядка продувки напорной магистрали".</p>	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
32	Бортовые микропроцессорные	Отключение автоматической подсыпки песка, при исправной работе системы (включая правильную регулировку подачи песка)	ЭС5К ЭС4К ЭП1в/и	<p>При скорости локомотива больше 0 км/ч и выключенной системе автоматической подсыпки песка вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Выключена автоматическая подсыпка песка"</p>	Новая
33	Бортовые системы	Вмешательство в работу исправной бортовой системы (Эксплуатация локомотива с отключённой исправной системой)	Все серии	<ol style="list-style-type: none"> 1 Разбить жесткий диск блока индикации / дисплейного модуля на два логических диска: системный диск с установленной ОС и прикладным программным обеспечением защитить от изменений функцией, а на диск D: вести регистрацию работы локомотива. 2 Ограничить возможности внешних устройств ввода (мышь, клавиатура), за исключением flash-накопителя для копирования результирующих файлов. 3 При попытке несанкционированного подключения выводить на экран предупреждение: "Вмешательство в работу бортовой системы запрещено" и запретить сборку тяговой схемы. 4 Если блока индикации / дисплейного модуля отключен, то ограничить ток длительного режима. Снять ограничение после включения блока индикации / дисплейного модуля 	Испытана на тепловозах серии 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК), ТЭП70БС и на электровозах серии 2(3,4)ЭС5К и 2(3)ЭС4К
34	Токоприёмник	Отсутствие смены токоприемника при стоянке в зимнее время	ЭП2К; ЧС2в/и; ЧС7в/и;	<ol style="list-style-type: none"> 1) После поднятия токоприёмника контролировать время и температуру окружающего воздуха. 2) Если температура окружающего воздуха меньше 0 °С и положение токоприёмника не изменялось в течение 30 минут, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
35	Пневматический тормоз	Применение крана 254 в тяге поезда для предотвращения боксования	Все серии	<p>При скорости локомотива больше 0 км/ч и наличии давления в тормозных цилиндрах вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: при отличных от нуля значениях скорости и позиции контроллера и давлении в тормозных цилиндрах не равному нулю выводить на экран предупреждение: "Применение крана 254 в тяге запрещено"</p>	Испытана на электровозах серии 2(3,4)ЭС5К и 2(3)ЭС4К
37	Электрооборудование	При снижении скорости локомотива и включенном отоплении поезда не произведён подъем первого по ходу движения токоприёмника	ЭП2К	<ol style="list-style-type: none"> 1 Контролировать скорость локомотива, систему отопления поезда (вкл или выкл). 2 При скорости локомотива ниже 30 км/ч и включенной системе отопления локомотива поднять первый по ходу движения токоприёмник 	Новая
38		Нарушение порядка запуска и эксплуатации электрооборудования локомотива	ЭП2К	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста включить БВ проверить положение тумблеров Вентиляторов (S18, S19), Компрессора (A24_R), положение рукоятки контроллера. 2 Если тумблеры выключены и ПКМ в нулевой позиции, то выполнить команду. 3 Если тумблеры включены и ПКМ не установлена в нулевой позиции, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
39	Электро-оборудование	Нарушение порядка запуска и эксплуатации электрооборудования локомотива	ЭП2К	<ol style="list-style-type: none"> 1 После нажатия машинистом кнопки "Возврат защиты" фиксировать время. 2 Через 2 секунды вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение "Нарушение порядка запуска и эксплуатации"</p>	Новая
39	Электро-оборудование	Нарушение порядка запуска и эксплуатации электрооборудования локомотива	ЭП2К	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста изменить тяговую схему (перевод реверсивной рукоятки) проверить скорость локомотива. 2 Если скорость локомотива < 2 км/ч, то выполнить команду. 3 Если скорость локомотива > 2 км/ч, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая
40		Не выполнение условий сбора схемы тяги	ЭП2К	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста изменить положение рукоятки КМ из нулевого в положение "Сброс" проверить тумблеры БВ (QF1), Вентиляторы ЦВС (S18, S19), Компрессора (A24_R). 2 Если тумблеры БВ (QF1), Вентиляторы ЦВС (S18, S19), Компрессора (A24_R) включены, то выполнить команду. 3 Если тумблеры БВ (QF1), Вентиляторы ЦВС (S18, S19), Компрессора (A24_R) выключены, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая
40		Не выполнение условий сбора схемы тяги	ЭП1в/и	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста включить мотор-вентиляторы проверить положение рукоятки контроллера машиниста. 2 Если скорость локомотива равна 0 км/ч и ПКМ в нулевой позиции, то выполнить команду. 3 Если скорость локомотива не равна 0 км/ч и ПКМ не в нулевой позиции, то команду не выполнять вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
41		<p>Движение на двух и более-секционном локомотиве с заглушенной секцией (отключенные мотор-вентиляторы, не заглушены вентиляционные-заборные устройства ТЭД)</p>	<p>Все серии тепло-возов</p>	<p>При скорости локомотива больше 0 км/ч и оборотах дизеля равным 0 об/мин вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Движение локомотива с заглушенной секцией"</p>	<p>Новая</p>
42	<p>Силовые цепи</p>	<p>Одновременная работа мотор-компрессоров (МК1, МК2) (тумблер S14 включён)</p>	<p>ЭП1в/и</p>	<p>1 Если при скорости локомотива больше 0 км/ч, нулевой ПКМ, ток ТЭД > 50 А и тумблер S14 включен, то вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста,</p> <p>либо</p> <p>2 при скорости локомотива больше 0 км/ч и включенном тумблере S14 вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение "Одновременная работа мотор-компрессоров".</p>	<p>Новая</p>

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
43		Напряжение контактной сети не соответствует требованиям работы локомотива (повышенное, пониженное напряжение, броски напряжения в контактной цепи)	ЭП1в/и ВЛ80 в/и ВЛ85 ЭС5К ЭС4К ЭП2К	<p>Для электровозов переменного тока: при напряжении контактной сети менее 19 кВ или более 29 кВ вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Для электровозов постоянного тока: при напряжении контактной сети менее 2,4 кВ или более 4 кВ вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Напряжение КС не соответствует требованиям"</p>	Новая
44	Силовые цепи	Длительное следование локомотива в режиме работы мотор-вентиляторов и маслонасоса на низкой частоте вращения	ЭП1в/и	<ol style="list-style-type: none"> 1 Движение локомотива (скорость более 0 км/ч), контроль параметров. 2 Если ПКМ в нулевой позиции, токи ТЭД > 500 А и низкая частота работы мотор-вентиляторов, то вывести предупреждение на экран. <p>Примечание: выводить на экран предупреждение «Низкая частота работы мотор-вентиляторов»</p>	Новая
45	Силовые цепи	Включение отопления поезда при трогании с места и при скорости менее 15 км/ч (при низких температурах воздуха)	ЭП1в/и ЭП2К ЭП10 ЭП20	<ol style="list-style-type: none"> 1 После поступления команды от машиниста включить отопление поезда проверить скорость локомотива. 2 Если скорость локомотива более 15 км/ч, то выполнить команду. 3 Если скорость локомотива менее 15 км/ч, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста. 	Новая

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
46	Цель управления тепловозом	Вмешательство в электронную схему локомотива	2ТЭ25КМ	<p>1 Контролировать положение КМ, положение реек топливных насосов (по разъему Х-2).</p> <p>2 При изменении положения топливной рейки без изменения ПКМ (на той же позиции) вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине машиниста.</p> <p>Примечание: выводить на экран предупреждение: "Вмешательство в электронную схему локомотива запрещено" при изменении положения топливных реек на одной позиции КМ (по разъему Х-2)</p>	Новая

Примечание:

в/и – локомотивы указанной серии всех индексов;

ЭС5К – серии 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К;

ЭС4К – серии 2ЭС4К, 3ЭС4К, 4ЭС5К;

ТЭ10МК – серии 2ТЭ10МК, 3ТЭ10МК.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – СПРАВКИ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА»
(АО «ВНИКТИ»)

«30» 09. 2020 г. № 24-03/3486^в

На № _____ от _____

В диссертационный совет
Д 218.005.001 на базе
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский университет
транспорта» (РУТ(МИИТ))

СПРАВКА
о внедрении результатов исследований
ХРОМОВА Игоря Юрьевича

Настоящей справкой АО «ВНИКТИ» подтверждает, что результаты научных исследований, полученные в диссертации Хромова Игоря Юрьевича на тему: «Анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация, действительно использованы при доработке программного обеспечения бортовых микропроцессорных систем управления локомотивов серий ТЭП70БС, 2ТЭ116У, 2(3)ТЭ10МК(УК) для защиты от недопустимых режимов эксплуатации.

Испытания доработанного программного обеспечения с усовершенствованной защитой локомотивов от опасных режимов эксплуатации проводились совместно сервисной ремонтной компанией ООО «ЛокоТех» и АО «ВНИКТИ» в ноябре – декабре 2018 года с тепловозами серий: ТЭП70БС в сервисном локомотивном депо (СЛД) «Саратов», 2ТЭ116У в СЛД «Дно-Псковское» и 2(3)ТЭ10МК(УК) в СЛД «Амурское». И.Ю.Хромов принимал личное участие в этих испытаниях.

Алгоритмические защиты показали свою высокую эффективность, позволив снизить число unplanned ремонтов защищаемого оборудования в среднем в три раза.

Заместитель генерального директора



А.А. Лунин

АО «ВНИКТИ»

Октябрьской революции ул., 410, г. Коломна, Московская область, 140402
Тел.: +7 (496) 618-82-18, Факс: +7 (496) 618-82-27, e-mail: vnikti@ptl-kolomna.ru, www.vniki-kolomna.ru

Рисунок Б.1 – Справка о внедрении от АО «ВНИКТИ»

№ _____

На № _____ от _____

**СПРАВКА
о внедрении результатов исследований
ХРОМОВА Игоря Юрьевича**

Настоящей справкой ООО «ЛокоТех» подтверждает, что результаты научных исследований, полученные в диссертации Хромова Игоря Юрьевича «Анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов» (специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация») использованы при построении автоматизированной информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) локомотивов, находящихся на обслуживании в сервисных локомотивных депо (85 СЛД) группы компаний «ЛокоТех». Основные научные разработки И.Ю.Хромова, используемые в компании:

1. На основании выявленных И.Ю.Хромовым зависимостей между нарушениями режимов эксплуатации и ухудшением технического состояния локомотивов разработан классификатор видов и причин нарушений режимов эксплуатации локомотивов, выявляемых в процессе расшифровки данных бортовых локомотивных систем, утверждённый распоряжением Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД» №ЦГТ-289/р от 27.12.2018. В настоящее время Распоряжение используется при работе групп диагностики СЛД при планировании объёма ТОиР с учётом фактического технического состояния локомотивов и играет важную роль в повышении надёжности отечественных локомотивов производства АО «Трансмашхолдинг».
2. В рамках доработки информационной системы АСУ «Сетевой график» (АСУ СГ), И.Ю.Хромов подготовил техническое задание на разработку автоматизированного рабочего места диагноста (АРМ Диагноста) с модулем «Корреляция НР-НРЭ», предназначенное для работы сотрудников групп диагностики во всех СЛД группы компаний «ЛокоТех». Данная разработка позволит исключить возможность потери данных по нарушениям режимов эксплуатации и неплановым ремонтам при интеграции

информационных систем (путём создания, ведения и закрытия инцидентов в одной информационной системе – АСУ СГ), снизить влияние человеческого фактора при определении виновной стороны за неплановый ремонт, произошедший из-за нарушения режимов эксплуатации, а также автоматизировать процессы, связанные с созданием и наполнением данными листов регистрации инцидента.

3. Разработанные И.Ю.Хромовым алгоритмы программной защиты локомотивов от превышения предельно допустимых значений эксплуатационных параметров (алгоритмические защиты) использованы совместно с АО «ВНИКТИ» при доработке программного обеспечения микропроцессорных систем управления тепловозов. Испытания доработанного программного обеспечения с усовершенствованной защитой локомотивов от опасных режимов эксплуатации проведены в 2018-м году на локомотивах серий ТЭП70БС (СЛД «Саратов»), 2ТЭ116У (СЛД «Дно-Псковское») и 2(3)ТЭ10МК(УК) (СЛД «Амурское»). Алгоритмические защиты показали свою высокую эффективность, позволив снизить число неплановых ремонтов защищаемого оборудования в несколько раз.

Настоящая справка подготовлена для предоставления в диссертационный совет по месту защиты кандидатской диссертации Хромовым Игорем Юрьевичем на тему «Анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов».

Заместитель генерального
директора по развитию



С.Л.Лянгасов

Исп.: Баркунова Анастасия Александровна
Тел./факс: +7 (495) 989-63-60, доб. 77-281
E-mail: BarkunovaAA@locotech.ru

Рисунок Б.2 – Справка о внедрении от ООО «ЛокоТех»

ООО «АФМ-Серверс»
 Юр. адрес: 125080, г. Москва,
 Волоколамское ш., д.2, эт 16, пом I, ком
 6
 Почтовый адрес: 125080, г. Москва,
 Волоколамское ш., д.2
 Тел.: 8 (495) 602-08-15
 Факс: 8 (499) 745-08-79
www.a4m.ru, e-mail: referent@a4m.ru

Кому: В диссертационный совет
 Д 218.005.001 на базе
 федерального
 государственного
 автономного
 образовательного
 учреждения высшего
 образования
 «Российский университет
 транспорта» (РУТ(МИИТ))

Исх № 187-20 От 29.12.2020 2020 г.

СПРАВКА
о внедрении результатов исследований
ХРОМОВА Игоря Юрьевича

Настоящей справкой ООО «АФМ-Серверс» подтверждает, что результаты научных исследований, полученные в диссертации Хромова Игоря Юрьевича «Анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов» (специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»), наряду с разработанным И.Ю. Хромовым техническим заданием использованы при разработке автоматизированного рабочего места диагноста (АРМ Диагноста) с модулем «Корреляция НР-НРЭ» для информационной системы АСУ «Сетевой график» (АСУ СГ) группы компаний «ЛокоТех», предназначенного для работы сотрудников групп диагностики во всех сервисных локомотивных депо (85 СЛД) группы компаний «ЛокоТех».

Данная разработка позволяет исключить возможность потери данных по нарушениям режимов эксплуатации и неплановым ремонтам при интеграции информационных систем (путём создания, ведения и закрытия инцидентов в одной информационной системе – АСУ СГ), снизить влияние человеческого фактора при определении виновной стороны за неплановый ремонт, произошедший из-за нарушения режимов эксплуатации, а также автоматизировать процессы, связанные с созданием и наполнением данными листов регистрации инцидента.

Настоящая справка подготовлена для предоставления в диссертационный совет по месту защиты кандидатской диссертации Хромовым Игорем Юрьевичем на тему «Анализ влияния режимов эксплуатации на техническое состояние локомотивов».

Исполнительный директор
 ООО «АФМ – Серверс»



/ П. В. Смирнов /

Рисунок Б.3 – Справка о внедрении от ООО «АФМ-Серверс»