

Образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный университет путей сообщения»  
ОмГУПС

На правах рукописи



Пустовой Илья Владимирович

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
УПРАВЛЕНИЯ СЕРВИСНЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ  
И РЕМОНТОМ ЛОКОМОТИВОВ**

05.02.22 – Организация производства (транспорт)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

Черемисин Василий Титович,

доктор технических наук, профессор

Омск  
2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
<b>1 АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ .....</b>	<b>12</b>
1.1 Организация производственных процессов в локомотиворемонтном комплексе ОАО «РЖД».....	12
1.2 Анализ эффективности управления и планирования деятельности сервисных предприятий при производстве технического обслуживания и ремонта локомотивов.....	16
1.3 Постановка задач исследования .....	43
<b>2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ ..</b>	<b>44</b>
2.1 Производственные процессы обслуживания и ремонта сложных технических систем.....	44
2.2 Степень проработанности задачи организации технического обслуживания и ремонта .....	53
2.3 Структура информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов.....	57
<b>3 НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....</b>	<b>60</b>
3.1 Мониторинг технического состояния и идентификация отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов .....	60
3.2 Система поддержки принятия решений об объёме выполняемого ремонта .....	65
3.2.1 Постановка задачи СППР.....	65

3.2.2	Разработка классификатора ремонтных работ по восстановлению работоспособности локомотива.....	66
3.2.3	Алгоритм поддержки принятия решений.....	67
3.2.4	Распознавание образов отказов по их чёткому проявлению.....	70
3.2.5	Распознавание образов отказов по их нечёткому проявлению.....	71
3.3	Организация процесса внутрипроизводственного планирования.....	76
3.3.1	Поддержание неснижаемого запаса запасных частей.....	76
3.3.2	Организация управления трудовыми ресурсами.....	79
3.3.3	Управление оборудованием и инструментом.....	81
3.3.4	Управление производственными ресурсами в сервисных локомотиворемонтных предприятиях.....	82
3.3.5	Потери и эффективность производственных процессов при сервисном техническом обслуживании и ремонте локомотивов.....	83
3.4	Организация процесса управления при техническом обслуживании и ремонте.....	85
3.5	Организация подготовки производства ремонта локомотивов.....	87
3.6	Архитектура информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов.....	91
3.7	Бизнес-процессы согласно разработанной модели.....	93
<b>4</b>	<b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА И НАДЁЖНОСТЬ ЛОКОМОТИВА.....</b>	<b>98</b>
4.1	Влияние применения новых информационных технологий на надёжность локомотивов.....	98
4.1.1	Признанные эффекты от цифровизации.....	98
4.1.2	Мотивация на работу с АСУ.....	100
4.1.3	Соблюдение технологической последовательности действий.....	101
4.1.4	Логический контроль технологического процесса.....	102

4.1.5	Замеры и диагностика в процессе ремонта локомотива .....	103
4.1.6	Классификация причин возникновения сверхцикловых работ.....	103
4.1.7	Автоматизация аналитических отчётов цикла постоянного улучшения .. .....	104
4.1.8	Инкапсуляция математических методов анализа.....	105
4.2	Снижение технических и экономических рисков как результат реализации модели управления производством в сервисных предприятиях .....	105
4.3	Ключевые показатели эффективности управления производственными процессами в сервисных локомотивных депо.....	117
<b>5 ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ.....</b>		<b>121</b>
5.1	Реализация модели в АСУ «Сетевой график» .....	121
5.2	Организация планирования и подготовки технического обслуживания и ремонта .....	125
5.2.1	Производственно-диспетчерский отдел .....	125
5.2.2	Логистическое управление СЛД .....	126
5.2.3	Планирование постановки на ремонт .....	132
5.2.4	Диагностическая карта АСУ «Сетевой график» .....	134
5.2.5	Учёт замечаний по техническому состоянию локомотива.....	137
5.3	Организация управления процессами технического обслуживания и ремонта .....	139
5.3.1	Переделы и мастера переделов.....	139
5.3.2	Управление ремонтными работами .....	140
5.3.3	Организация работы исполнителей .....	144
5.4	Организация работы вспомогательных служб депо.....	145
5.4.1	Сокращение накладных затрат .....	145

5.4.2	Начисление заработной платы.....	145
5.4.3	Управление расходом товарно-материальных ценностей.....	145
5.4.4	Управление оборотом материалов повторного использования .....	146
5.5	Организация анализа причин потерь производственного процесса технического обслуживания и ремонта .....	146
5.6	Проблемы внедрения информационных технологий организации процессов технического обслуживания и ремонта.....	150
5.7	Практические группы пользователей модели.....	152
5.8	Эффективность внедрения разработанной модели .....	153
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>		<b>155</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>		<b>158</b>
<b>Приложение 1 .....</b>		<b>176</b>

## Введение

**Актуальность исследования.** Организация производства на базе современных информационных технологий – одна из ключевых задач, стоящих перед отечественной экономикой (Государственная программа «Информационное общество (2011 – 2020 гг.)», постановление правительства РФ от 15.04.2014 № 313). Это в полной мере относится и к железнодорожному транспорту.

Расходы на тягу поездов составляют треть всех эксплуатационных расходов ОАО «РЖД», значительная часть которых – это расходы на техническое обслуживание и ремонт локомотивов (ТОиР). С 2014 г. ТОиР локомотивов осуществляются в сервисных компаниях, которые получают доход от объёма выполненной работы – километры пробега (для магистральных) и часы работы (для маневровых) локомотивов. Экономические аспекты сервиса, большая изношенность локомотивов, устаревшие производственные технологии локомотиворемонтного комплекса, обеспечение материалами, комплектующими изделиями и узлами являются проблемными задачами, требующими теоретической проработки.

Задачи повышения эффективности локомотиворемонтного производства определены в распоряжениях ОАО «РЖД», в т.ч. № 498р от 26.02.2015 «О введении в действие Технических требований на разработку технологических процессов для технического обслуживания и текущего ремонта локомотивов» и № 2020р от 11.08.2015 «Оптимизированная система технического обслуживания и ремонта локомотивов», входят в функциональную стратегию ОАО «РЖД» [168].

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-технических работ Омского государственного университета путей сообщения (тема НИР № г.р. 01201151856).

**Степень разработанности темы диссертации.** Исследования проблем эффективного функционирования и совершенствования производственных процессов технического обслуживания и ремонта локомотивов, повышения качества производственной деятельности локомотиворемонтных предприятий проводились научными коллективами ВНИИЖТ, ВНИКТИ, ВЭлНИИ, НИИТКД, МИИТ, РГУПС, УрГУПС, ДВГУПС, ИрГУПС, СамГУПС, ПГУПС, ОмГУПС. Значительный вклад в решение этих проблем внесли известные ученые С.Я. Айзинбуд [4],

А.Ю. Балакин [9], А.А. Воробьев [18, 30–33], А.В. Воротилкин [19, 20], И.И. Галиев [21], В.А. Гапанович [22, 23], А.Т. Головатый [24, 25], А.Н. Головаш [26, 27], А.В. Горский [28–33], Ю.А. Давыдов [49–51], А.М. Замышляев [59], И.П. Исаяев [24, 64, 65], В.И. Киселев [67, 68], В.С. Коссов [71], В.Д. Кузьмич [72], Д.Н. Курилкин [97], И.К. Лакин [73–81, 192], В.Б. Просви́ров [60, 106], А.Д. Пузанков [107, 108], В.М. Сай [123–128], А.П. Семёнов [132], Н.Ф. Сирина [136, 137], А.В. Скребков [138, 139], В.Т. Стрельников [162], Э.Д. Тартаковский [10, 163], В.П. Феоктистов [63], В.Т. Черемисин [172–176], В.А. Четвергов [177], Н.Г. Шабалин [178, 179], С.Г. Шантаренко [180–185], Ю.С. Шашлюк [186].

Анализ эксплуатационных показателей работы локомотивов и ключевых показателей качества работы сервисных локомотивных депо подтверждает, что повышение эффективности использования локомотивов сильно зависит от эффективности управления производственными процессами ТОиР.

В диссертации развиваются научные основы организации управления производством при техническом обслуживании и ремонте локомотивов применительно к современным условиям – сервисной системе ТОиР, полигонной системе эксплуатации локомотивов, развития информационных технологий.

**Целью диссертационной работы** является разработка информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов, повышение эффективности функционирования производственных процессов, создание и применение методов и средств мониторинга на основе использования информационных технологий и экспертных систем поддержки принятия решений.

**Для достижения цели потребовалось решить следующие задачи:**

- разработать структуру модели на основе вероятностно-статистического анализа объекта исследования и применения методов новых информационных технологий;
- разработать алгоритм планирования ТОиР локомотивов в сервисных предприятиях с использованием новых информационных технологий и методов управления ресурсами;

- разработать классификатор идентификации отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов по результатам мониторинга их технического состояния и классификатор выполняемых работ по восстановлению их работоспособности;
- разработать метод принятия решений по определению фактически необходимого объема работ при проведении ТОиР локомотивов;
- разработать ключевые показатели эффективности управления производственными процессами ТОиР локомотивов в сервисных локомотивных депо.

**Объект исследования:** производственные процессы сервисного технического обслуживания и ремонта локомотивов в сервисных локомотиворемонтных предприятиях.

**Предметом исследования** являются организация производственных процессов и эффективность функционирования производственных систем, мониторинг производственных процессов, планирование и управление производственными процессами и их результатами в сервисных локомотиворемонтных предприятиях.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

- разработана информационно-динамическая модель управления производственными процессами сервисного технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов с инкапсулированными вероятностно-статистическими и логическими методами и использованием новых информационных технологий;
- разработан алгоритм планирования ТОиР в сервисных предприятиях с использованием новых информационных технологий и методов управления ресурсами;
- разработан метод принятия решений по определению фактически необходимого объема работ при проведении ТОиР с разработкой системы классификаторов для идентификации отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов по результатам мониторинга их технического состояния;
- разработаны ключевые показатели эффективности управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе применения математических методов статистического анализа производственных показателей сервисных локомотивных депо.



## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Научно обоснована и разработана информационно-динамическая модель управления ТОиР локомотивов, позволяющая повысить эффективность организации производственных процессов совершенствованием организации деятельности через внедрение специализированной информационно-управляющей системы. Обоснован порядок инкапсулированного использования статистических методов в технологическом процессе ТОиР. Разработаны экспертный метод поддержки принятия решений при определении объёма ремонта по исходным данным мониторинга технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов и их диагностирования и метод внутрипроизводственного планирования ТОиР локомотивов.

Разработана система классификаторов для практической реализации предлагаемой модели управления. Обоснованы источники технико-экономического эффекта от внедрения модели. Предложенная модель управления практически реализована в виде информационно-управляющей системы АСУ «Сетевой график» в 24-х сервисных локомотивных депо группы компаний «ЛокоТех».

**Методология и методы исследования.** При разработке модели использованы методологические подходы теории организации и менеджмента качества, управления организационной надёжностью сложных систем и бережливого производства. При решении поставленных в диссертации задач использованы статистические методы управления жизненным циклом изделий, их качеством и надёжностью.

Аналитическая часть работы выполнена с использованием авторских программ статистического и логического анализа, реализованных на алгоритмическом языке программирования Visual Basic for Applications MS Excel.

### **Положения, выносимые на защиту:**

– информационно-динамическая модель управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе применения вероятностно-статистических методов и новых информационных техноло-

гий, включающая в себя структуру процессов, алгоритмы и математические методы её реализации;

– классификатор идентификации отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов по результатам мониторинга их технического состояния и классификатор выполняемых работ по восстановлению их работоспособности;

– метод принятия решений по определению необходимого объёма работ при проведении технического обслуживания и ремонта локомотивов;

– ключевые показатели эффективности управления производственными процессами ТОиР локомотивов в сервисных локомотивных депо.

**Степень достоверности результатов** подтверждается методологической основой исследования, выполненного на актуальных представлениях о процессах организации производства; использованием признанных наработок отечественных и зарубежных учёных; корректностью применения математического аппарата теории вероятностей и статистического моделирования производственно-хозяйственной деятельности локомотиворемонтного комплекса ОАО «РЖД».

**Апробация работы.** Основные положения, результаты и выводы диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на десяти научно-практических (НПК) и научно-технических (НТК) конференциях: на Шестой и Восьмой международных НПК «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (ИрГУПС, Иркутск, 2015, 2017 гг.), третьей и четвёртой Всероссийской НТК с международным участием «Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава» (ОмГУПС, Омск, 2015, 2017 гг.), первой Международной НПК «Локомотивы. Проблемы. Решения. Перспективы» (СамГУПС, Самара, 2016 г.), третьей Всероссийской НТК с международным участием «Эксплуатационная надёжность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов» (ОмГУПС, Омск, 2016 г.), четвёртой и пятой международных НТК «Локомотивы. XXI век» (ПГУПС, Санкт-Петербург, 2016, 2017 гг.), второй Международной НПК «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов» (МИИТ, «ЛокоТех», Москва, 2015 г.), Всероссийской НПК «115 лет железнодорожному образованию в

Забайкалье: образование – наука – производство» (ЗабИЖТ ИрГУПС, Чита 2017 г.).

Диссертация доложена и одобрена на заседании кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог» (ЭПС) ОмГУПС (Омск, 2017 г.) и на научном семинаре аспирантов УрГУПС (Екатеринбург, 2018 г.).

**Публикации.** По результатам проведенных исследований опубликованы 20 научных работ [73, 79, 81, 86, 88, 109–119, 172–174, 192], в том числе три научные статьи в рецензируемых научных изданиях [81, 110, 114], рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Восемь работ опубликованы без соавторства [109–111, 113–115, 117, 119].

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 193-х наименований. Содержит 175 страниц основного текста, включая 30 таблиц и 75 рисунков.

# 1 АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

## 1.1 Организация производственных процессов в локомотиворемонтном комплексе ОАО «РЖД»

«Комплексная программа реорганизации и развития отечественного локомотивостроения, организации ремонта и эксплуатации тягового подвижного состава» принята в 2001 г. [160, 161]. В ней сформулирована стратегия перехода от функционально-территориального к функциональному принципу организации работы локомотивных депо: за жизненный цикл локомотивов должны нести ответственность заводы-изготовители тягового подвижного состава (гарантийный период эксплуатации), за техническое обслуживание и ремонт (ТО-2, ТО-3, ТО-4, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и др.) – сервисные или ремонтные локомотивные депо, после средних и капитальных ремонтов (СР и КР) – локомотиворемонтные заводы. Согласно концепции «Развития системы сервисного обслуживания и создания единого центра ответственности за техническое состояние локомотивов» [54, 70], происходит переход на систему сервисного технического обслуживания и ремонта (ТОиР) на всем жизненном цикле [92, 166].

Важными экономическими предпосылками для управления надёжностью и эффективностью эксплуатации локомотивов по принципу «Управление жизненным циклом» (контракта жизненного цикла) стал переход от бюджетного подхода к организации ТОиР (оплачивается число выполненных ремонтов и технических обслуживаний), к системе оплаты по выполненной локомотивами работе: сервисным компаниям платят за километры полезного пробега (для магистральных локомотивов) и за часы работы (для маневровых тепловозов). Также учитывается соблюдение уровня надёжности: тариф покилометровой работы умножается на понижающий коэффициент, если коэффициент технической готовности (КТГ) локомотива ниже предусмотренного в договоре на сервисное обслуживание между ОАО «РЖД» и сервисными компаниями [53, 54]; по сути, в SLA (Service Level Agreement). Таким образом, сервисное управление ТОиР экономически принципиально отличается от ранее существовавшей системы ТОиР МПС РФ.

Так как надёжность локомотивов снижалась, то с 1 июля 2014 года ТООР локомотивов передано сервисным локомотивным компаниям «ЛокоТех-Сервис» («ТМХ-Сервис») и «СТМ-Сервис» [53, 54]. Переход на сервисное ТООР не только изменил экономическое положение депо, но и потребовал создания новой системы управления ремонтами в условиях дефицита ресурсов: необходимо повышение надёжности локомотивов с одновременным снижением себестоимости ТООР. Переход на сервисную систему ТООР локомотивов соответствует мировой практике разделения эксплуатационной и ремонтной частей жизненного цикла локомотива.

Переход на полигонную систему эксплуатации локомотивов повышает среднесуточную производительность рабочего парка на 5 %, значение коэффициента технической готовности (КТГ) – до 0,95, позволяет оптимизировать ремонтную инфраструктуру. Создаются крупные полигоны обращения локомотивов: Восточный, Урало-Сибирский, Северный, Южный, Московский и Октябрьский (рисунок 1.1).

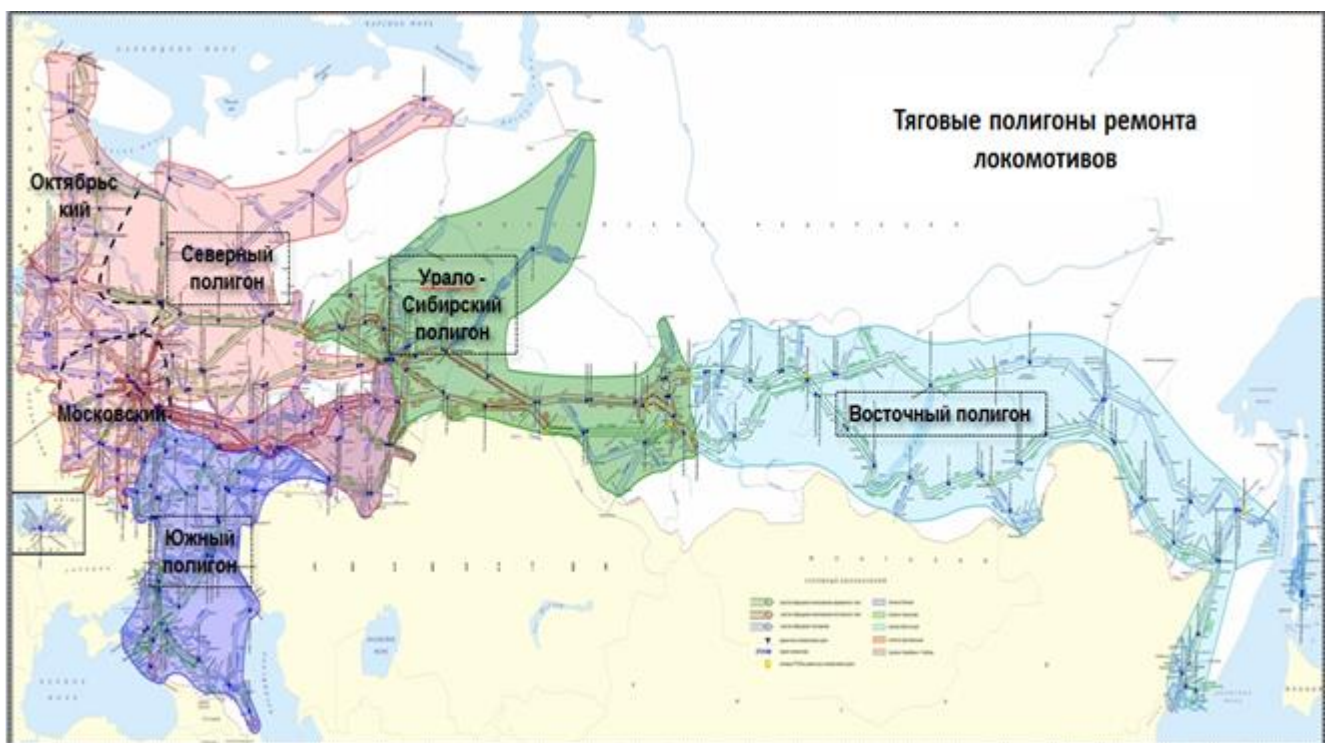


Рисунок 1.1 – Полигоны эксплуатации локомотивов

При полигонной системе эксплуатации локомотивов ужесточаются условия эксплуатации и требования к ТООР локомотивов: для грузовых электровозов нормативный межремонтный пробег до капитального ремонта (КР) устанавливается 2,4 млн км, среднего (СР) – 1,2 млн км, между текущими

ремонтами объёма ТР-1 – 50 тыс. км. Для тепловозов серии 2ТЭ116: КР – 1,8 млн км, СР – 0,8 млн км. При разработке перспективной модели сервисного управления ТОиР необходимо учесть особенности полигонной системы эксплуатации локомотивов.

При разработке модели сервисного ТОиР следует также учесть особенности SLA [53, 54]. Сервисное обслуживание в своей основе достаточно просто: необходимо выполнить плановые виды ТОиР в установленные сроки, произвести в установленном порядке диагностирование и устранить выявленные отказы. Однако такой подход потребует существенного (в полтора-два раза) увеличения стоимости ТОиР, больших затрат на замену выработавшего свой срок оборудования локомотивов (более 500 млрд руб.) и восстановления станкового оборудования ремонтных локомотивных депо (оценивается в сотни млрд руб.). Поэтому принято компромиссное решение: рассчитать стоимость ТОиР по каждой серии локомотива каждого полигона по фактически существующим. Исходя из фактического среднесуточного пробега рассчитана стоимость ТОиР на 1 км пробега локомотива, или на 1 час работы и установлен уровень надёжности на уровне достигнутого на момент начала сервисного обслуживания, при этом часто ниже установленного в технических условиях (ТУ) на локомотив.

Таким образом, при разработке модели сервисного ТОиР необходимо учесть, что модель создаётся для условий управления при наличии дефицита ресурсов и низкой надёжности локомотивов.

В 2016 г. число локомотивов ОАО «РЖД» составляло 20,9 тыс. секций (11,7 тыс. грузовых, 3,1 тыс. пассажирских и 6,1 тыс. маневровых), срок службы большей части которых превышал 20 лет: износ тягового подвижного состава электровозов составляет 70 %, тепловозов – 78 %. Средний возраст локомотивов – 27,6 лет при среднем нормативном сроке эксплуатации – 33 года.

В 1970–1980-е гг. закупки составляли до 1000 локомотивов в год. В 1990-е гг. закупки сократились практически до нуля, что привело к ускоренному старению подвижного состава. В 21-м веке начата разработка и производство новых серий электровозов и тепловозов («Трансмашхолдинг», «Уральские локомотивы», создана «Первая локомотивная компания»). Но объём закупок не превышает 500 секций: темп обновления составляет предельные 2,4 %.

В ОАО «РЖД» создана комплексная информационно-управляющая система – АСУЖТ, создание которой велось с конца 1970-х гг. [69]. В её состав входят как системы непосредственного управления движением поездов (АСОУП, ГИД «Урал», ЭТРАН, «Эльбрус» и др.) [3, 6, 188], так и системы учёта надёжности технических средств (КАС АНТ (рисунок 1.2), КАСАТ, АСУТ и др.). Несмотря на достигнутые успехи АСУЖТ, учёт собственно выполненных в ремонтных и сервисных локомотивных депо ремонтов по-прежнему ведётся с использованием бумажных журналов утверждённой формы ТУ-28 (рисунок 1.3). В журнале фиксируются замечания (из всех доступных источников, в т.ч. бортового журнала формы ТУ-152) и отметка о выполненных работах.

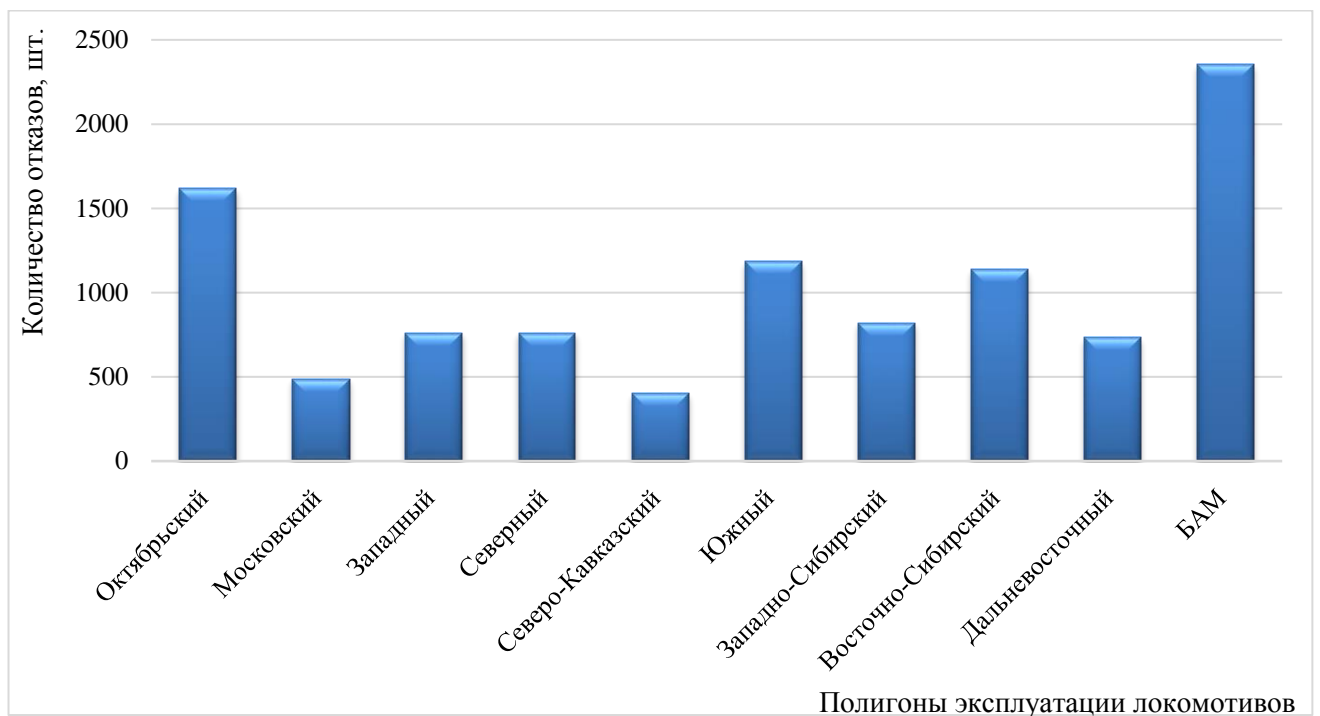


Рисунок 1.2 – Отказы локомотивов по данным информационной системы КАС АНТ ОАО «РЖД» за 10 мес. 2017 г. по полигонам их эксплуатации

Качество заполнения ТУ-28 зависит от человеческого фактора (квалификация и дисциплинированность мастера); не фиксируются продолжительность ремонтных работ, использование запасных частей, причины возникновения дополнительных работ. Необходима разработка новой автоматизированной модели управления [88].

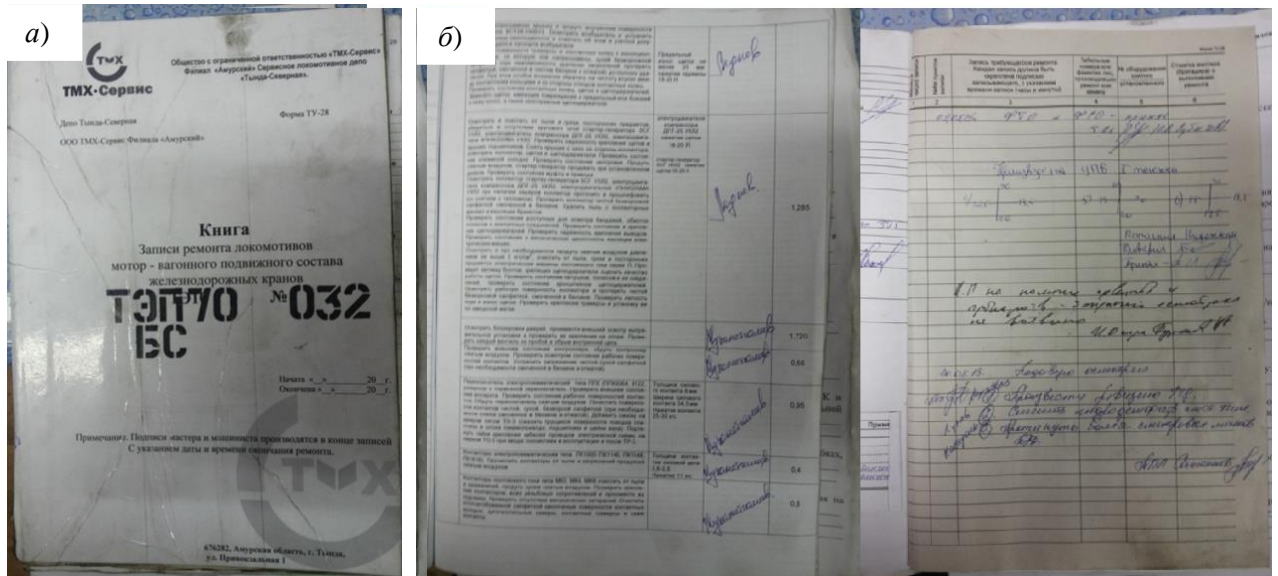


Рисунок 1.3 – Журнал учёта выполненных ремонтных работ формы ТУ-28

а – общий вид журнала; б – запись в журнале

Актуальность исследования и разработки научно обоснованной сервисной модели организации управления ТОиР локомотивов определяется рядом объективных и субъективных факторов: реформа железнодорожного транспорта, переход на экономические методы управления, создание сервисной системы ТОиР с отказом от бюджетной системы финансирования ТОиР, переход на контракт жизненного цикла при ТОиР локомотивов, низкая надёжность локомотивов и старение парка, существенные потери КТГ из-за организационных и логистических причин организации ТОиР.

## 1.2 Анализ эффективности управления и планирования деятельности сервисных предприятий при производстве технического обслуживания и ремонта локомотивов

### 1.2.1 Методика статистического анализа

В настоящей работе использованы классические методы статистического анализа с применением известных математических методов вероятностно-статистического анализа [12, 167, 170].

Главный принцип, положенный в основу исследования, – это проверка достоверности исходного материала по его унимодальности (рисунок 1.4). В научных исследованиях сервисной системы ТОиР [2, 82] показано, что существующая си-



стема анализа работы депо часто пользуется статистически недостоверной информацией. В литературе проблема часто обозначается популярной фразой – средняя температура по больнице, – когда бимодальные и даже мультимодальные данные рассматриваются как единая выборка, а в результате получается результат, не имеющий физической интерпретации либо искажающий объективную ситуацию.

Примером может служить среднее время простоя локомотивов на ремонте: т.к. ремонт может выполняться в разном объёме (ТО-2, ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и др.), то и простой существенно меняется. В этом случае понятие «средний простой» при правильности математических действий не применим в инженерной деятельности и в научном анализе, возможны ошибочные выводы. Например, о возможности по наличию времени проведения оздоровительных мероприятий во время захода локомотива в депо.

Несоответствие закону распределения случайной величины требует изменения правил формирования исходной выборки или отказа от применения этого параметра в качестве КРІ.

Анализ унимодальности выборки данных следует начинать с вычисления базовых статистических показателей: математическое ожидание  $m_x$  случайной величины  $x_i$  (сформированной по определенным правилам выборки в объёме  $N$ ) данных и среднеквадратичное отклонение  $\sigma_x$  по известным формулам [12]:

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i; \quad (1.1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^2}. \quad (1.2)$$

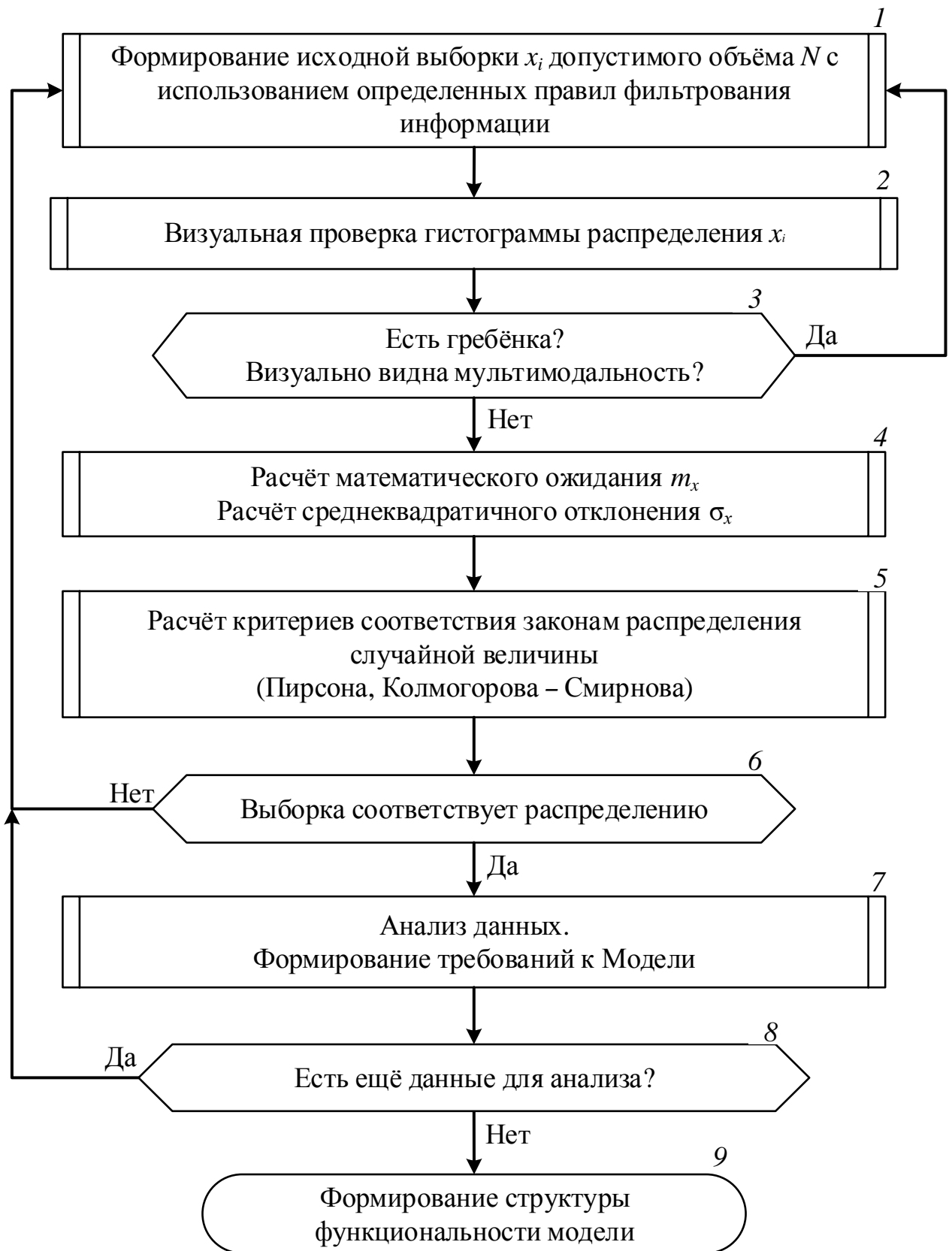


Рисунок 1.4 – Алгоритм проверки статистических данных на унимодальность

Объём выборки  $N$  должен быть не меньше минимального значения:  $N \geq N_{\min}$  при этом  $N_{\min}$  рассчитывается по формуле:

$$N_{\min} = \left( \frac{t_{\beta} \cdot v_x}{\delta} \right)^2, \quad (1.3)$$

где  $\delta$  – стандартное значение точности, принято  $\delta = 0,05$ ;  $\beta$  – доверительная вероятность, принято  $\beta = 0,95$ ;  $v_x$  – коэффициент вариации, характеристика относительного разброса случайной величины  $x$ :

$$v_x = \frac{\sigma_x}{m_x}. \quad (1.4)$$

До расчёта соответствия распределения законам визуально проверяется форма гистограммы на внешнее сходство с одним из законов распределения. Одновременно проверяется наличие последовательного чередования высоких и низких столбцов гистограммы (так называемый эффект гребёнки): следует изменить шаг разбиения диапазона случайной величины, т.к. это часто является первопричиной. Предварительно диапазон делится на  $K$  участков согласно правилу Старджесса [33]:

$$K = (1 + 3,3 \cdot \lg N). \quad (1.5)$$

После расчёта статистических параметров выборки осуществляется проверка её соответствия одному из законов распределения случайной величины – нормальному, логнормальному, экспоненциальному и др. В нашем исследовании соответствие проверяется по критерию Пирсона, для чего рассчитывается показатель  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^K \frac{(n_j - n_j^*)^2}{n_j^*}, \quad (1.6)$$

где  $K$  – выбранное число диапазонов разбиения в гистограмме;  $n_j^*$  – фактическое число попаданий в диапазон  $j$ , определяется по статистической информации (при полном соответствии закону распределения случайной величины совпадает с  $n_j$ );  $n_j$  – расчётное число попаданий в диапазон  $j$ , определяется по формуле:

$$n_j = N \cdot P_j, \quad (1.7)$$

где  $P_j$  – вероятность попадания случайной величины  $x$  в интервал  $[x_j^{\text{Н}}; x_j^{\text{П}}]$ :

$$P_j = \int_{x_j^{\text{Н}}}^{x_j^{\text{П}}} f(x) dx, \quad (1.8)$$

где  $f(x)$  – функция плотности распределения случайной величины.

Дополнительно производится вычисление числа степеней свободы:

$$r = K - S, \quad (1.9)$$

где  $S$  – число накладываемых на  $P_j$  связей ( $S = 2$  для экспоненциального распределения (однопараметрического) и  $S = 3$  для двухпараметрических распределений: равномерное, нормальное, логнормальное, гамма-распределение накладываются и др.).

По значениям  $\chi^2$  и  $r$  оценивается вероятность соответствия полученной статистической гистограммы теоретическому распределению, для чего используется таблица значений критерия согласия Пирсона (вероятность определяется с точностью до диапазона) [12]. Если выборка не прошла проверку по критерию согласия Пирсона одному из рассмотренных законов распределения случайной величины ( $P = 0$ ), то выборка считается неоднородной (мультимодальной), значит, следует поменять правила её формирования.

Если добиться унимодальности не удаётся, то следует исключить грубые ошибки, очевидно приводящие к искажению унимодальности выборки  $x_j$ . Для этого использовался принцип трёх сигм ( $3\sigma$ ):

$$x_j - m_x > 3\sigma. \quad (1.10)$$

Таким образом, в нашей работе будут рассматриваться данные, обладающие статистической достоверностью как унимодальные и соответствующие одному из известных законов распределения случайных величин по критерию Пирсона.

После формирования совокупности контролируемых унимодальных параметров следует выполнить анализ их взаимного влияния для достижения следующих целей: проверка независимости выбранных параметров, выявление закономерностей между параметрами, определение порядка использования параметров в модели.

Для выявления закономерностей предлагается использовать математический аппарат корреляционного анализа, что соответствует подходам теории вариабельности Э. Деминга [7, 52], когда изначально все процессы предприятия рассматриваются как стохастические. Оценка производится по коэффициенту корреляции

двух типов случайных величин  $x$  и  $y$  –  $r_{xy}$ , который может принимать значения от  $-1$  до  $+1$  включительно:

$$r = \frac{\alpha(y, x) - m_y m_x}{\sigma_y \sigma_x}, \quad (1.11)$$

где  $\alpha_{1,1}(y, x)$  – второй смешанный начальный момент (характеристика математического ожидания попарного произведения случайных величин  $x_i$  и  $y_i$ , выборки данных объёма  $N$ ):

$$\alpha_{1,1}(y, x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i. \quad (1.12)$$

Наличие закономерности случайной величины  $x$  от случайной величины  $y$  определяется по величине и знаку рассчитанного коэффициента корреляции  $r_{xy}$ . Согласно классификационной шкале Чеддока [13], взаимосвязь между процессами  $x$  и  $y$  считается весьма высокой при  $r_{xy} > 0,9$ , высокой – при  $0,7 > r_{xy} > 0,9$ , заметной – при  $0,5 > r_{xy} > 0,7$ , умеренной – при  $0,3 > r_{xy} > 0,5$  и слабой – при  $0,1 > r_{xy} > 0,3$ .

В качестве исходных данных для анализа эффективности организации производственных процессов использована информация доступных информационных систем ОАО «РЖД» и сервисных компаний.

1. АСОУП: автоматизированная система оперативного управления поездами: базовая система АСУЖТ [69], основой которой служит номерная база данных дорожного уровня (поездная, вагонная, контейнерная, локомотивная, локомотивных бригад, отправочная, модель заявок, а также массивы информации о состоянии, дислокации и работе отдельных единиц подвижного состава). Данные АСОУП использованы для анализа эксплуатационных показателей локомотивов, в т.ч. анализ причин низкого коэффициента технической готовности (КТГ).

2. АСУТ: информационная система АСУЖТ, созданная для управления локомотивным комплексом компании [69, 73]. После выделения локомотиворемонтного комплекса АСУТ специализируется на эксплуатации локомотивов и работе локомотивных бригад. В диссертации данные АСУТ использованы как вспомогательные.

3. АСУТ НБД-2: автономный модуль АСУТ, созданный для учёта нарушений безопасности движения поездов по данным бортовых приборов безопасности [8].

4. АСУ СЛД: информационная система управления сервисными локомотивными депо ООО «ЛокоТех-Сервис», реализованной на базе пакета программ 1С. Представляет собой ERP-систему автоматизации работы бухгалтерии, склада, кадров, отдела труда и заработной платы и др. Именно на базе АСУ СЛД 1С автором разработана система управления производственными процессами СЛД. Из системы взяты данные о ресурсных затратах на выполнение ТОиР локомотивов, в т.ч. трудовые ресурсы.

5. ЕСМТ: информационно-управляющая автоматизированная система управления надёжностью локомотивов (единая система мониторинга технического состояния локомотивов), созданная в группе компаний «ЛокоТех» [78]. ЕСМТ содержит информацию об инцидентах с локомотивами: нарушения режимов эксплуатации, отказы, предотказные состояния и др., сформированные прежде всего по данным бортовых микропроцессорных систем управления. Взятая из ЕСМТ информация позволяет определить ключевые показатели качества для оценки эффективности организации ТОиР локомотивов.

### 1.2.2 Анализ причин снижения

#### коэффициента технической готовности локомотивов

При сервисном обслуживании и ремонте ключевым показателем является «Инцидент», определяемый как состояние локомотива, отличное от его нормальной эксплуатации. При этом определении, согласно кодировке АСОУП, нахождение локомотива в любом состоянии, кроме состояний «В голове поезда», «В двойной тяге», «Подталкивание» и «Хозяйственные путевые работы» является инцидентом – локомотив не совершает полезной коммерческой работы.

Отношение полезного (коммерческого) времени локомотива к общему объективно оценивает как эффективность использования локомотива, так и его надёжность. Для сервисного ТОиР в качестве основного показателя SLA, интегрально оценивающего непроводительный простой локомотива, принят коэффициент технической готовности (КТГ), рассчитываемый по формуле [54]:

$$КТГ = \frac{T_{n_{pc}}}{(T_{n_{pc}} + T_{n_{от}} + T_{n_{пл}} + T_{n_{аиз}})}, \quad (1.13)$$

где  $T_{n_{pc}}$  – суммарное время пребывания секции локомотива  $n$ -й серии в работоспособном состоянии (в состояниях, относящихся к типу «Исправное» в рассматриваемом периоде эксплуатации);  $T_{n_{от}}$  – суммарное время пребывания секции локомотива  $n$ -й серии в неработоспособном состоянии в связи с гарантийным ремонтом (в состояниях, относящихся к типу «Гарантийный ремонт»);  $T_{n_{пл}}$  – суммарное время пребывания секции локомотива  $n$ -й серии в неработоспособном состоянии в связи с обслуживанием (в состояниях, относящихся к типу «Обслуживание»);  $T_{n_{аиз}}$  – общее время ожидания сервисного обслуживания секции локомотива  $n$ -й серии, а также другие административные издержки, которые зависят только от действий исполнителя (в состояниях, относящихся к типу «Административные издержки»).

На рисунке 1.5 приведены КТГ для различных серий локомотивов [54, 82]. Уровень КТГ локомотивов низкий и требует повышения, в т.ч. за счёт внедрения новой модели управления ТОиР.

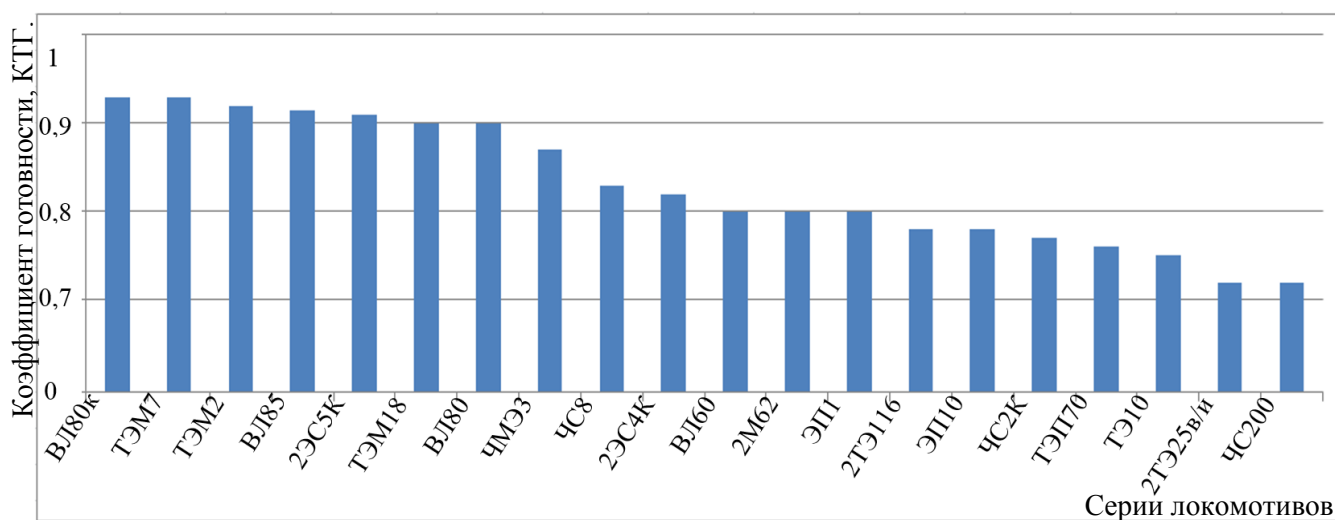


Рисунок 1.5 – Уровень КТГ локомотивов, 2016 г.

Причины потерь КТГ носят комплексный характер и зависят от ряда причин. На рисунке 1.6 приведены примеры потерь КТГ, рассчитанных по данным за год эксплуатации локомотивов: с 01.03.2016 по 01.03.2017 по данным АСОУП [6, 69] с использованием программы ЕСМТ [85–87].

В таблице 1.1 и на рисунке 1.7 приведены потери КТГ, рассчитанные по данным за первый квартал 2017 г. по 14 СЛД (с привязкой к конкретной серии) по

данным АСОУП [6, 69] с использованием программы ЕСМТ [85–87]. В таблице 1.1 и на рисунке 1.8 представлены результаты расчёта средних и средневзвешенных потерь КТГ по 14 СЛД.

Из рассчитанных данных потерь КТГ следует: 40,3 % потерь КТГ связано с простоем в ожидании планово-предупредительного ТОиР локомотивов (с ожиданием отправки передислокации локомотива), планово-предупредительные ТОиР составляют в потерях КТГ 34,5 % (с учётом ТО-2), наибольшие потери КТГ из всех видов ТОиР приходится на ТО-2 (9,5%), неплановые ремонты (НР) вместе с ожиданием НР и ожиданием пересылки составляют 25,2 % в потерях КТГ (связаны с низкой надёжностью локомотивов).

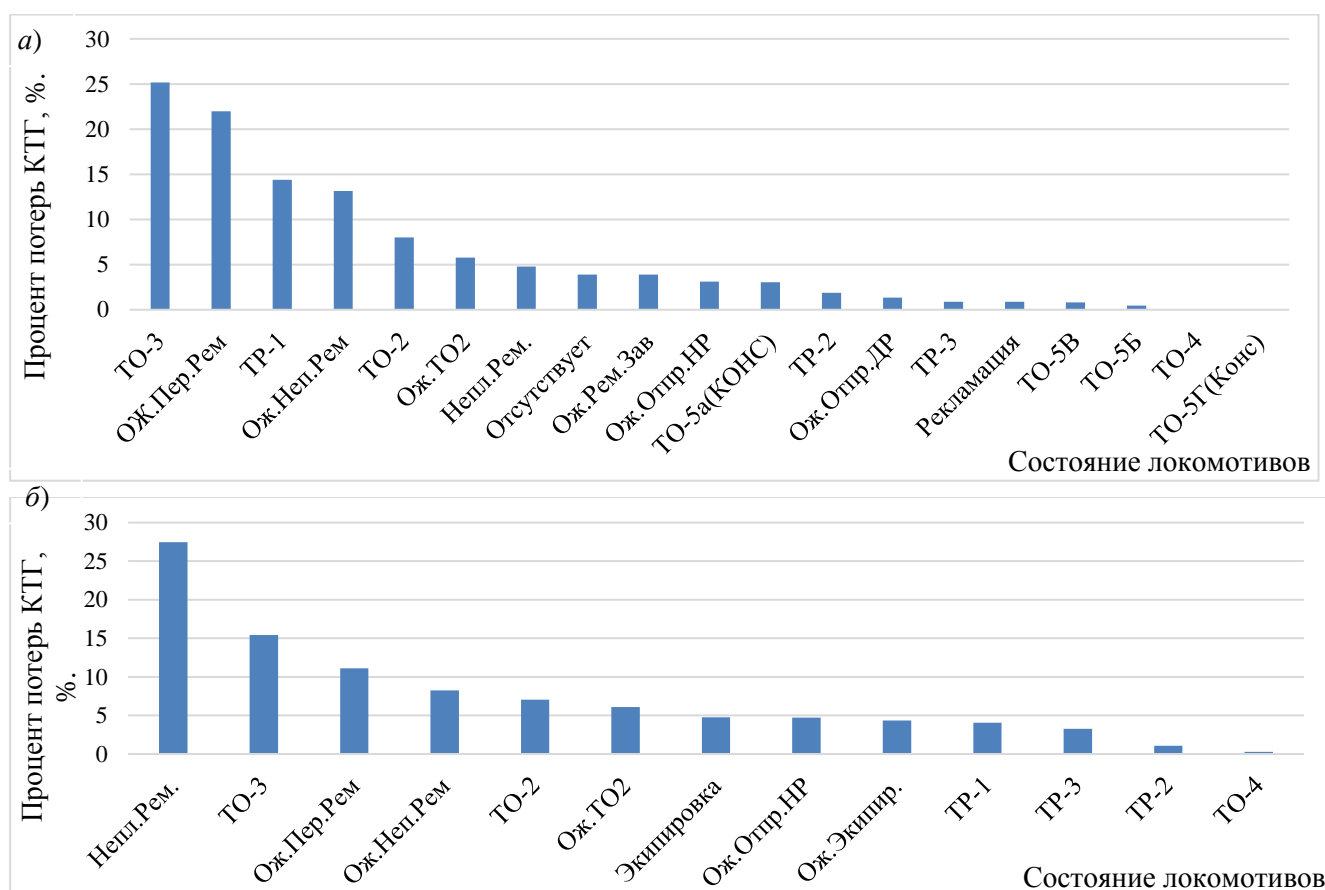


Рисунок 1.6 – Потери КТГ локомотивов

а – серия пассажирских тепловозов ТЭП70у в СЛД Тюмень; б – серия грузовых тепловозов 2ТЭ116У в СЛД Волгоград

Таким образом, суммарные потери КТГ, связанные с организацией процесса планово-предупредительного ТОиР локомотивов, составляют 74,8 %. Следовательно, повышение эффективности эксплуатации отечественных локомотивов существенно зависит от принятой модели организации сервисного ТОиР.



Таблица 1.1– Потери КТГ у электровозов и тепловозов (I кв. 2017 г.)

Код	Состояние локомотивов	Σ	Σ взв	1		2		3		4		5		6	
				ЭП2К, Барабинск		2ЭС5К, Хабаровск		2ЭС5К, Дальневосточное		3ЭС5К, Чита		2ЭС4К, Туапсе		2ЭС4К, Волхов	
				мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%
106	Ожидание ТО-2	15,2	16,30	1 118 582	41,79	391 540	11,16	1 123 700	11,39	7 280 151	14,49	1 780 569	16,47	1 351 214	15,51
107	ТО-2	9,5	11,90	434 112	16,22	465 488	13,26	1 294 570	13,13	6 506 256	12,95	1 404 000	12,98	696 852	8,00
108	Экипировка	1,7	8,30	0	0,00	7 239	0,21	22 201	0,23	85 023	0,17	72 031	0,67	144 190	1,65
121	Ожидание экипировки	1,5	5,00	0	0,00	3 234	0,09	3 404	0,03	45 060	0,09	189 784	1,76	170 814	1,96
303	ТР-3	1,8	6,50	0	0,00	385 048	10,97	638	0,01	3 262 167	6,49	389 980	3,61	0	0,00
304	ТР-2	2,5	4,10	79 701	2,98	4 268	0,12	102 272	1,04	786 891	1,57	374 160	3,46	310 264	3,56
305	ТР-1	5,7	8,50	73 207	2,74	198 324	5,65	602 842	6,11	2 904 438	5,78	1 226 280	11,34	1 440 764	16,53
306	ТО-3	8,5	21,20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
307	ТО-4	2,0	4,20	0	0,00	183 742	5,24	651 124	6,60	565 182	1,12	406 491	3,76	363 962	4,18
308	НР	7,5	9,80	52 058	1,95	331 142	9,43	407 130	4,13	2 317 458	4,61	1 022 670	9,46	1 683 572	19,32
309	ТР-1+ТО-4	1,2	7,00	131 176	4,90	7 004	0,20	19 892	0,20	3 738 924	7,44	83 620	0,77	0	0,00
310	ТР-2 + ТО-4	0,6	1,70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	718 098	1,43	23 614	0,22	0	0,00
312	ТО-3+ТО-4	0,6	2,50	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
528	Ожидание отправки	2,2	4,20	84 871	3,17	96 922	2,76	149 812	1,52	1 048 590	2,09	23 416	0,22	366 212	4,20
529	ТО-5	0,5	1,60	0	0,00	0	0,00	75 432	0,76	85 671	0,17	244 868	2,26	67 180	0,77
532	Ожидание НР	11,4	13,70	282 541	10,56	561 164	15,99	2 101 718	21,31	5 926 341	11,79	1 209 393	11,18	551 664	6,33
535	Ожидание ТОиР	21,3	23,30	336 645	12,58	830 797	23,67	1 996 457	20,24	11 213 632	22,32	2 048 032	18,94	1 027 500	11,79
543	Ожидание отправки НР	3,1	5,10	49 071	1,83	43 904	1,25	355 379	3,60	1 938 946	3,86	204 978	1,90	527 922	6,06
800+801	НР Рекламация	3,2	6,30	34 444	1,29	0	0,00	956 270	9,70	1 827 867	3,64	109 646	1,01	11 600	0,13
Всего		100,00		2 676 408	100	3 509 816	100	9 862 841	100	50 250 695	100	10 813 532	100	8 713 710	1000

Продолжение таблицы 1.1

Код	Σ	Σ взв	7		8		9		10		11		12		13		14	
			2ТЭ25КМ, Ершов		2ТЭ25КМ, Брянск		2ТЭ25А, Тында		2ТЭ116УД, Иваново		ТЭП70БС, Барнаул		ТЭП70БС, Саратов		ТЭМ18ДМ, Зима		ТЭМ18ДМ, Тюмень	
			мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%
106	15,2	16,30	233 844	11,86	829 164	22,92	474 416	5,02	918 360	10,42	599 884	19,23	530 095	20,72	220 944	7,65	209 793	4,06
107	9,5	11,90	122 628	6,22	183 014	5,06	969 144	10,26	609 044	6,91	202 997	6,51	305 095	11,92	171 529	5,94	156 115	3,02
108	1,7	8,30	117 494	5,96	40 224	1,11	93 577	0,99	1 049 594	11,90	4 787	0,15	3 355	0,13	8	0,00	2 885	0,06
121	1,5	5,00	197 868	10,03	15 252	0,42	10 094	0,11	539 448	6,12	541	0,02	2 222	0,09	0	0,00	9 325	0,18
303	1,8	6,50	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	87 929	2,82	0	0,00	0	0,00	74 262	1,44
304	2,5	4,10	0	0,00	0	0,00	737 716	7,81	0	0,00	74 796	2,40	134 703	5,26	147 482	5,10	88 470	1,71
305	5,7	8,50	54 082	2,74	76 444	2,11	527 616	5,59	708 128	8,03	93 812	3,01	103 733	4,05	87 066	3,01	163 109	3,16
306	8,5	21,20	193 762	9,82	870 758	24,07	1 830 490	19,38	0	0,00	194 257	6,23	198 969	7,78	828 144	28,66	1207052	23,38
307	2,0	4,20	0	0,00	12 716	0,35	1 034	0,01	447 414	5,07	2 146	0,07	7 891	0,31	458	0,02	45 262	0,88
308	7,5	9,80	420 462	21,32	7 094	0,20	763 615	8,08	552 784	6,27	45 499	1,46	247 484	9,67	179 900	6,23	184 010	3,56
309	1,2	7,00	0	0,00	14 940	0,41	0	0,00	0	0,00	36 191	1,16	5 727	0,22	32 145	1,11	0	0,00
310	0,6	1,70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	19 339	0,62	15 863	0,62	125 506	4,34	24 443	0,47
312	0,6	2,50	67 090	3,40	11 860	0,33	0	0,00	0	0,00	79 658	2,55	6 821	0,27	62 692	2,17	0	0,00
528	2,2	4,20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1 738	0,02	327 554	10,50	1 270	0,05	7	0,00	349 784	6,77
529	0,5	1,60	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	14 648	0,47	8 350	0,33	0	0,00	126 152	2,44
532	11,4	13,70	23 414	1,19	218 144	6,03	657 092	6,96	1 720 388	19,51	299 901	9,61	435 583	17,02	290 983	10,07	648 329	12,56
535	21,3	23,30	420 252	21,31	761 636	21,06	3 090 566	32,72	1 185 506	13,45	957 109	30,68	349 633	13,66	595 616	20,61	1851141	35,85
543	3,1	5,10	100 446	5,09	45 280	1,25	132 045	1,40	897 806	10,18	78 878	2,53	64 889	2,54	43 882	1,52	22 935	0,44
800 + 801	3,2	6,30	20 842	1,06	530 742	14,67	157 494	1,67	186 226	2,11	153	0,00	137 307	5,37	103 527	3,58	0	0,00
Всего	100		1 972 184	100,00	3 617 268	100,00	9 444 899	100,00	8 816 436	100,00	3 120 079	100,00	2 558 990	100,00	2889889	100,00	5163067	100,00

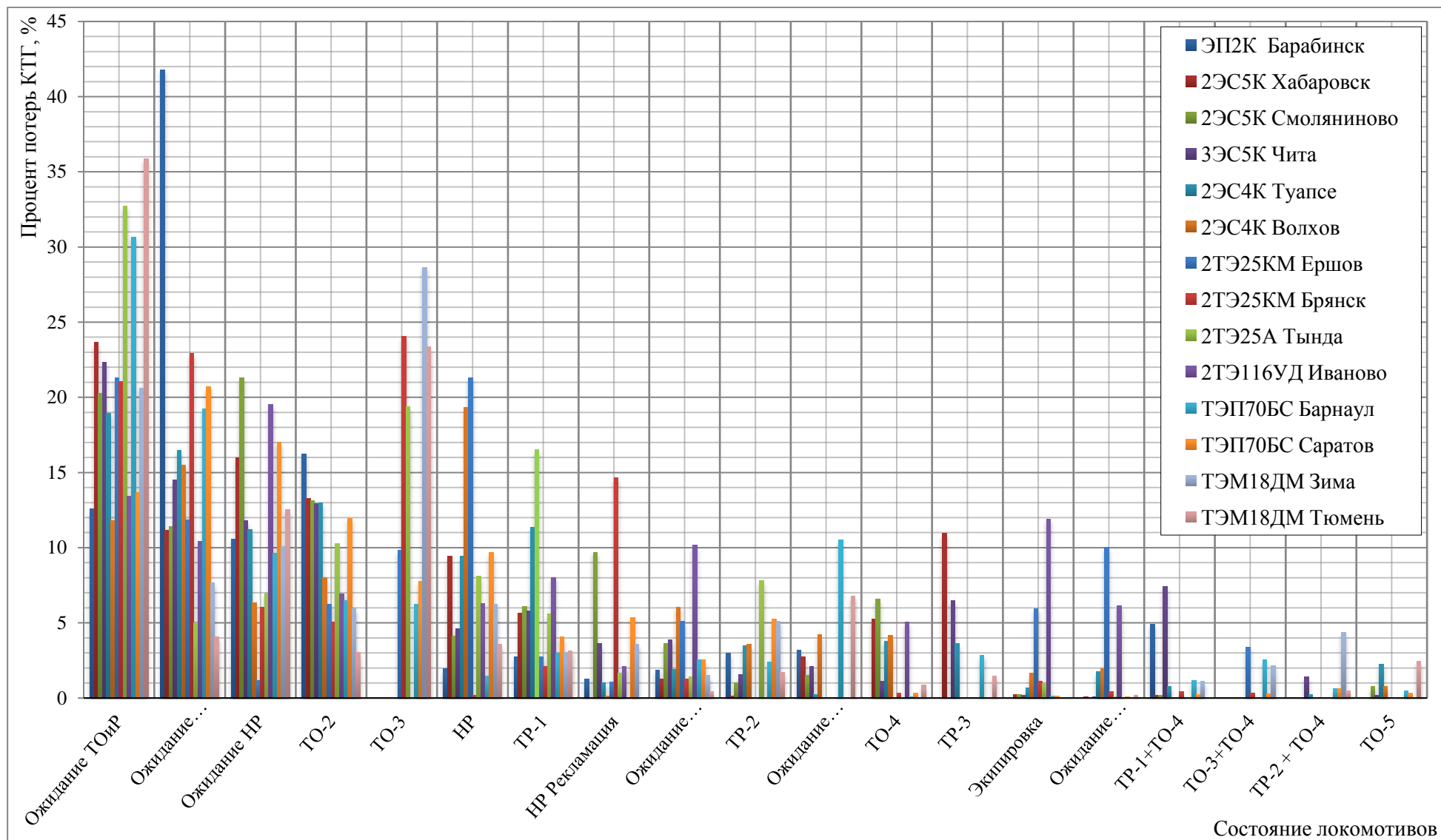


Рисунок 1.7 – Гистограмма распределения потерь КТГ по рассмотренным СЛД (порядок следования согласно таблице 1.1)

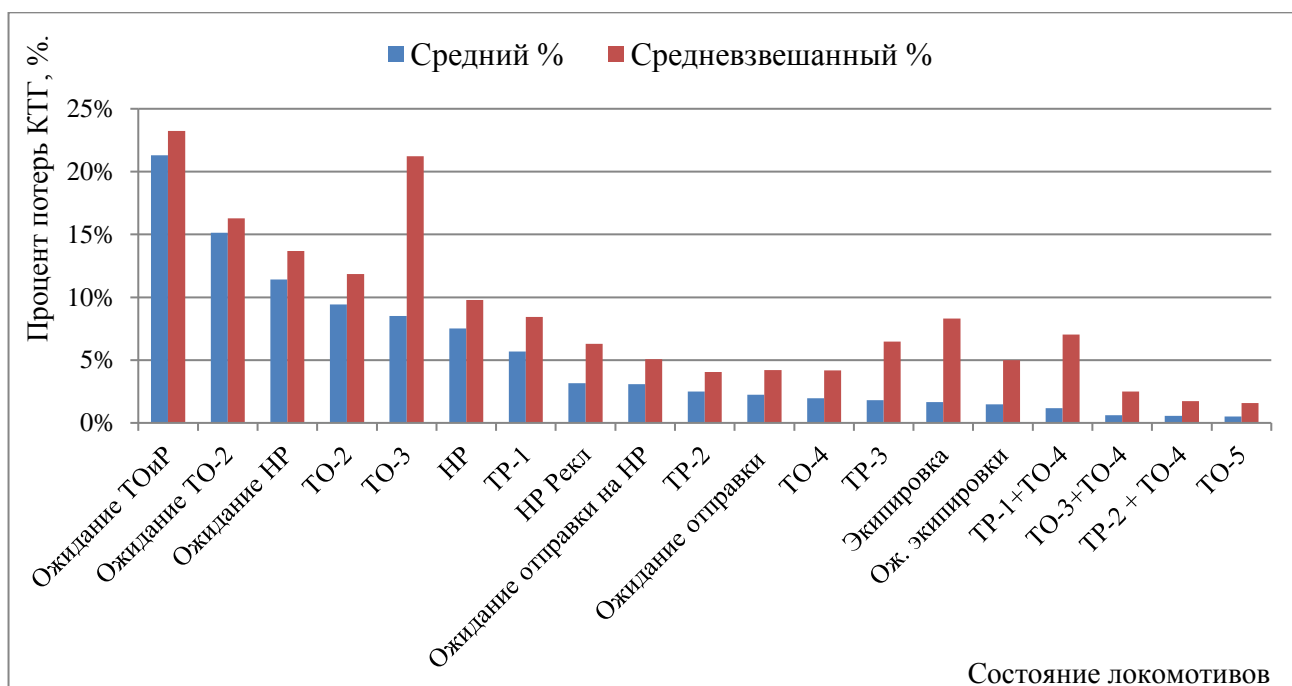


Рисунок 1.8 – Средние и средневзвешенные потери КТГ (I кв. 2017 г.)

Сделанные в главе выводы проверены на статистическую достоверность по критерию Пирсона соответствия законам распределения случайной величины.

На рисунке 1.9 приведены данные потерь КТГ по рассмотренным 14 депо (см. таблицу 1.1, рисунок 1.7) с указанием рассчитанных математического ожидания  $m_x$ , среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ , хи-квадрат  $\chi^2$  и фактической вероятности соответствия нормальному закону распределения случайной величины  $P_{\text{факт}}$ . Основные виды потерь – ожидание ТОиР и сам ТОиР – подчиняются нормальному закону распределения (ожидание ТОиР ( $m_x = 38,03$ ;  $\sigma = 7,76$ ;  $\chi^2 = 2,263$ ;  $P_{\text{факт}} = 0,9$ ); ТОиР ( $m_x = 34,48$ ;  $\sigma = 6,84$ ;  $\chi^2 = 0,85$ ;  $P_{\text{факт}} = 0,99$ ); ТО-2 ( $m_x = 9,45$ ;  $\sigma = 3,98$ ;  $\chi^2 = 1,359$ ;  $P_{\text{факт}} = 0,98$ ); НР + Ожд НР ( $m_x = 25,25$ ;  $\sigma = 8,2$ ;  $\chi^2 = 0,875$ ,  $P_{\text{факт}} = 0,99$ )).

Для серии 2ТЭ116У депо Волгоград произведены расчёты статистических данных простоя на неплановых ремонтах с марта 2016 года по март 2017 г. (601 наблюдение). Закон распределения времени простоя на НР одной серии одного депо оказался экспоненциальным (рисунок 1.10). Таким образом, полученные в главе выводы следует считать достоверными, основанными на унимодальных данных, соответствующих законам распределения случайной величины.

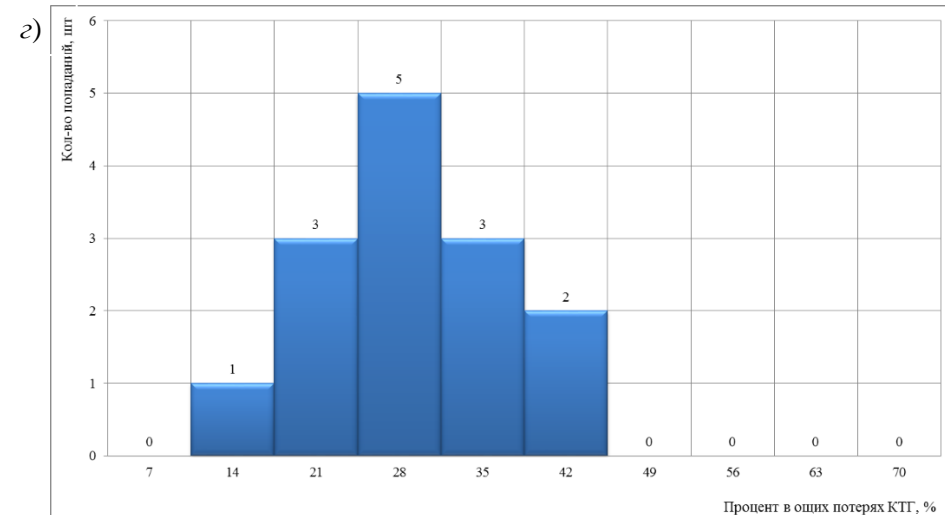
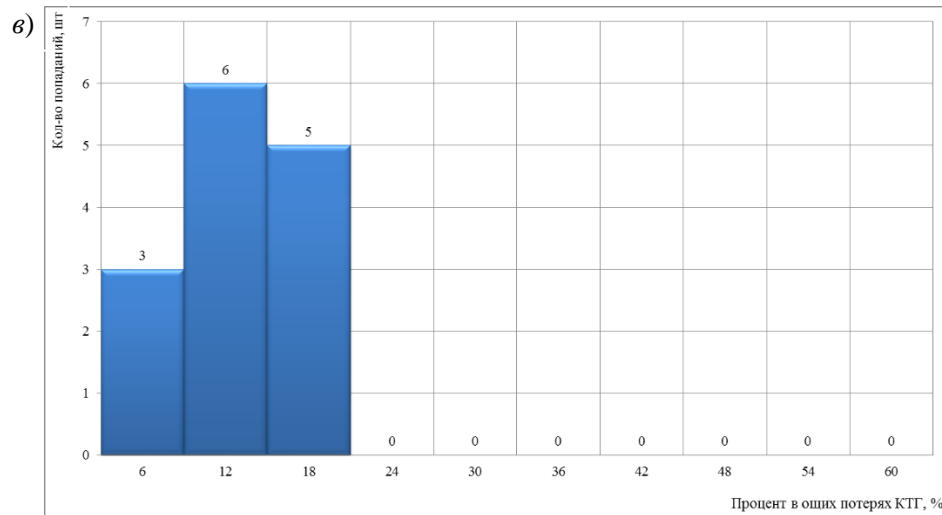
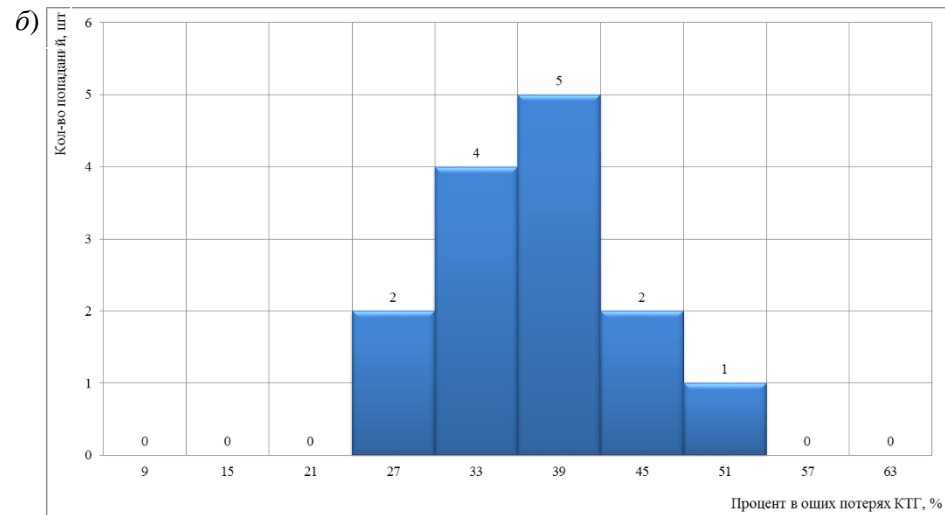
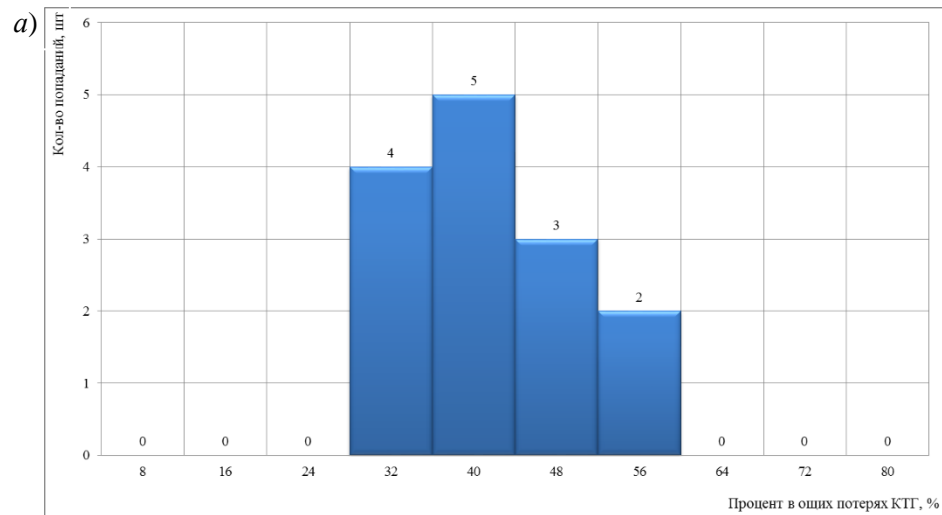


Рисунок 1.9 – Распределение процента потерь КТГ 14-ти депо ( $m_x$ ,  $\sigma$ ,  $\chi^2$ ,  $P_{\text{факт}}$ )

*a* – Ожидание ТОиР ( $m_x = 38,03$ ;  $\sigma = 7,76$ ;  $\chi^2 = 2,263$ ;  $P_{\text{факт}} = 0,9$ ); *б* – ТОиР ( $m_x = 34,48$ ;  $\sigma = 6,84$ ;  $\chi^2 = 0,85$ ;  $P_{\text{факт}} = 0,99$ ); *в* – ТО-2 ( $m_x = 9,45$ ;

$\sigma = 3,98$ ;  $\chi^2 = 1,359$ ;  $P_{\text{факт}} = 0,98$ ); *г* – НР + ОЖД НР ( $m_x = 25,25$ ;  $\sigma = 8,2$ ;  $\chi^2 = 0,875$ ,  $P_{\text{факт}} = 0,99$ )

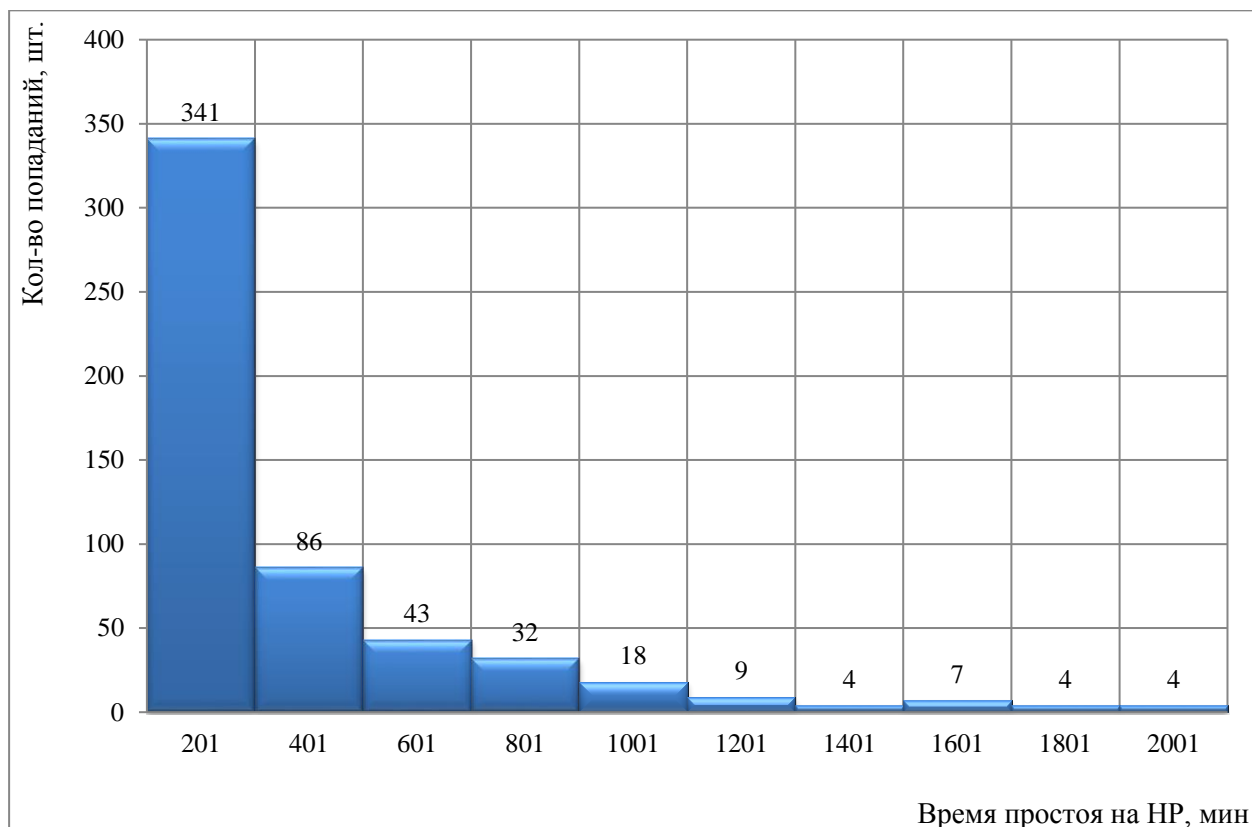


Рисунок 1.10 – Распределение времени простоя на НР тепловоза серии 2ТЭ116У в СЛД «Волгоград»

Приведённый анализ потерь КТГ по другим сериям локомотивов представлен в [2, 82]. Однако анализ кодов состояний показал, что их недостаточно для управления ТОиР – эти коды носят внешний характер по отношению к сервисной компании. Например, состояние 535 «Ожидание передачи в ремонтное предприятие для проведения ТОиР, модернизации» или 308 «В процессе непланового ремонта» (НР), 309 «В процессе текущего ремонта ТР-1 совмещенном с ТО-4», 312 «В процессе технического обслуживания ТО-3, совмещенном с ТО-4» позволяют узнать общее время нахождения в этом состоянии, но не раскрывают сам процесс ТОиР. В результате управлять по этим кодам собственно работой СЛД крайне затруднительно: нужен анализ внутренних состояний локомотива в СЛД, которых нет в кодировке АСОУП.

Таким образом, при организации ТОиР необходимо состояния локомотива, связанные с нахождением в СЛД разбивать на отдельные состояния, характеризующие основные этапы ТОиР и НР внутри сервисного локомотивного депо.

### 1.2.3 Анализ потерь от сверхцикловых работ

В РЖД принято при анализе надёжности локомотивов использовать показатели «Число отказов на 1 млн км пробега» или «Число unplanned заходов в депо». Анализ показал, что использования этих параметров недостаточно для сервисной системы ТОиР, т.к. они отражают только внешнее по отношению к сервису показатели надёжности. Существенное число отказов или предотказных состояний устраняется не только при unplanned заходе локомотива в депо (НР), но и во время выполнения планово-предупредительных работ. Для этого в журнале ремонта локомотивов формы ТУ-28 (ведётся в каждом депо на каждый обслуживаемый локомотив) при любом заходе локомотива фиксируются все имеющиеся по локомотиву замечания. При этом используются все доступные источники информации (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Регистрация замечаний по техническому состоянию локомотивов для дальнейшего определения объёма сверхцикловых работ

Для сервиса важно знать реальные затраты, возникающие при ТОиР. Поэтому необходимо учитывать все потери от низкой надёжности локомотивов. В качестве такого показателя выбраны сверхцикловые работы: работы, выполняемые в депо дополнительно к работам, предусмотренным планово-предупредительной системой ремонта (ППР), т.е. циклом объёма ТО-2, ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и др. Сверхцикловые работы максимально точно отражают наличие низкого уровня

надёжности локомотивов. Сверхцикловые работы фиксируются в СЛД в журнале формы ТУ-28 как «Дополнительные работы». Также их называют «Обслуживание непредвиденное» и «Сверхцикловые работы». В диссертации эти три термина рассматриваются как синонимы.

Предлагается анализ сверхцикловых работ выполнить по следующим ключевым показателям (KPI): число сверхцикловых работ, продолжительность сверхцикловых работ и стоимость сверхцикловых работ.

Для анализа сверхцикловых работ нами взяты данные за семь месяцев 2017 года по шести сервисным локомотивным депо (таблица 1.2). Всего проанализированы почти 670 тыс. выполненных в депо ремонтных работ, что свидетельствует о репрезентативности выборки.

Таблица 1.2 – Исходные данные для анализа сверхцикловых работ (СЦР)

№ п/п	Депо	Вид тяги	Серии локомотивов	Общая выборка	Число видов СЦР
1	Тында	т/в	ТЭ10в/и	196 871	689
2	Боготол	э/в	ВЛ80р	124 082	349
3	Тюмень	т/в	ТЭ116в/и	109 850	686
4	Амурское	т/в	ТЭ10в/и	121 784	1702
5	Барабинск	э/в	ЭП2К	59 484	215
6	Югра	т/в	ТЭ116в/и	57 844	550
	Всего			669 915	

Примечание: в/и – все индексы, э/в, т/в – электровозная и тепловозная тяга.

Анализ выполнен в среде Excel с использованием встроенного языка программирования VBA, для чего написаны соответствующие программы.

По каждому депо на основании исходных данных (таблица 1.2, столбец «Общая выборка») выполнен анализ видов сверхцикловых работ, их числа, продолжительности и стоимости. По каждому депо на каждый из семи рассмотренных месяцев рассчитан процент сверхцикловых работ от цикловых. В результате получена выборка из  $6 \cdot 7 = 42$  данных, прошедших статистическую обработку.

Сверхцикловые работы  $S$  оценены по их числу, продолжительности и затратам (таблица 1.3). Данные приведены как процент сверхцикловых работ  $N_{\text{сверх}}$  к цикловым работам  $N_{\text{цикл}}$ :

$$S = N_{\text{сверх}}/N_{\text{цикл}} \cdot 100\%. \quad (1.14)$$



Таблица 1.3 – Сверхцикловые работы в ТООР локомотивов, %

Число сверхцикловых работ								
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Всего
Тында	12,6	12,7	12,7	13,3	13,4	13,0	11,4	12,8
Боготол	4,1	4,2	2,9	3,7	4,3	3,3	11,1	4,1
Тюмень	25,9	22,6	19,7	24,1	22,5	17,5	22,5	22,2
Амурское	75,9	59,9	69,9	42,4	57,2	60,4	81,8	62,9
Барабинск	42,7	22,8	20,8	23,1	17,2	20,8	21,3	22,4
Югра	17,9	13,3	7,9	11,5	14,6	11,7	9,6	12,3
Продолжительность сверхцикловых работ								
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Всего
Тында	12,1	12,7	12,3	13,5	14,9	15,9	13,1	13,5
Боготол	4,6	3,3	2,1	3,9	3,5	3,0	13,9	4,8
Тюмень	30,6	26,8	19,9	21,7	17,5	15,8	18,5	21,5
Амурское	58,4	51,7	58,2	38,4	46,0	41,9	50,4	49,3
Барабинск	12,3	9,7	8,2	11,8	9,8	11,2	10,3	10,4
Югра	27,4	23,9	11,6	15,9	25,1	18,1	14,3	19,3
Затраты на сверхцикловые работы								
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Всего
Тында	11,1	11,7	11,6	12,6	13,9	14,8	12,3	12,6
Боготол	4,6	3,3	2,1	3,6	3,2	2,8	13,7	4,6
Тюмень	29,3	25,6	18,7	20,5	16,5	14,7	17,0	20,2
Амурское	54,4	48,4	54,5	36,0	42,8	38,9	47,0	46,0
Барабинск	11,6	9,1	7,8	10,9	9,2	10,6	9,9	9,8
Югра	24,5	20,9	10,7	14,3	22,1	16,3	12,8	17,2

Из выполненного анализа видно, что влияние сверхцикловых работ на надёжность локомотивов зависит от места эксплуатации локомотивов, вида тяги (электровозная, тепловозная) и серии. Наихудшая ситуация в СЛД Амурское с тепловозами в целом, надёжность электровозов существенно выше (Барабинск и Боготол). Учёт сверхцикловых работ следует вести отдельно по каждому депо по каждой серии, т.к. данные в целом являются мультимодальными (рисунок 1.12).

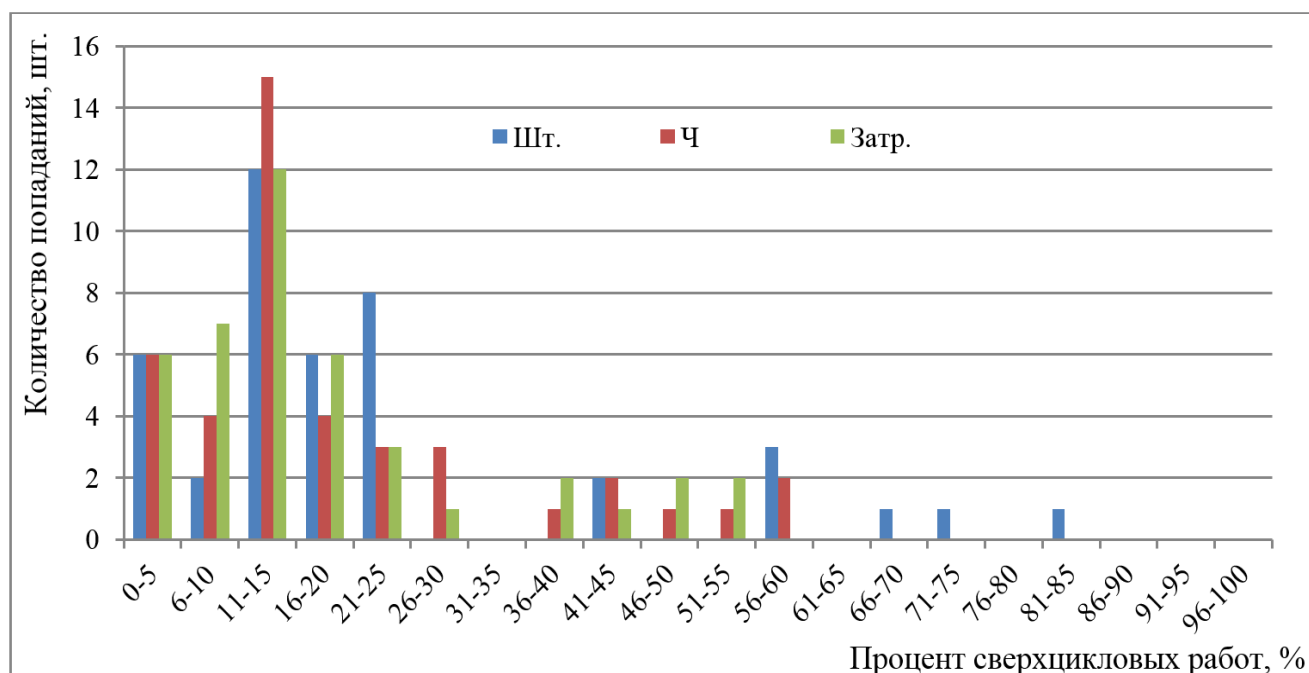


Рисунок 1.12 – Распределение процента сверхцикловых работ

Кроме того, очевидно, что учёт сверхцикловых работ по их числу, трудозатратам или общим затратам даёт примерно одинаковый результат, о чём свидетельствует коэффициент корреляции между параметрами (таблица 1.4), который во всех трёх случаях оказался больше 0,9. Поэтому в дальнейшем анализ выполнен по числу сверхцикловых работ.

Таблица 1.4 – Коэффициент корреляции параметров сверхцикловых работ

Параметр 1 сверхцикловых работ	Параметр 2 сверхцикловых работ	Коэфф. корреляции
Число работ	Продолжительность работ	0,9029
Число работ	Затраты на работы	0,907
Продолжительность работ	Затраты на работы	0,9995

В таблице 1.5 приведены данные о распределении сверхцикловых работ между цехами сервисного локомотивного депо (СЛД). Анализ показал, что это распределение зависит от организации работ в цехе.

Таблица 1.5 – Распределение сверхцикловых работ по цехам, %

СЛД Боготол, цех	Шт.	Ч	Затр.
Участок по ремонту электронного оборудования	12	12	13
Участок по ремонту электрических машин	1	11	12
Участок текущего ремонта электровозов	11	11	10
Участок ремонта механического оборудования	17	8	8
Участок по ремонту электрических аппаратов	31	7	7
Отделение аккумуляторное	10	6	6
Участок по ремонту автотормозного оборудования	0	2	2
Участок текущего ремонта электровозов (СР, ТР-3)	27	2	2
Пункт технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ)	0	0	0
СЛД Барабинск, цех			
Участок текущего ремонта электровозов (СР, ТР-3)	275	66	68
Участок по ремонту электрических машин	10	38	42
Участок по ремонту электрических машин и механического оборудования	46	27	23
Пункт технического обслуживания локомотивов	36	21	19
Участок по ремонту автотормозного оборудования	126	19	18
Участок аккумуляторный	19	14	14
Участок по ремонту КМБ и обточке КП	12	9	8
Отделение по обслуживанию МСУ	24	7	7
Участок по ремонту электронного оборудования	45	5	5
Участок текущего ремонта электровозов	4	3	3
Отделение по ремонту электрических машин	14	3	3

Итак, сверхцикловые работы являются актуальным (чувствительным) показателем, позволяющим максимально полно анализировать надёжность локомотивов и оценивать эффективность ТОиР в целом.

Для анализа сверхцикловых работ в модели необходимо предусмотреть автоматизированное управление выдачей нарядов на цикловые и сверхцикловые работы с дальнейшим анализом их продолжительности и затрат на них. Это можно при сдельной нарядной системе оплаты труда с отказом от почасовой оплаты. Также необходим учёт затрат на материалы по каждому виду работ.

По наличию сверхцикловых работ по каждому виду оборудования (цеху) необходимо организовать анализ причин их возникновения с использованием метода Эдварда Деминга (цикла PDCA) [52].

### 1.2.4 Анализ логистических потерь

На рисунке 1.13 приведены данные о перепростое локомотивов на сервисных видах ремонта (СЛД Тюмень, февраль 2017 г.), из которых очевидно, что логистические потери в депо являются важным источником экономии, повышения эффективности ремонта.

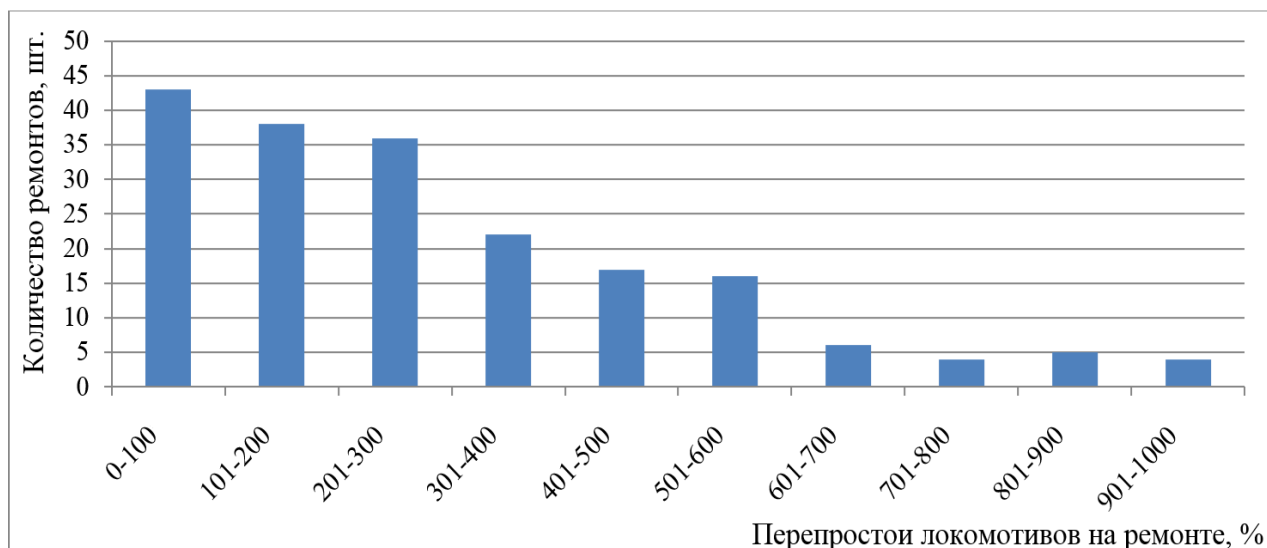


Рисунок 1.13 – Перепростой локомотива на ремонте, % от нормы ( $P = 0,3$ )

На рисунке 1.14 приведена раскладка перепростоя по состояниям. Вибродиагностирование занимает от 3 до 15 % общего времени простоя и имеет нормальный закон распределения с вероятностью соответствия  $P = 0,3$ . Существенное влияние оказывает нехватка персонала – распределение носит бимодальный характер. Наибольшее влияние на простой локомотивов оказывает неплановый ремонт. При этом нет общей закономерности, т.к. распределение носит ярко выраженный мультимодальный характер. Сам же плановый ремонт в большинстве случаев не превышает 30 % времени простоя локомотива в депо.

Значит, при построении модели для сокращения логистических потерь необходимо предусмотреть планирование ремонтов, внутрипроизводственное планирование и диспетчеризацию (управление нахождением локомотива в депо).

Для диспетчеризации на основе анализа логистических потерь СЛД предложена кодировка состояний локомотива в депо, которая использована в модели (таблица 1.6).

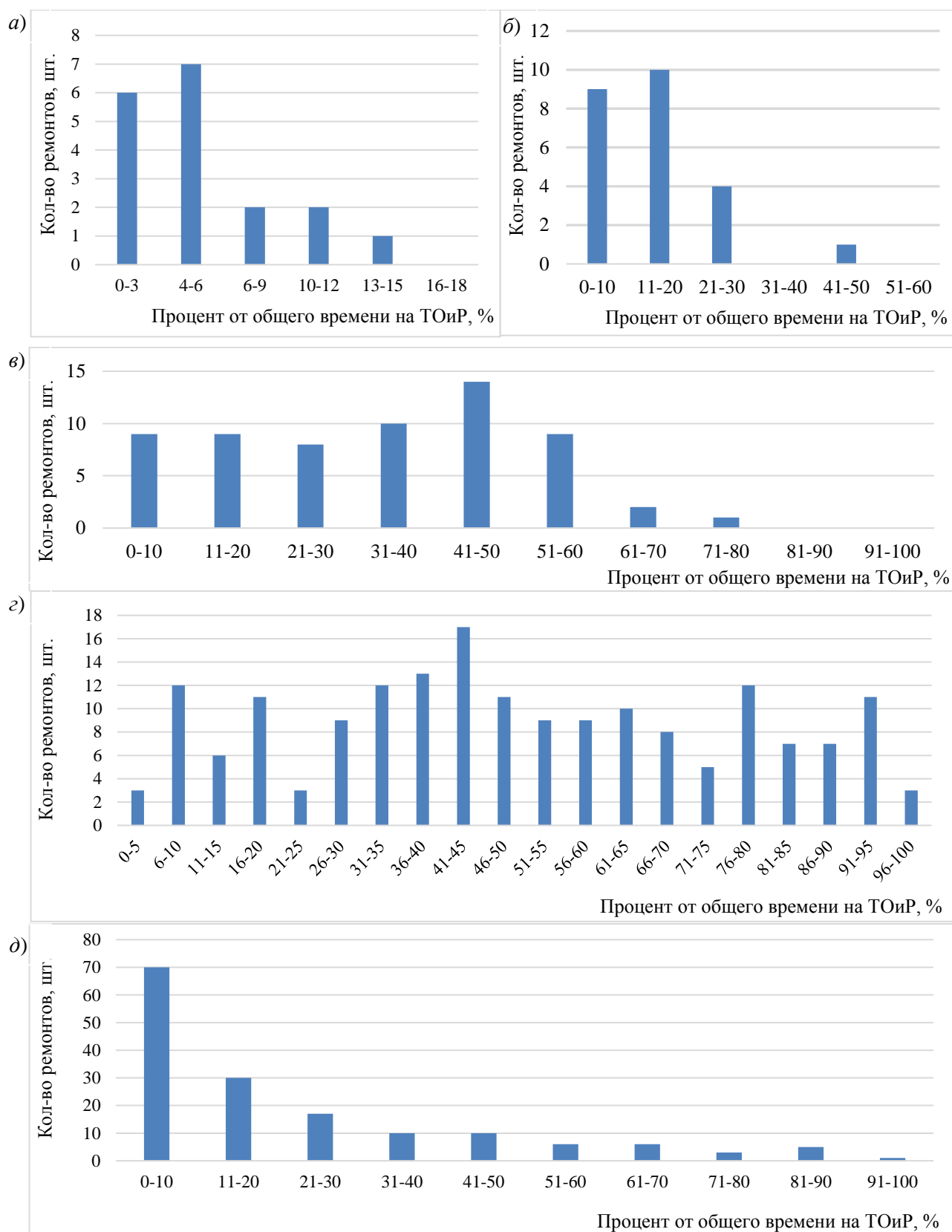


Рисунок 1.14 – Распределение времени при нахождении локомотива на ТОиР, % от общего времени нахождения в депо

*а* – Вибродиагностика ( $P = 0,5$ ); *б* – Нехватка линейного оборудования ( $P = 0,3$ );

*в* – Нехватка персонала ( $P = 0,3$ ); *г* – Неплановый ремонт ( $P = 0,0$ ); *д* – Плановый ремонт ( $P = 0,3$ ;  $P_{\text{эксп}} = 0,9$ )

Таблица 1.6 – Предлагаемые состояния локомотивов  
во время их нахождения в сервисных локомотивных депо

Состояние	Описание
Выдача	<p>Осмотр локомотива перед предъявлением приемщику            Приемка локомотива приемщиком ТЧЭ            Проверка после ремонта под контактным проводом            Проверка тепловоза при работающем дизеле</p>
Маневры	Маневры
Приемка	<p>Приёмка в ремонт в горячем состоянии            Ожидание приемки в ремонт            Приёмка в ремонт в холодном состоянии</p>
Простой	<p>Ожидание выкатки КМБ            Ожидание диагностики КМБ            Ожидание обдувки            Ожидание обточки КП            Ожидание проведения реостатных испытаний АСТД            Ожидание проверки приборов безопасности (КЛУБ и др.)            Ожидание смены оборудования            Ожидание экипировки            Консервация            Ожидание отправки в другое депо            Ожидание приёмщика РЖД</p>
Работа	<p>Модернизация            НР            Проведение реостатных испытаний АСТД            Производство замеров КП            Рекламация            Обточка КП            Цикл ДР            Цикл СР            Цикл ТО-2            Цикл ТО-2 У            Цикл ТО-3            Цикл ТО-5            Цикл ТР-1            Цикл ТР-2            Цикл ТР-2 с ПСС            Цикл ТР-3            Цикл ТР-3 с ПСС            Выкатка КМБ            Выкатка тележек            Диагностика КМБ            Замеры МОП            Обдувка            Проверка приборов безопасности (КЛУБ и др.)            Ремонт оборудования на тракционных путях            Смена крупного оборудования с подъемом крыши            Смена оборудования            Устранение замечаний после приемки</p>
Экипировка	<p>Экипировка водой            Экипировка маслом</p>

	Экипировка песком Экипировка топливом
Разэкипировка	Разэкипировка водой Разэкипировка маслом Разэкипировка песком Разэкипировка топливом
Обслуживание завершено	
Прочее	

Анализируя место и причину простоя локомотива в СЛД, можно управлять перепростоем локомотивов.

#### 1.2.5 Анализ материально-технического обеспечения при техническом обслуживании и ремонте

Особое место в ТОиР занимает материально-техническое обеспечение (МТО), которое, в свою очередь, можно разделить на собственно снабжение депо товарно-материальными ценностями (ТМЦ) и управление выдачей этих ТМЦ для выполнения ТОиР. В диссертации выполнен анализ потребности в ТМЦ для цикловых и сверхцикловых работ для шести депо за октябрь 2017 г. (таблица 1.7). На рисунках 1.1–1.16 приведены результаты расчёта потребности в ТМЦ и МПИ для выполнения цикловых и сверхцикловых работ по таблице 1.7, из которых видно, что обеспечение ТМЦ и МПИ играют важную роль в организации производства ТОиР локомотивов.

Таким образом, в модели обязательно должно быть учтено материально-техническое снабжение как для плановых цикловых работ планово-предупредительной системы ремонта, так и для выполнения сверхцикловых неплановых работ (устранение неисправностей и замечаний).

Таблица 1.7 – Процент работ цикла ТО-3 (ТР-1 у электровозов)  
с ТМЦ и МПИ

На цикловые работы							
%	Амурское	Барабинск	Боготол	Тында	Тюмень	Югра	Сумма
0–1	0	0	0	2	0	0	2
1–2	3	0	1	32	4	0	40
2–3	3	0	2	23	3	7	38
3–4	5	1	13	2	11	0	32
4–5	6	0	12	0	9	5	32
5–6	3	0	14	0	21	0	38
6–7	5	0	19	0	16	6	46
7–8	0	2	19	0	12	0	33
8–9	1	10	16	0	17	4	48
9–10	2	15	27	0	23	0	67
10–11	1	1	33	0	13	1	49
11–12	0	5	20	0	2	3	30
12–13	0	3	7	0	3	0	13
13–14	0	3	3	0	2	0	8
14–15	0	2	0	0	1	0	3
15–16	0	6	0	0	0	0	6
16–17	0	4	0	0	0	0	4
17–18	0	5	0	0	0	0	5
18–19	0	2	0	0	0	0	2
19–20	0	3	0	0	0	0	3
Всего	29	62	186	59	137	26	499
<i>P</i>	0	0,5	0,5	0,95	0,5	0,5	
На сверхцикловые работы							
0–3	0	0	0	2	0	0	2
3–6	0	14	3	8	11	0	36
6–9	4	7	13	11	8	4	47
9–12	2	5	18	12	16	1	54
12–15	1	0	21	8	6	1	37
15–18	0	2	18	4	7	1	32
18–21	1	3	23	2	12	3	44
21–24	0	4	4	5	5	1	19
24–27	0	7	14	2	3	1	27
27–30	0	4	5	1	3	0	13
30–33	0	0	0	1	0	0	1
33–36	0	6	17	3	3	0	29
36–39	0	2	0	1	0	0	3
39–42	0	2	3	0	1	1	7
42–45	0	0	0	0	2	0	2
45–48	0	1	0	0	0	0	1
48–51	0	1	20	0	5	0	26
51–54	0	0	0	0	1	0	1
54–57	0	0	0	0	1	0	1
57–60	0	0	0	0	1	0	1
Всего	8	58	159	60	85	13	383
<i>P</i>	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	



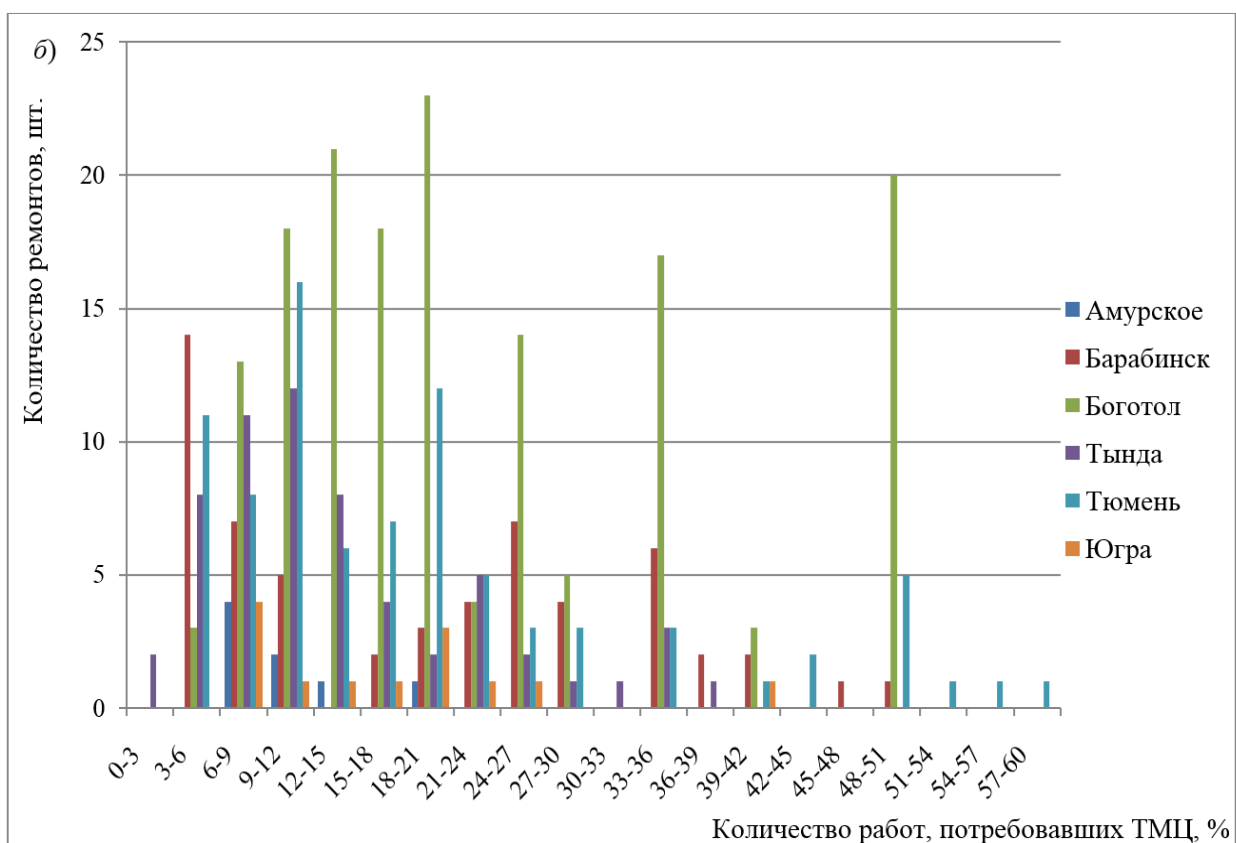
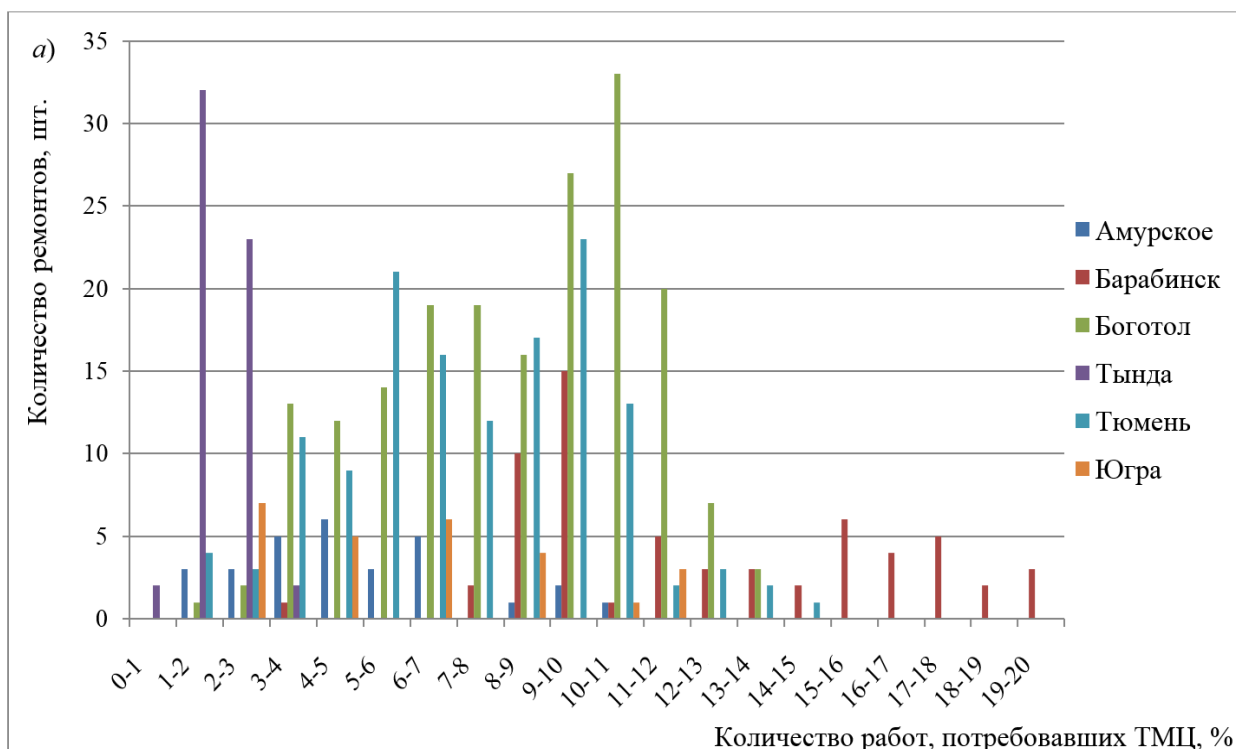


Рисунок 1.15 – Потребность в ТМЦ и МПИ при выполнении ТОиР по депо  
 а – на цикловые работы; б – на сверхцикловые работы

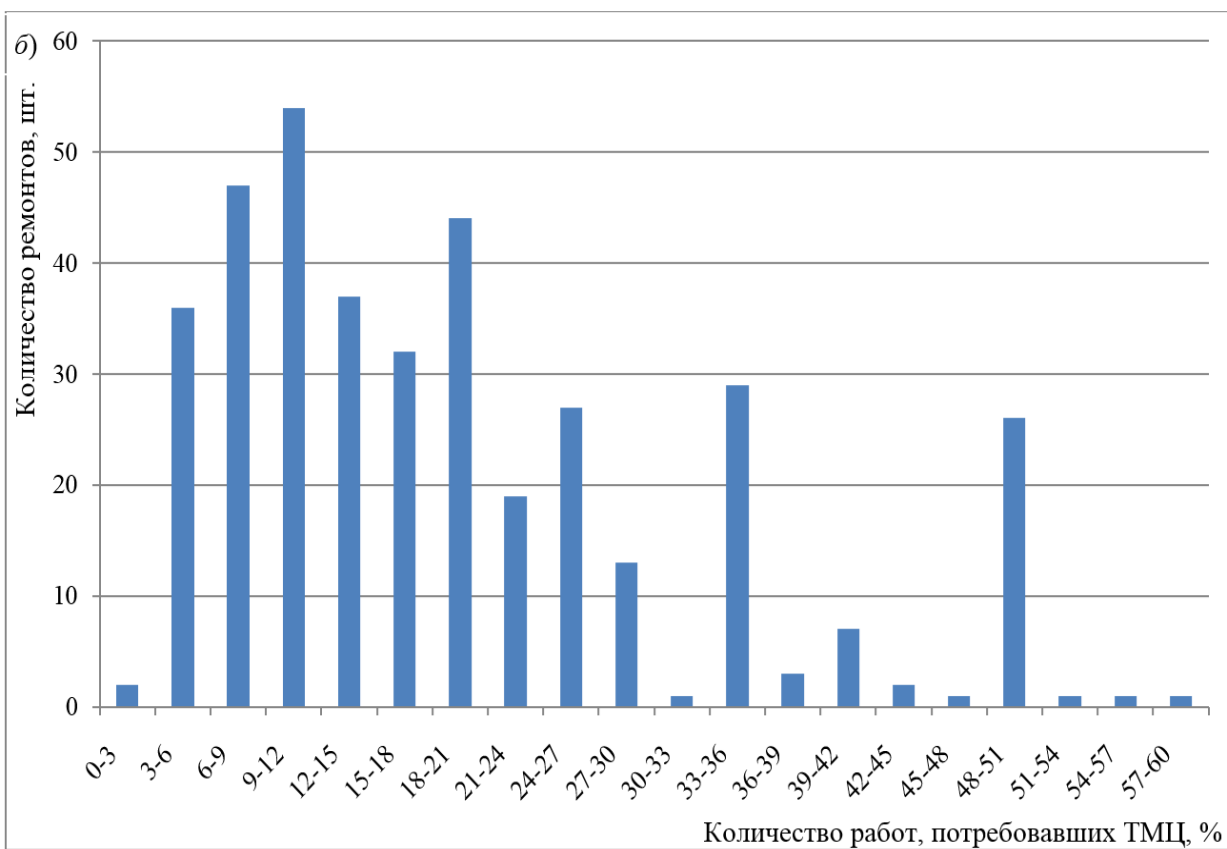
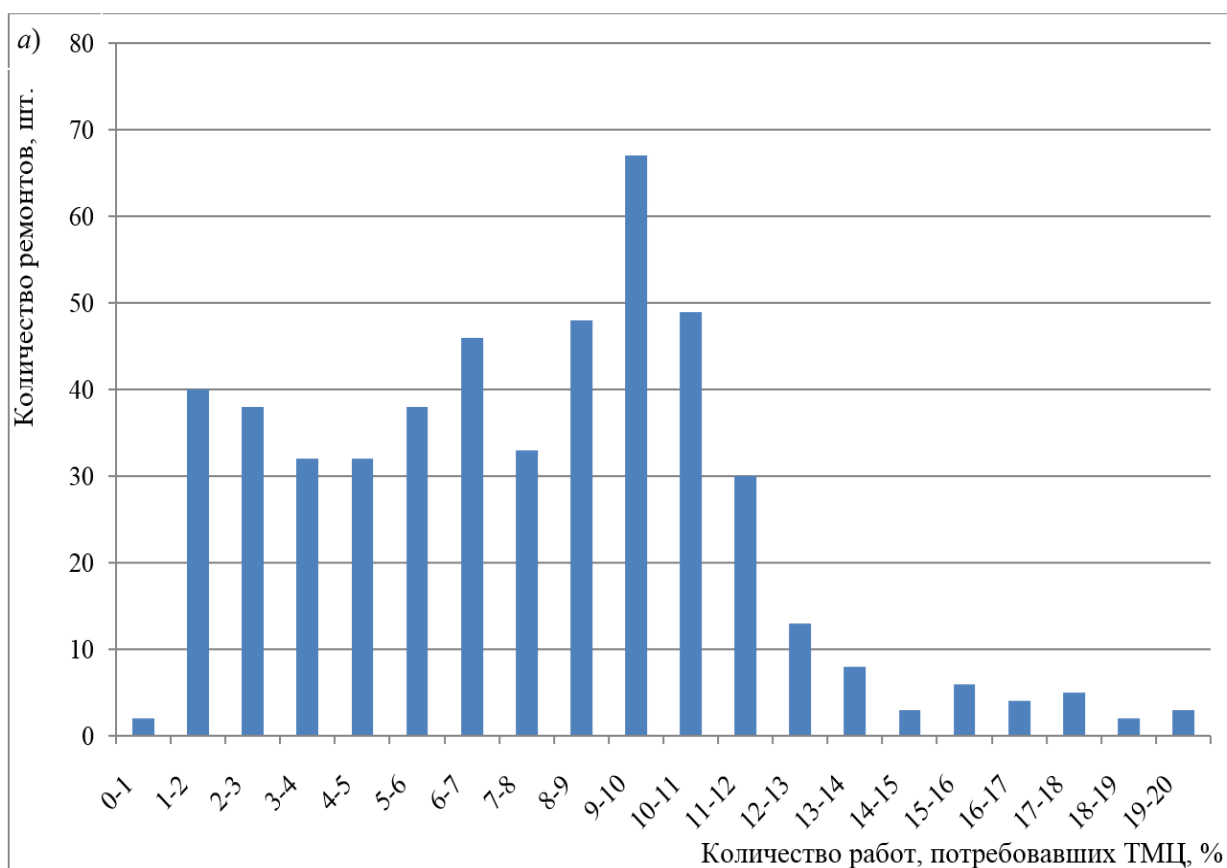


Рисунок 1.16 – Средняя потребность в ТМЦ и МПИ при выполнении ТОиР

а – на цикловые работы; б – на сверхцикловые работы

### 1.3 Постановка задач исследования

В результате выполненного анализа объекта исследования – производственные процессы при техническом обслуживании и ремонте локомотивов сервисной системы технического обслуживания и ремонта локомотивов – цель диссертационной работы (повышение эффективности функционирования производственных процессов технического обслуживания и ремонта локомотивов) достигается решением следующих задач:

- разработать информационно-динамическую модель управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе применения вероятностно-статистических методов и новых информационных технологий;
- разработать алгоритм планирования технического обслуживания и ремонта локомотивов в сервисных предприятиях с использованием новых информационных технологий и методов управления производственными ресурсами;
- предложить классификатор идентификации отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов по результатам мониторинга их технического состояния и классификатор выполняемых работ по восстановлению их работоспособности;
- разработать метод принятия решений по определению фактически необходимого объема работ при проведении технического обслуживания и ремонта локомотивов;
- разработать ключевые показатели эффективности управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов в сервисных локомотивных депо;
- разработать методику практической реализации модели в виде автоматизированной системы управления (АСУ).

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ

### 2.1 Производственные процессы

#### обслуживания и ремонта сложных технических систем

В промышленности под техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) понимается комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности производственного оборудования (изделий, деталей) в процессе технической эксплуатации, хранения и транспортировки [13, 68, 83, 84], включающий в себя и защитные функции, направленные на снижение тяжести возможных последствий отказов и их предотвращение. ТОиР подразделяется на ТО (регламентированное и нерегламентированное), ремонт, модернизацию и замену.

ТОиР носит планово-предупредительный характер и выполняется в соответствии с технической документацией заводов-изготовителей в обязательном порядке после определенной наработки по заранее утвержденному регламенту. Могут возникнуть дополнительные работы из-за отказа оборудования. ТОиР реализуется по стандартам ISO на системы менеджмента качества (СМК).

При реализации сервисного ТОиР налагаются дополнительные требования. С одной стороны, сервисное обслуживание современной промышленной продукции, как правило, ориентируется на жизненный цикл изделия с момента его изготовления до момента утилизации. С другой стороны, любой сервис ориентирован на удовлетворение клиента (заказчик должен не просто получить услугу, но и ощутить удовлетворенность от работы с сервисом), что налагает дополнительные требования: следует учитывать психологические особенности процесса взаимоотношения заказчик – сервис. Таким образом, задача сервисного ТОиР локомотивов, как и промышленных систем в целом, заключается в обеспечении надёжной работы тягового подвижного состава. Число и продолжительность unplanned ремонтов (НР) и ТОиР оговаривается в технических условиях на локомотив и в специальном документе – договоре об уровне сервисного обслуживания (SLA). Например, у ООО «ЛокоТех-Сервис» в качестве SLA выступает договор на сервисное обслуживание, заключенный компанией с ОАО «РЖД» [54].

Задача сервисного ТОиР локомотивов – разновидность сервисного ТОиР любых сложных систем [164], реализация которого глубоко проработана в мировой практике. Большинство положений доведено до уровня международных стандартов (ISO).

Основой современного сервисного ТОиР служит понятие «Контракт жизненного цикла» [45, 99, 100]. Жизненный цикл изделия – «совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта» [13, 14]. Обычно жизненный цикл рассматривает период от разработки и изготовления продукции, эксплуатации и обслуживания до её утилизации по окончании эксплуатации. Очевидно, что к сервисному ТОиР относится этап технической эксплуатации, который и следует рассматривать в настоящем исследовании.

В мировой практике хорошо проработаны принципы управления жизненным циклом промышленных изделий. Даже установился общепринятый термин: PLM (Product Lifecycle Management). Основу всех современных PLM составляют информационные системы (PLM-системы).

Первая задача PLM – автоматизация проектирования, которая осуществляется соответствующими системами (САПР). В литературе встречаются системы функционального и инженерного анализа, технологического и конструкторского проектирования. САПР к ТОиР имеет отношение только в части предоставления исходной информации о конструкции локомотива.

Вторая задача PLM – управление поставкой комплектующих для производства и ремонта. Управление поставками подразумевает продвижение материального потока с минимальными издержками. Применительно к сервисному обслуживанию – это задачи материально-технического обеспечения (МТО). Во многих системах в состав PLM входит функция электронной коммерции. Эта задача также выходит за рамки ТОиР. К ТОиР же относится этап автоматизированного управления производством (АСУ ТП).

Система управления сервисным ТОиР является, по сути, PLM-системой, к которой применимы соответствующие принципы построения. В основе системы управления лежит информационно-управляющая система (АСУ), на базе которой

реализуются научно обоснованные принципы управления качеством и уровнем сервиса.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) – это одно из основных направлений информатизации и автоматизации промышленных предприятий. АСУ ТП представляет собой группу технических и программных средств автоматизации управления технологическими станками и оборудованием на промышленных предприятиях. Управление ТОиР локомотивов включает в себя понятие «АСУ ТП».

Организация АСУ ТП ТОиР осуществляется через сетевой график – информационно-динамическую модель производственного процесса, соответствующую технологической последовательности производственных операций, включая планирование работ и контроль их исполнения. При этом учитывается расход ресурсов и потери. Визуализация технологических процессов широко применяется в АСУ ТП и повышает эффективность управления. Организация ТОиР также должна быть наглядно визуализирована.

Одним из самых популярных способов визуализации процесса управления являются диаграммы Ганта [104]. Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельному проекту, задаче или подзадаче. Проекты, задачи и подзадачи, составляющие план, размещаются по вертикали (каждой строке соответствует одно действие, операция). Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи. На рисунке 2.1 показан пример диаграммы Ганта: каждая операция изображена синим квадратом, длина которого пропорциональна продолжительности операции. Стрелки показывают последовательность выполнения операций [115, 116].

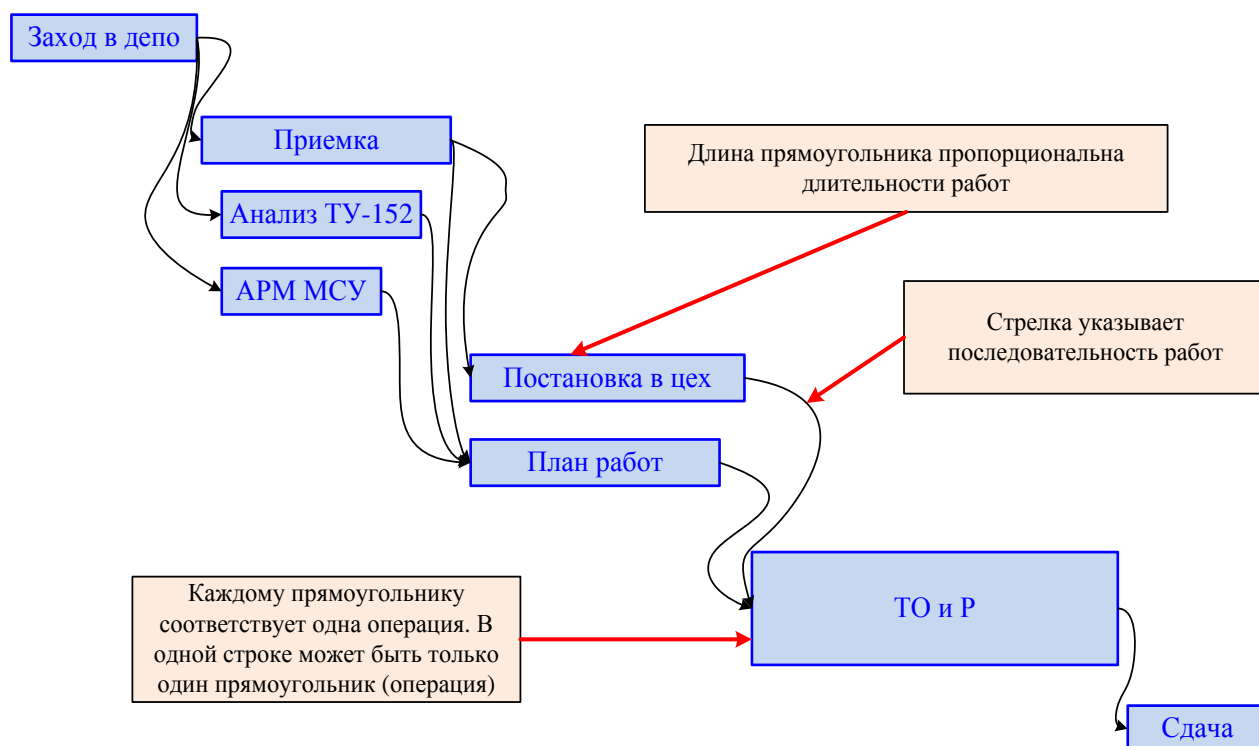


Рисунок 2.1 – Принцип сетевого планирования в диаграммах Ганта

Диаграммы Ганта менее наглядны, чем графы, но гораздо удобней в управлении за счёт возможности их комплексного использования, крепления данных к каждой операции (резервирование всей строки за операцией), «сверления» и др. Диаграммы Ганта позволяют менеджерам всех уровней контролировать производственные процессы на нужном уровне детализации при необходимости производить «сверление»: получение диаграммы Ганта как расшифровка одного из квадратов. Комплексное использование возможностей принципа диаграмм Ганта – главное их достоинство.

Сетевой график в модели должен позволять:

- представлять технологический процесс в целом (от захода локомотива в депо до его выхода), укрупненно и с точностью до технологической операции. Переход от одного уровня к другому должен быть возможен в интерактивном режиме, в т.ч. путём двойного щелчка мышкой по квадрату интересующей операции;
- выводить в строке операции числовых и текстовых данных, касающихся этой операции: время, стоимость, трудозатраты и др.;
- позволять производить индивидуальные настройки;

- одновременно отображать типовой сетевой график, текущий план и фактическое исполнение: все три, частично или один из них;
- распечатывать график;
- экспортировать данные в MS Excel, MS Project;
- обеспечивать информационное сопровождение системы управления базами данных (СУБД);
- иметь интерактивные возможности поддержки принятия решений;
- реализовывать другую функциональность, свойственную диаграммам Ганта, в т.ч. из пакета программ MS Project;
- позволять сравнивать фактическое состояние одновременно нескольких объектов ремонта;
- автоматически определять фактический дефицит трудовых, материальных ресурсов на текущую дату и строить прогноз с опережением не менее 15 календарных дней, прогнозировать в зависимости от вводимых данных (перспективная задача);
- предусматривать возможность построение графика не только на время нахождения локомотива в депо, но и на возможные подготовительные и заключительные операции, производимые до захода и после выхода локомотива из депо (особенно при проведении ТР-3 и СР). Например, техпроцесс ремонта ТЭД, вспомогательных машин и др. начинается задолго до постановки локомотива в ремонт за счет наличия переходного комплекта оборудования, а часть оборудования демонтированного в процессе ремонта локомотива после соответствующего ремонта устанавливается на следующий (другой) локомотив. Это обусловлено тем, что время на ремонт отдельных узлов не укладывается в норматив простоя локомотива в ремонте и тем, что отдельные узлы требуют более крупного (заводского) вида ремонта по состоянию или пробегу.

Информационное обеспечение АСУ ТП (программное обеспечение) для автоматизации сетевого планирования и управления промышленным предприятием распространено на рынке программ автоматизации технологических процессов. Поэтому поставленную задачу автоматизации управления ТООР локомотивов с определенным приближением можно считать типовой задачей.



Наиболее известным аналогом можно считать модули РМ и QM программного комплекса SAP R/3 [96]. В ОАО «РЖД» для создания АСУ ТП на базе этих модулей разрабатывается пакет программ ТОРО. Несмотря на ряд преимуществ модулей РМ и QM, их внедрение имеет смысл только при реализации комплексного управления (ERP-системы) на базе SAP R/3. В «ЛокоТех-Сервис» в качестве базовой информационной системы принят пакет программ «1С» (отечественный аналог пакета программ SAP R/3). Имеется в «1С» и модуль управления проектами, позволяющий реализовать сетевое планирование, в т.ч. с использованием визуализации процессов в виде диаграмм Ганта.

Самым популярным в мире пакетом программ для реализации диаграмм Ганта является программа управления проектами Microsoft Project, входящая в расширенный пакет программ Microsoft Office. Пакет программ позволяет реализовать любую конфигурацию системы, является самым гибким и универсальным пакетом программ. MS Project не привязан к конкретным задачам управления, и требуется полный цикл разработки технологии.

Достаточно популярен в мировой практике пакет программ IBM Maximo, созданный для управления ремонтом и техническим обслуживанием производственных активов. Состоит из шести основных функциональных блоков управления (активами, обслуживанием, сервисами, снабжением, материальными запасами и контрактами). Пакет IBM Maximo больше «заточен» не под АСУ ТП, а под управление предприятием в целом (Enterprise Asset Management. EAM). Как и SAP R/3, пакет представляет интерес при комплексном внедрении.

Для управления ремонтом и техническим обслуживанием производственных активов существуют универсальные пакеты программ (EAM-системы), имеющие комплексный функционал (планирование ремонтов, складское снабжение, договорные отношения, учет активов и т.д.), охватывающие все бизнес-процессы ремонта и обслуживания активов предприятия. Однако настройка этих систем под задачи сервиса может оказаться по трудоёмкости сопоставимой с созданием специализированной системы. Более того, EAM-системы больше ориентированы на управление предприятием в целом.

На рынке программного обеспечения существует большое число программ, позволяющих планировать как работу специалиста, так и компании в целом. Примером может служить программа MS Outlook. Технологию online планирования можно считать глубоко проработанной, поэтому использования опыта уже существующих систем обязательно.

В качестве специализированной системы управления технологическими процессами локомотиворемонтного предприятия могут служить разработки компании CLARIS Solutions (Германия), предлагающей системные решения для железнодорожных компаний: электронные паспорта локомотивов, мониторинг их технического состояния, управление материалами и др. Компания готова адаптировать своё программное обеспечение к задачам любой локомотиворемонтной компании за 30–40 недель.

Опыт создания АСУ ТП имеется и в ОАО «РЖД» в Отраслевом центре внедрения (ОЦВ): созданы бета-версии сетевого графика и АРМ мастера и нескольких других программных модулей, привязанных к программе АСУТ. Совокупность работ по АСУ ТП ремонтных локомотивных депо имеет общее название: «АСУ ЦТР». Имеется опыт эксплуатации системы.

В Иркутском государственном университете путей сообщения (ИрГУПС) при участии ОЦВ разработан и реализован сетевой график ремонта для ремонтного локомотивного депо «Нижеудинск». График позволял отслеживать ремонт локомотивов, поставленных на плановые виды ремонта: ТР-1 и ТР-2. Сетевой график ИрГУПС позволял в режиме online контролировать выполнение ремонта с выводом информации на экран монитора в цехах депо, а также передавать через систему передачи данных РЖД и отражать сетевой график в Дирекции по ремонту тягового подвижного состава ОАО «РЖД». График сопровождался вручную оператором депо.

Интересный технологический опыт накоплен в Астанинском локомотиворемонтном депо, где внедрена информационная система «Сервис» разработки ООО «Камкор менеджмент». Система применяется как инструмент диспетчеризации и фиксации текущей ситуации по эксплуатационному парку локомотивов серий 2ТЭ10, ТЭП70, ТЭМ2, ВЛ40, ВЛ60 и ВЛ80. Система включает в себя мониторинг

проводимого сервисного обслуживания в разрезе видов работ, качества их проведения, получения аналитических выходных форм, а также сводных ведомостей выполненных сделанных работ.

Таким образом, т.к. рынок систем автоматизации управления технологическими процессами (АСУ ТП) достаточно большой, то целесообразно выбрать уже существующую платформу программирования.

В сервисных компаниях автоматизировано управление складами, поставками, персоналом, финансами. Решаются задачи управления конструкторской и технологической подготовкой производства, номенклатурой производства (в т.ч. систему управления каталогом) и оборудованием. Остаются нерешенными задачи оперативного планирования управления производственными процессами и его потребностями в ресурсах [113, 116].

Приведенный анализ мировых тенденций в области управления жизненным циклом сложных технических систем позволяет сформулировать основные требования к сервисной модели управления ТОиР:

- модель должна привести к существенному повышению эффективности ТОиР с получением экономического эффекта;
- модель позиционируется как ключевой элемент АСУ ТП;
- модель должна предусматривать визуализацию; желательна возможность просмотра сетевого графика в виде графа;
- функциональную и графическую основу модели должны составлять диаграммы Ганта, которые должны иметь привязку ко всем необходимым для управления данным, иметь возможность «сверления», адаптации к решаемым задачам (например, вывод плановых и фактических показателей, изменение плановой продолжительности операции и др.);
- так как рынок систем автоматизации управления технологическими процессами (АСУ ТП) достаточно большой, то необходимо выбирать одну из существующих платформ программирования;
- модель должна быть распределенной системой управления, работать в Интернете с возможностью удаленного доступа к данным;

– модель должна позволять отслеживать жизненный цикл любого инцидента: ситуации, отличной от нормальной эксплуатации локомотивов (плановые ТОиР, отказы и неплановые ремонты, замечания машинистов, предотказные состояния и др.);

– модель должна быть встроена в систему управления предприятием (ERP-систему).

Кроме перечисленных основных требований, к модели предъявляются и специфические требования.

Масштабируемость: способность системы, сети или процесса справиться с увеличением рабочей нагрузки (увеличивать свою производительность) при добавлении ресурсов (обычно аппаратных); модель должна позволять увеличивать производительность пропорционально дополнительным ресурсам; масштабируемость должна производиться без структурных изменений системы.

Многоуровневое управление: модель должна позволять управлять технологическими процессами на разных уровнях управления: отдельным технологическим процессом (например, замена агрегата на локомотиве) и его подпроцессами; группой процессов (например, техническое обслуживание или планово-предупредительный ремонт одного локомотива; заходом локомотива в сервисное локомотивное депо; работой СЛД в течение смены, суток, месяца, квартал и года; ТОиР и НР в целом на полигоне; ТОиР и НР в целом по СЛД; ТОиР и НР в целом в филиале; ТОиР и НР в целом в сервисной компании.

«Сверление»: должна быть обеспечена возможность «сверления» («проваливания»), когда с элемента одного уровня сетевого графика можно переходить на сетевой график подчиненного уровня, в т.ч. с использованием визуальных элементов управления.

Разработка и сопровождение жизненного цикла программного обеспечения системы должны соответствовать международным стандартам (ISO) в области программирования, а также рекомендациям (best practice) комитета Software Engineering Coordinating Committee – SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) [101].

Таким образом, основные требования к модели формулируются как к системе сетевого автоматизированного управления технологическими процессами локомотивного депо как промышленного предприятия.

## 2.2 Степень проработанности задачи организации технического обслуживания и ремонта

Научные принципы управления надёжностью сложных технических систем разработаны в рамках создания стандартов менеджмента качества (СМК), бережливого производства (Lean Production) и управления качеством [34–46, 70, 140–159].

С интенсивным развитием промышленности с конца XIX – середины XX вв. разработаны принципы управления (менеджмента) качеством продукции. В результате требования к производственным процессам и процессам обслуживания доведены до уровня международных стандартов, которые следует положить в основу информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов.

Особое место среди стандартов управления качеством занимает принцип постоянного улучшения [7, 40, 66, 89], предложенный руководителем лаборатории Bell Laboratories Уолтером Шухартом [77]: на основе известных статистических методов предложена «триада первоочередных мер»:

- определить математические требования к расчёту показателей надёжности каждого узла изделия;
- определить уровень надёжности с помощью выбранных математических методов;
- взять за основу имеющийся уровень надёжности для дальнейшего постепенного повышения за счёт корректирующих мероприятий.

Известный ученый и практик в области менеджмента качества и организации производства Эдвард Деминг развил идеи Уолтера Шухарта, доведя их до уровня теории вариабельности: выделять «специальные причины» изменчивости продукции из «общих» [7, 144, 187]. Главный принцип управления Э.Деминга известен как «цикл Деминга», или «цикл PDCA» (Plan, Do, Check, Act): планируй, действуй, проверяй результат статистическими методами, корректируй процесс. Главный

принцип организации производства – наличие обратных связей постоянного улучшения. Это и есть главное требование стандарта ISO 9001 [45] и входит в состав восьми принципов управления стандарта ISO9000 [44].

Модель должна реализовывать принцип постоянного улучшения (цикл PDCA), позволяющий постоянно повышать качество ТОиР и, как следствие, надёжность локомотива [91]. Особое место в цикле PDCA играет этап «Check» – анализ данных и причин инцидентов. Модель должна в своей основе содержать вероятностно-статические методы для управления возникающими вариациями технологических процессов ТОиР и эксплуатации локомотивов как для управления общими, так и специальными причинами вариаций.

Следует отметить, что положительный опыт реализации принципа постоянного улучшения (цикла PDCA) и даже теории вариабельности имеется и на отечественном железнодорожном транспорте. Учеными кафедры «Электрическая тяга» МИИТ (И.П.Исаев, А.В.Горский, А.А.Воробьёв, А.В.Скребков и др.) и специалистами Московской железной дороги (В.Т.Стрельников, Ю.И.Попов) в локомотивном депо Рыбное в конце 1970-х гг. реализована комплексная система управления качеством ремонта и технического обслуживания электровозов серии ВЛ8 по объективным статистически определяемым показателям [17, 18, 28–33, 64, 65, 162]. Позже аналогичная система создана в депо Красный Лиман. Внедрение систем дало экономический эффект: повышение коэффициента готовности электровозов постоянного тока серии ВЛ8 с 0,74 до 0,91. В результате эксплуатируемый парк был сокращён на 45 %. Уменьшение коэффициента простоя электровозов с 0,12 до 0,04 снизило затраты на ТОиР при грузопотоке 70 млн т нетто в 2,8 раза. Эффект получен за счёт оптимизации затрат депо на ТО-3 и ТР-1 и оптимизации межремонтного пробега. Отечественный опыт подтверждает эффективность применения статистических методов управления даже при том, что функционирование систем было ограничено отсутствием на то время средств вычислительной техники.

Выполненный анализ показал полезность учёта в разрабатываемой для локомотиворемонтного комплекса модели требований международного стандарта сервисного обслуживания информационных систем ITIL (Information Technology Infrastructure Library) [98, 131, 133, 191]. Положения ITIL входят в ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-1–2013 «Управление услугами». Главными из 10 книг

ITIL для сервисного обслуживания являются «Поддержка услуг» и «Предоставление услуг» (IT Service Management), которые используются в центральной дирекции связи (ЦСС) и дирекции информационных технологий (ЦКИ) ОАО «РЖД». Согласно ITSM следует организовать работу по 10 процессам: управление Инцидентами, Проблемами, Уровнем Сервиса, Конфигурациями, Изменениями, Релизами, Затратами, Мощностью, Непрерывностью и Доступностью. Положения ITIL следует учесть в Модели.

Подходы ITIL к сервису как к управлению инцидентами (любыми ситуациями, отличными от нормальной работы) и Проблемами (причинами инцидентов) полностью соответствует принципу постоянного улучшения (циклу PDCA). А переход от понятия «Отказ» к понятию «Инцидент» также соответствует методу «Пирамиды Гейнриха», предложенному американским учёным Г. Гейнрихом (Herbert William Heinrich) для управления производственным травматизмом. Метод изложен в 1931 году [190]. На основании анализа 550 тыс. несчастных случаев Г. Гейнрих доказал статистически достоверную закономерность «1-30-300»: на каждую тяжёлую травму приходится 30 несчастных случаев и 300 инцидентов. В результате было предложено управлять не по случаям травматизма, а по инцидентам.

Управление по первопричинам, а не следствиям должно быть использовано в модели. В частности, в модели необходимо ввести понятия «инцидент» (событие, которое при своём частом повторении может привести к отказу) и «проблема» (причина возникновения инцидентов).

Выполненный анализ мирового и отечественного опыта (литературных источников) позволяет сделать следующие выводы (рисунок 2.2): в настоящее время в мировой и отечественной практике создана методологическая база для организации управления качеством и надёжностью изделий, качеством их изготовления и ТОиР (в т.ч. сервисного), сформулированная в мировых (ISO), национальных (ГОСТ) и отраслевых (СТК) стандартах; математическая и логическая подсистемы Модели должны использовать в своей основе методы этих стандартов [7, 34–46, 50–52, 77, 140–159, 192, 193]; структурную основу модели должен составлять принцип постоянного улучшения (цикл Деминга, цикл PDCA); модель должна базироваться на вероятностно-статистических методах управления, составляющих основу теории вариабельности; логический принцип построения модели должен иметь в

основе положения международных, отечественных и отраслевых стандартов в области менеджмента качества, управления предприятием и управления надёжностью; управление согласно методу пирамид Гейнриха (рисунок 2.2) должно быть направлено на первопричины низкой надёжности локомотивов, основными из которых должны быть нарушения режимов эксплуатации и сверхцикловые работы; имеется комплекс предпосылок для проведения дальнейших исследований в области разработки информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов.

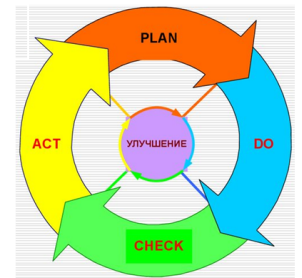
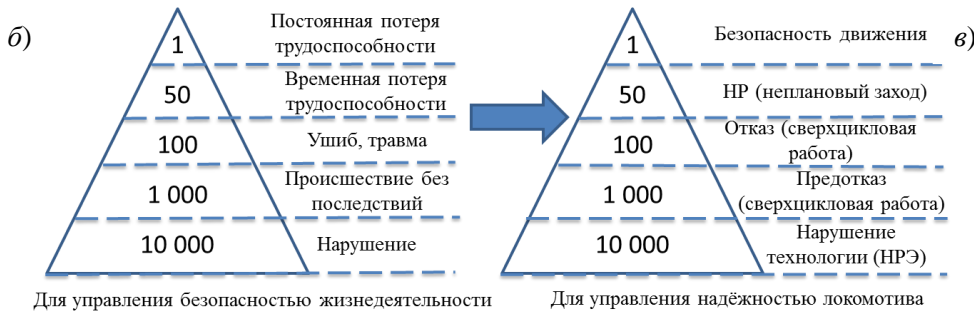


Рисунок 2.2 – Базовые стандарты построения модели

a – Стандарт управления ИТЛ; б – Пирамида Гейнриха;

в – Цикл Деминга – Шухарта (PDCA)



## 2.3 Структура информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов

В результате выполненного анализа объекта исследования (гл. 1) и мирового опыта организации производственных процессов (гл. 2) определены базовые функциональные подсистемы, которые должны входить в состав предлагаемой модели (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Базовые функциональные подсистемы информационно-динамической модели управления сервисным обслуживанием и ремонтом локомотивов (модели)

1. Организация мониторинга эксплуатации и технического состояния локомотивов: сбор информации о работе локомотива  $A$ , режимах эксплуатации локомотивов и техническом состоянии  $Q$  с бортовых МСУ, а также (в случае недостатка информации) со стационарных и переносных автоматизированных систем технического диагностирования, используемых в сервисных локомотивных депо.

На этом этапе работы модели определяется фактически выполненный локомотивом объём работы  $A$  (пробег, тонно-километровая работа, расход топлива, т. и электроэнергии, кВт·ч, наличие нарушений режимов эксплуатации и их количество. Одновременно определяется фактическое состояние локомотива  $Q$  как набор

параметров, характеризующих правильность функционирования оборудования и работоспособность локомотива, исправность узлов и оборудования локомотива.

2. Организация постановки локомотивов на ремонт, формирование графиков постановки локомотивов на ремонт: оперативное и долгосрочное планирование с учётом параметров эксплуатации локомотива  $A$  и его фактического технического состояния  $Q$  [81, 113].

На этом этапе работы модели по данным о выполненной локомотивом  $i$  работе  $A_i$ , его техническом состоянии  $Q_i$  и нормативному межремонтному пробегу  $A_{\text{норм}}$  определяется дата  $D_{Li}$  постановки  $i$ -го локомотива  $L_i$  на техническое обслуживание или ремонт (ТОиР):

$$D_{Li} = f(A_i, A_{\text{норм}}, Q_i). \quad (2.1)$$

В результате формируется график постановки локомотивов на ремонт  $D$  как совокупность дат постановки на ТОиР каждого из локомотивов:

$$D = \{D_{L1}, D_{L2}, \dots, D_{Li}, \dots, D_{LN}\}, \quad (2.2)$$

где  $N$  – общее число сервисных локомотивов депо.

3. Внутрипроизводственное планирование (ВПП): ресурсы  $Z$  для выполнения ремонтов  $R$  включают в себя трудовые, инструментальные, инфраструктурные (канавы, пути и др.) ресурсы, ремонтное оборудование (обточные станки, скатоподъёмники, краны, домкраты и др.), запасные части (товарно-материальные ценности, ТМЦ) и материалы повторного использования (МПИ), электроэнергию, топливо, другие виды ресурсов. Внутрипроизводственное планирование ресурсов  $Z$  осуществляется согласно прогнозным (годовым, квартальным, месячным) и оперативным (декадным, трёхсуточным, суточным) графикам ремонта  $D$ . Ресурсы  $Z$  для выполнения ремонтов  $R$  формируются по данным об объёме выполненной работы  $A$  и данным о фактическом состоянии локомотивов  $Q$ . При этом учитываются нормативы потребления ресурсов  $Z_{\text{норм}}$  и статистика их потребления  $Z_{\text{стат}}$ :

$$Z_i = f(A, Q, Z_{\text{норм}}, Z_{\text{стат}}), \quad (2.3)$$

$$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_i, \dots, Z_M\}, \quad (2.4)$$

где  $Z_i$  – потребность в  $i$ -м ресурсе;  $M$  – число видов ресурсов, необходимых для организации ТОиР.

На основании потребных ресурсов  $Z$  организуется материально-техническое обеспечение ТОиР.

4. Организация управления производственными процессами (техническое обслуживание и ремонт локомотива (ТОиР) плановое или неплановое).

На этом этапе работы модели согласно графику постановки локомотивов  $D$ , выделенным ресурсам  $Z$  и фактическому состоянию локомотива  $Q$  организуются технологические производственные процессы ТОиР  $R$  локомотивов  $L$  в условиях сервисных депо  $R$ :

$$R_i = f(D_i, A_i, Q_i, Z_i), \quad (2.5)$$

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_N\}, \quad (2.6)$$

где  $R_i$  –  $i$ -я операция (работа), выполняемая в процессе ТОиР локомотива;  $N$  – число технологических операций, требуемых для ТОиР локомотива.

Технологические процессы ремонта локомотивов  $R$  организуются с учётом требований международных стандартов в области систем менеджмента качества (СМК), бережливого производства, теории вариабельности и других международных стандартов.

5. Факторный анализ (принятие корректирующих мер по принципу постоянного улучшения (цикл PDCA) – оперативный и периодический анализ всей совокупности информации с применением математических и логических методов с целью улучшения ключевых показателей качества ТОиР (KPI – Key Performance Indicators) с последующим планированием корректирующих мероприятий по их устранению):

$$KPI = f(A, D, Q, R, Z). \quad (2.7)$$

Согласно обоснованной в настоящей главе функциональной структуре в следующей главе описана разработанная информационно-динамическая модель управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов.

### **3 НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

#### **3.1 Мониторинг технического состояния и идентификация отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов**

Мониторинг позволяет определить фактически выполненный локомотивом объём работы  $A$  (пробег, тонно-километровая работа, расход топлива,  $t$ , и электроэнергии, кВт·ч). Одновременно определяется фактическое состояние локомотива  $Q$  как набор параметров, характеризующих правильность функционирования оборудования и работоспособность локомотива, исправность узлов и оборудования локомотива, а также наличие нарушений режимов эксплуатации и их число как важный фактор, влияющий на техническое состояние локомотива.

Мониторинг эксплуатации и технического состояния локомотивов рассмотрен в [82], здесь в модели предлагается использовать предложенные концептуальные подходы: мониторинг эксплуатации локомотивов осуществляется по данным АСОУП, систем КАС АНТ, КАСАТ, УРРАН и др. [16, 47, 59, 122]. Регистрируются пробеги локомотивов, массы поездов, тонно-километровая работа.

Главным объективным источником информации мониторинга являются автоматизированные системы технического диагностирования (АСТД) [93], основными из которых должны стать бортовые микропроцессорные системы управления (МСУ) [5, 11, 48, 56, 61–63, 85–87, 102, 103, 130, 165, 189], контролирующие в процессе управления локомотивом ряд параметров, данные о которых поступают с датчиков.

Так как МСУ контролируют не все виды оборудования, то их данные дополняются данными деповских переносных и стационарных желательного автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД). По мере эксплуатации локомотивов формируется их диагностический образ. Мониторинг позволяет сформировать исходные данные для большинства последующих операций жизненного цикла локомотивов.

Главное отличие от [82] заключается в том, что понятие «инцидент»  $Q$  рассматривается в паре с понятием «ремонт»  $R$ . Пары  $Q \rightarrow R$  {«инцидент»  $\rightarrow$  «ремонт»} создают систему поддержки принятия решений (СППР) для определения объёма ремонта по данным мониторинга.

Алгоритм мониторинга показан на рисунке 3.1. При появлении в процессе мониторинга очередного инцидента  $Q$  система поддержки принятия решений на основании ранее накопленного опыта рекомендует порядок проведения ТОиР  $R$ . После ремонта уточняется информация о фактическом отказе  $R$  (неисправности, разрегулировке), приведшем к инциденту  $Q$ . Внесённые в систему данные позволяют постоянно самообучать и совершенствовать СППР.

Для реализации системы по рисунку 3.1 необходимо создать классификатор инцидентов  $Q$  (проявлений отказов) – существующая система текстовых сообщений, регистрируемых в журнале формы ТУ-152 (бортовой журнал) и ТУ-28 (журнал ремонтов) крайне неудобна для организации СППР.

На этапе мониторинга главными математическими методами являются методы диагностирования, не рассматриваемые в диссертации: контроль параметров и их трендов, корреляционный анализ, логический анализ работы локомотива и др. [2, 82].

В результате мониторинга технического состояния локомотивов  $Q$  и их эксплуатационной работы  $A$  формируется множество диагностических данных  $Q$ , которые при несоответствии работоспособному состоянию  $Q_{\text{норм}}$  ( $Q < > Q_{\text{норм}}$ ) признаются инцидентом.

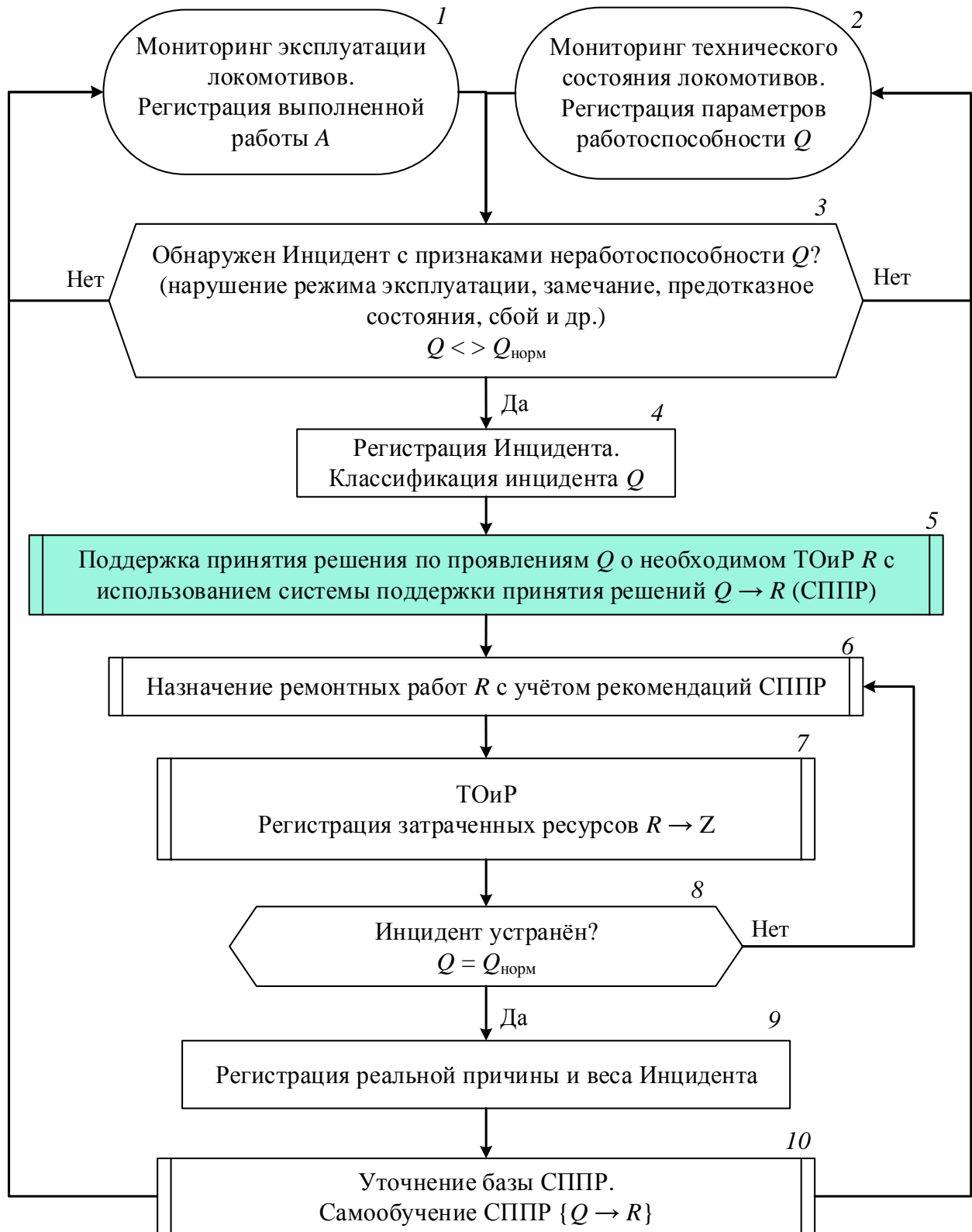


Рисунок 3.1 – Место мониторинга локомотивов в модели

Замечания по техническому состоянию локомотивов  $Q$ , как правило, описывают не отказ, а его внешние проявления. Например, замечание – «Нет мощности дизеля» – описывает следствие отказавшего цилиндра, «Повышенное боксование» может быть следствием разброса токов ТЭД или нарушения профиля бандажа.

Если совокупность описания проявлений отказа представить, как множество признаков  $Q$ , а сам отказ описать множеством признаков  $R$ , то работа СППР сводится к установлению соответствия между множествами  $Q$  и  $R$ : ( $Q \rightarrow R$ ). Переход от проявления  $Q$  к отказу  $R$  ( $Q \rightarrow R$ ) носит эвристический характер. В модели процесс  $Q \rightarrow R$  должен быть автоматизирован, становясь, по сути, автоматизированным диагностированием технического состояния локомотива и локализацией места отказа.

На первом этапе создания СППР следует определить, как математически описать проявление отказа  $Q$ . Существующий способ описания замечаний (в т.ч. в бортовом журнале локомотива формы ТУ-152) носит неформализованный характер: произвольный текст, крайне тяжело поддающийся формализации.

В международных стандартах систем менеджмента качества (СМК) при описании инцидента (отказа, аномалии и др.) рекомендован принцип «5W2H» (7 вопросов для поиска коренных причин) [145]. Метод предполагает ответ на семь вопросов. Считается, что этого достаточно для идентификации инцидента. Применительно к решаемой задаче создания СППР, согласно принципу 5W2H, совокупность признаков  $Q$  предлагается представить числовой информацией.

QW1: Who? Кто? – Источник информации об инциденте:

- МСУ (с указанием типа МСУ);
- бортовой журнал формы ТУ-152;
- визуальный осмотр;
- КАСАНТ;
- АСУ ЗМ («Замечания машиниста»);
- станция реостатных испытаний;
- вибродиагностика;
- АСТД (с указанием типа автоматизированной системы технического диагностирования).

QW2: What? Что? – Описание происшествия:

- срабатывание аппаратов защиты;
- предупреждающее сообщение на экране бортового компьютера;
- посторонний запах;
- искрение;

- треск, шум, другие механические проявления;
- частичная потеря мощности локомотива;
- отключение одного тягового электродвигателя (ТЭД);
- отключение группы ТЭД;
- заклинивание колёсно-моторного блока (КМБ);
- отказ локомотива с вызовом резервного локомотива;
- пожар;
- сход;
- другое происшествие.

QW3: When? Когда? – Дата и время события.

QW4: Where? Где? – Серия и номер локомотива. В каком месте локомотива проявился отказ согласно четырёхуровневому классификатору оборудования. Название узла (если известно).

QW5: Why? Почему? – Описание причин события (предварительные):

- по вине машиниста;
- при броске напряжения в контактной сети;
- во время грозы;
- во время дождя.

QH1: How? Как? – При каких обстоятельствах произошёл отказ:

- в режиме тяги;
- в режиме рекуперативного торможения;
- в режиме реостатного торможения;
- при входе в режим тяги;
- при входе в режим рекуперативного торможения;
- при входе в режим реостатного торможения;
- при переходе на очередную позицию контроллера машиниста;
- не связано с действиями машиниста;
- при броске тока в контактной сети;
- другие условия происшествия.

QH2: How much? – Объём события, объём повреждения:

- разовый сбой;



- многократный сбой;
- разовый отказ с восстановлением;
- многократный отказ с восстановлением;
- отказ без последствий для тяги поездов;
- частичная потеря работоспособности без внепланового захода в депо;
- неплановый заход локомотива в депо;
- разрушение секции, требующее капитального ремонта;
- списание секции.

Таким образом, каждое проявление отказа  $Q_i$  представляет собой упорядоченную совокупность параметров, каждый из которых может быть представлен числовым параметром, а в целом проявление отказа  $Q$  может быть представлено многокоординатным вектором:

$$Q_i = \{QW1_i, QW2_i, QW3_i, QW4_i, QW5_i, QH1_i, QH2_i\}. \quad (3.1)$$

Таким образом, главная задача системы мониторинга – организовать выявление предотказных состояний локомотива, определяемых совокупностью параметров  $Q$ , отличие которых от нормативных параметров  $Q_{\text{норм}}$  ( $Q < > Q_{\text{норм}}$ ) свидетельствует о необходимости проведения ремонтных работ  $R$ . Для этого необходимо создать систему поддержки принятия решений (СППР)  $Q \rightarrow R$ , позволяющую определять необходимый объём работ  $R$  по соответствующим проявлениям отказа (инцидентам)  $Q$ .

## 3.2 Система поддержки принятия решений об объёме выполняемого ремонта

### 3.2.1 Постановка задачи СППР

Производственно-диспетчерские отделы (ПДО) СЛД планируют постановку локомотивов на ТОиР. После захода локомотива в СЛД осуществляется его приёмка: производится визуальный осмотр и инструментальная диагностика локомотива, в результате чего формируется электронная диагностическая карта ДК, в которой фиксируются как объективные данные замеров (результаты диагностирования), так и выявленные замечания, которые фиксируются в текстовом виде.

Закладка «Замечания» содержит исходную информацию, на основании которой мастера цехов наряду с цикловыми работами планируют дополнительные (сверхцикловые) работы для устранения имеющихся замечаний. Дополнительные работы часто составляют значительную часть от общего числа работ как по числу, так и по стоимости (до 80 % стоимости ТОиР).

Иногда замечание уже содержит в себе указание, что нужно делать (например, «Сменить лампочку левого буферного фонаря», «Просрочен огнетушитель», «Нет аптечки»). Большинство замечаний не предполагают в себе, что именно надо делать, а только описывают внешние проявления отказа, который ещё надо обнаружить и только потом устранить (например, «Обнаружена течь масла», «Нет нужной мощности на 13-й позиции контроллера машиниста», «Повышенная вибрация в зоне пятого тягового электродвигателя (ТЭД)», «Срабатывает защита при включении реостатного тормоза» и др.). Формирование работ на основании замечаний носит эвристический характер: мастер, опираясь на свои знания и опыт, назначает дополнительные работы. Для формализации процесса назначения дополнительных работ в модели необходимо реализовать инкапсулированную в неё систему поддержки принятия решений (СППР), которая бы по накопленной статистике подсказывала мастеру, какие работы  $R$  следует назначить при тех или иных проявлениях  $Q$ .

### 3.2.2 Разработка классификатора ремонтных работ по восстановлению работоспособности локомотива

После выполнения ремонта и устранения инцидента формируется своя совокупность параметров  $R$ , которую предлагается аналогично проявлениям отказа  $Q$  определить по методике 5W2H:

RW1: Who? Кто? – Место ремонта, СЛД с указанием цеха:

- на локомотиве;
- цех ТО-3;
- цех топливной аппаратуры;
- электромашинный цех;
- др.

RW2: What? Что? – Описание отказавшего узла (аналогично QW2).

RW3: When? Когда? – Дата и время ремонта, продолжительность ремонта.

RW4: Where? Где? – Место отказа на локомотиве (аналогично QW4).

RW5: Why? Почему? – Причина отказа: указание причины отказа с использованием классификаторов АСУ СГ.

RH1: How? Как? – Характер ремонта:

- чистка;
- регулировка;
- крепление;
- замена на исправный;
- замена со списанием.

RH2: How much? – Стоимость ремонта (запчасти и работа).

Значит, каждое описание отказа  $R_i$  представляет собой упорядоченную совокупность числовых:

$$R_i = \{RW1_i, RW2_i, RW3_i, RW4_i, RW5_i, RH1_i, RH2_i\}. \quad (3.2)$$

Примечание: согласно предложенной методике нет разницы между понятиями «Отказ», «Результат устранения отказа», «Неплановый ремонт», т.к. все они описываются одной совокупностью параметров  $R$ . Поэтому в предлагаемой модели эти понятия не разделяются.

### 3.2.3 Алгоритм поддержки принятия решений

Предлагаемый алгоритм поддержки принятия решений  $Q \rightarrow R$  (СППР) приведён на рисунке 3.2.

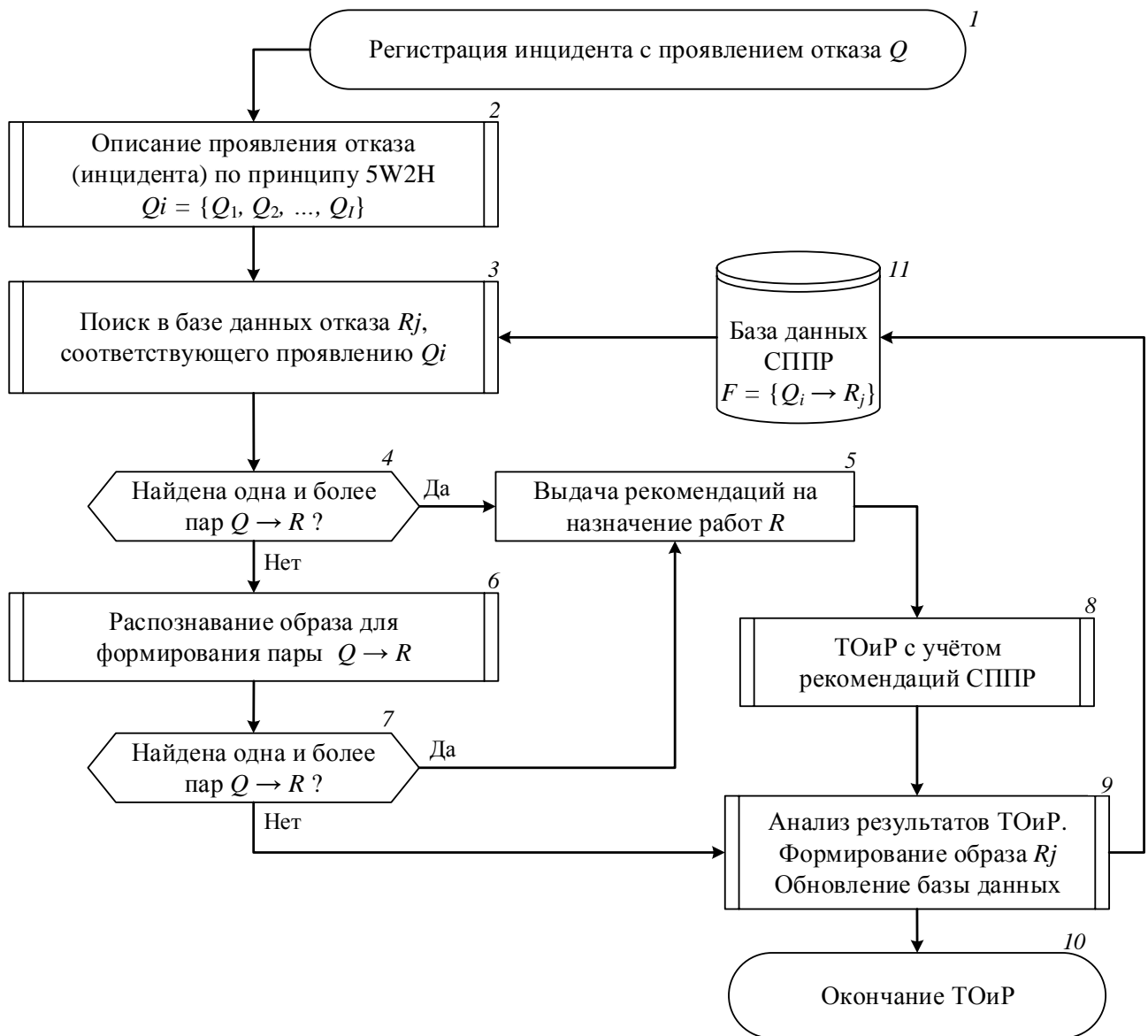


Рисунок 3.2 – Алгоритм поддержки принятия решений о необходимых ремонтах

При появлении отказов  $Q_i = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_l\}$  производятся разборы и обнаруживаются отказы  $R_j = \{R_1, R_2, \dots, R_j\}$ . Таким образом, по мере накопления опыта формируются пары соответствия проявления отказа  $Q$  самим отказам  $R$  – формируется таблица функций неисправностей  $F$  (ТФН):

$$F = \{Q_i \rightarrow R_j\}. \quad (3.3)$$

Совокупность связей  $\{Q_i \rightarrow R_j\}$  носит характер «многие к многим»: одному образу проявления инцидента  $Q_i$  может соответствовать один и более образов самих инцидентов  $R_j$ . И наоборот, один инцидент  $R_j$  может иметь несколько проявлений  $Q_i$ .

При появлении очередного проявления отказа  $Q_{i+1}$  информационная система может прогнозировать, какому отказу  $R_j$  этот образ соответствует:  $Q_i \rightarrow R_j$ . При этом возможны варианты.

1. Образ  $Q_{i+1}$  имеет единственный вариант  $R_j$ , который встречался один и более раз. В этом случае СППР рекомендует выполнить работы, соответствующие именно этому предполагаемому отказу.

2. Образ  $Q_{i+1}$  имеет несколько вариантов  $R_j$ . В этом случае СППР выводит эти варианты отказов в порядке убывания статистики числа их появления.

3. Образ  $Q_{i+1}$  НЕ имеет соответствия  $R_j$ . В этом случае СППР ищет наиболее похожие пары  $Q_i \rightarrow R_j$  и рекомендует их. После этого уточняется, какой именно отказ  $R_j$  был на самом деле.

После выполнения ремонта и формирования образа  $R_j$  СППР необходимо проверить правильность выданной рекомендации. Возможны следующие варианты действий.

1. Выданная рекомендация  $Q_i \rightarrow R_j$  подтвердилась. В этом случае в статистику добавляется ещё одно событие.

2. Выданная рекомендация  $Q_i \rightarrow R_j$  не подтвердилась. В этом случае фиксируется статистика новой пары. При этом образ  $R_j$  может быть как новым, так и уже существующим.

Таким образом, СППР о необходимости дополнительных работ  $Q \rightarrow R$  при заходе локомотива в сервисное локомотивное депо на ремонт является самообучающейся системой с постоянным повышением достоверности выдаваемых рекомендаций.

СППР позволит планировать ресурсы  $Z$ , сокращать непроизводительные работы  $R$ , уточнять график ТОиР  $D$ , что приведёт к сокращению затрат на ТОиР, повысит коэффициент готовности локомотивов.

### 3.2.4 Распознавание образов отказов по их чёткому проявлению

Особое место в СППР должна занять подсистема распознавания образов. Эта функциональность необходима при неполной или частично отличающейся от имеющейся информации об образе проявления отказа  $Q_i$  (например, не заполнены все поля по принципу 5W2H). Отсутствие в базе данных готовой найденной пары  $Q_i \rightarrow R_j$  может требовать распознавания образа и нахождения соответствия с определенной вероятностью (рисунок 3.3). Для распознавания образов можно применить как теорию нечётких множеств, так и принципы построения нейронных самообучающихся сетей.

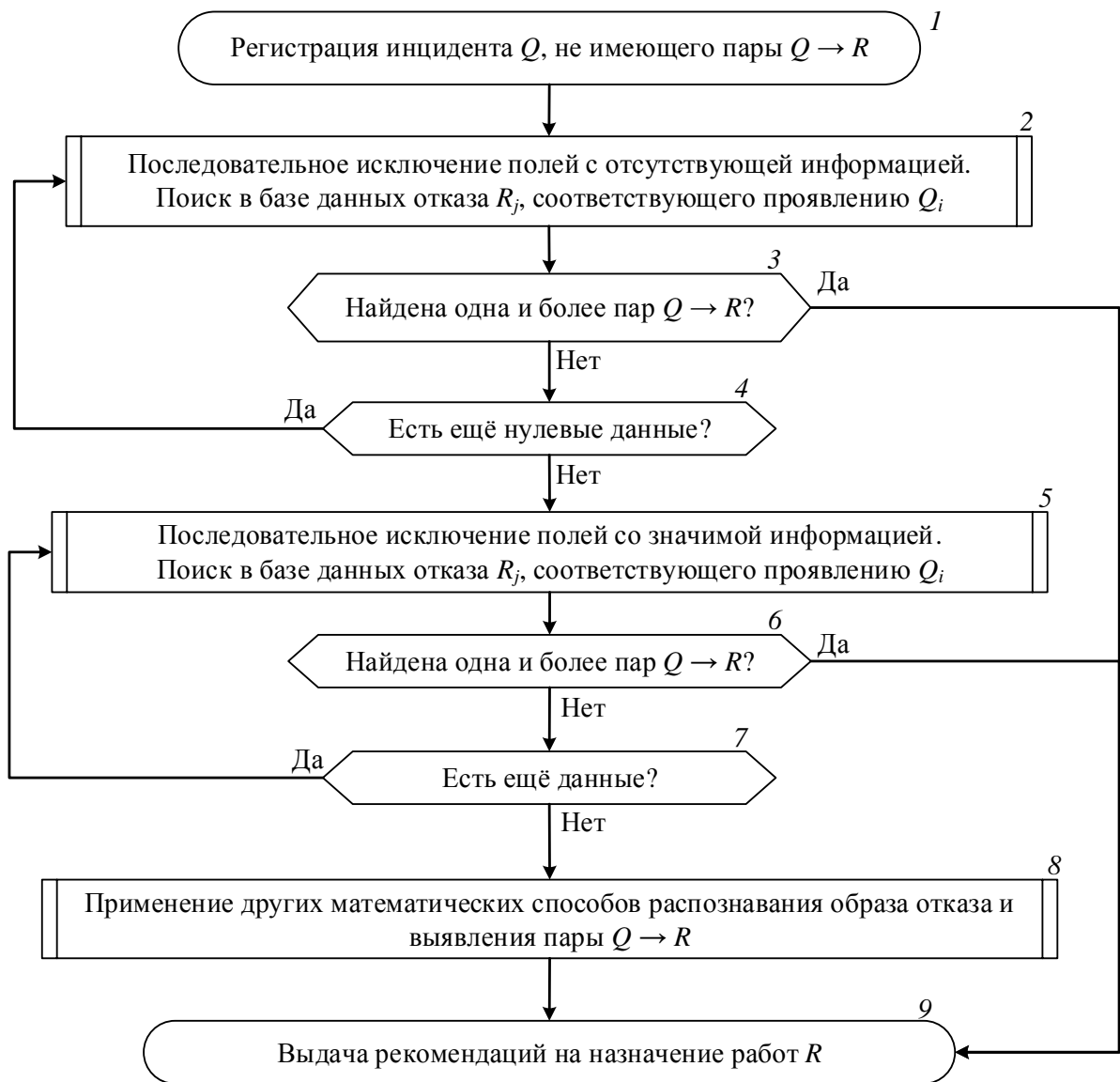


Рисунок 3.3 – Распознавание образа отказа  $R$  по их проявлению  $Q$

### 3.2.5 Распознавание образов отказов по их нечёткому проявлению

Алгоритм (рисунок 3.3) относится к случаю, когда одному проявлению отказа  $Q_i$  соответствует один и более отказов  $R_i$ . Возможна более сложная ситуация, когда проявлению отказа  $Q_i$  не найден ни один отказ  $R_i$ , но при этом отказу  $R_i$  соответствует множество проявлений этого отказа  $Q_i$ , состоящее из конечного числа проявлений  $j \in J$ :

$$R_i \rightarrow Q_i \in \{ Q_{i1}, Q_{i2}, Q_{i3}, \dots, Q_{ij}, \dots, Q_{iJ} \}. \quad (3.4)$$

Каждый элемент множеств  $R_i$  и  $Q_i$  представляет собой семь ответов на вопросы по методике 5W2H. Часть вопросов – это ответы на вопрос как один из возможных вариантов ответов. Соответственно, каждому ответу можно поставить в соответствие число: либо уникальный номер (ID), либо число с учётом удалённости по смыслу ответов. Например, шум и треск могут иметь близкие по значению числа (например, 22 и 23), а «Разовый сбой» – существенно отличающееся число (например, 123). Если ответ имеет тип «Дата», то его легко представить в виде числа (например, номер дня с 1800-го года). Таким образом, любое проявление отказа  $Q$  или образ самого отказа  $R$  можно представить в виде 7-мерного вектора: упорядоченной последовательности из семи чисел (координат в семимерном пространстве).

Возможность представления  $R_i$  и  $Q_i$  в виде векторов позволяет применить в качестве системы распознавания образов определение принадлежности к множеству. Рассмотрим пример с двумерными векторами. Пусть одному отказу  $R_1$  соответствует множество векторов проявления отказа  $Q_1$ :

$$Q_1 \in \{ Q_{11}, Q_{12}, Q_{13}, \dots, Q_{1i}, \dots, Q_{1N} \}, \quad (3.5)$$

а отказу  $R_2$  соответствует множество векторов проявления отказа  $Q_2$ :

$$Q_2 \in \{ Q_{21}, Q_{22}, Q_{23}, \dots, Q_{2i}, \dots, Q_{2M} \}. \quad (3.6)$$

Вершины векторов из множества  $Q_1$  образуют область двумерного пространства I, попадание в которую вектора  $Q_{1i}$  соответствует отказу  $R_1$ . В свою очередь, вершины векторов из множества  $Q_2$  образуют область двумерного пространства II, попадание в которую вектора  $Q_{2j}$  соответствует отказу  $R_2$  (рисунок 3.4).

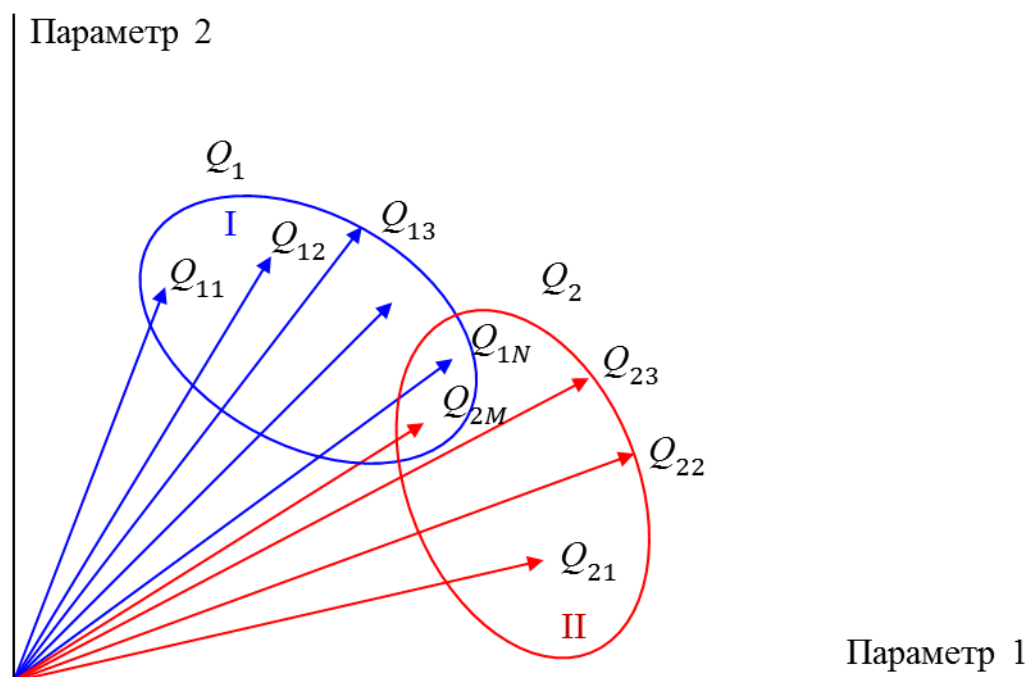


Рисунок 3.4 – Векторное представление проявлений отказов  $Q$

В рисунке 3.4 эти области пересекаются: вектора проявления отказа  $Q_{1N}$  и  $Q_{2M}$  могут принадлежать как отказу  $R_1$ , так и отказу  $R_2$ . Такой подход к образу проявления отказа позволяет распознавать ранее не встречавшееся проявление отказа  $Q_{xy}$  как принадлежащее к области проявлений одного отказа  $R$ . Если есть пересечение множеств (на рисунке 3.4 их два), то рассматриваемому проявлению отказа соответствует несколько векторов отказов  $R$ .

$$Q \rightarrow R \in \{R_1, R_2, \dots, R_K\}, \quad (3.7)$$

где  $K$  – число отказов, соответствующих проявлению отказа  $Q$ .

Таким образом, распознавание типа отказа  $R$  можно производить по принадлежности вершины вектора проявления отказа  $Q$  к той или иной семимерной области пространства.

Задача определения попадания точки (в данном случае вершины вектора) в определенное замкнутое пространство (тем более семимерное) не имеет универсального решения [57, 58] и решается либо приближенными методами (например, метод углов), либо для частных случаев. Например, в вычислительной геометрии известна задача о принадлежности точки многоугольнику [58]: задание области пространства в виде фигуры, описываемой формулой, существенно упрощает ре-



шение отнесения вершины вектора  $Q_k$  к множеству вершин векторов  $Q_i$ , соответствующих одному отказу  $R_k$ . Например, существует метод суммирования углов, признанный «худшим в мире алгоритмом», хотя при появлении мощных вычислительных средств он таковым больше не является. Для вершины  $P$  вектора  $Q_i$  принадлежность к многоугольнику признаков отказа  $R_k$  определяется как равенство нулю суммы углов  $\Phi = 0$  углов  $\Phi_i$  лучей к вершинам области пространства  $V_0, V_1, \dots, V_n = V_0$ :

$$\Phi = \sum \Phi_i, \quad (3.8)$$

где

$$\Phi_i = \arccos \left( \frac{PV_{i-1} \cdot PV_i}{|PV_{i-1}| \times |PV_i|} \right) \text{sign} \left( \det \begin{pmatrix} PV_{i-1} \\ PV_i \end{pmatrix} \right). \quad (3.9)$$

Имеются и другие методы определения принадлежности точки пространству: метод числа пересечений, учёт числа оборотов и др. [58].

Большинство методов касается решения плоских (двумерных) задач; в рассматриваемой задаче распознавания отказа вектор  $Q_i$  является семимерным. Предлагается задачу разбить на несколько простых: считать соответствие вектора проявлений отказа  $Q_i$  отказу  $R_k$  при попадании в каждой плоскости двух координат вектора  $Q_i$ . При таком подходе существенно упрощается методика расчёта, но при этом существенно возрастает объём вычислений, т.к. число плоских задач  $C$ :

$$C = n! / (k! \cdot (n - k)!) = 7! / (2! \cdot (7 - 2)!) = 7 \cdot 6 / 2 = 21 \text{ комбинация}, \quad (3.10)$$

где  $n$  – размерность вектора проявления отказов,  $n = 7$ ;  $k$  – размерность пространства для расчёта,  $k = 2$ .

Задача может быть упрощена с одновременным повышением достоверности прогноза за счёт сокращения мерности пространства вектора  $Q_i$ . В разделе 1.2 показано, что к рассмотрению следует принимать только унимодальные данные. Следовательно, если при определении области проявлений отказа  $Q_i$  отказа  $R_k$  та или иная координата группы векторов  $Q$  не подчиняется законам распределения случайной величины согласно критериям Пирсона, Колмогорова – Смирнова или др., то эту координату следует исключить из рассмотрения. Даже исключение из рассмотрения одной координаты сокращает число комбинаций до  $6! / (2! \cdot (6 - 2)!) = 15$

комбинаций. При сокращении числа координат до четырех число комбинаций будет всего шесть:  $4!/(2! \cdot (4 - 2)!)= 6$ .

Таким образом, система поддержки принятия решений о необходимости проведения тех или иных ремонтов  $R$  (устранении отказов) при наличии проявлений отказов  $Q$  (инцидентов) инкапсулируется в модель и помогает в депо принять решение о необходимом объеме ремонта  $R$  (рисунок 3.5). Информационная система ремонтных депо по мере выполнения ТОиР (блок 1) должна периодически по мере накопления информации (несколько раз в год) формировать группы векторов проявлений отказов для каждого типа отказа  $R_i \rightarrow Q_i \in \{Q_{i1}, Q_{i2}, Q_{i3}, \dots, Q_{ij}, \dots, Q_{iJ}\}$  (блок 2). Для всех новых множеств или измененных существующих следует выполнить проверку каждой размерности вектора на соответствие законам распределения случайной величины (блок 4) и внести соответствующие изменения в базу данных СППР (блок 5).

При появлении нового замечания и формирования соответствующего вектора проявления отказа  $Q_{ij}$  (блок 7) требуется найти четкое соответствие проявления  $Q$  отказу  $R$  (см. рисунок 3.3). Если соответствия нет, то реализуется алгоритм поиска возможного отказа  $R_k$  по методу, описанному в настоящем разделе (блок 9). Результаты распознавания образа выводятся на экран компьютера пользователя (блок 10). В случае подтверждения новой пары  $R_i \rightarrow Q_{ij}$  соответствующая информация вносится в базу данных СППР.

Таким образом, поддержка принятия решений об объеме ремонта  $R$  базируется на статистических данных предыдущих ремонтов и ранее определенной совокупности пар  $\{R \rightarrow Q\}$ , что соответствует методическим подходам теории вариабельности.

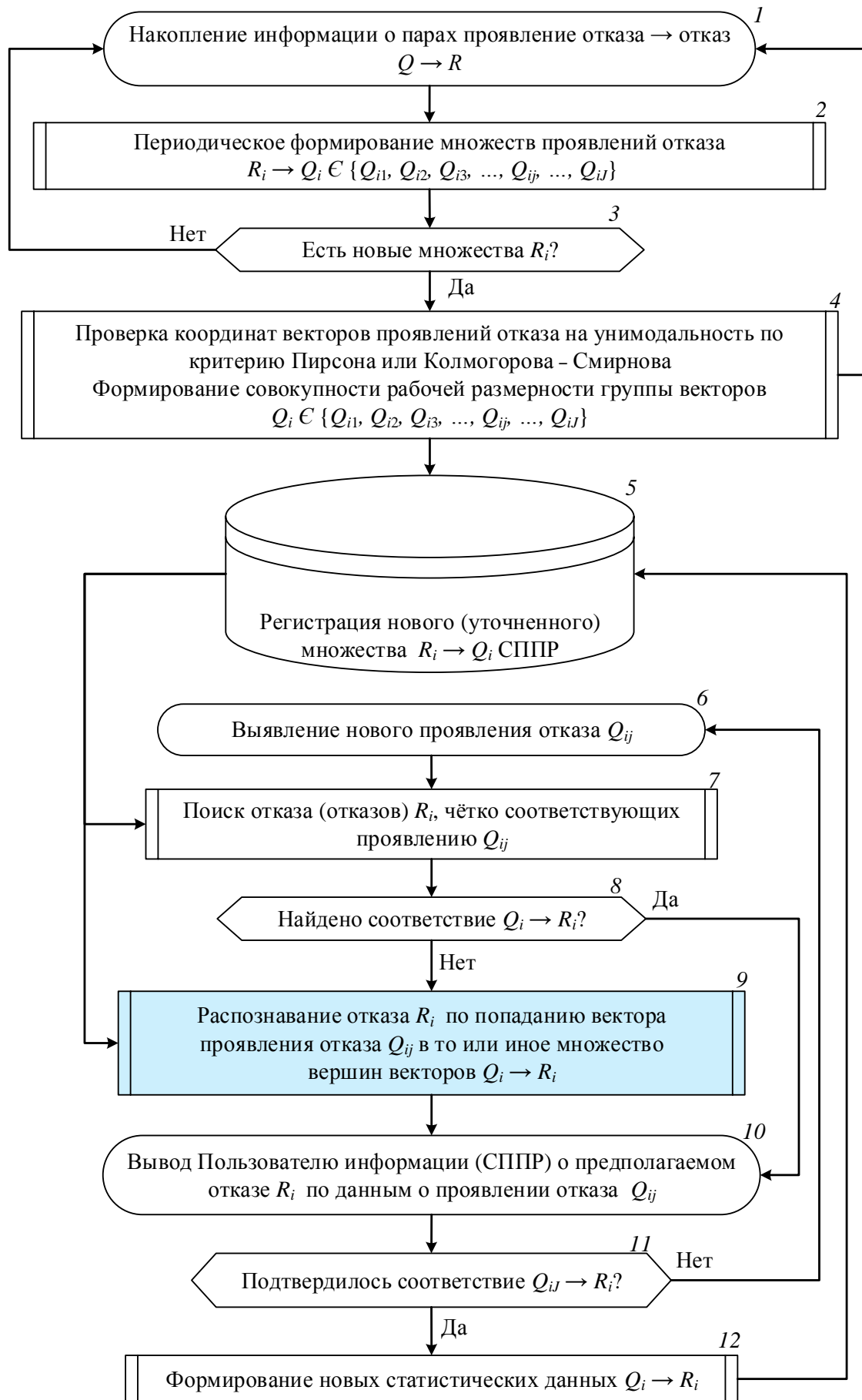


Рисунок 3.5 – Распознавание образа отказа  $R$  при нечётком образе проявления  $Q$

### 3.3 Организация процесса внутрипроизводственного планирования

#### 3.3.1 Поддержание неснижаемого запаса запасных частей

Одно из важных условий устойчивости процессов ТОиР  $R$  – обеспечение технологических процессов запасными частями. Эту задачу предлагается решить статистическими методами с использованием подходов теории очередей (рисунок 3.6).

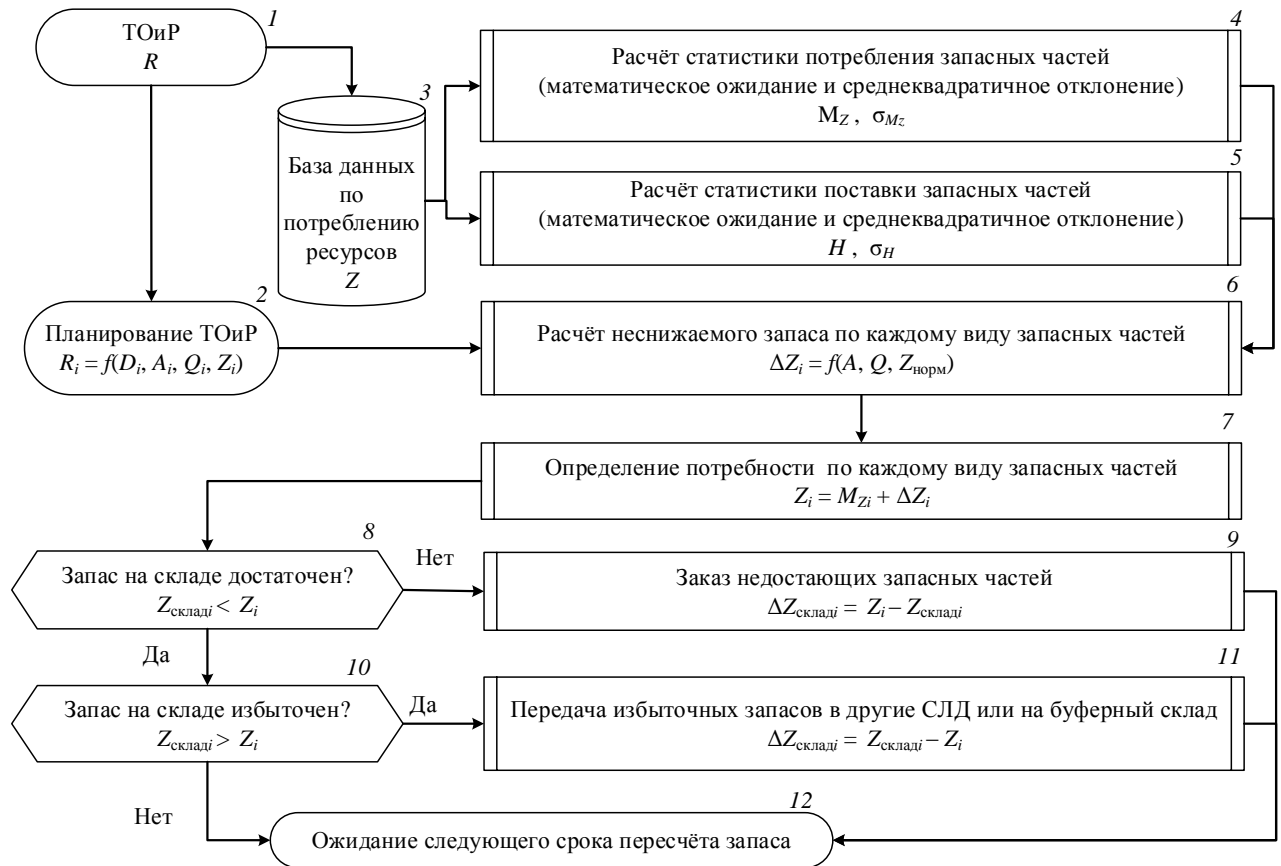


Рисунок 3.6 – Управление неснижаемым запасом запасных частей

Для организации устойчивого ТОиР необходимо обеспечить производственный процесс ресурсами  $Z$ , потребление которых в условиях СЛД характеризуется высокой вариабельностью; потребность в запасных частях, товарно-материальных ценностях (ТМЦ), материалах повторного использования (МПИ) зависит от неопределенности характера и объёма дополнительно возникших неисправностей на локомотиве при заходе его в депо  $Q$ , требующих сверхцикловых работ  $R$ . При этом время принятия решения крайне ограничено: продолжительность ремонта в объёме ТО-2 всего 1,5 часа, ТО-3 – 12–18 часов и ТР-1 – 18–36 часов. Возможна ситуация,

когда под сверхцикловые работы может не оказаться запасных частей  $Z$ : необходимо решение задачи управления неснижаемым запасом  $\Delta Z$ . В основу предлагаемого алгоритма положена известная эмпирическая формула [90], где в качестве аргументов функции выступают данные статистики расхода и поступления каждого из ТМЦ [115]:

$$\Delta Z_i = P \cdot \left( \sqrt{(\sigma_H^2 \cdot M_{Z_i}^2) + \left( \frac{H \cdot \sigma_{M_{Z_i}}^2}{T} \right)} \right), \quad (3.11)$$

где  $\Delta Z_i$  – расчётный неснижаемый запас;  $T$  – период расчёта  $\sigma_{M_{Z_i}}$  в днях;  $M_{Z_i}$  – математическое ожидание потребности в ТМЦ в сутки:

$$M_{Z_i} = \frac{\sum_{i=1}^{\max} x_i}{\max}, \quad (3.12)$$

где  $x_i$  – расход детали за  $i$ -й день наблюдения;  $\max$  – число дней наблюдения;  $\sigma_{M_{Z_i}}$  – среднеквадратическое отклонение среднемесячной потребности  $MM_{Z_i}$ :

$$\sigma_{M_{Z_i}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\max} (x_i - MM_{Z_i})^2}{\max}}, \quad (3.13)$$

где  $MM_{Z_i} = 30 \cdot M_{Z_i}$  – математическое ожидание потребления деталей за месяц;  $H$  – математическое ожидание времени доставки с буферного склада ТМЦ (дни):

$$H = \frac{\sum_{j=1}^{m_x} y_j}{m_x}, \quad (3.14)$$

где  $y_j$  – время  $j$ -й поставки;  $m_x$  – число наблюдений поставок (число приходов);  $\sigma_H$  – среднеквадратичное отклонение (СКО)  $H$ :

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m_x} (y_j - H)^2}{m_x}}. \quad (3.15)$$

Примечание: ритм поставки  $R$  в рассматриваемой формуле заменен на время доставки детали с буферного склада, что соответствует технологии работы СЛД с высокой вариативностью потребности в запасных частях [115].

$T$  – количество дней в периоде расчёта;  $P$  – уровень обслуживания (в единицах СКО), в зависимости от заданной вероятности наличия деталей:

$$95 \% \quad P = 1,64;$$

$$97 \% \quad P = 1,88;$$

$$99 \% \quad P = 2,33;$$

$$99,7 \% \quad P = 2,75;$$

$$99,99 \% \quad P = 3,72.$$

Тогда потребное количество  $i$ -й детали на складе определяется как

$$Z_i = T \cdot M_{Z_i} + \Delta Z_i. \quad (3.16)$$

В этом случае заказ  $i$ -й детали  $\Delta Z_{\text{склад}_i}$  определяется как разница между потребностью в этой детали  $Z_i$  и её остатком на складе  $Z_{\text{склад}_i}$ :

$$\Delta Z_{\text{склад}_i} = Z_i - Z_{\text{склад}_i}. \quad (3.17)$$

В диссертации рассчитан ряд примеров для проверки работоспособности формулы, часть из которых приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Примеры расчёта неснижаемого запаса

Параметр	Наименование	Пример						
		1	2	3	4	5	6	7
$P$	Заданный уровень обслуживания	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
$M_{Z_i}$	Математическое ожидание потребности в $i$ -й ТМЦ в сутки	100	100	150	100	100	100	10
$\sigma_{M_{Z_i}}$	Среднеквадратическое отклонение среднемесячной потребности (СКО) $M$	200	400	200	200	200	0	30
$H$	Математическое ожидание времени доставки с буферного склада ТМЦ	10	10	10	365	30	10	10
$\sigma_H$	СКО $H$	2	2	2	30	5	0	1
$T$	Число дней в расчётном периоде	30	30	30	30	30	30	30
$\Delta Z_i$	Расчётный неснижаемый запас $i$ -й ТМЦ	379	501	527	5051	883	0	74
$Z_i$	Потребность в $i$ -й ТМЦ	3379	3501	5027	8051	3883	3000	374

Пусть в день в сервисном депо потребляется в среднем  $M = 100$  топливных фильтров со среднемесячным среднеквадратичным отклонением (СКО) потребления фильтров  $\sigma_M = 200$  фильтров. При поставке фильтров с буферного склада за  $H = 10$  дней при  $\sigma_H = 2$  дня для вероятности наличия фильтров  $P = 95 \%$  расчётный неснижаемый запас  $\Delta Z_i$  составит

$$\Delta Z_i = 1,64 \cdot \sqrt{(2^2 \cdot 100^2 + (10 \cdot 200^2)) / 30} = 379 \text{ фильтров}. \quad (3.18)$$

Неснижаемый запас ведёт к пересодержанию склада. В идеальном случае (пример 6), когда отсутствуют разбросы в потреблении и поставке, неснижаемый запас не нужен. Неравномерность потребления комплектующих (рост среднеквадратичного отклонения потребления деталей в примере 2 по сравнению с примером 1) может привести к увеличению неснижаемого запаса. Рост объёма потребления (пример 3) или сроков поставки (примеры 4 и 5) увеличивают неснижаемый запас. В примере 4 (поставка раз в год) запас становится недопустимо большим, что свидетельствует о необходимости буферных складов.

В модели реализуется самообучающаяся система расчёта неснижаемого запаса по каждому виду ТМЦ: в процессе ремонта мастер заказывает со склада необходимые детали в расчётном количестве. При этом запас на складе автоматически поддерживается путём инкапсулированного расчёта заявки на поставку с буферного регионального склада с временем доставки до 10 дней [115].

### 3.3.2 Организация управления трудовыми ресурсами

Главная особенность трудовых ресурсов – это то, что ресурсом являются люди (субъекты), которые должны регулярно получать зарплату, иметь социальную защиту. В отличие от материальных ресурсов, трудовые нельзя законсервировать, иметь неснижаемый запас. Возможно только перераспределение между участками и цехами, долгосрочная работа по подготовке кадров.

Алгоритм управления трудовыми ресурсами показан на рисунке 3.7. Потребность в трудовых ресурсах и их квалификации определяется на основании планируемого объёма ТОиР (блок 2). В случае необходимости производится перераспределение работников между цехами (блок 5). Возможен вызов специалистов из других депо (вахтовый метод). Если нельзя обеспечить трудовыми ресурсами, то необходимо изменение плана ТОиР в пользу других ремонтных подразделений (блок 6).

Периодически следует анализировать эффективность использования трудовых ресурсов (блок 8) с дальнейшей их оптимизацией (блок 9). Также необходимо анализировать соответствие квалификации персонала (блок 10) (с дальнейшим обучением (блок 11) и долгосрочным планированием трудовых ресурсов (блок 12)).

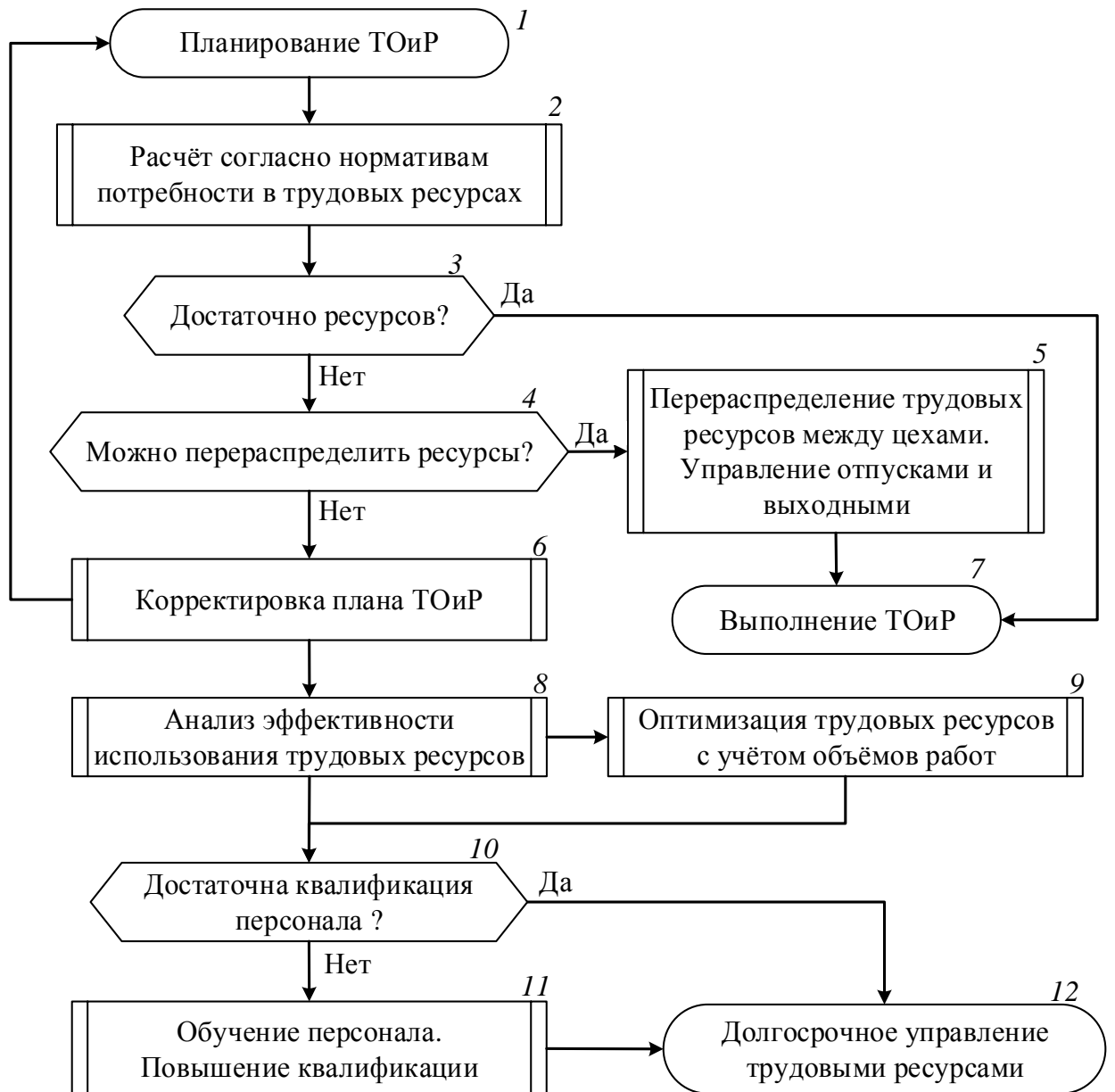


Рисунок 3.7 – Управление трудовыми ресурсами

Ещё одна особенность трудовых ресурсов в отличие от ресурсов запасных частей – это возможность повышения производительности труда как за счёт его интенсивности (до 30–50 %), так и за счёт внедрения передовых методов управления, в т.ч. методов Lean Production [193] и Toyota Production System [7, 52, 77, 170].

При управлении трудовыми ресурсами особую роль играет мотивация работников на эффективный труд. При этом следует использовать современные подходы к мотивации [77], например, иерархическую модель потребностей человека, предложенную американским психологом Абрахамом Маслоу: монетарная мотивация



(физиологические потребности), гарантия безопасности (во всех смыслах, в т.ч. гарантия работы), наличие условий для семьи, обеспечение социального статуса и возможность самоактуализации и самовыражения.

Таким образом, математический подход теории очередей, предложенный в диссертации для управления запасом деталей и узлов на складе, не применим для управления трудовыми ресурсами. При всём большом количестве рекомендаций и стандартов, управление людьми не поддаётся формализации и требует индивидуальных подходов. Задача модели в данном случае – обеспечить необходимой статистикой, в т.ч. в потребности в работниках и их квалификации, эффективности их работы. Также важна формализация расчёта показателей эффективности (KPI) специалистов для дальнейшей мотивации с максимальным сокращением субъективного фактора при мотивации.

### 3.3.3 Управление оборудованием и инструментом

Аналогично складским запасам и трудовым ресурсам следует планировать и все остальные ресурсы депо, включая оборудование, оснастку и инструменты (рисунок 3.8).

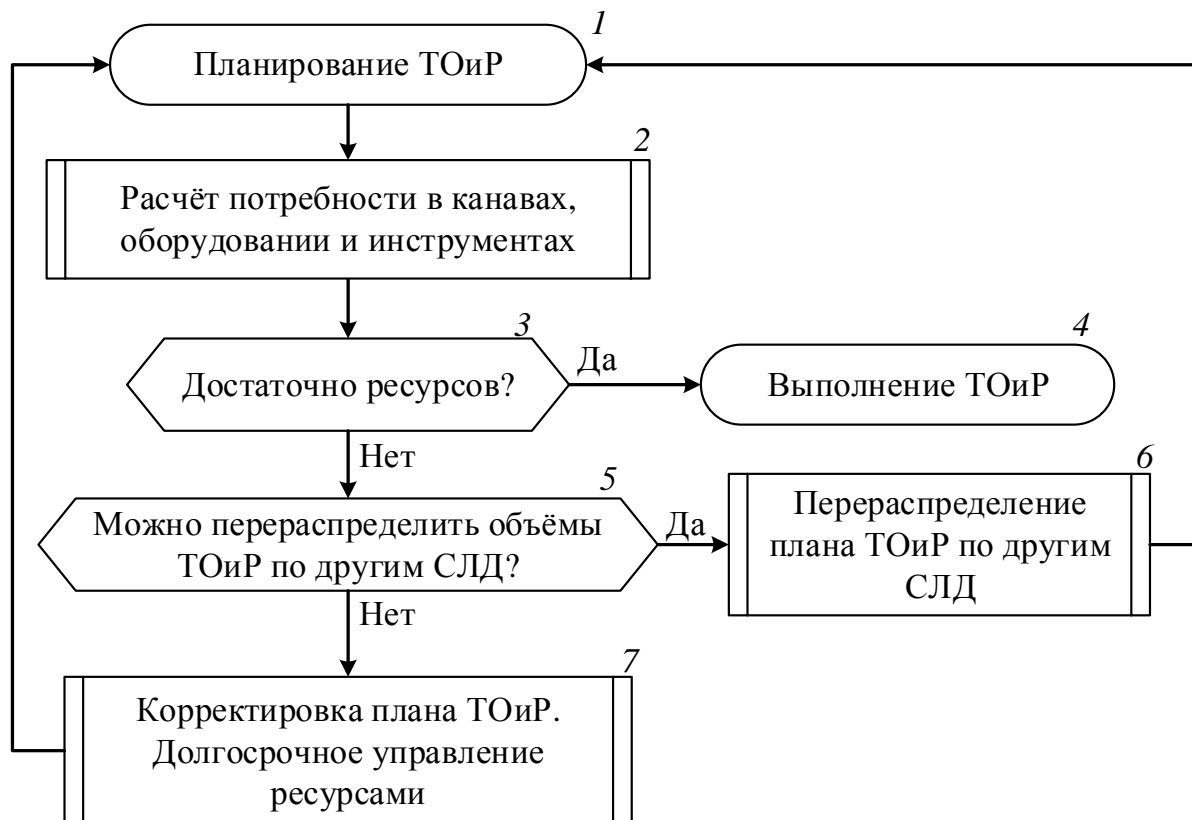


Рисунок 3.8 – Управление ресурсами СЛД

Анализ показал, что основным лимитирующим ресурсом в ремонтных депо является материально-техническое обеспечение: запасные части и материалы (ТМЦ) и материалы повторного использования (МПИ) (узлы и детали локомотива, снятые как неисправные и подлежащие техническому обслуживанию в цехах депо, на локомотиворемонтных заводах или других предприятиях, привлекаемых по схеме аутсорсинга). Вторым лимитирующим ресурсом служат трудовые ресурсы. Лимитирующее оборудование в депо – обточные станки, скатоподъёмники, мостовые краны. Инструмент не является лимитирующим, т.к. при отсутствии установленного инструмента используют имеющийся. Но понижает качество ремонта.

### 3.3.4 Управление производственными ресурсами в сервисных локомотиворемонтных предприятиях

В четвёртой главе диссертации будет показано, что эффект от предлагаемой модели заключается как в повышении надёжности локомотивов, так и в снижении затрат на ТОиР локомотивов. Поэтому управление затратами – одна из важнейших функций модели (рисунок 3.9).

Прямые затраты на ТОиР можно разделить на две группы: основные и дополнительные. Основные затраты связаны с выполнением цикловых работ согласно технологии планово-предупредительных ремонтов. Дополнительные расходы связаны с выполнением сверхцикловых работ согласно замечаниям по техническому состоянию локомотивов.

Главными инкапсулированными методами здесь являются логические методы 8D, 5W2H и 5W и др. [140–145], согласно которым следует проводить разбор и анализ причин возникновения дополнительных (сверхцикловых) работ с дальнейшим принятием корректирующих мер согласно циклу PDCA.



Рисунок 3.9 – Управление затратами

### 3.3.5 Потери и эффективность производственных процессов при сервисном техническом обслуживании и ремонте локомотивов

Факторный анализ – это основной элемент обратной связи согласно циклу PDCA (принципу постоянного улучшения). Алгоритм факторного анализа приведён на рисунке 3.10.

В процессе выполнения ТОиР с использованием автоматизированных систем управления накапливается статистика: эксплуатационные показатели локомотивов  $A$  по данным АСУЖТ, данные о техническом состоянии локомотивов и наличии нарушений их режимов эксплуатации  $Q$  (по данным бортовых МСУ и автоматизированных систем технического диагностирования), выполненные цикловые и сверхцикловые работы ТОиР  $R$  с указанием трудозатрат и полученных на складе материалов  $Z$ , использованного инструмента и станкового оборудования. Согласно

стандарту ITIL [98, 131, 191], этот этап работ называется «Управление инцидентами», а факторный анализ – «Управление проблемами».



Рисунок 3.10 – Алгоритм факторного анализа

Первый этап факторного анализа – проверка унимодальности данных (см. разд. 1.2.1), устранение мультимодальности путем изменения правил формирования выборок. Только после получения унимодальных выборок осуществляется их анализ с использованием рекомендуемых ISO и ГОСТ методов анализа [140–145]: диаграммы Парето, диаграммы Fishbone, корреляционный анализ, анализ трендов и Z-диаграммы, другие методы статистического анализа.

На основании выполненного факторного анализа формулируются основные проблемы и степень их влияния: по построенной диаграмме Парето выбираются первоочередные проблемы, требующие своего устранения. Разрабатывается план корректирующих мероприятий, планируются расходы и инвестиционная программа.

### 3.4 Организация процесса управления при техническом обслуживании и ремонте

Этап ТОиР – основной в жизненном цикле локомотива (рисунок 3.11). На этом этапе работы модели на основании сформированных замечаний и данных систем диагностирования мастер цеха принимает решение о необходимом объеме ремонта  $R$  как по цикловым работам (согласно принятой системе планово-предупредительных ремонтов), так и сверхцикловым работам, связанным с устранением замечаний  $Q$ .

Именно на этапе ТОиР важную роль играют методы «Встроенное качество» (Кайдзен), когда за счёт применения безбумажных компьютерных технологий достигается качество выполнения работ по принципу: «Сделай правильно или никак» [1, 89]. Для этого мастера и слесари должны быть мотивированы на работу с компьютером и ввод достоверных и своевременных данных. Главный мотивационный стимул – зарплата рабочих: наряды не должны попадать в отдел труда и заработной платы (ОТиЗ), пока они не прошли всю цепочку электронного документооборота: замечания по техническому состоянию локомотива (для дополнительных работ), выписка наряда мастером, приёмка наряда в работу слесарем, отметка об исполнении работы слесарем с заполнением обязательных информационных полей (прежде всего замеры), приёмка работы у слесаря (ОТК, мастер, зам. по ремонту депо и др.), успешная выдача локомотива в эксплуатацию. В цехах обязательно должна быть сделанная форма оплаты труда.

Также нельзя закрыть наряд и без получения на складе соответствующих ТМЦ и линейного оборудования (бывших в употреблении и восстановленных деталей и узлов локомотивов (МПИ)). Невозможно закрыть наряд и без проведения экспресс-разбора причин возникновения дополнительной работы или перерасходы ТМЦ и МПИ.

Математические методы на этом этапе работ не нужны (кроме алгоритмов ведения сетевого графика выполнения работ, контроля исполнения плана и прогнозирования выдачи локомотива с ремонта вовремя (управление рисками)).

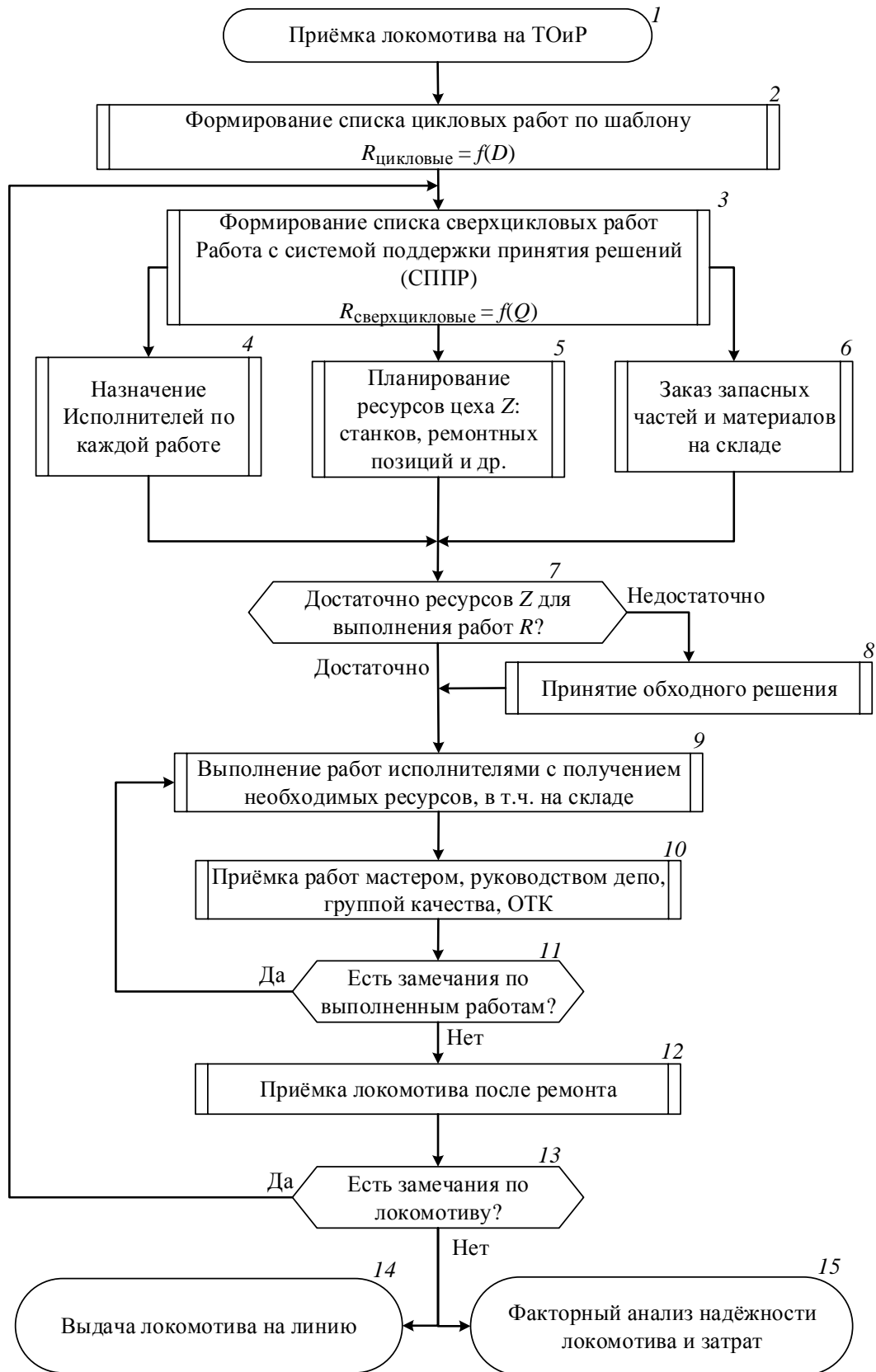


Рисунок 3.11 – Алгоритм управления ТОиР

### 3.5 Организация подготовки производства ремонта локомотивов

#### 3.5.1 Организация прогнозного планирования

Прогнозное планирование призвано заранее спланировать ресурсы ТООР Z: инфраструктуру депо (канавы, пути), оборудование депо (станки, скатоподъемники, краны и др.), запасные части (ТМЦ и МПИ), трудовые ресурсы, топливо, электроэнергию и др. Порядок внутрипроизводственного планирования рассмотрен в соответствующем параграфе.

Прогнозное планирование строится на моделировании работы локомотивов; зная из статистики среднесуточный пробег локомотивов, межремонтные пробеги и средний простой локомотивов на каждом виде ремонтов, можно спрогнозировать на заданный период времени объем ожидаемых ремонтов. Предлагаемый алгоритм прогнозного планирования приведен на рисунке 3.12.

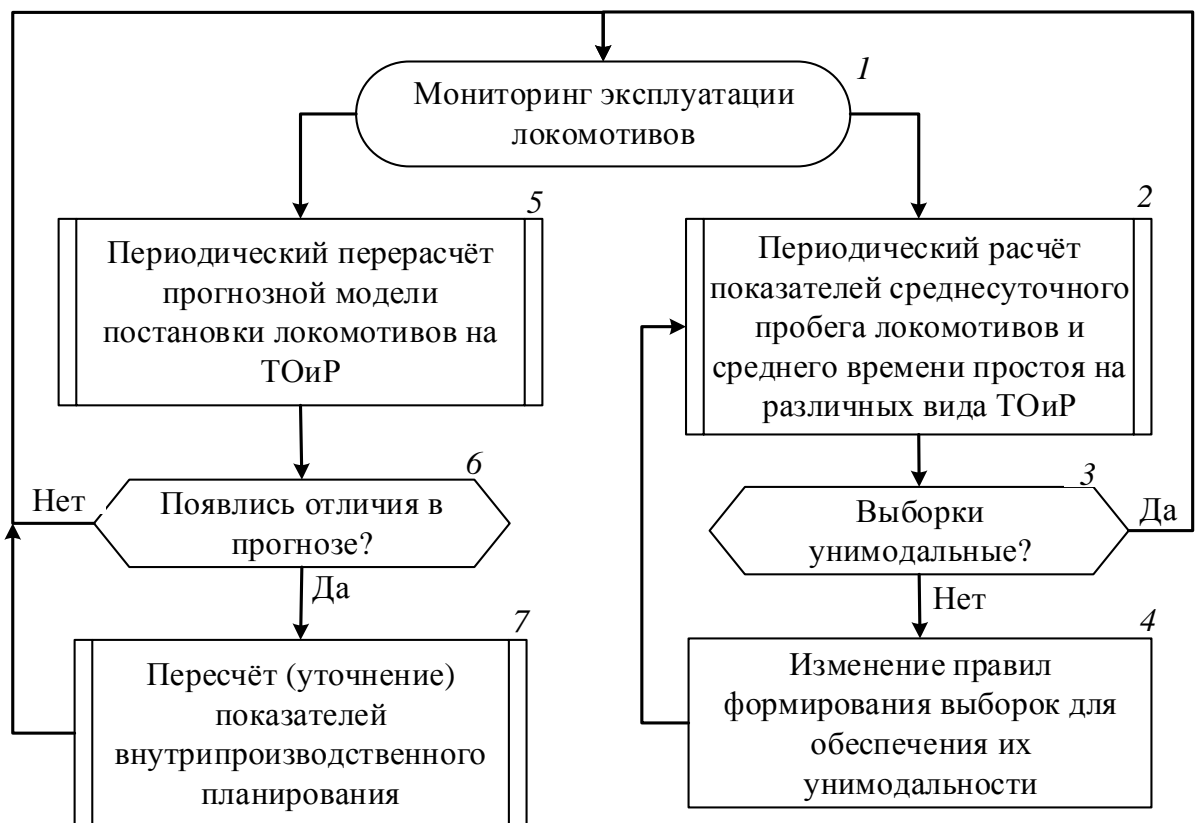


Рисунок 3.12 – Алгоритм прогнозного планирования постановки на ТООР

Существующие методики прогнозного планирования отличались своей низкой сходимостью, прогноз даже на год вперёд даёт практически нулевую сходимость – ни один локомотив не встаёт на ремонт в рассчитанное время. Это объясняется большой вариативностью эксплуатации локомотивов, прежде всего наличием неплановых ремонтов.

Главное отличие предлагаемого алгоритма – это реализация цикла PDCA: по статистическим данным системы мониторинга периодически (один раз в 1–3 месяца) рассчитываются математические ожидания среднесуточных пробегов  $m_{xi}$  и средних простоев на ремонтах  $m_{yj}$  и соответствующие среднеквадратичные отклонения этих ожиданий  $\sigma_{xi}$  и  $\sigma_{yj}$ . Каждое распределение проверяется на унимодальность по критерию согласия Пирсона  $\chi^2$ . В случае превышения расчётным  $\chi^2$  теоретического значения  $\chi^2 > \chi^2_{\text{теор}}$  необходимо поменять правила разбиения серий локомотивов на группы. Затем повторить расчёт. По рассчитанным значениям  $m_{xi}$ ,  $m_{yj}$ ,  $\sigma_{xi}$ ,  $\sigma_{yj}$  моделируется прогнозный график постановки на ремонт путём последовательного суммирования среднесуточных пробегов с остановкой на ремонт. Важное отличие от существующей ручной технологии – регулярный пересчёт, позволяющий постоянно корректировать данные прогноза и тем самым обеспечивать сходимость модели с фактом: постоянная корректировка прогноза постепенно приближает его к фактическому времени захода локомотива на ТОиР – недостатки существующих методов планирования устраняются.

Примечание: прогнозное время постановки локомотив на ремонт, как правило, смещается в сторону его увеличения (из-за неплановых ремонтов). Риска дефицита ресурсов нет, остаётся меньший риск пересодержания склада.

### 3.5.2 Организация оперативного планирования

Оперативное планирование осуществляется на декаду (10 дней), на трое суток и на сутки без использования прогнозного моделирования, но с учётом данных мониторинга технического состояния локомотивов (рисунок 3.13): формируется приоритетный список кандидатов на ремонт по выполненной работе  $A$  (пробегу, часам работы) и списку замечаний по их техническому состоянию (наличию инцидентов)  $Q$ .





Рисунок 3.13 – Алгоритм оперативного планирования постановки на ТОиР

Из примерно одинаковых кандидатов выбираются имеющие замечания  $Q$  по техническому состоянию, по сути, предотказные состояния. После согласования плана постановки локомотивов с причастными данные передаются в полигонные центры управления тяговыми ресурсами (ЦУТР), в задачи которых входит подгонка локомотивов на станцию, где расположено депо.

Главная проблема оперативного планирования – его исполнение. Для этого в сервисных компаниях действуют центры мониторинга эксплуатации локомотивов (ЦМ) при региональных ЦУТР, созданных в ОАО «РЖД» для управления локомотивами на больших полигонах [65]. Отсутствие отлаженного взаимодействия можно считать одной из основных причин повышенного простоя в ожидании ТОиР.

### 3.5.3 Организация процесса приёмки локомотива на ремонт

Следующий важный функциональный элемент модели – приёмка локомотива на ремонт (рисунок 3.14). На этом этапе формируется окончательный список замечаний по техническому состоянию локомотива  $Q$  для назначения сверхцикловых работ  $R$  дополнительно к цикловым работам, предусмотренным планово-предупредительной системой организации ТООР [95].



Рисунок 3.14 – Алгоритм приёмки локомотива на ТООР

Основной источник замечаний  $Q$  – это система мониторинга на базе бортовых микропроцессорных систем управления (см. разд. 3.1). Дополнительные источники информации: визуальная и инструментальная приёмка локомотива, бортовой журнал локомотива формы ТУ-152 (замечания машиниста), система управления надёжностью КАС АНТ и другие автоматизированные источники информации.

### 3.6 Архитектура информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов

Архитектура разработанной информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов показана на рисунке 3.15 и соответствует функциональности модели, представленной на рисунке 2.2. Смежные функциональные блоки с белым фоном не входят в состав предлагаемой модели.

В ОАО «РЖД» совместно Дирекцией управления движением поездов (ЦД) и Дирекцией тяги (ЦТ) для тяги поездов планируются тяговые ресурсы (блок 1). Исходные данные о работе локомотивов *A* в ОАО «РЖД» формируются в процессе их эксплуатации при тяге поездов (блок 2), осуществляемой Дирекцией движения поездов ЦД, для чего созданы региональные центры управления тяговыми ресурсами (ЦУТР). По пробегу локомотивов (работе *A*) или в случае возникновения отказа планируется постановка локомотива в сервисное локомотивное депо на планово-предупредительный или неплановый ремонт (блок 3). Постановка локомотива осуществляется совместно представителями эксплуатационных (ТЧЭ) и сервисных (СЛД) локомотивных депо (блоки 4 и 9). Аналогично осуществляется приёмка локомотивов из ремонта (блоки 5 и 12).

По данным о работе локомотивов (блок 6) выполняется прогнозное планирование ТОиР локомотивов на семь лет для технологической подготовки производства (блок 15), на год, квартал и месяц для планирования обеспечения производства ресурсами (блоки 16, 17 и 18). Прогнозное планирование осуществляется по статистическим данным о работе локомотива, времени простоя на ТОиР и статистике потребления ресурсов, на основании которых осуществляется прогнозное моделирование.

Основа оперативного управления ТОиР – мониторинг эксплуатации и технического состояния локомотивов (блок 7) по данным АСУЖТ, бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) и деповских автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД).

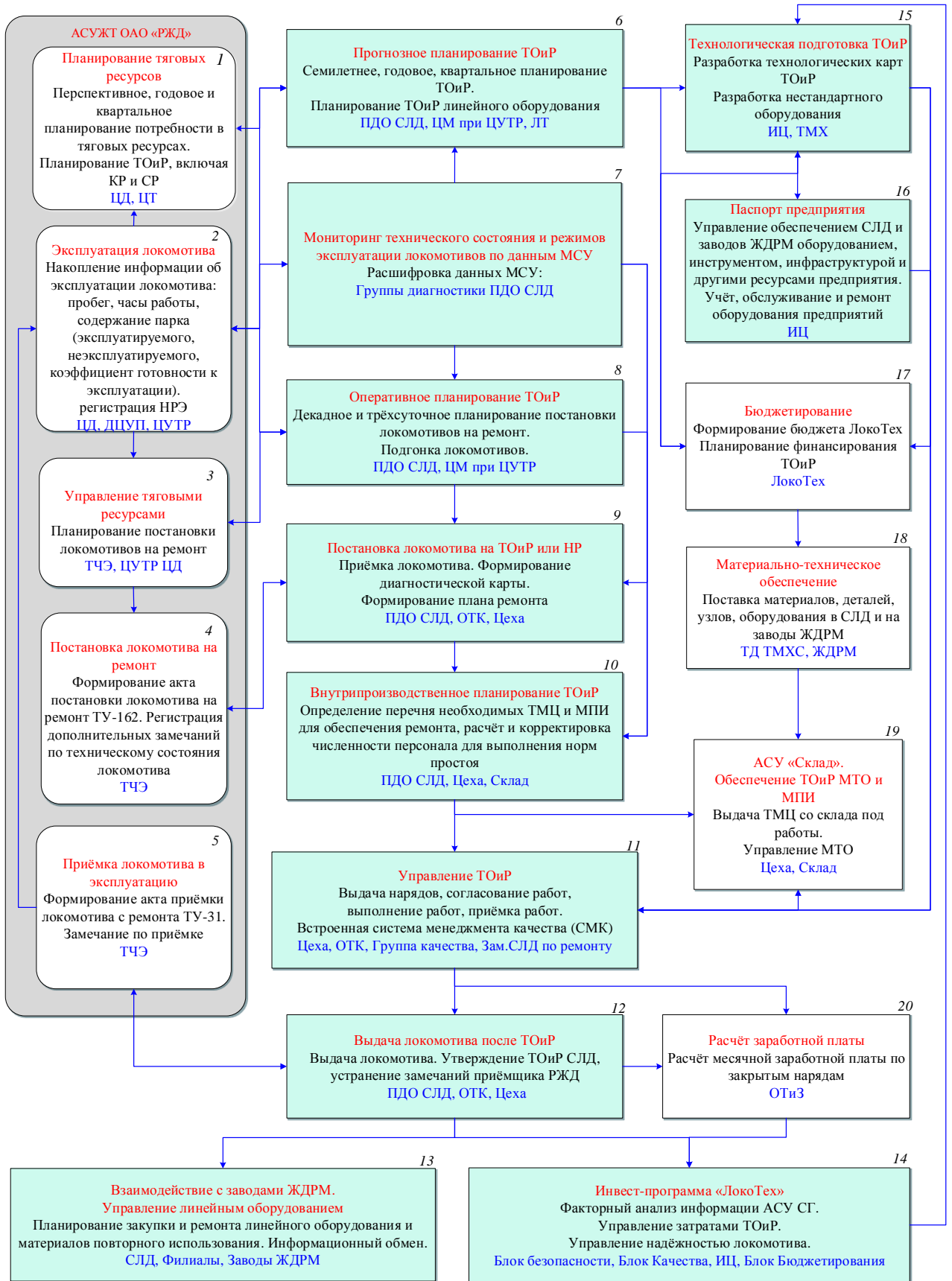


Рисунок 3.15 – Архитектура информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов

По данным мониторинга (блок 7) работы локомотива и его технического состояния осуществляется оперативное планирование постановки локомотивов на ремонт (блок 8). Окончательно техническое состояние локомотива определяется в процессе приёмки его на ремонт (блок 9). По итогам приёмки внутрипроизводственное ТОиР (блок 10).

По завершении планирования и подготовки производства, включая выделение ресурсов (блоки 6–10) выполняется собственно техническое обслуживание и ремонт (блок 11). При этом реализуются инкапсулированные [75, 110] логические и математические методы управления качеством технологических процессов, бережливого производства. В основе лежат статистические методы, принятые в теории вариабельности.

Для мотивации работников сервисного локомотивного депо на качественный и эффективный труд необходима организация сдельной оплаты труда, зависящей от объёма и качества выполненного ТОиР (блок 20).

Локомотив из ремонта сдаётся в эксплуатацию (блок 12) совместно с работниками эксплуатационного депо (блок 5). При этом используется инструментальный контроль технического состояния локомотива – автоматизированные системы технического диагностирования (АСТД), включая диагностическую функциональность бортовых МСУ.

Сервисные локомотивные депо ориентируются на крупноблочный модульный принцип ремонта, при котором снятое с локомотива оборудование (блок, узел, деталь) при наличии сложных технологических операций отправляется на ремонтный завод, как правило, в ЖДРМ (блок 13). На этом цикл обслуживания завершается.

Важным элементом модели является факторный анализ всех параметров жизненного цикла обслуживания и ремонта локомотива (блок 14), позволяющий определить приоритетные направления повышения эффективности ТОиР согласно специально разрабатываемым КРІ. По сути, это обратная связь цикла PDCA ТОиР.

### 3.7 Бизнес-процессы согласно разработанной модели

В главе 3 выполнена теоретическая часть разработки информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом

локомотивов. Для практической реализации модели в условиях производственных процессов сервисных локомотивных депо (СЛД) для организации управления ТОиР локомотивов разработана соответствующая модель совокупность бизнес-процессов, представленная в виде иерархии бизнес-процессов ТОиР (рисунок 3.16).

По каждому бизнес-процессу составлено его описание для практической реализации. Для этого разработана специальная форма, также основанная на методе 5W2H. В таблице 3.2 приведён пример описания бизнес-процессов с использованием разработанной унифицированной таблицы.

Модель реализуется в виде информационно-управляющей системы на базе современных информационных технологий и Интернета. При этом используются общепринятые технические решения в части аппаратного оборудования (компьютеры, сетевое оборудование, бесперебойные источники питания и др.) и программного обеспечения компьютеров (операционная система, Интернет, СУБД, базовая ERP-система, офис-приложения, антивирусные защиты и др.).

Важная отличительная черта модели – повышение эффективности организации управления за счёт применения вероятностно-статистических методов, повышение глубины и структурированности информации, что позволяет принимать правильные управляющие решения, сокращать объём управленческих ошибок.



Рисунок 3.16 – Бизнес-процессы сервисного локомотивного депо согласно модели

Таблица 3.2 – Пример описания бизнес-процесса

Бизнес процесс «Управление производственными процессами»		
	Пункт	Описание
I	Характеристика процесса (5W2H)	
W1	Состав (What)	Учет замечаний и дополнительных работ в процессе ТОиР, НР; управление работами ТОиР
W2	Время (When)	На всём протяжении работы СЛД с момента постановки локомотива на ТОиР или НР до выдачи в эксплуатацию
W3	Место (Where)	СЛД, Филиалы, ЛТ
W4	Цель (Why)	Соблюдение технологии ремонта, соблюдение нормативов времени проведения работ, прогнозирование времени выдачи локомотива из ремонта, разбор причин возникновения неплановых ремонтов и дополнительных работ, оптимизация использования трудовых ресурсов [81]
W5	Участники процесса (Who)	СЛД, Филиалы, ЛТ
H1	Реализация (How)	В процессе ТОиР, НР, управление работами ТОиР и НР, выписка и закрытие нарядов, встроенная система менеджмента качества, разбор причин и дополнительных работ
H2	Периодичность (How much)	Ежегодно, ежеквартально, ежемесячно, ежедекадно, ежесуточно
II	Информационная составляющая процесса	
	ОРД	Правила ремонта. КД локомотивов. Руководства пользователей.
	Вход	Результат анализа ТОиР, НР СЛД с выявлением «узких» мест
	Выход	Планирование объёма работ, в т.ч. дополнительных, технологические карты, оснащённость СЛД (канавы, инструмент)
	IT-оборудование	Рабочие места старших мастеров/мастеров, Индустриальные рабочие станции (киоски) для работы слесарей
	Доработка ПО	1С: приемка локомотива на ТОиР 1С: ТОиР 1С: выдача локомотива в эксплуатацию
	Экранные формы	Диагностическая карта (основные сведения, замечания, комплектность, параметры локомотива), Работы (ТМХ мастер, ТМХ исполнитель работ)
	Печатные формы	Книга формы ТУ-28, акт осмотра, акт замечаний, технический акт
III	Технологическая карта процесса	
	Открытие ТУ-28Э	Сервисный инженер ПДО открывает окно «Диагностическая карта», закладка «Замечания» для фиксации всех замечаний по техническому состоянию локомотива при его приемке на ремонт и формировании списка сверхцикловых работ. Источники информации: ЕСМТ, ТУ-152, визуальный осмотр, карта технического состояния по данным АСТД, замеры Если локомотив находится в группе риска, то технологи СЛД вносят в окно «Замечаний» необходимые дополнительные работы (разовые, месячные, годовые и др.). В дальнейшем для этого будет использоваться окно «Мероприятия»
	Работа с ТУ-28Э	Сменный мастер участка планового ТОиР перед началом смены заполняет таблицу, в которой отмечает, кто из списочного состава вышел в текущую смену, т.к. подвязка работников к работам (выписка нарядов) возможно только из списка, указанного в таблице. Сменный мастер участка планового ТОиР указывает в окне «Работы» необходимые работы по циклу и по замечаниям (доп. работам), выписывает наряды, а также увязывает работы со смежными цехами.



Бизнес процесс «Управление производственными процессами»		
	Пункт	Описание
		<p>Работники (исполнители), вписанные в работы, самостоятельно отмечают ход работ в «Индустриальных рабочих станциях» (терминалах) с помощью индивидуальных смарт-карт.</p> <p>Приемка цикловых и дополнительных работ выполняется мастером по контрольным точкам отмеченным программой в списке работ в соответствии с отдельной таблицей НСИ, вводимой в ТУ-28Э, а также по адресным мероприятиям по каждому локомотиву, включенному в группу риска и по мероприятиям по повышению надежности локомотивного парка. В окне «работы» мастер отмечает ее исполнение</p> <p>Приемщик ОТК/сервисный инженер распечатывает бумажную форму ТУ-28 для приемщика ОАО «РЖД», при отсутствии замечаний локомотив выдается в работу</p>
	Закрытие ТУ-28Э	Диспетчер переводит локомотив в окне «Статус локомотива» в ожидание работы.
IV		Риски
		<p>Отсутствие IT-техники в СЛД</p> <p>Отсутствие производственно-диспетчерских отделов в СЛД</p>

## **4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА И НАДЁЖНОСТЬ ЛОКОМОТИВА**

### **4.1 Влияние применения новых информационных технологий на надёжность локомотивов**

#### **4.1.1 Признанные эффекты от цифровизации**

Эффект от предложенной модели управления достигается через внедрение информационно-управляющей системы с соответствующей функциональностью, название которых с 1950-х – 1960-х гг. известно, как «Автоматизированная система управления» – АСУ. В те же годы появился термин АСУЖТ – АСУ железнодорожного транспорта [69, 174].

В результате должна повыситься надёжность локомотивов и их коэффициент технической готовности, сократятся затраты на ремонт. В настоящем параграфе обоснован эффект от ИТ.

Известны несколько классических эффектов от внедрения АСУ. Именно из-за этих эффектов в РФ появился повышенный интерес к АСУ, получивший новый «модный» термин «Цифровизация» («Диджитализация») [13, 14, 49–51, 171, 174]. Термин новый и пока не имеет однозначного определения. Всемирный банк предложил определять цифровую экономику как систему экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий. В большинстве определений предполагается интеграция бизнес-процессов (управления бизнесом) с ИТ-технологиями. Но, по мнению ряда экспертов, «этот термин столь же популярен, как и не определён». Более того, принципиально не отличается от классического понятия «АСУ» [15], но только применен к условиям современного развития информационных технологий и Интернету.

Итогом цифровизации, как правило, называют рост прибыли. По данным Европейской комиссии, цифровая экономика стремительно развивается [105] и оценивается в 3,2 трлн евро в группе стран Большой двадцатки, что составляет около 8 % их ВВП. Интернет-бизнес за пять лет (2011–2016 гг.) вырос в два раза:

до 21 %. При этом Европейская комиссия определила, что на 2016 г. 41 % предприятий не используют цифровые технологии и только 2 % в полной мере реализуют их преимущества. Global Center for Digital Business Transformation отмечает, что «в ближайшие пять лет цифровая революция вытеснит с рынка 40 % компаний, которые сейчас занимают лидирующее положение в отрасли, если они не подвергнутся цифровой трансформации».

Лидерами в области цифровизации признаются США, Сингапур, Австралия, Канада, Япония, Китай, Таиланд, Германия, другие страны Евросоюза. мировыми компаниями в области цифровой экономики являются: Google, Amazon, Airbnb, Netflix, Spotify, Uber, Tesla, SAP. В России лидерами являются компании 1С, Directum, Яндекс и др.

Президент России в ходе выступления на ПМЭФ-2017 [120, 121] обратил внимание, что предстоит «кратно увеличить выпуск специалистов в сфере цифровой экономики», «решить более широкую задачу, задачу национального уровня – добиться всеобщей цифровизации, цифровой грамотности». Он подчеркнул, что «цифровая экономика и переход на новый технологический уклад – это не разговоры в пользу бедных, это курс, которым Россия будет двигаться как минимум в ближайшие семь лет» [121, 174].

Правительство РФ утвердило государственную программу «Информационное общество» [105], в которой целевыми индикаторами и показателями определены «... место Российской Федерации в международном рейтинге по индексу развития информационных технологий; доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме; степень дифференциации субъектов Российской Федерации по интегральным показателям информационного развития; количество высокопроизводительных рабочих мест по виду экономической деятельности «связь»; снижение в общей численности населения доли населения, не использующего информационно-телекоммуникационную сеть Интернет».

Таким образом, эффективность информатизации (цифровизации) и АСУ является общепризнанной и рассматривается как аксиома.

Эффект от цифровизации (внедрения АСУ) определяется преимуществами, которые дают информационные технологии: снижение стоимости финансовых операций и документооборота, доступность различной информации с интегрированным эффектом повышения управляемости (сегрегированный эффект), автоматизация аналитической деятельности с принятием управленческих решений и корректирующих мероприятий (принятие решений на основе объективных данных бизнес-анализа), упрощение взаимодействия партнёров бизнеса и производственных процессов, лёгкая интеграция смежных бизнес-процессов, упрощение с одновременным повышением качества бухгалтерского и управленческого учета, прозрачность процессов, упрощение использования сложных математических методов в повседневной работе компаний, сокращение числа сотрудников, оперативное взаимодействие с поставщиками и заказчиками, быстрое построение логистических схем, адаптивность системы к изменению условий, сокращение времени коммуникаций и ускорение бизнес-процессов, возможность обработки микрообъёмов информации (Big Data), эффективный старт-ап маленьких компаний, простая реализация геотехнологий и многие другие преимущества.

Все это в полной мере относится и к автоматизации в локомотивном и локомотиворемонтном комплексах. Далее рассмотрены специфические эффекты от реализации модели.

#### 4.1.2 Мотивация на работу с АСУ

Несмотря на автоматизацию процессов управления, первичная информация вводится вручную (человеческий фактор), что приводит к её субъективности. Остаётся ручным ввод информации о начале и окончании работы исполнителем, приёмка работы мастером или заместителем начальника депо по ремонту, результаты визуального осмотра локомотива при постановке на ремонт и многое другое. Без обеспечения достоверности ручного ввода информации эффекта от АСУ не будет. Поэтому первостепенную роль в эффективности работы АСУ играет мотивация работников депо на ввод достоверной и своевременной информации в АСУ [129, 174].

Опыт внедрения АСУ показывает, что самый эффективный мотивационный стимул – начисление зарплаты слесарей (исполнителей работ) через АСУ. Если

работник понял, что начисления зарплаты за очередной назначенный и выполненный наряд не будет, пока он не отметит в АСУ начало и окончание работы, не введёт дополнительные данные в установленном порядке, а мастер не примет работы, то он будет мотивирован не только на свою работу с АСУ, но и будет мотивирован на требование правильных действий со стороны мастера, кладовщика и других участников процесса ТОиР – выстраивается целая мотивационная цепочка. Работник начинает требовать, чтобы до начала работы наряд был введён в АСУ; требовать своевременной приёмки работ. Если закрытие наряда невозможно без отметки о получении соответствующих материалов на складе и сданных на склад замененных узлов, то и ввод этой информации простимулирован. Аналогично можно мотивировать мастера заполнять окно экспресс-анализа причины возникновения сверхциклового работы, т.к. без этого нельзя закрыть наряд. Таким образом, без завязки работы АСУ с зарплатой в ней работающих нельзя добиться достоверности информации. Начисление заработной платы отделом труда и заработной платы (ОТиЗ) только по данным выписанных и принятых мастером нарядов в АСУ – главное условие работоспособности АСУ.

При описанном подходе появляются и побочные положительные эффекты: работник всегда может посмотреть в АСУ, какие работы попали в оплату. Мастер всегда легко может проверить загрузку работников бригад. Социальная прозрачность информации положительно влияет на климат в коллективе.

#### 4.1.3 Соблюдение технологической последовательности действий

Когда работа с АСУ замотивирована на конечный результат – начисление зарплаты, можно выстраивать технологическую цепочку управления ТОиР. Например, наряд на работы невозможно выписать, если локомотив не был запланирован на ремонт (декадное или трёхсуточное планирование), принят в установленном порядке с регистрацией выявленных замечаний, заполнением сменно-суточного задания. Нельзя закрыть наряд, если предусмотренные технологической картой ремонта запасные части и материалы не получены со склада, а снятые с локомотива узлы не сданы на склад материалов повторного использования. Нельзя списать материалы, выданные мастеру на подотчёт, пока локомотив не вышел из депо, принятый представителем эксплуатационного локомотивного депо.

До выхода локомотива ОТиЗ «не видит» закрытые и принятые наряды слесарей и по ним нельзя провести начисление заработной платы.

С другой стороны, должно быть невозможно выполнить то или иное действие раньше или позже установленного технологией момента времени. Нельзя начать работу, пока локомотив не принят в ремонт. Нельзя отметить начало и окончание работ, если локомотив уже вышел из депо. Выдать материалы со склада можно только под фактически находящийся в депо локомотив и в количестве не более оговоренного в электронной технологической карте. В АСУ такая инкапсулированная технология работы названа «Встроенное качество». В мировой практике известен термин пока-ёкэ («защита от дурака»).

За счёт блокирования неправильных действий и подсказки правильных также следует встроить в АСУ методики и требования международных стандартов управления качеством (ISO 9000–ISO 9004, ITIL, Cobit и др.). Например, правильно выстраивая последовательность действий, можно реализовать в АСУ метод последовательного разбора проблем 8D [149–154]. А при разборе причин отказов реализовать методики 5W2H и 5W. В результате можно работать в соответствии с требованиями ISO и ГОСТа, не требуя при этом от конечных пользователей досконального знания стандартов.

Организация управления ТОиР через АСУ при правильной мотивации участников процесса позволяет автоматизировать соблюдение технологической последовательности действий, что является одним из источников повышения надёжности локомотивов и сокращения затрат на его ТОиР. Одновременно упрощается контроль соблюдения технологической дисциплины, повышается уровень организации ТОиР.

#### 4.1.4 Логический контроль технологического процесса

Следующая методика обеспечения эффективности работы АСУ – встроенный логический контроль ввода данных. Например, АСУ блокирует окно «Уровень топлива» при заходе электровоза или блокирует замеры счётчика электроэнергии у тепловозов. Нельзя получить со склада деталь, не относящуюся к выпущенной работе, превысить допустимое количество получаемых со склада деталей,

выполнить работу намного быстрее установленного норматива, назначить недопустимую для данной серии локомотива работу. Можно заблокировать выполнение работы слесарем с разрядом ниже установленного в работе, другие недопустимые действия.

Отдельно следует осуществлять логический контроль непротиворечивости данных внутри АСУ и со смежными информационными системами. Например, если в АСОУП локомотив находится в состоянии ТО-3, то нельзя загрузить шаблон работ ТР-1.

#### 4.1.5 Замеры и диагностика в процессе ремонта локомотива

По окончании работы необходимо зафиксировать объективные показатели качества ремонта, которые должны попадать с автоматизированных системы технического диагностирования (АСТД). Например, с автоматизированных систем вибрационного диагностирования колёсно-моторных блоков («Прогноз», «Вектор» и др.), с автоматизированных станций реостатных испытаний («Кипарис», «Алмаз» и др.), с испытательных стендов и др. [94]. Опыт такой передачи данных уже накоплен в группе компаний «ЛокоТех» [174].

При отсутствии АСТД контрольные параметры вводит сам слесарь (исполнитель работ), представитель ОТК или группы качества. При этом опять вступает в работу логический контроль соответствия введённых данных реально возможным (форматный контроль), нормативным допускам, соответствия логике динамики изменения параметра (например, замеренная толщина бандажа не может быть больше предыдущего замера). Таким образом, наряд нельзя закрыть при отсутствии логически правильных данных замеров (диагностирования), соответствующих установленным допускам.

#### 4.1.6 Классификация причин возникновения сверхцикловых работ

Предыдущие методы обеспечения эффективности работы АСУ относились к режиму online. Следующий очень важный метод относится к распределённой во времени технологии «Цикл PDCA» (см. гл. 2) [7, 133, 174].

Главный признак низкой надёжности локомотива – отказы, которые проявляются через назначение сверхцикловых работ на ТОиР или через неплановый заход локомотива в депо. Необходим обязательный разбор каждой возникающей

сверхцикловой работы с формированием корректирующих мероприятий. При этом корневые причины и меры немногочисленны (см. гл. 3): некачественное ТОиР (наказание виновных, обучение, совершенствование технологического процесса), некачественные комплектующие (наказание поставщиков, смена поставщика, смена типа комплектующих), нарушение режимов эксплуатации (отнесение затрат на виновную сторону, обучение машинистов, изменение условий эксплуатации), неправильный технологический процесс ТОиР (изменение технологических карт ТОиР), конструкционный отказ (отнесение затрат на завод-изготовитель, изменение конструкции), деградиционный отказ (изменении сроков планово-предупредительных ремонтов).

Таким образом, именно замыкание обратной связи (разбор причин и принятие мер) при возникновении отказов является главным условием как эффективности АСУ, так и обеспечения высокой надёжности локомотива.

#### 4.1.7 Автоматизация аналитических отчётов цикла постоянного улучшения

Важный мотивационный и управленческий аспект работы АСУ – автоматизация формирования отчётов. Следует отметить повышение эффективности использования труда специалистов, существенное снижение интеллектуальных потерь – восьмой вид потерь по системе управления Lean Production System («Бережливое производство») [193].

Инженерно-технический состав депо очень много рабочего времени тратит на формирование разного рода отчётов (периодических и по запросу). Как правило, эти отчёты готовятся на компьютере с использованием пакетов программ MS Word, Excel, Power Point и даже Visio. Но при этом сам труд следует считать непроизводительным, хоть и с использованием информационных технологий.

Если исходные данные для отчётов были введены в АСУ, то нет проблем с автоматизацией формирования отчётов, даже нестандартных с использованием технологии конструктора отчётов [2]. Опыт внедрения АСУ показывает, что освобождение работников от необходимости вручную формировать отчёты, возможность в режиме on-line посмотреть любую информацию на экране компьютера и при необходимости распечатать отчёт делают работников депо сторонниками АСУ, мотивирует их на качественный ввод первичной информации.



Значит, любые формы «ручных» отчётов при внедрении АСУ должны быть искоренены из работы депо, потому что их наличие снижает надёжность данных АСУ из-за наличия двойных данных.

#### 4.1.8 Инкапсуляция математических методов анализа

Следующий важный фактор обеспечения эффективности АСУ – инкапсуляция в неё математических методов [75, 110], описанных в главах 1 – 3 диссертации. Методы статистического управления позволяют контролировать достоверность данных проверкой унимодальности выборок через их вероятностную принадлежность к одному из законов распределения случайной величины [12, 21]. Если данные не проходят по критерию согласия Пирсона, то пользоваться ими для принятия решений нецелесообразно.

Вычисление трендов позволяет прогнозировать дальнейшее развитие ситуации, вычислять вероятность того, что не произойдёт отказ оборудования до следующего захода локомотива на ТОиР (оценивать остаточный ресурс).

Корреляционный анализ позволяет выявлять закономерности, зависимость одних событий от других, определять последствия (эффективность) тех или иных организационных мероприятий [2, 174].

Методы теории нечётких множеств позволяют управлять рисками возникновения опасных ситуаций, в т.ч. отказав локомотива [22, 23, 82].

Обработка статистики ТОиР позволяет рассчитывать неснижаемый запас запасных частей и других ресурсов депо, необходимых для выполнения ТОиР. Обработка статистики предыдущих ТОиР позволяет прогнозировать объёмы ремонта при текущем заходе локомотива на ремонт.

Инкапсуляция математических и логических методов позволяет за счёт создания поддержки принятия решений повышать качество организации ТОиР.

#### 4.2 Снижение технических и экономических рисков как результат реализации модели управления производством в сервисных предприятиях

Внедрение модели практически не влияет на доходы сервисной компании, которые определяются количеством поездов и скоростью их движения. Это один из парадоксов сервисного ТОиР локомотивов ОАО «РЖД». Эффект от реализации

предлагаемой модели возможен за счёт сокращения потерь; сервисные компании теряют до 5–7 млрд руб. из-за низкой надёжности локомотивов и выполнения дополнительных сверхцикловых работ, а также от пересодержания запасных частей.

Максимальный эффект от внедрения модели ограничен объёмом потерь на производстве в сервисных локомотивных депо. Модель не устраняет потери (рисунок 4.1) полностью, но позволяет снизить их не менее, чем на 30 % (после полного внедрения) согласно экспертным оценкам эффективности внедрения автоматизированных информационных систем.

На рисунке 4.2 показано, через какие технические эффекты достигается экономический эффект – сокращение расходов компании (см. рисунок 4.1). Анализ приведён по результатам исследований, выполненных в сервисных локомотивных депо (СЛД) Тюмень, Югра, Амурское, Тында-Северная, Барабинск, Боготол-Сибирский и др. Данные по каждой статье эффектов и сводные данные приведены в таблице 4.1.

Сокращение затрат на проведение цикловых работ. Низкая квалификация работников СЛД, недостаточная оснащённость производственных участков приводит к повышению себестоимости ремонта оборудования.

Модель позволит за счёт внутрипроизводственного планирования (ВПП) заранее планировать распределение ремонтов оборудования между заводами ЖДРМ, СЛД или закупкой нового оборудования. Например, аппаратные, топливные, автоматные переделы недостаточно оснащены, есть большой объём ручной низкопроизводительной работы. Переделы по ремонту МСУ, как правило, не имеют наладочных стендов. Нет оборудования для диагностирования силовых электронных установок. В настоящее время возможности планирования и перераспределения работ нет. Одновременно планирование позволит определить достаточность инфраструктуры СЛД, наличие инструмента, трудовых и других ресурсов. Исследования показали, что за счёт ВПП можно сократить затраты на цикловые работы минимум на 10 % (в мировой практике, в т.ч. Lean Production, эффект от процессного планирования оценивается как не менее 50 %, поэтому предложенная оценка не завышена). Эффект будет получен примерно через год после внедрения модели.

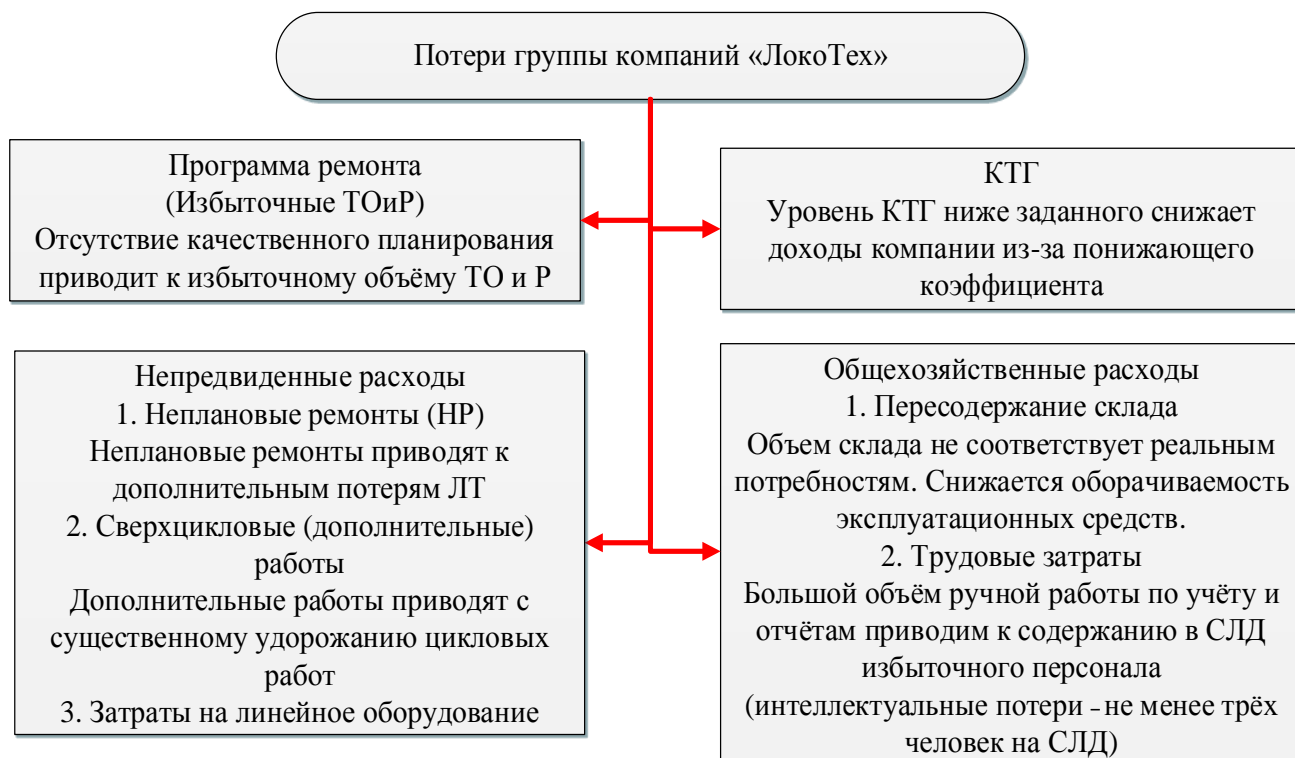


Рисунок 4.1 – Потери группы компаний «ЛокоТех»

Сокращение потерь из-за низкого КТГ. Невыполнение требований SLA по уровню КТГ приводит к дополнительным потерям из-за понижающего коэффициента. Анализ показал, что потери КТГ до 60 % определяются длительным простоем в ожидании ТОиР и НР. За счёт внутрипроизводственного планирования и управления логистикой СЛД простой в ожидании ремонта можно снизить в два раза [81].

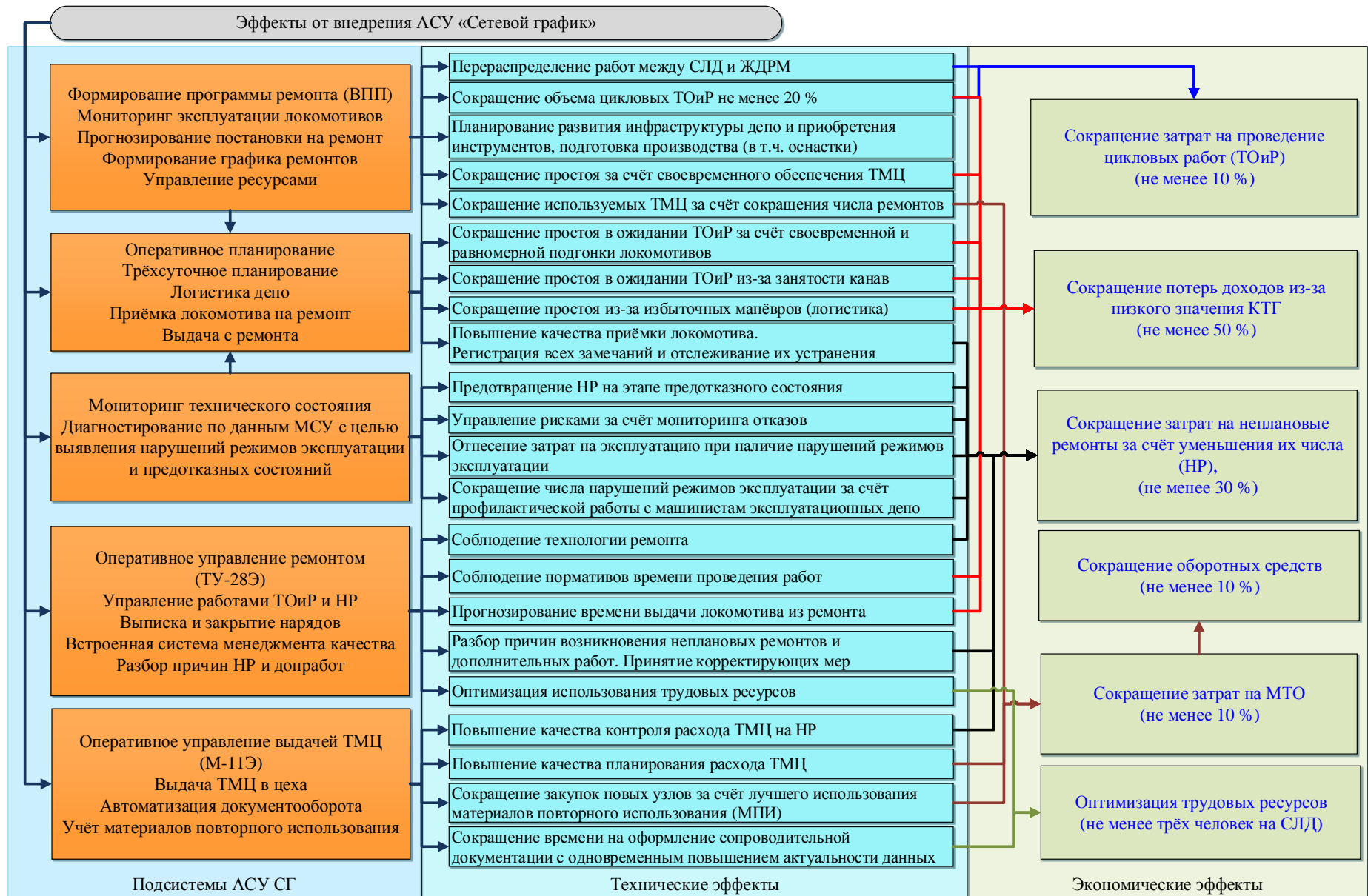


Рисунок 4.2 – Источники эффекта от внедрения модели

Таблица 4.1 – Источники эффекта от внедрения модели

Источник эффектов	Этапы внедрения по кварталам (сумма млн руб.)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
Сокращение расходов на цикловые работы	0	0	0	0	10	10	15	15	15	20	25	40	150
Сокращение потерь от низкого КТГ	0	0	6	12	20	25	25	30	30	40	60	70	300
Снижение затрат на НР и доп. работы	0	0	5	10	10	10	15	15	15	25	30	40	150
Снижение стоимости заимствования оборотных средств	0	0	0	0	4	5	5	6	7	8	10	15	60
Сокращение интеллектуальных потерь	0	0	0	0	10	10	10	10	15	15	15	15	120
Итого	0	0	11	22	54	60	70	76	82	108	140	180	780

Сокращение потерь от выполнения неплановых и дополнительных работ. Значительная статья потерь – неплановые ремонты и дополнительные работы (по сути, неплановые ремонты во время выполнения цикловых работ). Учёт всех сверхцикловых работ и их обязательный разбор (выявление одной из причин возникновения неисправностей). Управление инцидентами приведёт к сокращению потерь от НР за счёт исключения причин возникновения НР, планирования расходов на НР, а также дополнительно повысит КТГ за счёт сокращения простоя на ремонте, сократится и потребление в ТМЦ.

Сокращение оборотных средств. Внутрипроизводственное планирование (ВПП), сокращение неплановых ремонтов и дополнительных работ, оптимизация запасов ТМЦ приведут к сокращению оборотных средств.

Сокращение трудовых ресурсов. Автоматизация формирования отчётных документов позволит снизить затраты на непроизводительные операции по формированию учётных и отчётных документов, которые в настоящее время формируются в рукописном виде или вручную с использованием Word или Excel. Непроизводительные потери на формирование отчётов в СЛД составляют от 1 до 12 человек.

#### Расходы на практическую реализацию модели

На рисунке 4.3 показаны ожидаемые затраты, связанные с разработкой, внедрением и сопровождением системы. Основная статья расходов – дооснащение СЛД ИТ-оборудованием. Вторая по объемам затрат статья – разработка программного обеспечения для реализации модели. Ещё одна достаточно крупная статья расходов – внедрение (командировочные расходы, обучение, подготовка учебных материалов и др.). Отдельная большая статья расходов – реинжиниринг технологических процессов СЛД и заводов ЖДРМ.

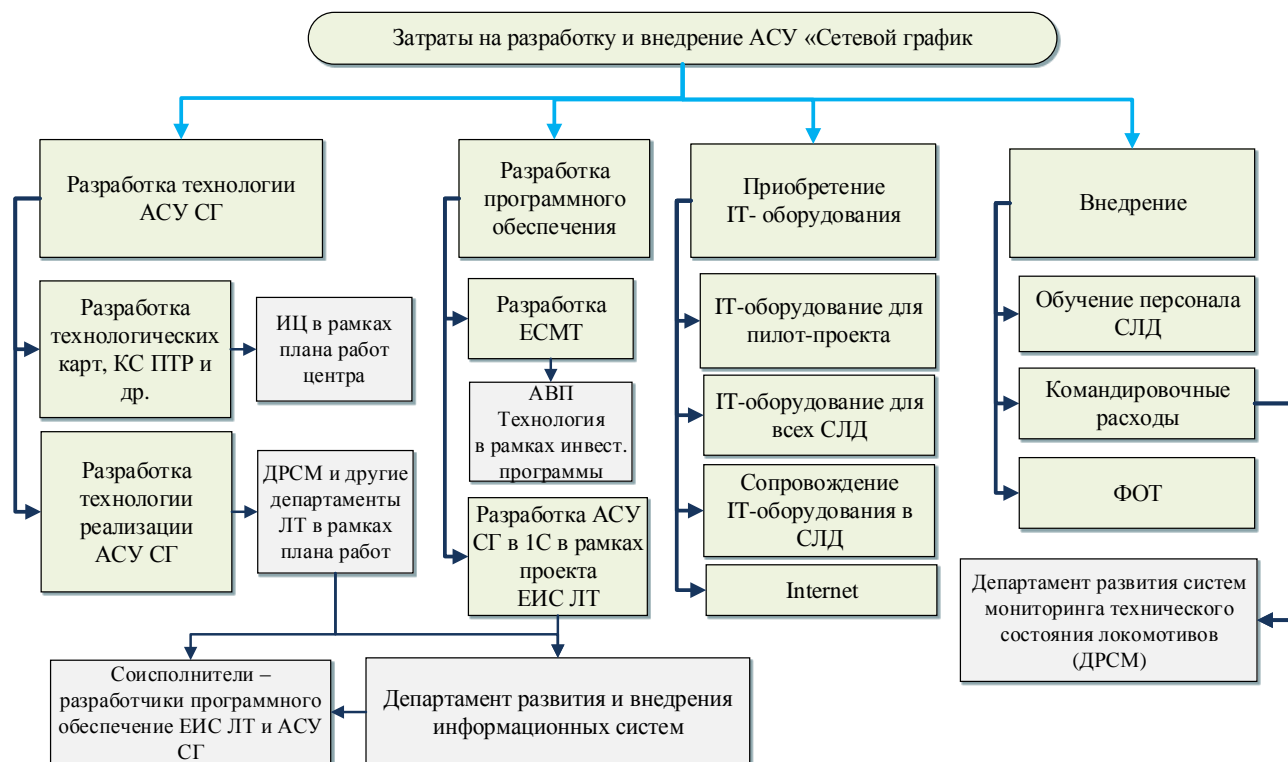


Рисунок 4.3 – Статьи затрат на внедрение модели

Ожидаемые расходы на разработку программного обеспечения приведены в таблице 4.2, ожидаемые расходы на тиражирование работ – в таблице 4.3. Для реализации модели в СЛД необходимо поставить соответствующее IT-оборудование (персональные компьютеры, принтеры, IT-киоски, идентификаторы, считыватели штрих-кодов и др.); сроки поставки и соответствующие расходы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.2 – Расходы на разработку программного обеспечения

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
АСУ ТП	11	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	15
Склад	0	3	3	2	1	1	1	1	10
Внутрипроизводственное планирование	0	0,5	1	2	2	0,5	0,5	0,5	7
Система менеджмента качества	0	0	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	5
Технологические карты	0	0	1	1	0,5	0,5	0	0	3
Управление ресурсами	0	0	0	1	2	2	1	1	7
Факторный анализ	0	1,5	2,5	1	1	1	0,5	0,5	8
Всего	11	6	10	8,5	7,5	6	4	4	57

Таблица 4.3 – Тиражирование работ

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Тиражирование работ	0	0	0	0	3	2,5	2,5	2,5	10,5

Таблица 4.4 – Поставка в СЛД IT-оборудования

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
IT-оборудование	3	7	20	20	50	50	50	20	220

Эксплуатационные расходы связаны с сопровождением программного обеспечения, IT-оборудования и Интернета, с разработкой и сопровождением систем расшифровки данных бортовых систем (АРМ МСУ), а также деповских систем технического диагностирования (АСТД). Дополнительная статья расходов – взаимодействие с АСУЖТ. Общие расходы на разработку и сопровождение диагностических систем приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расходы на разработку диагностического функционала

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Управление инцидентами	0	1	3	3	4	4	4	3	27
АРМ МСУ	0	0	2	3	3	3	3	3	17
АСТД	0	0	0	0	2	2	5	3	12
Стыковка с АСУЖТ	0	0	2	2	1	1	1	1	8
Всего	0	1	7	8	11	11	14	12	64

Для реализации модели необходим реинжиниринг технологических процессов СЛД. В состав работ входит разработка концептуальных подходов к организации ТОиР, технологические процессы и собственно технологические карты работ в СЛД. Ожидаемые расходы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расходы на доработку технологических процессов

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Расходы	0	3	8	9	8	8	8	8	52



Расходы на внедрение АСУ СГ. Кроме расходов на разработку системы и приобретение IT-оборудования дополнительные расходы будут связаны с внедрением системы (командировочные расходы, обучение, другие текущие расходы). Ожидаемые расходы приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расходы на внедрение системы

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Командировки и обучение	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	7

Расходы на сопровождение системы. Наряду с расходами на разработку системы остаются постоянные затраты на сопровождение системы, основные из которых приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Сопровождение АСУ «Сетевой график»

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Расходы на сопровождение системы	0	0	0,2	0,3	0,5	1	3	3	8

Разработка и внедрение производственной подсистемы ERP. Разработка программного обеспечения ведётся департаментом развития и внедрения информационных технологий ЛТ в рамках создания комплексной единой информационной системы АСУ (ERP). Ожидаемые расходы на разработку и внедрение производственной подсистемы ERP приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расходы на разработку программного обеспечения ERP

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Разработка и внедрение производственной подсистемы ЕИС (IC:ERP)	0	5	5	5	3	3	2,8	2,8	26,6

Ожидаемые расходы тиражирование работ (доработка и модификация функционала по итогам опытного внедрения системы) приведена в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Сопровождение производственной подсистемы ERP

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Тиражирование работ (доработка и модификация функционала по итогам опытного внедрения системы)	0	0	0	0	2	2	2	2	8

Общие расходы на разработку и сопровождение системы приведены в таблице 4.11. На третий год расходы на внедрение модели не предусмотрены, однако остаются расходы на сопровождение системы (обслуживание IT-оборудования и программного обеспечения, обучение, разработка технологических процессов, командировочные расходы и др.). С третьего года расходы на сопровождение внедрённой модели можно оценить на уровне 30 млн руб. в год.

Таблица 4.11 – Общие расходы на разработку и внедрение модели (включая разработку, внедрение и тиражирование производственной системы ЕИС 1С: ERP)

Наименование	Расходы по кварталам, млн руб.								Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Общие расходы	14,5	22,5	51,2	51,8	86	84,5	87,3	55,3	453,1

#### Окупаемость практической реализации модели

Сравнивая ожидаемые экономические эффекты от внедрения АСУ «Сетевой график» и необходимые расходы, можно сделать вывод, что ожидаемый дисконтированный срок окупаемости проекта не превышает трёх лет (рисунок 4.3 и таблица 4.12).

Проект окупится в течение 10 кварталов, что соответствует 2,5 годам. Дисконтируемый срок окупаемости – 11 кварталов. Следовательно, предлагаемую модель следует считать не только технически, но и экономически целесообразной.

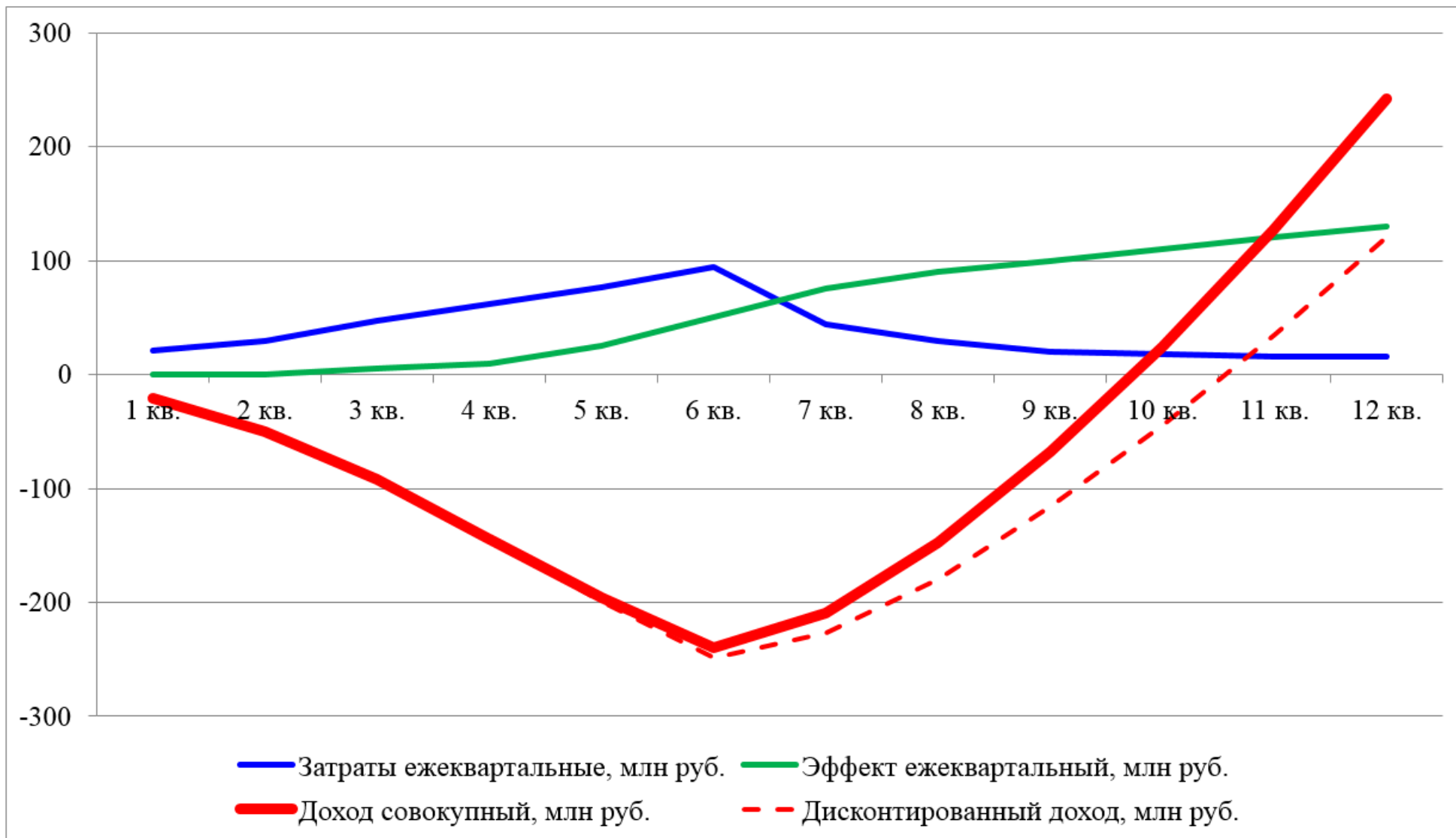


Рисунок 4.4 – Окупаемость практической реализации модели

Таблица 4.12 – Расчёт эффективности внедрения модели

Наименование	Расходы и доходы по кварталам, млн руб.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расходы за квартал	14,5	15,5	46,7	46,8	78,5	78	80	48	30	30	30	30
Расходы нарастающим	14,5	30	76,7	123,5	202	280	360	408	438	468	498	528
Эффект за квартал	0	0	11	22	54	60	70	76	82	108	140	180
Эффект нарастающим	0	0	11	33	87	147	217	293	375	483	623	803
Коэффициент дисконтирования	1	0,978	0,956	0,934	0,913	0,893	0,872	0,853	0,834	0,815	0,797	0,779
Дисконтированный эффект	0	0	11	31	79	131	189	250	313	394	497	626
Окупаемость	-14,5	-30	-65,7	-90,5	-115	-133	-143	-115	-63	15	125	275
Дисконтированная окупаемость	-15	-30	-66	-93	-123	-149	-171	-158	-125	-74	-1	98

### 4.3 Ключевые показатели эффективности управления производственными процессами в сервисных локомотивных депо

При построении модели необходимо определить ключевые показатели эффективности (КПЭ, или КРІ) [130]. Именно по ним определена структура модели организации управления ТОиР локомотивов.

КРІ – это показатели деятельности предприятия, которые помогают по принципу постоянного улучшения (циклу PDCA) достигать стратегических и тактических целей [13, 14]. Использование ключевых показателей эффективности даёт организации возможность объективно оценить своё состояние и планировать улучшение. КРІ позволяют эффективно производить контроль деловой активности сотрудников, подразделений и компании в целом. КРІ – это инструмент «Управление по целям» и служит для измерения поставленных целей. Соответственно должен соответствовать этим целям. Таким образом, статистический анализ показателей сервисного ТОиР выполняется с использованием КРІ.

Цели сервисных компаний:

- поддержание локомотива в исправном техническом состоянии, соответствующем его паспортным характеристикам;
- выполнение технического обслуживания и ремонта локомотивов в соответствии с установленными правилами ремонта и в пределах запланированных средств;
- соблюдение времени простоя локомотивов на планово-предупредительных ремонтах и сокращение до минимума времени простоя на неплановых видах ремонта (НР).

КРІ сервисных компаний должны отражать качество технического состояния локомотивов (надёжность), простой локомотивов в сервисных локомотивных депо, себестоимость ТОиР и НР.

Предлагается зафиксировать ключевые показатели эффективности (КПЭ) сервисных локомотивных депо (СЛД) и автоматизировано их контролировать.

1. КРІ<sub>1</sub>. Контроль сверхцикловых работ (сверхнормативные расходы).

1.1. Число сверхцикловых работ, шт.; КРІ<sub>11</sub>.

- 1.2. Продолжительность сверхцикловых работ, мин.; КРІ<sub>12</sub>.
- 1.3. Разряд сверхцикловых работ, разряд; КРІ<sub>13</sub>.
- 1.4. Трудозатраты на сверхцикловые работы, руб.; КРІ<sub>14</sub>.
- 1.5. Расходы ТМЦ на сверхцикловые работы, руб.; КРІ<sub>15</sub>.
- 1.6. Расходы МПИ на сверхцикловые работы, руб.; КРІ<sub>16</sub>.
- 1.7. Общие затраты на сверхцикловые работы, руб.; КРІ<sub>17</sub>.
- 1.8. Отнесение затрат по ответственности (факторный анализ по данным окна экспресс-анализа), руб.; КРІ<sub>18</sub>.
2. КРІ<sub>2</sub>. Контроль коэффициента технической готовности (потери КТГ).
  - 2.1. Простой в ожидании ТОиР и НР, мин; КРІ<sub>21</sub>.
  - 2.2. Простой при проведении ТОиР и НР, мин; КРІ<sub>22</sub>.
  - 2.3. Простой по кодам логистических потерь, мин; КРІ<sub>23</sub>.
  - 2.4. Отнесение потерь за перепростой по ответственности, мин; КРІ<sub>24</sub>.
  - 2.5. Процент работ, выполненных в срок, %; КРІ<sub>25</sub>.
3. КРІ<sub>3</sub>. Контроль качества выполнения ТОиР.
  - 3.1. Количество замечаний приемщика ТЧЭ (ОТК), шт.; КРІ<sub>31</sub>.
  - 3.2. Количество локомотивов, выданных после ТОиР (с первого, второго и более предъявлений), шт.; КРІ<sub>32</sub>.
  - 3.3. Количество заходов локомотивов на НР после последнего ТОиР (в первые 5000 км пробега), шт.; КРІ<sub>33</sub>.

Большое число КРІ усложняют процесс контроля качества и эффективности производственных процессов, поэтому предлагается интегральный показатель эффективности работы модели, определяемый по формуле:

$$\text{КРІ} = 100\% \cdot \text{КРІ}_1 \cdot \text{КРІ}_2 \cdot \text{КРІ}_3, \quad (4.1)$$

где КРІ, КРІ<sub>1</sub>, КРІ<sub>2</sub>, КРІ<sub>3</sub> – приведённые к 1 (единице) ключевые показатели качества:

принимают значение 1, если показатель качества идеален. В общем виде КРІ определяется произведением всех КРІ<sub>*i*</sub>:

$$\text{КРІ} = 100\% \cdot \prod_{i=1}^{i_{\max}} \text{КРІ}_i, \quad (4.2)$$

где  $i_{\max}$  – общее число показателей эффективности и качества.

Каждый из показателей эффективности и качества  $KPI_i$  определяется входящими в него внутренними показателями  $KPI_{ij}$ , определяемыми по формуле:

$$KPI_{ij} = KPI_{ijАбс} / KPI_{ijАбсmax}, \quad (4.3)$$

где  $KPI_{ijАбс}$  – абсолютное значение  $j$ -го показателя эффективности  $KPI_i$ ;  $KPI_{ijАбсmax}$  – абсолютное максимальное значение  $KPI_{ijАбс}$ .

Например, для показателя «Процент работ, выполненных в срок»  $KPI_{ijАбсmax} = 100$ , а  $0 \leq KPI_{ijАбс} \leq 100$ . Формула (4.3) верна, если  $KPI_{ijАбс}$  следует повышать до значения  $KPI_{ijАбсmax}$ . Если, наоборот,  $KPI_{ijАбс}$  следует снижать до идеального значения  $KPI_{ijАбсmin}$ , то вместо формулы 4.3 следует применить формулу 4.4:

$$KPI_{ij} = KPI_{ijАбсmin} / KPI_{ijАбс}. \quad (4.4)$$

Если минимальное значение нулевое, то используется формула:

$$KPI_{ij} = (1 + KPI_{ijАбсmin}) / (1 + KPI_{ijАбс}), \quad (4.5)$$

Например, для показателя «Число сверхцикловых работ»  $KPI_{ijАбсmin} = 0$ . Тогда при  $KPI_{ijАбс} = 7$  показатель эффективности будет равен

$$KPI_{ij} = (1+0) / (1+7) = 1/8 = 0,125. \quad (4.6)$$

Каждый из показателей эффективности  $KPI_i$  можно определить по формуле:

$$KPI_i = \sum k_{ij} \cdot KPI_{ij} / \sum k_{ij}, \quad (4.7)$$

где  $k_{ij}$  – весовой коэффициент значимости  $j$ -го параметра  $i$ -го  $KPI$ .

В таблице 4.13 приведён пример расчёта  $KPI$  при трёх показателях с разным числом параметров и разными коэффициентами значимости. Как видно из таблицы 4.13, интегрированный показатель эффективности оказался равным  $KPI = 0,913 \cdot 0,761 \cdot 0,787 = 0,547$  при максимально возможном  $KPI = 1$ .

Таблица 4.13 – Пример расчёта  $KPI$

Параметр	$KPI_1$	$KPI_2$	$KPI_3$
$KPI_{i1}$	0,8	0,9	0,75
$k_{i1}$	0,3	0,5	0,7
$KPI_{i2}$	0,99	0,9	0,6
$k_{i1}$	0,7	1	1
$KPI_{i3}$	0,87	0,7	1
$k_{i1}$	0,6	1	1
$KPI_{i4}$	0,8	0,55	

$k_{i1}$	0,7	0,7	
$KPI_{i5}$	1		
$k_{i5}$	1		
$\sum k_{ij} \cdot KPI_{ij}$	3,015	2,435	2,125
$\sum k_{ij}$	3,3	3,2	2,7
$KPI_i = \sum k_{ij} \cdot KPI_{ij} / \sum k_{ij}$	0,913	0,761	0,787
$KPI = KPI_1 \cdot KPI_2 \cdot KPI_3$	0,547		

В таблице 4.14 приведены предлагаемые параметры для оценки эффективности модели по интегрированному KPI (применительно к условиям группы компаний «ЛокоТех») согласно предложенным показателям.

Таблица 4.14 – параметры эффективности модели KPI

KPI	KPI1		KPI2		KPI3	
	max/min	$k_{значимости}$	max/min	$k_{значимости}$	max/min	$k_{значимости}$
$KPI_{i1}$	0	0,8	0	0,8	0	1
$KPI_{i2}$	0	1	0	0,8	100	0,8
$KPI_{i3}$	1	0,5	0	0,9	0	1
$KPI_{i4}$	0	1	100	0,7	–	–
$KPI_{i5}$	0	1	100	1	–	–
$KPI_{i6}$	0	1	–	–	–	–
$KPI_{i7}$	0	1	–	–	–	–
$KPI_{i8}$	100	0,7	–	–	–	–

Таким образом, предложенная модель имеет измеряемую совокупность параметров для оценки её эффективности и качества процессов ТОиР.



## **5 ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ**

### 5.1 Реализация модели в АСУ «Сетевой график»

Предложенная автором модель реализована в группе компаний «ЛокоТех» в виде АСУ «Сетевой график» (АСУ СГ) сервисных локомотивных депо ООО «ЛокоТех-Сервис»: на основании разработанных в настоящей диссертации модели, алгоритмов и математических методов в компании «АФМ-Серверс» по заданию «ЛокоТех» подготовлен пакет программ на информационной платформе 1С УПП [134, 169].

АСУ СГ интегрирована в общую информационную систему управления (ERP) группы компаний «ЛокоТех». Место АСУ СГ в ERP показано на рисунке 5.1. Главным недостатком пакета программ 1С следует считать отсутствие подсистемы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Предлагаемая автором модель устраняет этот недостаток.

АСУ СГ представляет собой взаимосвязанную систему из пяти процессов. Первый – мониторинг эксплуатации, технического состояния локомотивов и наличия нарушений их режимов эксплуатации. Второй – планирование постановки локомотивов на плановые виды технического обслуживания и ремонта, а также на неплановый ремонт. Третий – внутрипроизводственное планирование, обеспечение производственного процесса необходимыми ресурсами. Четвёртый процесс – собственно техническое обслуживание и ремонт с формированием нарядов на выполненные работ и лимитно-заборных ведомостей на полученные со склада материалы. И, наконец, пятый – факторный анализ информации, выявление проблем и узких мест, формирование корректирующих мероприятий, реализация принципа постоянного улучшения.

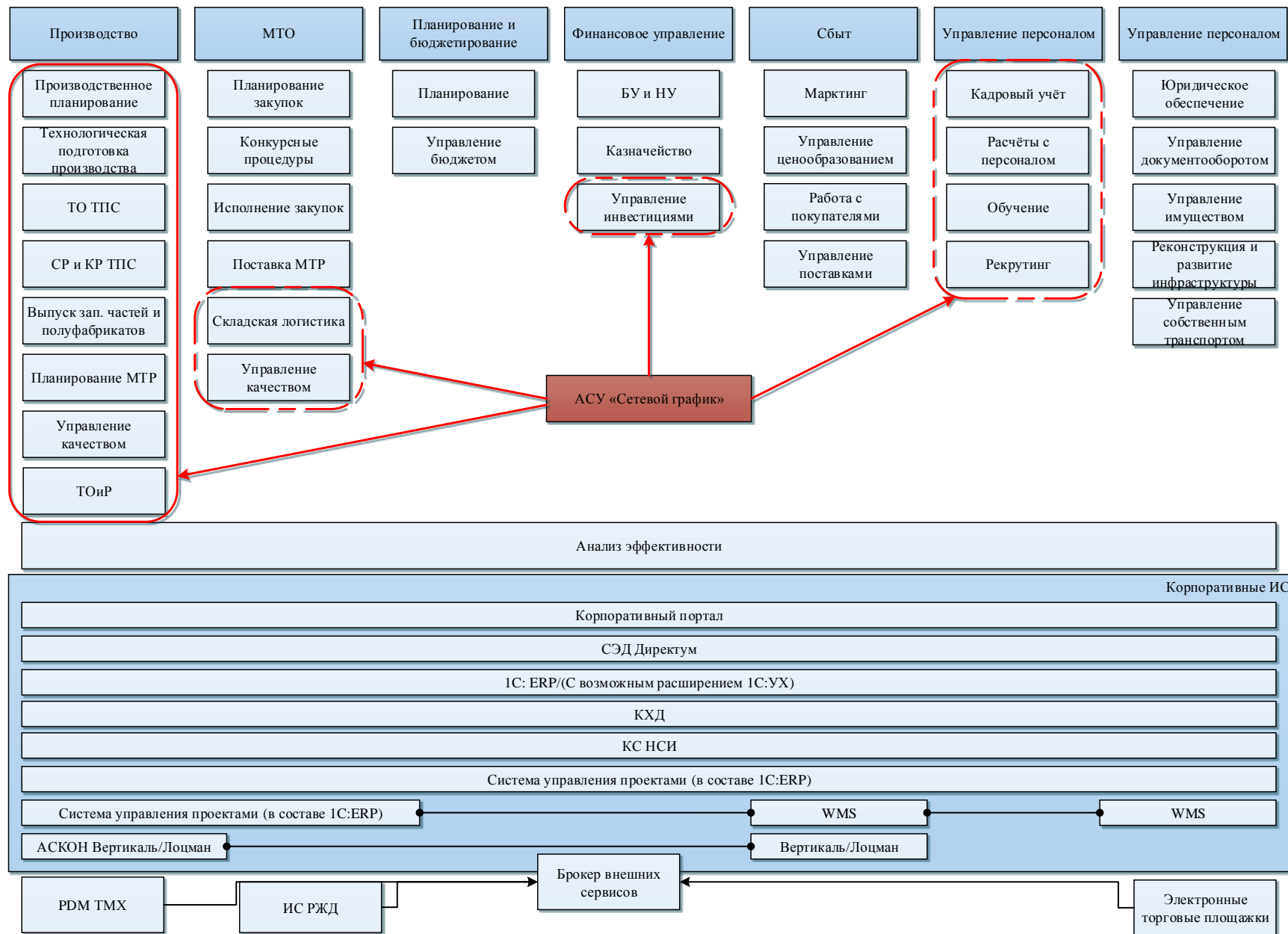


Рисунок 5.1 – Место АСУ «Сетевой график» в ERP «ЛокоТех»

Для работников депо АСУ «Сетевой график» представляет собой систему окон со своей функциональностью (рисунок 5.2). Коричневый фон показывает блоки, не входящие в состав АСУ СГ и являющиеся «стандартной» функциональностью как 1С, так и любой другой ERP-системы. Первая группа окон – планирование, мониторинг, постановка на ремонт и заполнение диагностической карты, выдача локомотивов. С окнами работает производственно-диспетчерский отдел депо (ПДО). Вторая группа окон – формирование и выполнение работ, заказ на склад. С окнами работают в цехах мастера, исполнители (слесари), группа качества, специалисты МТО, заместитель начальника депо по ремонту). Остальные окна используются в отделе труда и заработной платы, на складе, в бухгалтерии и др. Система окон гарантирует работу депо по правилам, по принципу «Встроенное качество». Работа в АСУ СГ разбита на отдельные технологические роли, которые могут исполняться как одним работником, так и несколькими – в зависимости от размеров сервисного локомотивного депо и загрузки специалистов депо. Так реализуется процессный подход к функционированию АСУ.

АСУ СГ реализована как сетевая модель: информация в соответствии с правами доступна как с рабочих мест специалистов и работников локомотивных депо, так и филиалов, и центрального аппарата.

Базовым локомотивным депо, на котором выполнены исследовательские, экспериментальные, опытные работы и отладка, а также первое внедрение проекта АСУ СГ, было сервисное локомотивное депо Тюмень (СЛД). В депо обслуживается 290 секций тепловозов грузовых, пассажирских и маневровых серий, работают 676 работников. Депо выполняет 24 тыс. ремонтов и обслуживаний в год, в том числе 20 тыс. в объёме ТО-2, 1400 – ТО-3, 450 – ТР-1, 75 – ТР-2, 30 – ТР-3, 6 – СР.

Работа над проектом АСУ СГ начата в 2015 г. как развитие проекта «Автоматизированная система управления надёжностью локомотивов» (АСУНТ) [85, 86]. В апреле 2018 г. АСУ СГ внедрена в сервисных локомотивных депо Тюмень, Югра (г. Сургут), Барабинск, Боготол-Сибирский, Тында-Северная, Амурское (г. Комсомольск-на-Амуре), Дальневосточное (г. Хабаровск), Москва-Сортировочная, Вязьма, Ожерелье, Россошь, Братское, Канск-Иланский, Нижнеудинское, Чита, Белогорск, Карасук, Инская, Барнаул, Серов, Топки, Елец, Лиски, Воронеж.

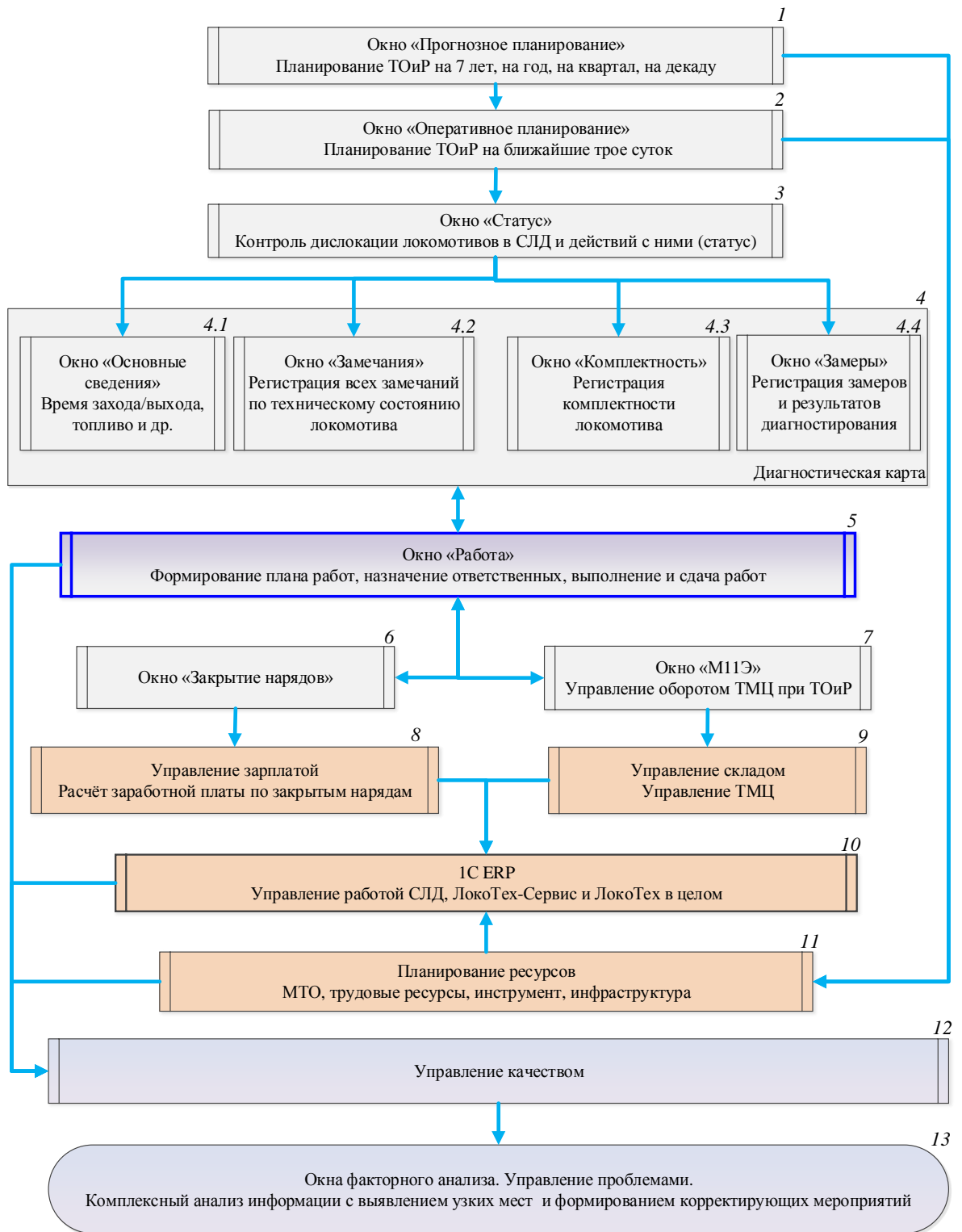


Рисунок 5.2 – Система пользовательских окон АСУ «Сетевой график»

АСУ СГ внедрена в работу производственно-диспетчерских отделов 85 сервисных локомотивных депо для оперативного планирования и формирования диагностической карты зашедшего на ремонт локомотивов. В группе компаний «ЛокоТех» принято решение внедрить систему во всем сервисных локомотивных депо: более 200 объектов, включая базовые депо, сервисные отделения и участки.

## 5.2 Организация планирования и подготовки технического обслуживания и ремонта

### 5.2.1 Производственно-диспетчерский отдел

Первая группа функций технического обслуживания и ремонта локомотивов (ТОиР) и соответствующих окон АСУ СГ связана с планированием ТОиР  $D$  и необходимых ресурсов сервисных локомотивных депо  $Z$  (СЛД), которая реализуется в специально созданных в сервисных локомотивных депо производственно-диспетчерских отделах (ПДО), объединяющих инженерно-технических работников, реализующих следующие функции:

- мониторинг технического состояния локомотивов в эксплуатации;
- техническое диагностирование локомотивов при заходе в депо;
- планирование постановки локомотивов на ТОиР;
- подгонка локомотивов на ТОиР;
- приёмка локомотива;
- формирование диагностической карты локомотива;
- обеспечение производства необходимыми ресурсами;
- контроль производственных процессов ТОиР;
- выдача локомотива на линию.

Для работы ПДО в СЛД обычно выделяется отдельное помещение (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Производственно-диспетчерский отдел СЛД Тюмень

### 5.2.2 Логистическое управление СЛД

Важная задача ПДО – управление логистикой депо: дислокацией локомотивов на путях и позициях, регистрацией причин простоя и ответственной за это стороны. Для реализации этой функции создано окно «Статус» (рисунок 5.4, а). Для каждого депо есть своя упрощенная схема депо (рисунок 5.4, б), на которой представлены основные позиции депо (пути, канавы, стойла) с указанием занятости этих путей локомотивом, а также текущим состоянием локомотива (какие операции выполняются в данный момент либо с чем связан простой).

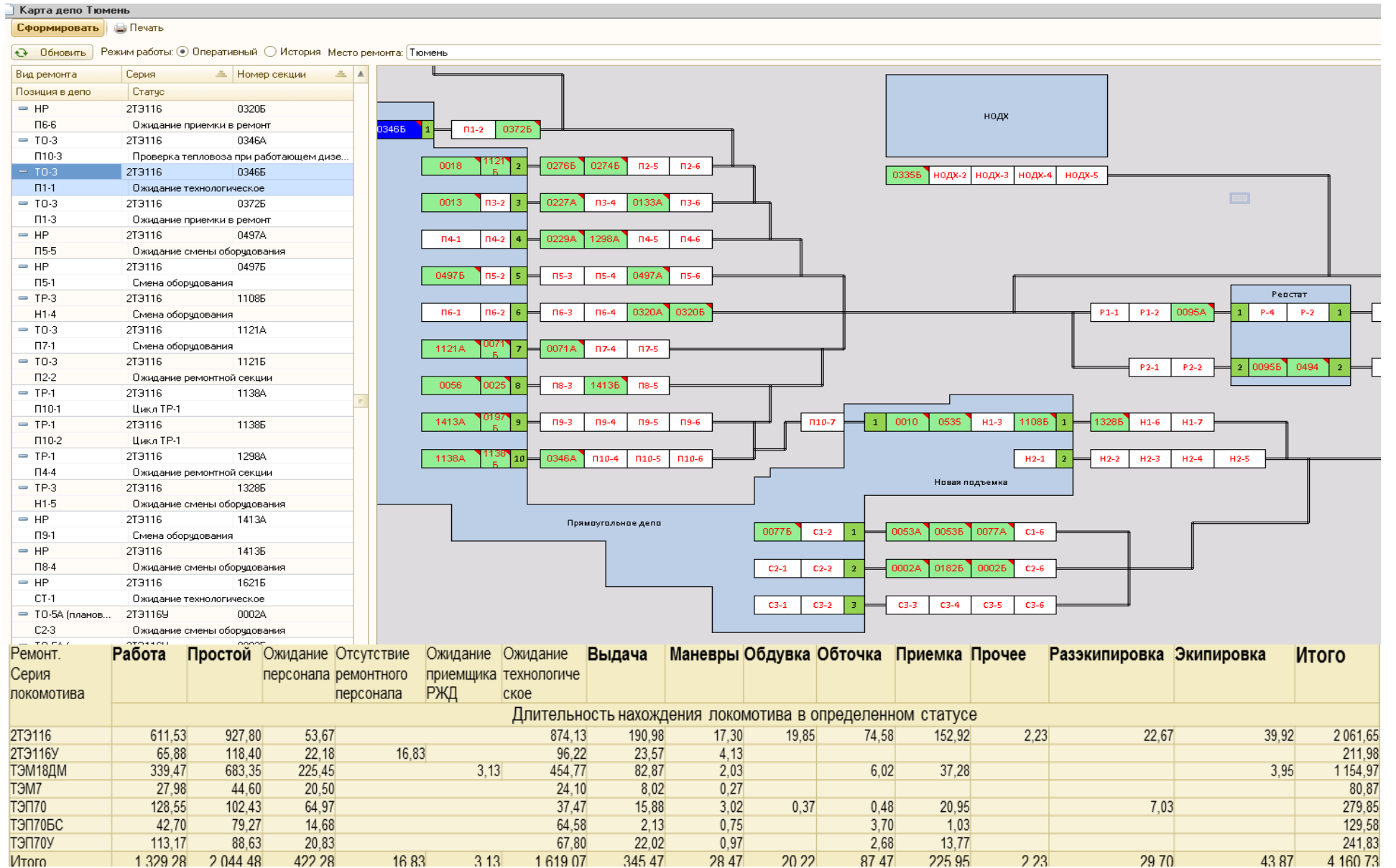
Окно ведёт диспетчер ПДО депо или оператор при диспетчере. Окно позволяет в режиме online контролировать наличие и дислокацию локомотивов в депо с указанием причины нахождения и ответственной стороны. Важной составляющей окна «Статус» является система отчётов, позволяющая анализировать причины перепростоя локомотивов на плановых и неплановых ремонтах, принимать корректирующие меры согласно принципу постоянного улучшения (циклу PDCA). Примеры отчётных форм приведены на рисунке 5.4 и в таблице 3 приложения 1. Окно «Статус» – главный инструмент в управление простоем локомотивов на ТОиР в СЛД.

Кроме анализа причин перепростоя локомотивов, окна управления логистикой позволяют оперативно контролировать сбои в работе депо, выделяя цветом на электронной схеме локомотивы, нарушающие технологическую цепочку технического обслуживания и ремонта. Обычно причинами перепростоя являются занятость канав для проведения ТОиР (особенно часто – это позиции со станками для обточки бандажей колёсных пар и скато-подъемниками для замены отказавших колёсно-моторных блоков), отсутствие запасных частей, отсутствие маневрового локомотива, задержка приёмки локомотива на ремонт и его выдачи после ремонта.

Главная проблема работы с окном «Статус» – ограниченность во времени (ввод информации должен производиться непосредственно после события перемещения или изменения статуса) и необходимость высокой исполнительской дисциплины диспетчеров.

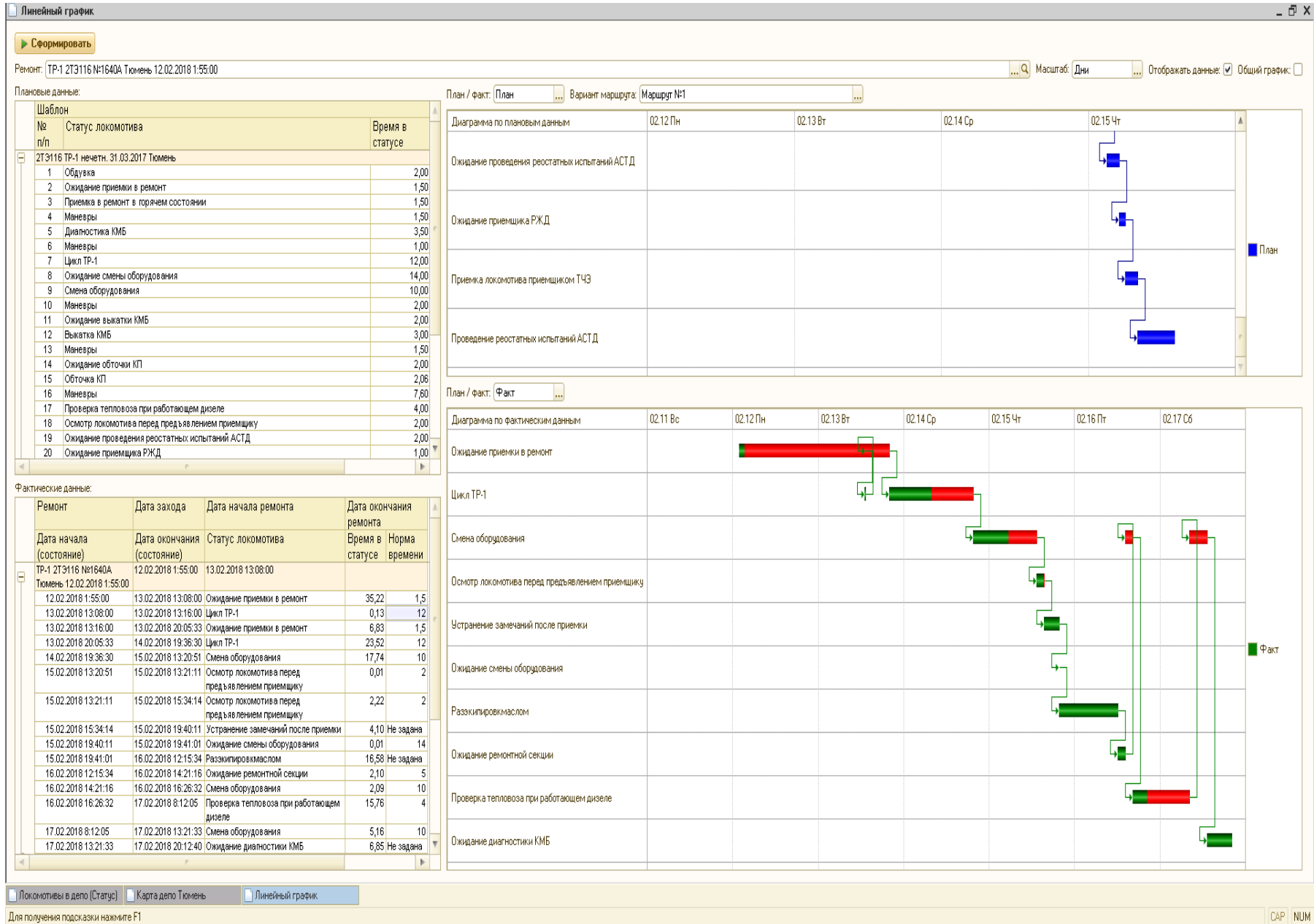


б)





в)



2)

## Анализ ремонтов по классификатору состояний

[Сформировать отчет](#) [Диаграмма по всем ремонтам](#)

Сортировка

Ремонт. Вид ремонта, Ремонт. Серия локомотива, Дата начала заказа

Отборы

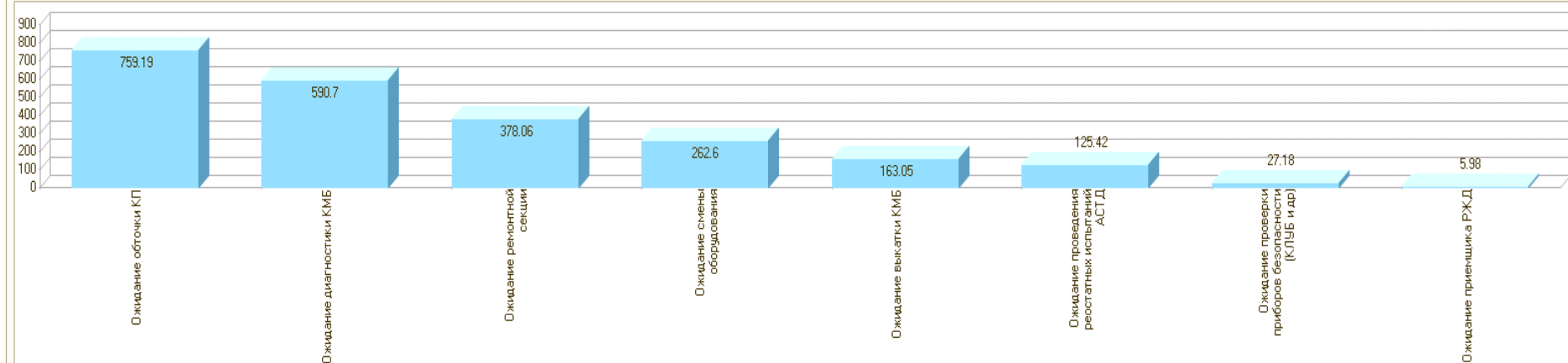
Место ремонта: Тюмень  Вид ремонта:  Серия локомотива:

Дата начала ремонта с:  по:

Дата окончания ремонта с: 01.12.2017  по: 13.12.2017

[На уровень вверх](#)

## Все ремонты / Простой



Ремонт	Дата начала	+		+		+		+		+		Итого
		Разкипировка	Приемка	Простой	Работа	Экипировка	Маневры	Выдача	Обслуживание завершено			
	Дата окончания	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	Дата начала	
		Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	Длительность	
ТЭП70У 0004 ТР-1	05.12.2017 4:46:00		05.12.2017 4:46:00	05.12.2017 18:17:47	05.12.2017 22:33:46			06.12.2017 13:00:55	06.12.2017 15:32:00	05.12.2017 4:46:00		
	06.12.2017 15:32:00		13,53	4,23		6,75		2,52		27,02		
ТЭП70У 0023 ТР-1	07.12.2017 21:17:00		07.12.2017 21:17:00		07.12.2017 23:45:05				09.12.2017 17:23:00	07.12.2017 21:17:00		
	09.12.2017 17:23:00		17,09		7,38					24,47		
ТЭП70У 0012 ТР-1	09.12.2017 5:22:00			10.12.2017 7:14:40	09.12.2017 5:22:00	11.12.2017 1:46:46		11.12.2017 6:52:44	12.12.2017 17:56:29	09.12.2017 5:22:00		
	12.12.2017 17:56:29			4,15	43,68	5,10		11,03		63,96		
ТЭП70 0525 ТР-2	29.11.2017 10:01:00		29.11.2017 10:01:00	06.12.2017 8:32:53	01.12.2017 9:15:43	05.12.2017 5:29:59		06.12.2017 13:08:44	08.12.2017 19:53:00	29.11.2017 10:01:00		
	08.12.2017 19:53:00		32,04	8,11	92,65	2,55		4,06		139,42		
Итого		30.11.2017 12:20:32	28.09.2017 8:47:00	18.11.2017 3:34:49	23.10.2017 15:42:00	30.11.2017 7:58:52		26.11.2017 15:31:36	01.12.2017 0:27:00	28.09.2017 8:47:00		
		33,47	2 009,95	2 312,18	3 446,00	20,98		518,33	15,04	8 355,96		

д)

Ремонт	Место ремонта	Вид ремонта	Серия локомотива	Номер секции	Время захода	Время выхода	Состояния									
					Итого простой в ремонте факт / план											
2ТЭ116 1221А ТО-3	Тюмень	ТО-3	2ТЭ116	1221А	26.11.2017 14:46:00	Ожидание приемки в ремонт	Обдувка	Маневры	Ожидание приемки в ремонт	Цикл ТО-3	Обточка КП	Маневры	Ожидание диагностики КМБ	Диагностика КМБ	Ожидание обточки КП	Проверка тепловоза при работающем
					01.12.2017 4:34:00	26.11.2017 14:46:00	26.11.2017 15:13:23	26.11.2017 16:22:09	26.11.2017 16:32:23	26.11.2017 20:45:00	27.11.2017 13:06:56	27.11.2017 21:17:48	27.11.2017 21:39:14	28.11.2017 9:23:39	28.11.2017 11:39:14	29.11.2017 23:33:33
					109,84 / 12,00	0,46	1,15	0,17	4,21	16,37	8,18	0,36	11,74	2,26	35,91	4,66
2ТЭ116 1221Б ТО-3	Тюмень	ТО-3	2ТЭ116	1221Б	26.11.2017 14:46:00	Ожидание приемки в ремонт	Обдувка	Маневры	Ожидание приемки в ремонт	Цикл ТО-3	Ремонт оборудования на тяговых путях	Ожидание обточки КП	Обточка	Ожидание обточки КП	Диагностика КМБ	Ожидание обточки КП
					01.12.2017 4:34:00	26.11.2017 14:46:00	26.11.2017 15:13:23	26.11.2017 16:22:09	26.11.2017 16:32:23	26.11.2017 20:45:00	27.11.2017 13:08:12	28.11.2017 0:03:48	28.11.2017 9:20:00	28.11.2017 11:39:14	28.11.2017 15:18:36	29.11.2017 0:46:08
					113,65 / 12,00	0,46	1,15	0,17	4,21	16,39	10,93	9,27	2,32	3,66	9,46	15,43
2ТЭ116 0844А ТО-3	Тюмень	ТО-3	2ТЭ116	0844А	26.11.2017 21:58:00	Ожидание приемки в ремонт	Цикл ТО-3	Ожидание персонала	Ожидание диагностики КМБ	Диагностика КМБ	Ожидание персонала	Ожидание обточки КП	Обточка	Сдача приемщику РЖД	Обслуживание завершено	
					03.12.2017 5:48:00	26.11.2017 21:58:00	27.11.2017 9:50:13	27.11.2017 21:19:44	28.11.2017 6:46:33	28.11.2017 13:03:21	29.11.2017 0:45:28	29.11.2017 6:28:20	02.12.2017 13:23:50	02.12.2017 20:49:03	03.12.2017 5:48:00	
					272,70 / 12,00	11,87	11,49	9,45	6,28	11,70	5,71	78,93	7,42	8,98		
2ТЭ116 0844Б ТО-3	Тюмень	ТО-3	2ТЭ116	0844Б	26.11.2017 21:58:00	Ожидание приемки в ремонт	Цикл ТО-3	Ожидание персонала	Смена крупного оборудования с подъемом крыши	Ожидание персонала	Ожидание обточки КП	Обточка КП	Маневры	Диагностика КМБ	Маневры	Ожидание ремонтной секции
					03.12.2017 5:48:00	26.11.2017 21:58:00	27.11.2017 9:50:30	27.11.2017 21:19:44	28.11.2017 6:45:50	28.11.2017 23:47:08	29.11.2017 6:28:20	01.12.2017 17:08:39	01.12.2017 23:41:27	01.12.2017 23:45:04	02.12.2017 1:49:55	02.12.2017 3:47:51
					234,01 / 12,00	11,88	11,49	9,44	17,02	6,69	58,67	6,55	0,06	2,08	1,97	26,00
2ТЭ116 0486А ТО-3	Тюмень	ТО-3	2ТЭ116	0486А	28.11.2017 12:23:00	Ожидание свободного ремонтного стойла	Обдувка	Цикл ТО-3	Смена оборудования	Ожидание диагностики КМБ	Диагностика КМБ	Выкатка КМБ	Ожидание выкатки КМБ	Маневры	Ожидание выкатки КМБ	Маневры
					01.12.2017 17:34:00	28.11.2017 12:23:00	28.11.2017 16:19:00	28.11.2017 23:48:38	29.11.2017 6:17:28	29.11.2017 17:19:48	29.11.2017 18:53:28	30.11.2017 3:36:11	30.11.2017 4:10:26	30.11.2017 7:17:58	30.11.2017 7:29:57	30.11.2017 14:51:32
					80,99 / 12,00	3,93	7,49	6,48	11,04	1,56	8,71	0,57	3,13	0,20	7,36	0,16
2ТЭ116 0486Б ТО-3	Тюмень	ТО-3	2ТЭ116	0486Б	28.11.2017 12:23:00	Ожидание свободного ремонтного стойла	Обдувка	Цикл ТО-3	Смена оборудования	Ожидание диагностики КМБ	Диагностика КМБ	Ожидание ремонтной секции	Маневры	Ожидание ремонтной секции	Проверка тепловоза при работающем дизеле	Устранение замечаний после приемки
					01.12.2017 17:34:00	28.11.2017 12:23:00	28.11.2017 16:19:00	28.11.2017 23:48:59	29.11.2017 6:17:28	29.11.2017 17:19:48	29.11.2017 18:53:28	30.11.2017 3:36:34	30.11.2017 7:18:59	30.11.2017 7:30:29	01.12.2017 4:07:09	01.12.2017 4:38:05
					81,00 / 12,00	3,93	7,50	6,47	11,04	1,56	8,72	3,71	0,19	20,61	0,52	4,46

Рисунок 5.4 Скриншоты из АСУ «Сетевой график»

а – окно «Статус»; б – отчётная форма окна «Статус» (карта депо), в – отчётная форма окна «Статус» (линейный график ремонта локомотива и занятости ремонтных стойл); г – отчётная форма окна «Статус» (анализ логистический потерь СЛД); д – отчётная форма окна «Статус» (анализ ремонтов по истории состояний)

### 5.2.3 Планирование постановки на ремонт

Как было описано в главе 3, планирование постановки на ремонт  $D$  может быть прогнозным и оперативным. При прогнозном планировании (на 7 лет, год, квартал и месяц) используется математическое моделирование работы локомотива  $A$  по статистике среднесуточных пробегов и простоя локомотивов в депо. При оперативном планировании (декада, три дня, день) берутся фактические пробеги локомотивов  $A$  от последних видов ТОиР. Обе функции планирования реализованы в АСУ СГ.

В результате прогнозного планирования определяются требуемые ресурсы (заявки)  $Z$ , формирование которых может занять много времени. Прогнозное планирование до появления АСУ трудоёмко, выполняется единожды. В результате сходимость прогноза с фактической постановкой на ремонт была низкой. АСУ позволяет регулярно пересчитывать прогноз (раз в месяц или квартал), что в результате делает сходимость прогноза максимальной.

При оперативном планировании (рисунок 5.5) наряду с определением ресурсов важной задачей является обеспечение производственного процесса депо локомотивами  $L$  за счёт их своевременной подгонки и приёмки. Работа с окнами планирования в СЛД не вызывает трудностей.

Опыт внедрения показал недостаточную сходимость результатов декадного и трёхсуточного пономерного планирования с фактически поставленными локомотивами в депо. Необходимо усиливать роль центров управления тяговыми ресурсами (ЦУТР), созданными Центральной дирекцией по управлению движением поездов (ЦД) ОАО «РЖД» на каждом полигоне. Для взаимодействия с ЦУТР сервисными компаниями созданы при них центры мониторинга эксплуатации локомотивов (ЦМ), которые по данным СЛД должны отслеживать подгонку локомотивов на ТОиР. Пока это направление работ нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Примечание: в главе 1 было показано, что потери коэффициента готовности более чем на 50 % определяются простоем в ожидании ТОиР. Поэтому роль планирования в АСУ СГ достаточно высока.

Новый ремонт | Включить в оперативный график | Изменить плановое время постановки на СО | Диагностическая карта | Плановый заход в депо | Исключить из плана | Отчеты

План по депо | Пробег на текущую дату | Изменения состояний ТПС

Отборы

Место ремонта: Амурское | Депо приписки: | Вид ремонта: | Серия: | Номер секции: | На дату: 08.05.2018 14:17:09

График / Текущее состояние	Место ремонта	Депо приписки	Вид ремонта (с ТО-4)	Серия	Номер секции	Плановая дата постановки на ТОиР					Замечания Все/Текущая ДК	Пробег		Норма пробега		по данным ЕСМТ		
						Не принято	08.05.2018	09.05.2018	10.05.2018	11.05.2018		Позже	км	сутки	км	сутки	на дату	Местоположение
⊖ Не подогнан по графику																		
⊖ Оперативный график																		
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	3ТЭ10МК	11015		01:00				12/0	28 331,00	74,00	27 500,00		08.05.2018 13:06:00	СЕЛЬГОН	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	3ТЭ10МК	11018		01:00				6/0	28 331,00	74,00	27 500,00		08.05.2018 13:06:00	СЕЛЬГОН	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	3ТЭ10МК	1128А		01:00				53/0	28 331,00	74,00	27 500,00		08.05.2018 13:06:00	СЕЛЬГОН	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	ТЭМ2У	8402			00:00			0/0	5 840,00	42,00		48,00	07.05.2018 9:44:00	ТЧЭ-Э ДВОСТ	ПРИЕМ БРГ.
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТР-1	2/3ТЭ10МК	1219А			01:00			3/1	24 752,00	221,00	55 000,00		07.05.2018 18:12:00	КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТР-1	2/3ТЭ10МК	1219Б			01:00			5/0	24 752,00	221,00	55 000,00		07.05.2018 18:12:00	КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТР-1	2ТЭ10У	0327А				01:00		17/0	38 560,00	194,00	55 000,00		08.05.2018 3:48:00	ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТР-1	2ТЭ10У	0327Б				01:00		17/0	38 560,00	194,00	55 000,00		08.05.2018 3:48:00	ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ	ГОЛ.П
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	ТЭМ18ДМ	1082				01:00		12/0	5 548,00	52,00	48,00		04.05.2018 1:15:00	КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ-СОТИРО...	СДАЧА БРГ.
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	2ТЭ10М	0396А				01:00	01:00	4/0	30 016,00	189,00	27 500,00		08.05.2018 4:22:00	ЖУРМУЛИ	ПР.РАБ.СТ.
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	2ТЭ10М	0396Б				01:00	01:00	2/0	30 016,00	189,00	27 500,00		08.05.2018 4:22:00	ЖУРМУЛИ	ПР.РАБ.СТ.
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	ТЭМ18ДМ	1102				01:00	01:00	4/0	4 661,00	41,00		48,00	08.05.2018 1:30:00	КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ-СОТИРО...	СПЕЦ.СТ.
● Эксплуатация	Амурское	Комсомольск-на-Ам...	ТО-3	ТЭМ2	5837				01:00	01:00	27/0	6 478,00	48,00	48,00		07.05.2018 22:55:00	ГОЛ.П	
⊖ Месячный график																		
○ Ожидает ремонт	Амурское	Новая Чара	ТО-5Б...	3ТЭ10МК0	3341А				10.05.2018	0/0						30.04.2018 9:01:00	СЛД-39 ДВОСТ	О.Ж.ПЕР.РЕМ
○ Ожидает ремонт	Амурское	Новая Чара	ТО-5Б...	3ТЭ10МК0	3341А				10.05.2018	0/0						30.04.2018 9:01:00	СЛД-39 ДВОСТ	О.Ж.ПЕР.РЕМ

Приложение №5 к Регламенту (Приложение № 4)

б) Оперативный график постановки локомотивов на сервисное обслуживание в Сервисное локомотивное депо "Амурское" филиала "Дальневосточный" ООО "ЛокоТех-Сервис"

Дата составления: " 8 " мая 2018 г

Вид ТО и ТР	" 9 " мая 2018 г			" 10 " мая 2018 г			" 11 " мая 2018 г			Итого
	Количество о ТО и ТР	Серии и номера локомотивов/секций	Время постановки на СО	Количество о ТО и ТР	Серии и номера локомотивов/секций	Время постановки на СО	Количество о ТО и ТР	Серии и номера локомотивов/секций	Время постановки на СО	
ТР-1	1	2/3ТЭ10МК №1219А 1219Б	1:00	1	2ТЭ10У №0327А 0327Б	1:00				2
ТО-3	1	ТЭМ2У №8402	0:00	1	ТЭМ18ДМ №1082	1:00	3	2ТЭ10М №0396А 0396Б	1:00	5
					ТЭМ18ДМ №1102	1:00				
					ТЭМ2 №5837	1:00				

СОГЛАСОВАНО

Заказчик \_\_\_\_\_ должность \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Исполнитель \_\_\_\_\_ должность \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Рисунок 5.5 – Окна оперативного планирования ТОиР  
 а – трёхсуточное планирование; б – оперативный график постановки локомотивов на СО

#### 5.2.4 Диагностическая карта АСУ «Сетевой график»

Одним из главных элементов работы СЛД является формирование диагностической карты (ДК), содержащей все объективные и субъективные данные о техническом состоянии локомотива  $Q$ . ДК – это один из важнейших документов АСУ СГ, обеспечивающий управление ресурсами депо  $Z$  и надёжностью локомотивов.

Диагностическая карта состоит из закладок, на каждой из которых находится определённая информация о локомотиве (рисунок 5.6):

- основная (время заходы/выхода, расход топлива и электроэнергии);
- план выдачи (планируемая дата выдачи локомотива с указанием ответственного за выдачу исполнителя и руководителя);
- диагностика (совокупность данных со всех доступных систем технического диагностирования (таблица 5.1));
- замечания по техническому состоянию локомотива, которые должны быть устранены в процессе ремонта;
- МПИ (перечень линейного оборудования (узлов, агрегатов, деталей), демонтируемого и установленного на локомотив в процессе прохождения ТОиР);
- акты сервисного обслуживания, формируемые в процессе ТОиР;
- история (передислокации локомотива в процессе ТОиР, предыдущие ТОиР локомотивов);
- файлы (акты по ТОиР локомотива сторонних организаций).

Закладка «Диагностика» (рисунок 5.6, б) является основным результатом реализации функции «Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов», реализуемой прежде всего по данным бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) и деповских переносных и стационарных автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД). Также источниками информации служат ручные переносные и стационарные измерительные системы, данные которых заносятся вручную или прикладываются файлы.

а) **Тюмень** На обслуживании

Серия локомотива: 2ТЗ116 | Номер секции: 04256 | 8-значный номер: | Вид ремонта: ТО-3 | Дело приписки: Войска | Норма простоя (ч): 12,00

Позиция в депо: П9 | Статус: Ремонт оборудования на тракционные...

Время постановки по операционному графику: | По данным АСУТ-Т: |  
 Время постановки на ожидание ремонта: 22.05.2017 12:06 | в состоянии: Горячий |  
 Время постановки на сервис: 22.05.2017 20:25 |  
 Время окончания ремонта: | в состоянии: |

Контролировать процесс ремонта:

Шаблон циклов работ: 2ТЗ116 ТО-3 09.02.2016 ЧЕТНЫЙ Тюмень | Изменить шаблон работ

Производственный участок: Участок текущего ремонта грузовых локомотивов ТО-3.ТР-1

Точка замера	Литры	Плотность	Килограммы
Заход в дело	6 850,00	0,832	5 699,20
Постановка на ремонт	6 700,00	0,832	5 574,40
Завершение ремонта	6 400,00	0,832	5 324,80

б) Статус: Ремонт оборудования на тракционные...

Колесные пары | Замеры

Открыть/редактировать замер

Группа / Шаблон замера	Количество показателей (Замерено / Всего)		
	По заходу	По циклу	По выходу
<Группа оборудования не указана>			
Карта смазки ТО-3 2ТЗ116		16 / 16	
2ТЗ116: Проверка параметров работы узлов локомотива при запуске дизеля	37 / 37		13 / 37
<b>Эксплуатационная часть и механическое оборудование локомотива</b>			
Параметры автосцепных устройств (передняя, задняя, + провисание и задир)		10 / 10	
Высота подвеса токоприемных катушек АПСН			
Параметры путеочистителя		2 / 2	
<b>Тормозное и пневматическое оборудование локомотива</b>			
Регулировка положения песочных труб (1.3.4.6 КП)		16 / 16	
Регулировка подачи песка под колесные пары (1.3.4.6 КП)			8 / 8
<b>Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива</b>			
Сопротивление изоляции цепей (Силовые цепи ТЭД 1-6, ВВ, НВ, Цепь возбуждения)			9 / 9
Статический напор охлаждающего воздуха ТЭД (1-6)	6 / 6		
Параметры аккумуляторной батареи		8 / 8	

в) Статус: Ремонт оборудования на тракционные...

Колесные пары | Замеры

Необходимо ТО4 | Создать замечания по отбросе

Вести новый замер | Копировать замер | Открыть/редактировать замер | Удалить замер

Вид замера	Дата обмера	Наибольший прокат, мм		Наименьшая толщина гребня, мм		Наибольший параметр крутизны гребня, мм		Наименьшая толщина бандажа (за вычетом проката), мм		Наибольшая разница диаметров бандажей в комплекте, мм		Наибольшая разница прокатов одной колесной пары, мм		Число КТ с бандажами, обточеными посл. раз перед сменой бандажей	Число колесных пар с прокатом 6 мм и более
		Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.				
После ремонта	23.05.2017 5:28:15			3,00	27,50	9,00	70,00	18,00	1,50						

Номер к/п	Прокат, мм		Толщина гребня, мм		Крутизна гребня, мм		Толщина бандажа, мм		Диаметр бандажа, мм		Сотрудник
	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	
1	1	2,5	30	27,5	8	8	78	76	1 056	1 052	Глабец Ирина Валерьевна
2	0	0	29,5	28	9	9	71	70	1 042	1 040	Глабец Ирина Валерьевна
3	3	3	30	29	9	8	73	74	1 046	1 048	Глабец Ирина Валерьевна
4	0,5	1,5	29,5	30,5	9	9	75	75	1 050	1 050	Глабец Ирина Валерьевна
5	1	2	28	28	9	9	79	79	1 058	1 058	Глабец Ирина Валерьевна
6	1	2	30	30	8	8	78	77	1 056	1 054	Глабец Ирина Валерьевна

з) Статус: Ремонт оборудования на тракционные...

Основные сведения | План выдачи | Замечания (33) | Диагностика | МПИ | Акты | История | Файлы (2)

Открыть файл | Добавить файл | Редактировать файл | Сохранить файл на диск

Имя файла	Наименование
038.pdf	Диагностика ДВС.
038.pdf	Реостат.

Рисунок 5.6 – Закладки «Диагностика» диагностической карты АСУ «Сетевой график»  
 а – основные сведения; б – данные замеров локомотива; в – данные замеров колёсных пар; з – файлы

Таким образом, в АСУ СГ впервые создано единое хранилище диагностической информации, которое используется как в оперативном управлении ТОиР мастерами цехов, так и при управлении надёжностью локомотивов в целом на уровне аналитического аппарата сервисных компаний и заводов-производителей.

Главная проблема закладки «Диагностика» – отсутствие автоматической передачи данных от автоматизированных систем технического диагностирования – большинство данных прикладываются в виде файлов или вводятся вручную. Наличие расшифрованных данных важно для анализа тренда показателей, прогнозирования работоспособности оборудования, его остаточного ресурса (рисунок 5.7). АСУ СГ позволяет комплексно анализировать расшифрованные данные систем диагностирования, основные из которых приведены в таблице 5.1.

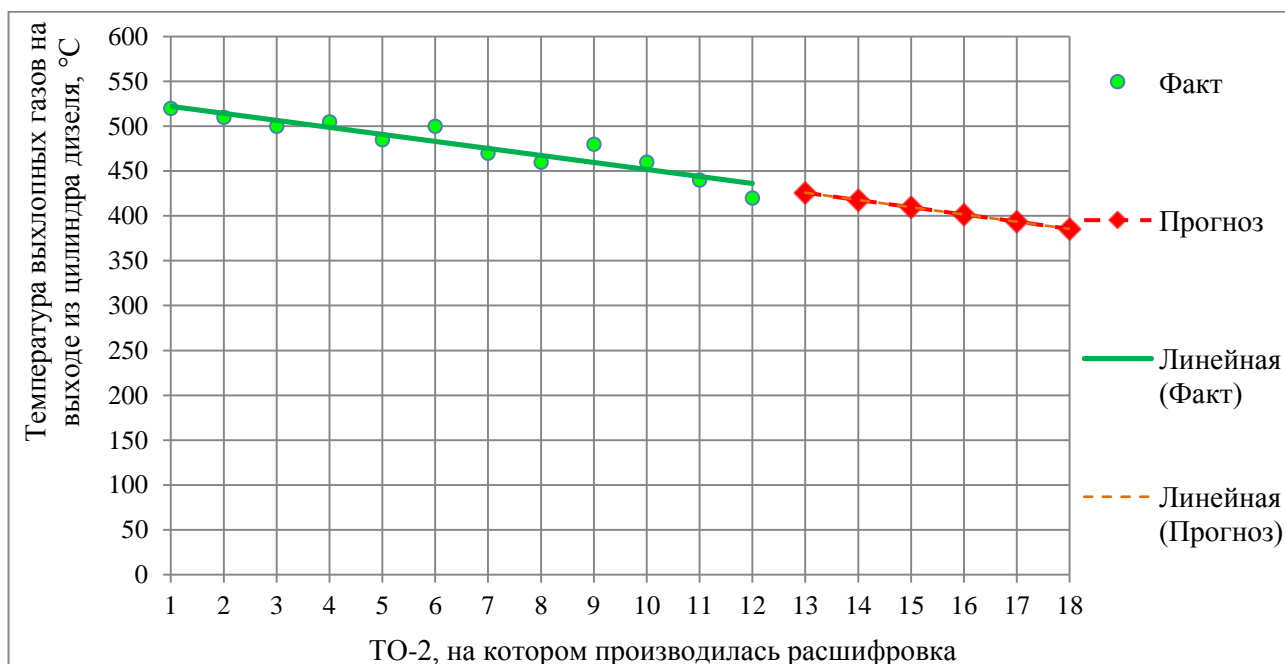


Рисунок 5.7 – Анализ диагностических данных

Таблица 5.1 – Основные диагностические данные, регистрируемые в ДК

Вид сСистема диагно- стирования	Контролируемый параметр	А*
Замеры КП	Все контролируемые параметры бандажей колёсных пар	+
МСУ	Параметры, фиксируемые бортовыми микропроцессорными системами управления: токи ТЭД и ГГ, параметры дизеля и др.	+
Реостат	Результаты испытаний на станции реостатных испытаний в установленной форме («Кипарис», «ОКО-Арамис»)	+
Вибродиагностика	Результаты вибродиагностических испытаний колёсно-моторных блоков (КМБ): подшипники, редуктор («Вектор»; «Прогноз»)	+
Хим. лаборатория	Данные химической лаборатории по анализу масла	±



Вид системы диагностирования	Контролируемый параметр	А*
Переносные устройства диагностики	Измерение активного сопротивления постоянному току, индуктивности, временных интервалов срабатывания электрокоммутационной аппаратуры, измерения сопротивления нагрузки низковольтных цепей, коэффициентов трансформации электрических машин постоянного тока и трансформаторов, а также выдачи напряжения постоянного и пульсирующего тока, используемых для диагностирования и настройки электрических цепей, узлов и аппаратов локомотивов («Доктор 30») Контроль параметров и выявление дефектов обмоток тяговых электродвигателей и другого электрооборудования тягового подвижного состава железнодорожного транспорта («Доктор-060Z») Контроль параметров и выявления дефектов изоляционных конструкций различного электрооборудования подвижного состава («Доктор-060М») Диагностирование электрических цепей подвижного состава («Доктор 060Е») Контроль технических характеристик токоприемников в цехах («Доктор-060ПГ») Контроль технических характеристик автотормозного оборудования («Доктор-060АТ») Контроль технических характеристик токоприемников на крыше локомотива (силу натяжения, временные параметры поднятия и опускания, сами линейные перемещения) контроль статического напора охлаждающего воздуха ТЭД («ОКО-Д») Контроль параметров изоляции ТЭД, электрических аппаратов, и др. цепей («Кедр-2») Проверка цепей управления в целом Контроль теплообмена (тепловизоры)	+
Неразрушающий контроль	Выявление скрытых дефектов (микротрещины, раковины, посторонние включения в металл и др.)	±
Диагностирование тиристорных ВВП	Диагностирование выпрямительных установок локомотивов (АПК ТИР на базе АД ИП)	+
Диагностирование электрических машин	Фиксация параметров ТЭД и вспомогательных машин (ток, напряжение, скорость вращения, искрение коллектора, вибрация и др.)	+
Диагностирование тормозного оборудования	Проверка параметров воздухораспределителей, кранов машинистов, автостопов, компрессоры, резервуаров и другого тормозного оборудования (давление; выход штока и др.)	+
Диагностирование топливного оборудования	Диагностирование, испытание и настройка топливных насосов, плунжерных пар насосов, форсунок, трубок высокого давления и др.	+
Диагностирование Механическое оборудование	Проверки пружин, рессор, гидrogасителей и др. (прочность)	+
Диагностика параметров локомотива универсальными линейно-угловыми приборами	Регулировка зазоров в гидротолкателях Замеры коренных подшипников коленчатых валов Положение песочных труб, подачи песка под колесные пары Параметры автосцепных устройств Параметры путеочистителя и др.	-

А\* – возможность автоматизации передачи данных в ДК; + – есть такая возможность при небольших затратах; ± – возможна автоматизация через промежуточный Excel-файл; – – возможность автоматизации передачи данных затруднена.

### 5.2.5 Учёт замечаний по техническому состоянию локомотива

Главный итог всей работы производственно-диспетчерского отдела (ПДО) – это формирование плана работ на текущий ремонт зашедшего на ТОиР локомотива.

Планово-предупредительные работы известны заранее и загружаются в систему автоматизировано с помощью специально созданных шаблонов. Дополнительные сверхцикловые работы по устранению выявленных отказов и предотказных состояний формируются по данным закладки «Замечания», которые по существовавшей до АСУ бумажной технологии фиксировались в бумажном рукописном журнале формы ТУ-28 (рисунок 5.8, а). По такой форме контроль качества устранения замечаний и, тем более, анализ были крайне затруднены.

При внедрении АСУ «Сетевой график» появилась возможность формирования полного объема информации об «истории болезни» локомотива (на протяжении всего срока эксплуатации) – при заходе локомотива в депо в системе уже есть информация о проблемных узлах, требующих проведения дополнительной диагностики, либо сверхцикловых работ. Значит, есть возможность заранее планировать ресурсы (трудовые, материальные и др.) под дополнительный объем работ.

а)

Handwritten technical journal form TU-28. The form has several columns: 'Замечания, выявленные при приеме, выполнении цикловых работ и при выезде из ремонта', 'Выполненные работы', 'Цель сверхцикла', 'Отметка об устранении' (with sub-columns for 'Табельный № исполителя', 'Подпись исполителя', 'Дата'). The entries are handwritten in blue ink.

б)

Скриншот интерфейса программы «Диагностическая карта». Вверху видны поля для ввода: Серия локомотива (ТЭП70), Номер секции (0131), 8-значный номер (15041312), Вид ремонта (ТО-3), Депо приписки (Войновка). Ниже – таблица замечаний с колонками: Описание, Дата создания, Снежное замечание, Источник, Оборудование.

Описание	Дата создания	Снежное замечание	Источник	Оборудование
Нет отсечки 3 лев шланга	04.02.2017 9:35:48	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Дизель и вспомогательное оборудова.
Течь масла по картерным локам и сливным клапанам	04.02.2017 9:36:09	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Дизель и вспомогательное оборудова.
Большое давление в ЦВС (на 0 позиции 7 атмосфер)	04.02.2017 9:36:26	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Дизель и вспомогательное оборудова.
Закрепить полки в/из помещения в районе гидронасосов и шахты холодильника	04.02.2017 9:36:47	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Корпус кузова локомотива
Закрепить кресло п/машиниста в каб №2	04.02.2017 9:37:06	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Экипажная часть и механическое обор
Дневный выключ (на 0 позиции и при наборе позиции)	04.02.2017 9:37:18	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Дизель и вспомогательное оборудова.
Заклинивает окно в открытом положении в кабине машиниста №2	04.02.2017 9:37:35	<input type="checkbox"/>	Приёмщик ОТК	Экипажная часть и механическое обор
Сменить колодки	04.02.2017 12:05:29	<input type="checkbox"/>	Осмотр мастером	Тяговая рывачная передача локом.
ревизия КЗП	04.02.2017 12:10:59	<input type="checkbox"/>	Осмотр мастером	Тяговый редуктор
Опресовать водяную систему	04.02.2017 12:14:01	<input type="checkbox"/>	Осмотр мастером	Система циркуляции воды
сменить шетку ТЭД	04.02.2017 12:44:30	<input type="checkbox"/>	Осмотр мастером	Тяговый двигатель постоянного тока
Стынет калорифер	04.02.2017 12:47:31	<input type="checkbox"/>	Осмотр мастером	
АСДУП. Заход на неплановый ремонт: Нет циркуляции 2-го круга, масло воздухоохладителе, разморожены трубопроводы на калорифер, в шахте холодильника	13.01.2017 0:00:00	<input type="checkbox"/>	ЕСМТ (предотказное состояние)	
ПОВРЕЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ, КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА;	15.05.2015 0:00:00	<input type="checkbox"/>	ЕСМТ (предотказное состояние)	

Рисунок 5.8 – Регистрация замечаний по техническому состоянию локомотива

а – существующая технология регистрации замечаний; б – предлагаемая электронная технология регистрации замечаний

Вся информация аккумулируется в диагностической карте локомотива в закладке «Замечания» (рисунок 5.8, б) и представляет собой задание на выполнение сверхцикловых работ мастерам цехов. Наряду с объективными источниками информации (см. закладку «Диагностика»), используются субъективные источники информации: бортовой журнал локомотива (форма ТУ-152), результаты визуального осмотра при приёмке локомотива на ТОиР (группа приемки локомотива, мастера цехов, приемщики ОТК, замечания по комплектности локомотива) и др.

### 5.3 Организация управления процессами технического обслуживания и ремонта

#### 5.3.1 Переделы и мастера переделов

Вторая группа рабочих мест в АСУ СГ – это рабочие места мастеров переделов (в теории управления предприятием введено универсальное понятие «передел»: относительно обособленная часть технологического предприятия, совокупность производственных операций, завершающаяся получением законченного полуфабриката).

Всё депо разбивается на систему взаимосвязанных переделов (таблица 5.2), за каждым из которых закрепляется своя ремонтная функциональность. Условно все виды переделов можно разбить на основные цеха (в которые заходит локомотив для выполнения определённого вида ТОиР: ТО-2, ТО-3, ТР-1 и др.), вспомогательные по видам оборудования (топливный, аппаратный, автоматный, электромашинный и др.) и заготовительные (слесарный, токарный, фрезерный, кузнечный и др.).

Переделы также делятся на три категории: категория 1 выполняет непосредственно ТОиР на локомотиве, категория 2 осуществляет ТОиР узлам и агрегатам локомотива, так называемым МПИ во вспомогательных участках, категория 3 занимается поддержанием работоспособности депо в целом (проведение планово-предупредительного ремонта станочного оборудования, содержание зданий и сооружений в работоспособном состоянии), как правило, работники переделов категории 3 находятся на повременной оплате труда (при этом сменно-суточное задание формируется на все категории без исключений).

Таблица 5.2 – Основные переделы сервисных локомотивных депо

Передел	Ремонтная функциональность
Отделение экипировки локомотивов	Экипировка
ПТОЛ	ТО-2
Цех оперативного ремонта	ТО-3, ТР-1
Цех подъемочного ремонта	ТР-2, ТР-3, ДР, СР
Участок межпоездного ремонта	НР
Участок реостатных испытаний	Реостатные испытания тепловозов
Дизель-агрегатный участок	Дизельное оборудование: водяные, масляные насосы, фильтры, секции холодильника, калориферы и др.
Отделение аккумуляторное	Подготовка (ремонт, заправка) аккумуляторных батарей
Отделение сварочное	Восстановление узлов и агрегатов (сварка)
Участок по ремонту автотормозного и пневматического оборудования	Компрессоры, регуляторы давления, краны машиниста и др.
Участок по ремонту электронного оборудования	Электрическая аппаратура: автоматические выключатели, выпрямительные блоки и др.
Отделение по обслуживанию микропроцессорной техники	Обслуживание и ремонт МСУ и РТС
Участок по ремонту колесно-моторных блоков и обточке колесных пар	Демонтаж/монтаж, перекатка КМБ, обточка КП и др.
Топливный цех	Топливная аппаратура: форсунки, топливные насосы и др.
Электромашинный цех	Тяговые электродвигатели, главные генераторы, вспомогательные машины
Электроаппаратный цех	Электрические аппараты, датчики, малые электрические машины
Участок ремонта механического оборудования подвижного состава	Разборка/сборка, регулировка, ремонт мех. оборудования локомотива и др.
Участок ремонтно-заготовительный	Собственное производство и др.
Лаборатория неразрушающего контроля	Проведение неразрушающего контроля узлам и агрегатам локомотива
Мойщики-уборщики ТПС	Мойка/уборка узлов локомотива
Склад МПИ	Хранение (приемка/выдача) МПИ
Участок по обслуживанию и ремонту технологического оборудования и инструмента	Проведение планово-предупредительного ремонта оборудования (станки, стелды и др.)
Отделение по ремонту и содержанию помещений (хозяйственный)	Содержание и ремонт зданий и сооружений депо
Сторонние организации	Приборы безопасности, обмывка и др.

### 5.3.2 Управление ремонтными работами

На основании диагностической карты АСУ СГ (прежде всего закладок «Диагностика» и «Замечания») мастер передела планирует цикловые и дополнительные работы. Весь процесс отображается на экране компьютера мастера с использованием дружественного интерфейса.

Окно мастера, наряду с окном «Диагностическая карта», является ключевым в системе. Во многом качество ремонта определяется правильностью действий ма-

стера (выбор дополнительных работ, выбор и расстановка исполнителей (слесарей), контроль их действий и качества выполненных работ, приёмка работ). Работа мастера в АСУ СГ происходит в условиях дефицита времени. Как ни в одном другом месте здесь нужен максимально дружественный интерфейс и система поддержки принятия решений.

Работа мастеров начинается с формирования табеля сотрудников (рисунок 5.9, а), где мастер подтверждает явку сотрудников на работу (первичную явку фиксирует сам исполнитель путем отметки смарт-картой на любом рабочем терминале, расположенном в цехе). После формирования табеля мастер комплектует индивидуальное сменно-суточное задание каждому члену бригады (рисунок 5.9, б). В процессе выполнения ТОиР локомотива и МПИ мастер осуществляет оперативный контроль выполнения работ с фиксацией данных в информационной системе.

Помимо формирования объема работ и сменно-суточных заданий, мастера переделов для ТОиР локомотива заказывают на складе товарно-материальные ценности (ТМЦ) и МПИ. Система подсказывает мастеру (рисунок 5.9, в), какие материалы и ТМЦ необходимы для той или иной работы (отображаются история предыдущих заказов ТМЦ, остатки ТМЦ, а также нормы расхода). После определения мастером потребности, заявка попадает сотруднику склада, где комплектуются «корзины» ТМЦ и МПИ. По готовности заявки мастер получает сообщение: «Корзина сформирована». Формирование лимитно-заборной ведомости формы М-11 происходит автоматически.

а)

Дневного табеля бригады

Сдать табель и закрыть

Все действия

Имя района: Тюмень

Бригада: 55 Яценток В.А. "сдельщики"

Участок: Участок текущего ремонта грузовых локомотивов Т0-3,ТР-1

Дата начала смены: 05.03.2018

Смена: Дневная

Заполнить "Факт" по графику (для дневной смены)

Сотрудник	Бригада	Табельный номер	Разряд	Должность	Время прихода	Явка	Использование рабочего времени	Рабочая смена (факт)				Рабочая смена (по графику, справочно)			
								Код	Наименование	Часов	В т.ч. завтра	Начало	Окончание	Часов	В т.ч. завтра
Василенко Аркадий Иванович	55 Яценток В.А. "сдельщики"	361		Слесарь по ремонту подвижного ...	07:53	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Владимиров Анатолий Геннадьевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	369		Слесарь по ремонту подвижного ...	07:58	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Иванов Олег Иванович	55 Яценток В.А. "сдельщики"	900000050		Слесарь по ремонту подвижного ...	07:39	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Коробейников Александр Леонидович	55 Яценток В.А. "сдельщики"	1450		Слесарь по ремонту подвижного ...	08:03	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Макаров Сергей Олегович	55 Яценток В.А. "сдельщики"	582		Слесарь по ремонту подвижного ...	07:49	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Петров Сергей Алексеевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	900000060		Слесарь по ремонту подвижного ...	07:38	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Серков Александр Сергеевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	761		Слесарь по ремонту подвижного ...		☐	НН Неявки по невыясненным причинам					11,00			
Токарев Андрей Николаевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	1480		Слесарь по ремонту подвижного ...		✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Токарев Олег Анатольевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	817		Слесарь по ремонту подвижного ...	10:38	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Худайбердин Максим Дмитриевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	1489		Слесарь по ремонту подвижного ...		✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00
Чураков Сергей Николаевич	55 Яценток В.А. "сдельщики"	865		Слесарь по ремонту подвижного ...	08:00	✓	Я Явка	11,00		08:00	20:00	11,00		08:00	20:00

б)

Дневное распределение исполнителей на ремонтные работы

Назначение исполнителей

Все действия

Показывать работы: Все Шикловые Сверхацкловые Только без исполнителей

Участок:

Шаблоны исполнителей

Загрузить исполнителей из ремонта Назначить исполнителей на работы

Сотрудники

Дата начала смены: 26.05.2017

Смена: Дневная

Этап / Группа / Работа	№ наряда	Текущее состояние	Нор...	Кол.	Раз...	Дата начала...	Исполнители	Разряд исполнителей	Участок	Бригада
ТО-3 2ТЭ116 №0842А Тюмень 25.05.2017 3:32:00										
Цикловые работы										
Не заполнена группа работ										
По заходу										
Приборы безопасности локомотива										
Автоматическую локомотивную сигнализацию с автостопом осмотреть, отремонтировать										
	376983	Нет исполнителя		1	5,00				Сторонние организации	
Дизель и дизельное оборудование локомотива										
Аппаратуру топливную до ремонта проверить										
	376989	Нет исполнителя	0,55	1	6,00				Участок рем...	
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива										
Тормозное и вспомогательное пневматическое оборудование тепловоза до ремонта проверить										
	376990	Назначена	0,16	1	7,00	26.05.20...	Бержанин М.И.		Участок по ремонту ...	Ковшов Г.А.
По циклу										
Дизель и дизельное оборудование локомотива										
Аппаратуру топливную проверить, отремонтировать										
	376951	Нет исполнителя	2,13	1	5,00	25.05.20...			Участок рем...	
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива										
Замеры колечного вала "на масло" произвести										
	377001	Нет исполнителя	0,41	1	5,00	25.05.20...			Лаборатория...	
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива										
Тормозное и вспомогательное пневматическое оборудование тепловоза осмотреть, отремонтировать										
	376981	Назначена	0,67	1	6,00	26.05.20...	Бержанин М.И.		Участок по ремонту ...	Ковшов Г.А.
Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива										
Расстояние и положение наконечников песочных труб от головок рельсов и бандажей колесных пар измерить, отрегулировать										
	376982	Назначена	0,19	1	5,00	26.05.20...	Бержанин М.И.		Участок по ремонту ...	Ковшов Г.А.

Участок / Бригада / Сотрудник

Разряд

% нагрузки

Всего назначено

Смена (ч)

Время работы

Участок ремонта гидросис...

5З Билялов А.М.

Башкуров Сергей Юрьевич

Куликов Сергей Никола...

Участок текущего ремонт...

5З Ильин Н.Ф.

Бирюков Александр Але...

Колунин Виктор Алексан...

Напилов Андрей Владим...

Пелевин Олег Васильевич

Свалухин Андрей Виталь...

Жоменко Александр Пет...

Ладилев Алексей Влади...

Уросов Константин Але...

Отделение по ремонту ман...

Вахта Абрамов А.С.

Участки

Дизель-агрегатный участок

Лаборатория неразрушающего контроля, технической диагностики и измерений

Отделение аккумуляторное Т

в) **сборка оборудования**

и закрыть  Все действия ?

Ремонт:

Работа:  № наряда:

Участок:

Бригада:

Склад мастера:

Оборудование

Номенклатура	Код ТС Код СКМТР	Едизм.	Затребовано	Отклонено	Со склада		Из запасов	Нормы				
					Собрано	Получено		Минимум	Максимум	Норма	Морозов	
Кольцо 185-195-46-2-2 (2531108400)	00100023832 2531108400	шт	10,000		10,000	10,000						
Элемент фильтрующий АНП-6П	00100025417 3187143967	шт	16,000		16,000	16,000						

**Выбор номенклатуры**

Наименование содержит:

Код	Номенклатура	Едизм.	код СКМТР	ГОСТ	Марка чертежа	Остаток цех	Остаток склад	Норма по МНК	Затребовано ранее	Частота
00100023832	Кольцо 185-195-46-2-2 (2531108400)	шт	2531108400	ГОСТ 18829-73, ГОСТ...	185-195-46-2-2		501		10	4
00100025417	Элемент фильтрующий АНП-6П	шт	3187143967	ТУ 32 ЦТ 2201-99	АНП-6П		1485		16	4

Рисунок 5.9 – Скриншоты окна управления работами

а – формирование таблицы; б – назначение работ исполнителям; в – заказ материалов на складе

### 5.3.3 Организация работы исполнителей

Работа исполнителей (слесарей, электромехаников и др.) в АСУ СГ максимально упрощена: слесарь с использованием индивидуальных смарт-карт работает с информационными «киосками» (терминалами), установленными в цехах, отмечает свой приход на работу, просматривает порученные ему работы и последовательно отмечает их исполнение (рисунок 5.10). Закончив работу, слесарь отмечает это в режиме online. При возникновении проблем слесарь переводит работу в состояние «Пауза» с указанием причины (отсутствие запасных частей, отвлечение на другую работу, недоступность оборудования и др.). Так формируется график исполнения работ.

Опыт внедрения показал, что по мере роста культуры достаточно дорогостоящие «киоски» можно заменять на альтернативные компьютеры-экраны. Однако при этом использование виртуальной клавиатуры оказалось неудобным – было решено поставить стационарную клавиатуру. Непосредственная работа исполнителей в АСУ СГ – один из ключевых элементов АСУ, позволяющий добиться полноты и достоверности информации.

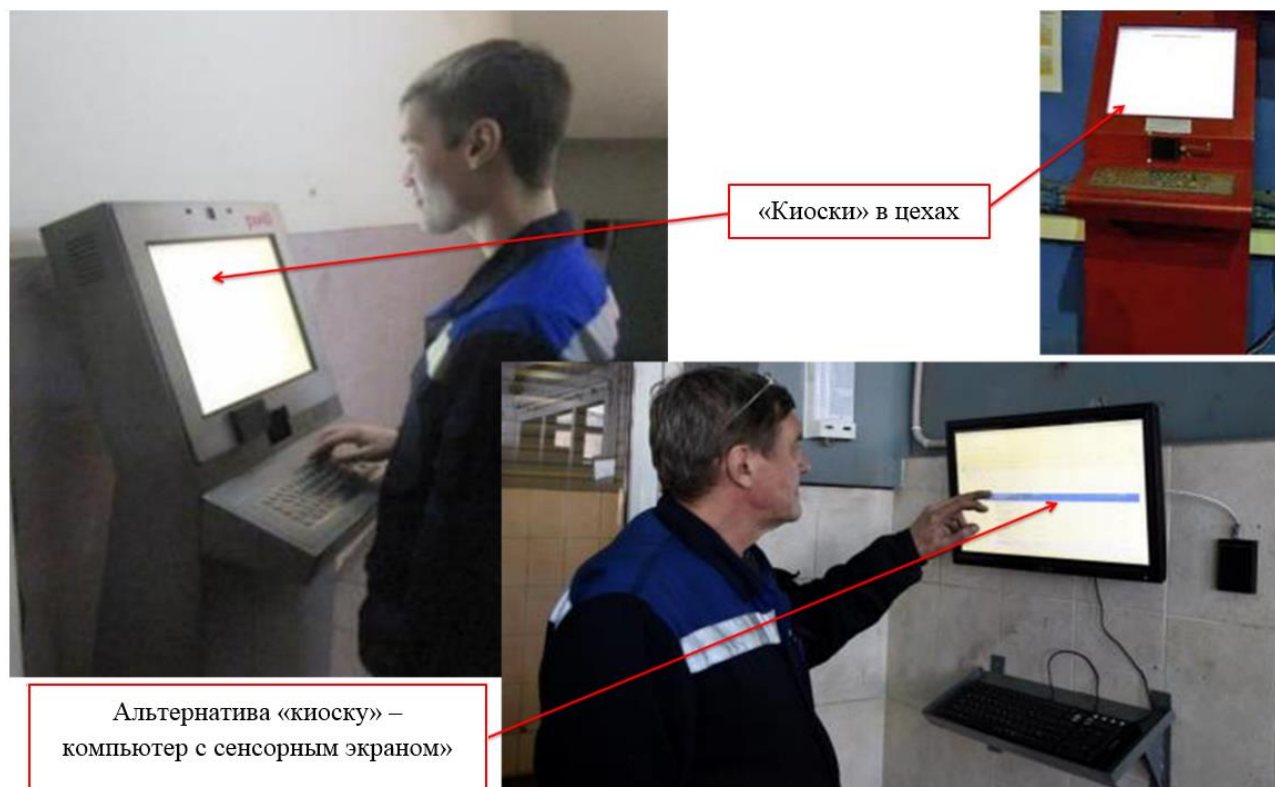


Рисунок 5.10 – «Киоски» для работы исполнителей в АСУ СГ



## 5.4 Организация работы вспомогательных служб депо

### 5.4.1 Сокращение накладных затрат

Работа вспомогательных подразделений депо (бухгалтерии, экономистов, кадров и др.) автоматизируется стандартными программными средствами систем ERP. При внедрении АСУ СГ исключается ручной ввод информации, автоматизируется поступление первичной информации о производственных процессах (так называемые первички), в результате чего ускоряется ввод информации, повышается достоверность и полнота информации, сокращаются трудозатраты.

Внедрение АСУ СГ позволяет существенно сократить затраты на вспомогательный (непроизводственный) персонал депо. Создаются предпосылки даже для исключения отдельных подразделений депо с переносом их функций на уровень филиала, центрального аппарата и даже аутсорсинговой или аутстафинговой компаний.

### 5.4.2 Начисление заработной платы

После прохождения технологической цепочки планирования работ в производственно-техническом отделе, назначения работ мастером, выполнения работ слесарями, приёмки работ мастером, представителем ОТК и руководством депо (заместителем начальника депо по ремонту) в базе данных АСУ СГ готова информация для начисления заработной платы, которое в 1С ERP происходит с использованием программного модуля ЗиУП.

После выхода локомотива из ремонта информация о выполненных работах поступает в электронном виде в отдел труда и заработной платы (ОТиЗ), который проверяет корректность закрытых нарядов, после чего вводит их в модуль расчёта заработной платы 1С – в ЗиУП. Таким образом, вся цепочка управления работами и начислением заработной платы выполняется в электронном виде.

### 5.4.3 Управление расходом товарно-материальных ценностей

Важный эффект от внедрения АСУ СГ – автоматизация выдачи товарно-материальных ценностей (ТМЦ) на складе депо. Раньше эта операция занимала у мастеров достаточно много времени, т.к. требовала их личного участия в получении ТМЦ, вручную заполнялась лимитно-заборная ведомость формы М-11.

В АСУ СГ имеется возможность использовать нормативно-справочную информацию о потребных ТМЦ. Мастер может также сам указать, какие материалы ему нужны. Предусмотрена самообучающаяся система, запоминающая предыдущие действия мастера при выполнении работ.

#### 5.4.4 Управление оборотом материалов повторного использования

Принципиально новое качество управления, которое даёт АСУ СГ, – это учёт всех видов материалов повторного использования, причём не только входящих в ограниченное понятие «линейное оборудование». Важно, что учёт МПИ является номерным, индивидуальным по каждому конкретному узлу. В результате формируется база данных не только о жизненном цикле локомотива в целом, но и о каждом конкретном МПИ всех выбранных типов. Решение задачи управления жизненным циклом МПИ выводит управление работой сервисного локомотивного депо на качественно новый уровень: создаются предпосылки для существенного расширения списка линейного оборудования вплоть до всех видов МПИ, как это предусмотрено договором сервисного обслуживания [53–55]. Значительно снижается трудоёмкость оформления сопроводительных управленческих и бухгалтерских документов с обеспечением контроля правильности документооборота.

АСУ СГ блокирует возможность выдачи ТМЦ или МПИ под работу, если эти материалы не предусмотрены технологической картой. С другой стороны, нельзя закрыть наряд на работу, если необходимые ТМЦ и МПИ не получены на складе и соответствующие МПИ не были сданы на склад. Таким образом, реализуется технология «Встроенное качество».

#### 5.5 Организация анализа причин потерь

производственного процесса технического обслуживания и ремонта

Главное проявление проблем с качеством в процессе ТОиР – наличие дополнительных работ, не предусмотренных системой планово-предупредительных ремонтов. Разбор причин возникновения дополнительных сверхцикловых работ («Управление инцидентами») и устранение первопричин («Управление проблемами») – важная составляющая АСУ СГ.

Работа над качеством ремонта начинается с экспресс-разбора мастером причин возникновения дополнительных работ. После назначения и исполнения дополнительной работы перед приёмкой работы мастер должен произвести экспресс-разбор (заполнить поля в окне экспресс-анализа причины возникновения дополнительной работы (рисунок 5.11) по методике 5W2H). Только после заполнения обязательных полей программа позволит принять работу. Данные окна экспресс-анализа наряду с объективными данными о трудозатратах и затраченных товарно-материальных ценностях служат исходными данными для управления надёжностью локомотива, затратами ресурсов и качеством ТОиР (рисунок 5.12).

Для работы с окном экспресс-анализа используются классификаторы, позволяющие как ускорить работу мастера, так и систематизировать последующий анализ. Классификаторы для экспресс-анализа приведены в таблицах в приложении 1, там же приведены базовые поля отчётной формы.

Заполняемыми по форме на рисунке 5.11 полями анализ не ограничивается, т.к. из АСУ СГ «подтягивается» информация о работнике, заводе-изготовителе детали, а также другие данные, необходимые для комплексного факторного анализ надёжности локомотива с целью принятия корректирующих воздействий по принципу постоянного улучшения.

Дата	Серия	Номер	Секция	Замечание		Цех	
				Работа		Материалы	руб.
				Труд	Разряд		
Классификатор оборудования			Четыре уровня оборудования из классификатора				
1. Виновность 1	Из классификатора			Текстовый комментарий			
1. Виновность 2	Зависит от предыдущего пункта						
2. Тип отказа	Из классификатора			Текстовый комментарий			
3. Причина	Из классификатора			Текстовый комментарий			
4. Описание	Текстовое описание отказа						
Меры	Текстовой описание принятых мер						
ОТНЕСЕНО:	Дата	Сторона	Из классификатора	Сумма	руб.	Примечание, текст	
Приложить файл		Приложенные файлы:					
Автоматически		Заголовок		Ввод мастером		Разбор группы качества	

Рисунок 5.11 – Окно экспресс-анализа причины возникновения дополнительной (сверхцикловой) работы

1	Заказ	Место ремонта	Серия локомотива	Номер локомотива	Номер секции	Дата начала ожидания ремонта	Вид ремонта	Дата захода в СЛД	Дата выхода из СЛД	Продолжительность простоя в СЛД (мин)	
2	Замечание	Является причиной захода	Тип оборудования		Оборудование		Виновная сторона	Примечание	Тип отказа	Описание замечания	Источник замечания
3	Наряд	Работа	Начало работы	Окончание работы	Продолжительность	Трудозатраты (мин)	Мастер	Исполнители			
4	Номенклатура										
116	2ТЭ116 0276Б НР	Тюмень	2ТЭ116			02.03.2018 9:23:00	НР	02.03.2018 9:11:00	02.03.2018 17:55:00	524,00	
117	Течь воды по 7 КО слева	Да	Дизель и дизельное оборудование				Деградационный		Излом	Износ	ТУ-152
118	ТМХ Наряд на выполнение работ 000038983 от 02.03.2018 14:12:42	<b>Клапанную коробку крышки цилиндра отремонтировать</b>	02.03.2018 14:16:12	02.03.2018 14:40:22	24,17	87,6	Фёдоров Александр Николаевич	Ворфоломеев А.М. Ипатьев А.В.			
119	ТМХ Наряд на выполнение работ 000038984 от 02.03.2018 14:12:42	<b>Зазоры в гидротолкателях крышки цилиндра отрегулировать</b>	02.03.2018 14:16:12	02.03.2018 14:31:46	15,57	6	Фёдоров Александр Николаевич	Ворфоломеев А.М. Ипатьев А.В.			
120	ТМХ Наряд на выполнение работ 000038985 от 02.03.2018 14:12:43	<b>Цилиндровый комплект с главным шатуном поставить</b>	02.03.2018 14:16:13	02.03.2018 14:40:22	24,15	146,4	Фёдоров Александр Николаевич	Ворфоломеев А.М. Ипатьев А.В.			
121	<b>Кольцо 6Д49.169.85Ф</b>										
122	<b>Кольцо 6Д49.36.11-1-ИРП-1266 (2531100288)</b>										
123	<b>Кольцо 6Д49.36.17 НТА (2531100176)</b>										
124	<b>Кольцо Д49.78.50-1 (2531108029)</b>										
125	<b>Кольцо уплотнительное 3-9ДГ.196.36 (2531108054)</b>										
126	<b>Кольцо уплотнительное Д 49.78.47-1С (2531100319)</b>										
127	ТМХ Наряд на выполнение работ 000038986 от 02.03.2018 14:12:43	Цилиндровый комплект с главным шатуном снять	02.03.2018 14:15:37	02.03.2018 14:33:52	18,25	70,2	Женахаев Сагындык Амангельдинович	Мельников В.В. Созонов Л.М.			
128	ТМХ Наряд на выполнение работ 000039021 от 02.03.2018 14:14:29	Цилиндровый комплект с главным шатуном поставить	02.03.2018 14:15:37	02.03.2018 14:32:18	16,68	146,4	Женахаев Сагындык Амангельдинович	Мельников В.В. Созонов Л.М.			
		Дизель и	Клапаны								

Рисунок 5.12 – Аналитическая форма анализа трудозатрат (отчёт по замечаниям и доп. работам)

## 5.6 Проблемы внедрения информационных технологий организации процессов технического обслуживания и ремонта

При практической реализации модели в виде АСУ «Сетевой график» накоплен большой практический опыт внедрения и преодоления проблем. Первая проблема оказалась теоретической: риск, что у персонала депо не хватит квалификации для работы с компьютером. Эпоха IT-технологий наступила и проблем с обучением как мастеров, так и слесарей не возникло.

Реальная проблема – это ограниченность времени у оперативного персонала для ввода информации в компьютер, но тут помогает дружественный интерфейс программ для взаимодействия с системой. Кроме того, время, затрачиваемое на ввод данных, компенсируется существенным сокращением времени на формирование отчётов за счёт их автоматизации.

Проблемой оказалась работа слесарей с клавиатурой и сенсорными экранами: после ремонта локомотива руки работников оказывались в масле и грязи, что делало работу с компьютером затруднительной. Мыть каждый раз руки трудозатратно. Проблема уйдёт по мере повышения культуры производства.

Важно иметь отдельное помещение для вычислительной техники с нужными климатическими и санитарно-гигиеническими условиями. В цехах старых производств таких помещений нет. Для решения этой проблемы важно повышать культуру производства в целом, создавать эргономичные рабочие места мастеров в отдельных помещениях непосредственно в цехах.

Следующая задача, которую следует решить при внедрении АСУ, – отказ от бумажных учётных форм, наличие которых снижает достоверность данных в АСУ. Обязательное условие успешности АСУ – первичность данных в электронной базе данных по отношению к бумажным формам: если отказаться от них невозможно (например, в бухгалтерии), то их надо просто распечатывать в автоматическом режиме по данным АСУ. По сути, учётные формы (ТУ) превращаются в отчётные (ТО). Хороший пример – лимитно-заборная ведомость формы М-11 склада, подготовка которой в АСУ СГ полностью автоматизирована.

Немаловажная проблема – компьютерные вирусы, главным источником которых являются несанкционированные действия пользователей по запуску своих

программ и выход в Интернет. Борьба с вирусами должна вестись принятыми в IT-среде методами. При этом риск заражения полностью исключить нельзя.

АСУ реализует защиту от ошибочных действий: индикация ошибки, запрет неправильных действий, подсказка правильных действий, автоматизация процесса по правильному алгоритму согласно принципу «правильно или никак». Но необходим переходной период от работы по принципу «так принято», «так удобней» к работе строго по технологическим картам (принцип постоянного улучшения). Постепенно неправильные действия должны быть заблокированы. Например, слесарю с несоответствующим разрядом нельзя назначить работу, требующую большей квалификации; работа по замене оборудования локомотива должна сопровождаться сдачей снятого блока на склад и получением нового; перекатка колёсно-моторного блока возможна только на позиции со скатоподъёмником.

Кроме запретных функций нужен логический контроль. Например, контроль логичности результатов замеров: толщина гребня колёсной пары, износ полоза пантографа, толщина тормозной колодки, размер электрической щётки должны только уменьшаться, пробег локомотива – только увеличиваться.

На практике пришлось столкнуться с ещё одной проблемой – это обязательность ведения различных журналов (например, учёт ремонтов формы ТУ-28), ведение которых предусмотрено регламентом ремонта. Бумажные носители информации эффективно заменяются экранными формами, но отказ от журналов требует изменения нормативных документов. Приходится распечатывать журналы по данным АСУ. Это ещё одна проблема переходного к АСУ периода.

Перечисленные проблемы, возникающие при внедрении АСУ, должны решаться поэтапно на всём периоде внедрения и опытной эксплуатации автоматизированных технологий управления.

## 5.7 Практические группы пользователей модели

Внедрение АСУ СГ оказалось востребованным на всех уровнях управления (рисунок 5.13). Мастера и слесари используют АСУ СГ в своей работе напрямую. Аналогично в режиме online работают кладовщики. Отдел труда и заработной платы и бухгалтерия также пользуются АСУ СГ, но уже не в режиме online. Группы качества и руководство депо работают больше не с исходными таблицами, а с отчётным материалом. Руководители уровня филиалов и центрального аппарата также имеют возможность посмотреть исходные данные, но их задача работать с обобщенными, статистически обработанными данными, представленными в виде таблиц – диаграмм Парето.

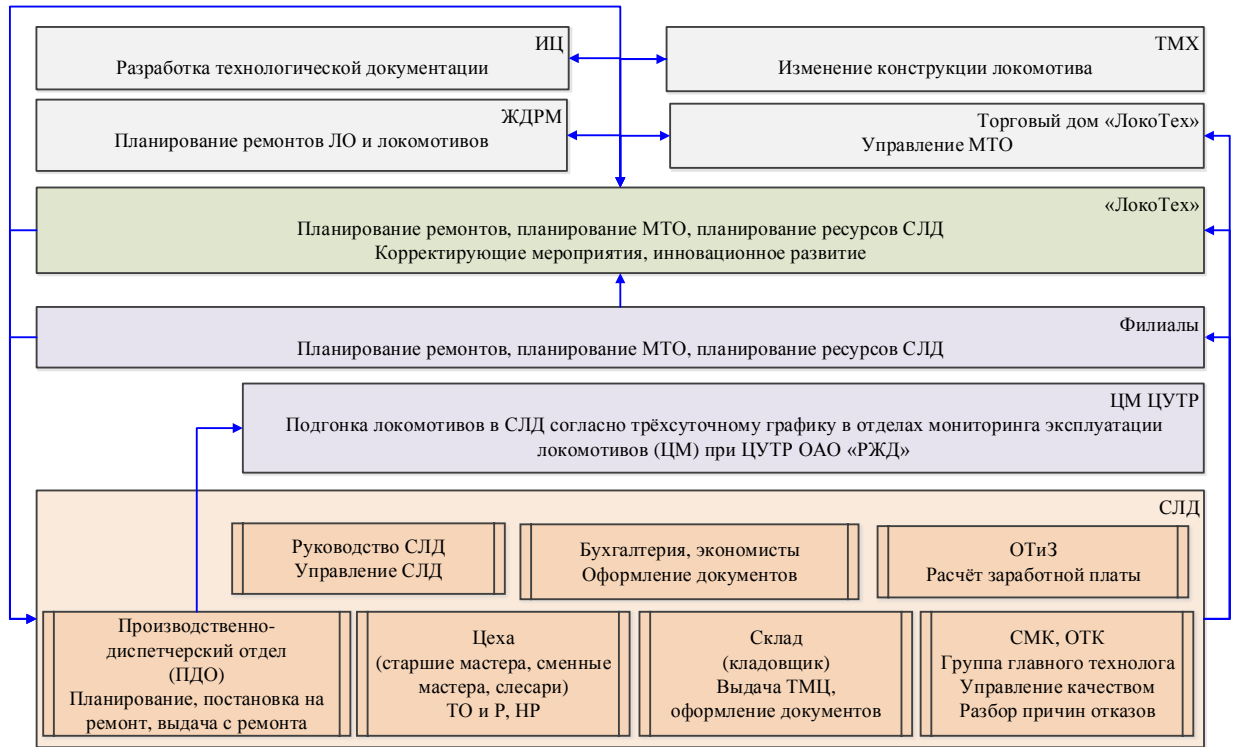


Рисунок 5.13 – Пользователи АСУ «Сетевой график»

Таким образом, АСУ «Сетевой график» позволила реализовать все основные элементы предложенной информационно-динамической модели сервисного обслуживания и ремонта локомотивов в едином информационном пространстве.



## 5.8 Эффективность внедрения разработанной модели

В четвёртой главе диссертации обоснованы и предложены ключевые показатели эффективности реализации разработанной модели (KPI) и описанной в главе 3. При реализации модели в виде АСУ «Сетевой график» (описана в главе 5) с августа 2017 года установлен контроль эффективности внедрения модели с момента сдачи АСУ в постоянную эксплуатацию. На рисунке 5.14 приведена динамика основных показателей KPI на примере сервисного локомотивного депо «Амурское» (г. Комсомольск-на-Амуре).

Наблюдение за динамикой KPI показывает, что реализация предложенной модели организации ТОиР в виде АСУ «Сетевой график» даёт эффект и приводит к постепенному снижению себестоимости ТОиР за счёт снижения трудовых и материальных затрат на выполнение сверхцикловых работ. Таким образом, подтверждается как эффективность предложенной модели, так и правильность выбора в качестве основного показателя надёжности локомотивов наличие сверхцикловых работ, их продолжительность, трудоёмкость, потребление запасных деталей и материалов (ТМЦ) и смена линейного оборудования (материалов повторного использования – МПИ).

Следует отметить, что в большинстве депо ряд показателей примерно через два-три месяца после начала наблюдения резко ухудшается. Это происходит как результат ужесточения контроля и документирования. Следовательно, контроль эффективности следует вести от момента достижения экстремума KPI, считая его максимально соответствующим реальности.

Таким образом, практическая реализация модели доказывает эффективность предложенных научно-технических решений.

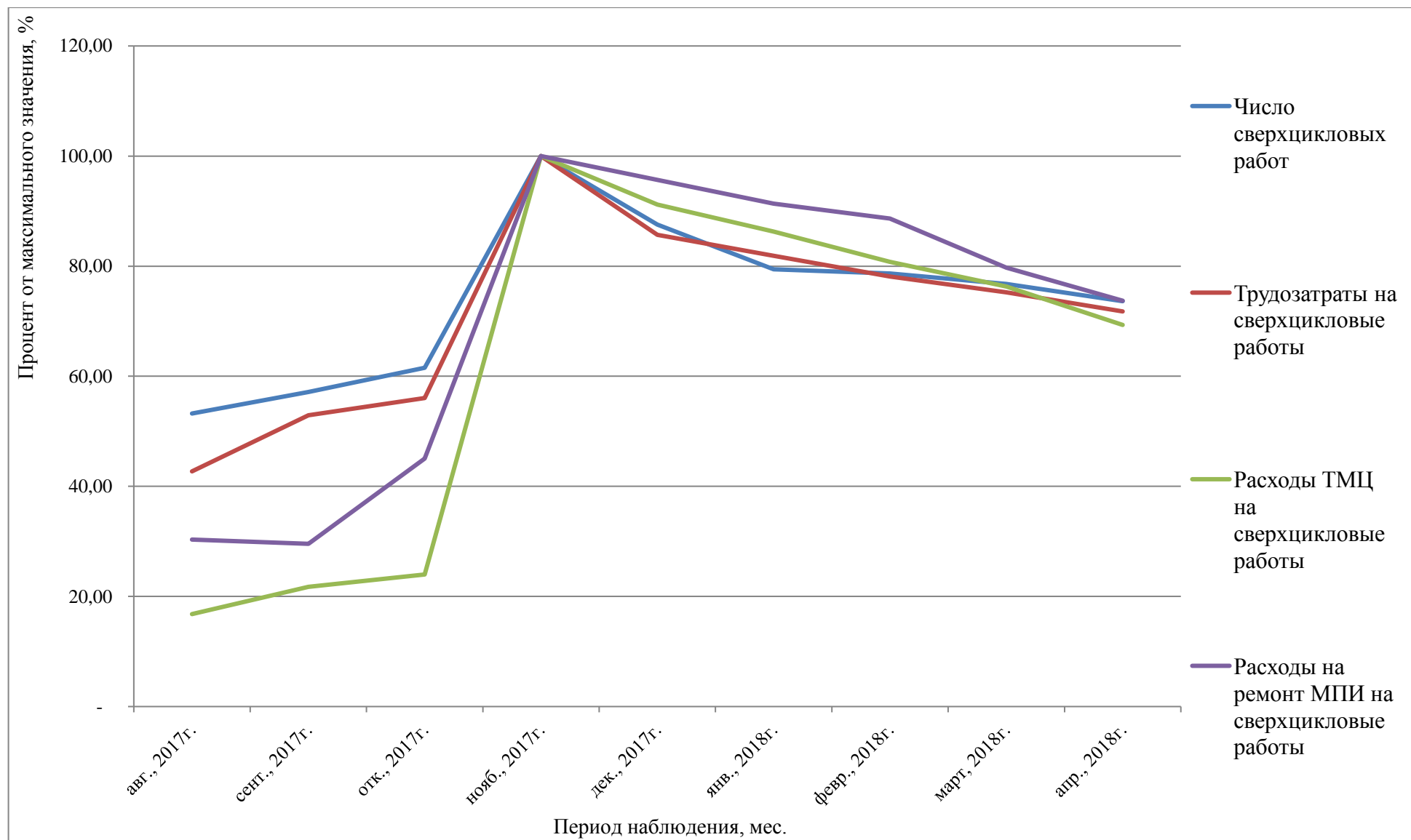


Рисунок 5.14 – Динамика изменения КРІ АСУ «Сетевой график» в СЛД «Амурское»

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, направленные на повышение эффективности функционирования производственных процессов технического обслуживания и ремонта локомотивов (ТОиР) в сервисных локомотиворемонтных предприятиях. Основные научные и практические результаты диссертационной работы состоят в следующем.

1. Разработана информационно-динамическая модель управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе применения вероятностно-статистических методов и новых информационных технологий. Модель состоит из пяти основных элементов: мониторинг эксплуатации и технического состояния локомотив, планирование ТОиР, внутрипроизводственное планирование, управление ТОиР при заходе локомотива на ремонт и факторный анализ статистики ТОиР с принятием корректирующих мероприятий. Модель охватывает все элементы управления жизненным циклом локомотива на этапе его эксплуатации. Для каждого элемента разработан алгоритм его реализации и описаны необходимые для его функционирования математические методы, реализованные на основе широкого использования новых информационных технологий, в т.ч. метод принятия решений по определению фактически необходимого объема работ при проведении ТОиР локомотивов.

2. Выполнен статистический анализ показателей работы сервисных локомотивных депо. Сделан вывод о доминировании логистических потерь времени локомотивов. В ожидании ТОиР теряется более 50 % времени. Также большие потери связаны с проведением цикловых ремонтов объема ТО-2, ТО-3 и ТР-1 – более 15 %. Неплановые ремонты с учётом ожидания и пересылки составляют 23 % потерь КТГ.

3. Для практической реализации модели разработаны классификатор идентификации отказов деталей, узлов и агрегатов локомотивов по результатам мониторинга их технического состояния и классификатор выполняемых работ по восстановлению их работоспособности. Каждый классификатор состоит из семи незави-

симых иерархических структур – источника информации, причины, четырёхуровневого классификатора оборудования, типа проявления, последствий, места и времени события и др.

4. Разработаны ключевые показатели эффективности организации управления ТОиР в сервисных локомотивных депо, включая математические методы их расчёта.

5. Разработан алгоритм планирования технического обслуживания и ремонта локомотивов в сервисных предприятиях с использованием новых информационных технологий и методов управления производственными ресурсами, включающий:

– управление неснижаемым запасом деталей и материалов на складе ремонтного предприятия (доказана целесообразность создания буферных складов для снижения неопределённости в объёме неснижаемого запаса);

– внутрипроизводственное планирование, основу которого составляет вероятностное прогнозирование потребности в ресурсах на основании обработки статистических данных о потребности в них;

– управление затратами как базовое при повышении эффективности управления ТОиР;

– оперативное и прогнозное планирование ТОиР;

– факторный анализ.

6. Разработана экспертная система поддержки принятия решений (СППР), позволяющая по замечаниям по техническому состоянию локомотива, составленному с использованием разработанного классификатора проявлений отказов, прогнозировать потребные работы ТОиР.

7. Эффект от реализации модели достигается за счёт сокращения числа дополнительных работ, unplanned ремонтов, оптимизации склада и сокращения логистических потерь сервисных локомотивных депо (СЛД) при ТОиР. Предложена совокупность ключевых показателей эффективности и качества, позволяющих комплексно контролировать эффективность управления ТОиР по предложенной модели.

8. Разработанная модель внедрена в работу сервисной локомотивной компании ООО «ЛокоТех-Сервис», входящей в группу компаний ООО «ЛокоТех», в виде информационно-управляющей системы АСУ «Сетевой график». Система является информационно-технологической основой организации производственных процессов ТОиР локомотивов. Внедрена в производственно-диспетчерских отделах 85 сервисных локомотивных депо для планирования ремонтов. В полном объёме внедрена в 24 СЛД. В группе компаний ООО «ЛокоТех» принято решение о внедрении АСУ в полном объёме во всех СЛД.

В качестве рекомендаций и перспективы дальнейшей разработки темы диссертации предлагается проведение исследований по совершенствованию системы мониторинга технического состояния локомотивов и режимов их эксплуатации с расширением числа диагностических параметров и разработке автоматизированной системы управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта локомотивов для обеспечения их работоспособности в эксплуатации.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аболмасов, А.А. «Встроенное качество» в информационных системах локомотиворемонтного комплекса [Текст] / А.А. Аболмасов, В.А. Мельников, И.И. Лакин // Локомотив. – 2015. – № 6. – С. 6 – 8.
2. Аболмасов, А.А. Управление техническим состоянием тягового подвижного состава в условиях сервисного обслуживания: дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.22.07 / Аболмасов Алексей Александрович. – М., 2017. – 180 с.
3. Автоматизированная система ведения и анализа графика исполненного движения – ГИД «Урал-ВНИИЖТ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://scbist.com/stati-po-scb/1013-gid-ural.html> (дата обращения: 12.08.2015).
4. Айзинбуд, С.Я. Эксплуатация локомотивов [Текст] / С.Я. Айзинбуд, П.И. Кельперис. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1990. – 261 с.
5. Аппаратно-программный комплекс «Борт» [Текст]. – Омск : НИИТКД, 2005. – 604 с.
6. АСОУП – основа информационных технологий перевозок [Электронный ресурс]. Евразия, № 5, 2006 // URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2006-05a10> (дата обращения: 12.08.2015).
7. «Ассоциация Деминга» [Электронный ресурс]. – URL: [www.deming.ru](http://www.deming.ru) (дата обращения: 15.07.2015).
8. АСУ НБД-2 – Современное средство управления безопасностью и надёжностью локомотивов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.to-inform.ru/index.php/arkhiv/item> (дата обращения: 17.11.2015).
9. Балакин, А.Ю. Виртуальный склад, как средство оптимизации запаса и расходования запасных частей в структуре сервисного обслуживания [Текст] / А.Ю. Балакин, А.В. Курунов, Д.Я. Носырев и др. // Труды Второй международн. научн.-практ. конф. «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М. : ООО «Локомотивные технологии», 2015. – С. 107–109.
10. Тартаковский, Э.Д. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог [Текст] / Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск : Из-во «Ноулижд», 2011. – 174 с.
11. Бочаров, В.М. Использование информации АПК «Борт» для изменения периодичности технического обслуживания (ТО-3) и текущего ремонта маневровых тепловозов [Текст] / В.М. Бочаров, С.М. Кузнецов // Труды всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Технологическое

обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава». – Омск : ОмГУПС, 2011. – С. 227–233.

12. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – 4-е изд. стереотипное. – М. : Наука, 1969. – 576 с.

13. Шкале Чеддока [Электронный ресурс]. – URL: <https://math.semestr.ru/corel/cheddok.php> (дата обращения: 10.04.2017).

14. Электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://dic.academic.ru/> (дата обращения: 17.04.2017).

15. Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине [Текст] / Н. Винер. / Пер. с англ. – 2-е изд.. – М. : Наука, 1983. – 344 с.

16. Внедрение методологии УРРАН в локомотивном комплексе ОАО «РЖД» [Текст]. – М. : НИИАС, 2013. – 17 с.

17. Воробьев, А.А. Оптимизация периодичности и объёмов плановых ремонтов ЭПС и прогнозирование его технического состояния : дис.... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук : 05.22.07 / Воробьев Александр Алексеевич. – М., 1992. – 362 с.

18. Воробьев, А.А. Основы технологии производства подвижного состава [Текст] / А.А. Воробьев, А.В. Горский. – М. : МИИТ, 2003. – 228 с.

19. Воротилкин, А.В. Преобразования локомотивного комплекса фундамент успешного развития [Текст] / А.В. Воротилкин // Локомотив. – 2015. – № 2. – С. 2–3.

20. Воротилкин, А.В. Локомотивный комплекс и перспективы его развития [Текст] / А.В. Воротилкин // Локомотив. – 2011. – № 1. – С. 2–5.

21. Галиев, И.И. Совершенствование системы ремонта локомотива и анализ статистических данных по отказам роликовых подшипников качения тяговых электрических двигателей [Текст] / И.И. Галиев, В.В. Хренов // Повышение динамических качеств подвижного состава и поезда в условиях сибирского региона : межвузов. темат. сб. научн. тр. – М. : ОмГУПС, 1998. – С. 6–11.

22. 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.

23. Гапанович, В.А. Построение и использование матриц рисков в системе управления рисками на железнодорожном транспорте [Текст] / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Надежность. – 2011. – № 4 (39). – С. 56–68.

24. 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.

25. Головатый, А.Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом [Текст] / А.Т. Головатый, А.Ю. Лебедев. – М. : Транспорт, 1977. – 159 с.

26. Головаш, А.Н. Проблемы и решения сервисного обслуживания локомотивов [Текст] / А.Н. Головаш // Труды I Международн. научн.-практ. конф. «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2014. – С. 141–143.

27. Головаш, А.Н. Вероятностная модель оценки результатов диагностирования [Текст] / А.Н. Головаш, В.Г. Шахов // Омский научный вестник. – 2008. – №2. – С. 11–14.

28. Горский, А.В. Методы оптимизации системы планово-предупредительных ремонтов электровозов: дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук: 05.22.07 / Горский Анатолий Владимирович. – М., 1985. – 526 с.

29. 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.

30. Горский, А.В. Надёжность электроподвижного состава [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв. – М. : Маршрут, 2005. – 301 с.

31. Горский, А.В. Стратегия интеллектуального ремонта локомотивов [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв, А.В. Скребков // Локомотив. – 2015. – № 7. – С. 56–59.

32. Горский, А.В. Оптимизация системы ремонта локомотивов [Текст] / А.В. Горский, А.А. Воробьёв. – М. : Транспорт. 1994. – 208 с.

33. 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.

34. ГОСТ 27.002–89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1990-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 37с.

35. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 12 с.

36. ГОСТ Р 50779.10–2000. Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2001-07-01. – М. : Изд-во



стандартов, 2000. – 46 с.

37. ГОСТ Р 50779.21–96. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Ч. 1 : Нормальное распределение [Текст]. – Введ. 1997-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 48 с.

38. ГОСТ Р 50779.22–2005. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего [Текст]. – Введ. 2005-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2005. – 11 с.

39. ГОСТ Р 50779.23–2005. Статистическое представление данных. Сравнение двух средних в парных наблюдениях [Текст]. – Введ. 2005-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2005. – 8 с.

40. ГОСТ Р 50779.42–99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта [Текст]. – Введ. 2000-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 36 с.

41. ГОСТ Р 52122–2003. Техническая диагностика. Локомотивы магистральные. Встроенные системы диагностирования. Общие требования [Текст]. – Введ. 2004-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.

42. ГОСТ 53394–2017. Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2017-07-01. – М. : Стандартиформ, 2016. – 26 с.

43. ГОСТ Р ИСО 10303-1–99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными Ч. 1. Общие представления и основополагающие принципы [Текст]. – Введ. 2000-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 16 с.

44. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Текст]. – Введ. 2015-09-28. – М. : Стандартиформ, 2015. – 55 с.

45. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. – Введ. 2015-09-28. – М. : Стандартиформ, 2015. – 29 с.

46. ГОСТ Р ИСО 9004–2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности [Текст]. – Введ. 2001-08-15. – М. : ИПК «Изд-во стандартов», 2001. – 60 с.

47. 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 ред. В.И. Ковалёва, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. – М. : Маршрут, 2006. – 544 с.

48. Гриненко, В.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным их бортовых микропроцессорных систем [Текст] / В.И. Гриненко, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 4. – С. 71–74.
49. Давыдов, Ю.А. Моделирование и анализ информационных потоков при автоматизированном управлении технологическими процессами в локомотивном депо: дис. ...на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук: 05.13.06, 05.22.07 / Давыдов Юрий Анатольевич. – М., 2001. – 482 с.
50. Давыдов, Ю.А. Моделирование, оптимизация и контроль информационных потоков локомотивного депо [Текст] / Ю.А. Давыдов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2001. – 116 с.
51. Давыдов, Ю.А. Принципы моделирования информационной системы локомотивного депо [Текст] / Ю.А. Давыдов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2000. – 163 с.
52. Деминг, Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами [Текст] / Э. Деминг. – Пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 370 с.
53. Договор № 284 от 30.04.2014 на сервисное обслуживание локомотивов между ОАО «Российские железные дороги» и ООО «СТМ-Сервис».
54. Договор № 285 от 30.04.2014 на сервисное обслуживание локомотивов между ОАО «Российские железные дороги» и ООО «ТМХ-Сервис».
55. Договор № 947 от 02.10.2012 на выполнение работ по ремонту и модернизации тягового подвижного состава между ОАО «Российские железные дороги» и ОАО «Желдорремаш».
56. Единая система мониторинга работы бортовых систем (ЕСМ БС) [Электронный ресурс]. – URL: <http://infokom.org/edinaya-sistema-bortovih-sistem/> (дата обращения: 20.12.2015).
57. Задача об определении принадлежности точки многоугольнику [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pvsm.ru/algorithmy/27079> (дата обращения: 10.01.2017).
58. Препарата, Ф. Вычислительная геометрия: Введение [Текст]/ Ф.Препарата, М. Шеймос. – Пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 478 с.
59. Замышляев, А.М. Автоматизация процессов комплексного управления

техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта: автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук: 05.13.06 / Замышляев Алексей Михайлович. – М., 2013. – 46 с.

60. Иванов, В.В. Эксплуатация локомотивов и локомотивное хозяйство [Текст] : учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Иванов, Ю.Е. Просвиоров, В.Б. Скоркин и др. ; под ред. Ю.Е. Просвиорова. – Самара : Изд-во СамГУПС, 2012. – 250 с.

61. Игин, В.Н. Научные основы анализа и контроля энергетической эффективности эксплуатируемого парка тепловозов : дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук: 05.22.07 / Игин Валерий Николаевич. – М., 2002. – 300 с.

62. Информационно-аналитическая система АСУ ЗМ [Электронный ресурс]. – URL: <http://scbist.com/wiki/25678-asu-zm.html>. (дата обращения: 18.03.2016).

63. Иньков, Ю.М. Эксплуатация и ремонт электроподвижного состава магистральных железных дорог [Текст] : учеб. пособие / Ю.М. Иньков, В.П. Феоктистов, Н.Г. Шабалин ; под ред. Ю.М. Инькова. – М. : Изд-во МЭИ, 2011. – 384 с.

64. Исаев, И.П. Проблемы повышения надежности технических устройств железнодорожного транспорта [Текст] / И.П. Исаев. – М. : Транспорт, 1968. – 159 с.

65. Исаев, И.П. Разработка оптимальной системы ремонта [Текст] / И.П. Исаев, А.В. Горский, В.И. Седов // Железнодорожный транспорт. – 1970. – № 10. – С. 40–44.

66. Исикава, К. Японские методы управления качеством [Текст] / Пер. с англ. / науч. ред. и предисл. А.В. Гличева. – М. : Экономика, 1988. – 215 с.

67. Киселёв, В.И. Использование нечётких множеств в информационных системах локомотивного комплекса для поддержки принятия решений [Текст] / В.И. Киселёв, И.И. Лакин // Труды МИИТ : XVI НПК «Безопасность движения поездов». – 2015. – С. II – 68.

68. Киселёв, В.И. Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава [Текст] : учеб. пособие / В.И. Киселев, В.А. Гапанович, И.К. Лакин и др. ; под общ. ред. В.А. Гапановича – М. : ИРИС Групп, 2012. – 576 с.

69. Комплексная автоматизированная система управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ) [Текст] / под ред. А.П. Петрова. – М. : Транспорт, 1977. – 599 с.

70. Концепция постоянного улучшения инновационной деятельности ОАО «РЖД» [Текст]. – М. : ОАО «РЖД», 2010. – 79 с.
71. 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.
72. Кузьмич, В.Д. Теория локомотивной тяги [Текст] : учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.Д. Кузьмич – М. : Маршрут, 2005. – 448 с.
73. Лакин, И.К. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством. АСУТ [Текст] / И.К. Лакин, Ю.В. Смирнов, А.Ю. Тимченко. – М. : ОЦВ, 2002. – 516 с.
74. Лакин, И.К. Анализ основных показателей работы железнодорожного транспорта [Текст] / И.К. Лакин // Транспорт РФ. – 2007. – № 1. – С.60–63.
75. Лакин, И.К. Инкапсуляция статистических методов управления в информационные системы Локотех [Текст] / И.К. Лакин, С.Л. Лянгасов, А.А. Аболмасов // Труды III Всеросс. научн.-техн. конф. с международн. участием «Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава». – Омск : ОмГУПС, 2015. – С. 14–21.
76. Лакин, И.К. Инновационное развитие сервисных локомотивных депо группы компаний ЛокоТех [Текст] / И.К. Лакин, И.В. Пустовой, А.И. Баранов // материалы всероссийской НПК «115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: образование – наука – производство». – ЗаБИЖТ ИрГУПС, Чита, 2017. – С. 78–83.
77. 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.
78. Лакин, И.К. Модель управления рисками отказов локомотивов [Текст] / И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников // Мир транспорта. – 2013. – № 4. – С. 130–136.
79. Лакин, И.К. Проблемы внедрения информационных технологий в локомотивных депо [Текст] / И.К. Лакин, И.В. Пустовой // Локомотив. – 2017. – № 2 (722). – С. 11–13.
80. Лакин, И.К. Разработка теории и программно-технических средств комплексной автоматизированной справочно-информационной и управляющей си-

стемы локомотивного депо: дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук : 05.22.07 / Лакин Игорь Капитонович. – М., 1997. – 377 с.

81. Лакин, И.К. Эффективность сервисного обслуживания локомотивов [Текст] / И.К. Лакин, И.В. Пустовой // Техника железных дорог. – 2017. – № 2 (38). – С. 34–44.

82. Лакин, И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.22.07 / Лакин Игорь Игоревич. – М., 2016 – 195 с.

83. Лапидус, В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях [Текст] / В.А. Лапидус. – М. : ОАО «Типография Новости», 2000. – 432 с.

84. Лецкий, Э.К. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте [Текст] / Э.К. Лецкий, Л.П. Тулупов, И.Н. Шапкин, А.И. Самохвалов и др.; под редакцией Л.П. Тулупова. – М. : Транспорт, 2005. – 407 с.

85. Липа, К.В. Автоматизированная система управления надежностью локомотивов (АСУНТ). Концепция ТМХ-Сервис [Текст] / К.В. Липа, В.И. Гриненко, С.Л. Лянгасов, И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников. – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2012. – 160 с.

86. Липа, К.В. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика [Текст] / К.В. Липа, А.А. Белинский, В.Н. Пустовой, С.Л. Лянгасов, И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников, И.И. Лакин, А.А. Баркунова, И.В. Пустовой. – М. : ООО «Локомотивные технологии», 2015. – 212 с.

87. Липа, К.В. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления [Текст] / К.В. Липа, В.И. Гриненко, С.Л. Лянгасов, И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников. – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2013. – 156 с.

88. Лянгасов, С.Л. Автоматизация ведения журнала формы ТУ-28 [Текст] / С.Л. Лянгасов, И.В. Пустовой // М-лы II Международн. научн.-практ. конф. «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М. : ООО «Локомотивные технологии», 2015. – С. 189–193.

89. Масааки, И. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний [Текст] / Пер. с англ. Т. Гутман. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2011. – 274 с.

90. Методика расчёта потребности, неснижаемого запаса и заявки на закупку товарно-материальных ценностей. – М. : Локомотивные технологии, 2016. –

30 с.

91. Митрохин, Ю.В. Применение принципа постоянного улучшения на железнодорожном транспорте [Текст] / Ю.В. Митрохин, В.Ю. Алферов, Д.В. Катцын, И.К. Лакин. – Красноярск : Изд-во ДЦВ Красноярской ж.д., 2010. – 64 с.

92. Михальчук, М.Л. Актуальность развития локомотиворемонтного комплекса при переходе на полное сервисное обслуживание [Текст] / М.Л. Михальчук. // Материалы первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2014. – С. 11–18.

93. Мозгалеvский, А.В. Техническая диагностика [Текст] / А.В. Мозгалеvский, Д.В. Гаскаров. – М. : Высшая школа, 1975. – 207 с.

94. НИИТКД. Официальный сайт. Технологическое и диагностическое оборудование для депо [Электронный ресурс]. – URL: [www.niitkd.com](http://www.niitkd.com) (дата обращения: 14.12.2015).

95. О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД». Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17 января 2005г. № 3р.

96. Обзор ERP системы: SAP R3 [Электронный ресурс]. – URL: <http://iteranet.ru/it-novosti/2013/12/26/obzor-erp-sistemy-sap-r3>. (дата обращения: 04.09.2015).

97. Осипов, А.В. Разработка первичных эскизных сетевых графиков технического обслуживания и текущего ремонта локомотивов серии 2ТЭ116 в сервисном локомотивном депо «Санкт-Петербург-Сортировочный-Витебский» [Текст] / А.В. Осипов, Д.Н. Курилкин, К.А. Грушин // Труды II Международн. научн.-практ. конф. «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М. : ООО «Локомотивные технологии», 2015. – С. 225–229.

98. Основы ITIL. Сервисная модель управления ИТ-процессами [Электронный ресурс]. – URL: [http://mba-iuit.miit.ru/content/modules\\_construct/15/20141012230952.pdf](http://mba-iuit.miit.ru/content/modules_construct/15/20141012230952.pdf) (дата обращения: 13.11.2016).

99. Осяев, А.Т. Жизненный цикл локомотива и его стоимость / А.Т. Осяев, А.Б. Подшивалов // Локомотив. – 2006. – №7. – С. 37–38.

100. 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.

101. Официальный сайт «Основ программной инженерии» (по SWEBOK). Программная инженерия [Электронный ресурс]. – URL: <http://swebok.sorlik.ru> (дата обращения: 13.11.2015).

102. Пат. 2569216 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 61 К 11/00, 2006.01. Способ управления обслуживанием и ремонтом тягового подвижного состава железнодорожного транспорта и система для его осуществления [Текст] / Липа К. В., Грищенко А. В., Лянгасов С. Л., Лакин И. К., Аболмасов А. А., Мельников В. А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ТМХ-Сервис». – № 2013147471/11 ; Заявл. 24.10.13 ; Оpubл. 20.11.15 ; Бюл. № 32. – 13 с. : ил.

103. Пат. 2593729 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 61 L 27/00, 2006.01. Способ контроля режимов эксплуатации локомотивов [Текст] / Липа К. В., Грищенко А. В., Лянгасов С. Л., Лакин И. К., Аболмасов А. А., Мельников В. А., Баркунова А.А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ТМХ-Сервис». – № 2015101911/11 ; Заявл. 22.01.15 ; Оpubл. 10.08.2016 ; Бюл. № 22. – 4 с. : ил.

104. Поисковая система Google.com [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.google.ru> (дата обращения: 13.05.2017).

105. Об утверждении государственной программы «Информационное общество (2011–2020 гг.)» : постановление правительства РФ от 15.04.2014 № 313 [Электронный ресурс]. URL: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4137/> (дата обращения: 16.04.2017).

106. Просви́ров, В.Б. Эксплуатация локомотивов и локомотивное хозяйство [Текст] : учебник для вузов ж.-д. транспорта / Ю.Е. Просви́ров, В.В. Иванов, В.Б. Скоркин, А.С. Шапшал ; под ред. Ю.Е. Просви́рова. – Самара: СамГУПС, 2012. – 250 с.

107. Пузанков, А.Д. Методы расчёта и использования показателей надёжности в эксплуатации [Текст] / А.Д. Пузанков. – М. : МИИТ, 2004. – 112 с.

108. Пузанков, А.Д. Управление качеством локомотивного хозяйства [Текст] / А.Д. Пузанков. – М. : МИИТ, 2009. – 262 с.

109. Пустовой, И.В. Автоматизация управления ремонтом локомотивов в сервисной компании «Локомотивные технологии» [Текст] / И.В. Пустовой // Локомотив. – 2016. – № 12 (720). – С. 2–4.

110. Пустовой, И.В. Инкапсуляция статистических методов управления в информационную систему сервисного обслуживания и ремонта локомотивов [Текст] / И.В. Пустовой// Известия Транссиба. – 2016. – № 3 (27). – С. 132–142.

111. Пустовой, И.В. Комплексное управление производственными процессами сервисных локомотивных депо [Текст] / И.В. Пустовой // Сб. тр. IV Международн. конф., посв. 140-летию со дня рождения проф. Ю.В. Ломоносова «Локомотивы. XXI век». – СПб : ПГУПС, 2016. – С. 242–245.

112. Пустовой, И.В. Научные аспекты автоматизации управления сервисным ТОиР [Текст] / И.В. Пустовой, А.А. Аболмасов // Сб. тр. IV Международн. конф. «Локомотивы. XXI Век». – СПб : ПГУПС, 2017. – С. 337–341.

113. Пустовой, И.В. Особенности применения методов сетевого планирования при организации сервисного ремонта локомотивов [Текст] / И.В. Пустовой // М-лы VI Международн. научн.-практ. конф. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». – Иркутск : ИрГУПС, 2015. – С. 349–354.

114. Пустовой, И.В. Повышение эффективности системы сервисного обслуживания локомотивов за счёт внедрения информационных технологий [Текст] / И.В. Пустовой // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 6 (60). – С. 36–40.

115. Пустовой, И.В. Роль вероятностно-статистических методов в управлении техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов [Текст] / И.В. Пустовой // М-лы VIII Международн. научн.-практ. конф. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». – Иркутск : ИрГУПС, 2017. – С. 365–369.

116. Пустовой, И.В. Сетевое планирование ремонта сервисных локомотивов [Текст] / И.В. Пустовой, И.И. Лакин // Локомотив. – 2015. – № 7 (703). – С. 6 – 9.

117. Пустовой, И.В. Управление неснижаемым запасом ТМЦ при организации сервисного обслуживания и ремонта локомотивов [Текст] / И.В. Пустовой // М-лы III Всеросс. научн.-техн. конф. с международн. участием «Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов». – Омск : ОмГУПС, 2016. – С. 42–48.

118. Пустовой, И.В. Электронный журнал учёта ремонта локомотива ТУ-28Э [Текст] / И.В. Пустовой, А.И. Баранов, Д.В. Галкин // Локомотив. – 2016. – № 3 (711). – С. 12–14.

119. Пустовой, И.В. Электронный ТУ-28Э как основа PLM-системы СЛД [Текст] / И.В. Пустовой // М-лы III Всеросс. научн.-техн. конф. с международным участием «Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава». – Омск : ОмГУПС, 2015. – С. 62–67.

120. Информационное агентство RNS [Электронный ресурс]. URL: <https://rns.online/economy/Putin-zayavil-o-neobhodimosti-dobitsya-vseobschei>



tsifrovizatsii-Rossii-2017-06-02/ (дата обращения: 02.06.2017).

121. Путинская цифровизация. Путин сегодня. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.putin-today.ru/archives/47458> (дата обращения: 01.07.2017).

122. Розенберг, Е.Н. Многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов: дис. ...на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук : 05.13.06, 05.22.08 / Ефим Наумович Розенберг. – М., 317 с.

123. Сай, В.М. Организационные структуры управления: подходы формирования [Текст] : научная монография / В.М. Сай. – М. : ВИНТИ РАН, 2002. – 425 с.

124. Сай, В.М. Планетарные структуры управления на железнодорожном транспорте [Текст] : научная монография. / В.М.Сай. – М. : ВИНТИ РАН, 2002. – 342 с.

125. Сай, В.М. Образование, функционирование и распад организационных сетей [Текст] : монография / В.М. Сай, С.В. Сизый. – Екатеринбург : УрГУПС, 2010. – 272 с.

126. Сай, В.М. Корпоративное управление в компании «Российские железные дороги» [Текст] : учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / В.М. Сай. – Екатеринбург : УрГУПС, 2008. – 167 с.

127. Сай, В.М. Методология построения сетевых организационных структур на железнодорожном транспорте : дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра технических наук : 05.02.22. – Екатеринбург : УрГУПС, 2003. – 389 с.

128. Сай, В.М. Формирование организационных структур управления [Текст] : научная монография / В.М. Сай. – М. : ВИНТИ РАН, 2002. – 437 с.

129. Сайт по психологическим исследованиям [Электронный ресурс]. URL: <http://lpgenerator.ru/blog/2015/12/18/5-psihologicheskikh-issledovaniy-po-vozpriyatiyu-vizualnoj-informacii> (дата обращения: 30.01.2017).

130. Сайт по управлению техническим состоянием промышленных машин [Электронный ресурс]. URL: <http://avto-meh.ru/upravlenie-texnicheskim-sostoyaniem-mashin/19> (дата обращения: 30.01.2017).

131. Сайт itism365. Что такое ITIL/ITSM? [Электронный ресурс]. URL: <https://itism365.ru/blog/chto-takoe-itilism/> (дата обращения: 18.10.2016).

132. 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.

133. Семченко, В.В. Диагностирование систем управления электровозов переменного тока с тиристорными преобразователями: дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.22.07 / Семченко Виктор Васильевич. – Красноярск, Иркутск, 2010. – 199 с.

134. Сетевой график ремонта локомотивов в сервисных локомотивных депо ООО «ТМХ-Сервис». Технические требования к информационно-управляющей системе – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2015, 43 с.

135. Сизый, С.В. Теория и методология формирования сетевого организационного взаимодействия на железнодорожном транспорте: дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук : 05.02.22. – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – 300 с.

136. Сирина, Н.Ф. Методологические основы формирования адаптивных механизмов организации вагоноремонтного комплекса: дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук : 05.02.22. – Екатеринбург : УрГУПС, 2009. – 310 с.

137. Сирина, Н.Ф. Системные архетипы в управлении предприятием железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/05/68309> (дата обращения: 02.08.2017).

138. Скребков, А.В. Определение оптимальной структуры ремонтного цикла электровозов в конкретных условиях эксплуатации [Текст] / – дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук : 05.22.07 / Скребков Алексей Валентинович. – М., 2003. – 137 с.

139. 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.

140. СТК 1.05.515.1. Методы и инструменты улучшений. Методы решения проблем. 8 шагов [Текст]. Введ. 2009-07-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 23 с.

141. СТК 1.05.515.2. Методы и инструменты улучшений. Анализ Парето [Текст]. Введ. 2009-07-01.– М. : ОАО «РЖД», 2009. – 21 с.

142. СТК 1.05.515.3. Методы и инструменты улучшений. Диаграмма Исикавы [Текст]. Введ. 2009-07-01.– М. : ОАО «РЖД», 2009. – 18 с.

143. СТК 1.05.515.5. Методы и инструменты улучшений. Исследование разброса параметра. Гистограммы [Текст]. Введ. 2009-07-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 29 с.

144. СТК 1.05.515.6. Методы и инструменты улучшений. Z-график и исследование вариабельности [Текст]. Введ. 2009-07-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 22

с.

145. СТК 1.05.515.7. Методы и инструменты улучшений. Формат корректирующих действий. Метод «5W+1H+1S» [Текст]. Введ. 2009-07-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 15 с.

146. СТК 1.10.001. Нормативные документы корпоративной системы менеджмента качества ОАО «РЖД» [Текст]. Введ. 2008-01-11 – М. : ОАО «РЖД», 2008. – 19 с.

147. СТК 1.10.002. Нормативные документы корпоративной системы менеджмента качества ОАО «РЖД». Порядок разработки, согласования и утверждения [Текст]. Введ. 2008-11-01. – М. : ОАО «РЖД», 2008. – 50 с.

148. СТК 1.10.003. Руководство по качеству ОАО «РЖД». Порядок изложения, оформления, разработки, утверждения и внесения изменений [Текст]. Введ. 2008-11-01. – М. : ОАО «РЖД», 2008. – 50 с.

149. СТК 1.10.004. Корректирующие и предупреждающие мероприятия [Текст]. Введ. 2009-01-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 19с.

150. СТК 1.10.005. Решение проблем качества при техническом обслуживании и ремонте подвижного состава и объектов инфраструктуры [Текст]. Введ. 2009-01-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 32 с.

151. СТК 1.10.010. Корпоративная интегрированная система менеджмента качества ОАО «РЖД». Термины и определения [Текст]. Введ. 2009-10-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 71 с.

152. СТК 1.10.011. Корпоративная интегрированная система менеджмента качества ОАО «РЖД» Основные принципы и положения [Текст]. Введ. 2009-10-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 50 с.

153. СТК 1.10.012. Корпоративная интегрированная система менеджмента качества ОАО «РЖД». Модель основных процессов [Текст]. Введ. 2009-10-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 50с.

154. СТК 1.10.013. Руководство по применению модели основных процессов [Текст]. Введ. 2009-10-01. – М.: ОАО «РЖД», 2009. – 71с.

155. СТК 1.10.014. Планирование и оценка результатов улучшений показателей [Текст]. Введ. 2009-10-01. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 71с.

156. СТО 02.038-2011. Риск-менеджмент в организации обеспечения безопасности движения [Текст]. Введ. 2011-09-21. – ОАО «РЖД», 2011. – 17 с.

157. СТО 02.039-2011. Человеческие факторы в системе управления безопасностью движения [Текст]. Введ. 2011-09-21. – М. : ОАО «РЖД», 2011. – 19 с.
158. СТО 02.040-2011. Показатели процессов, влияющих на безопасность движения [Текст]. Введ. 2011-09-21. – М. : ОАО «РЖД», 2011. – 19 с.
159. СТО 1.02.033-2010. Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРРАН). Порядок идентификации опасностей и рисков [Текст]. Введ. 2011-03-01. – М. : ОАО «РЖД», 2011. – 19 с.
160. Стратегические направления научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года («Белая книга» ОАО «РЖД») [Текст]. – М., 2007. – 46 с.
161. Стратегия развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2030 года и основные приоритеты его развития на среднесрочный период до 2015 года [Текст]– М., 2010. – 93 с.
162. Стрельников, В.Т. Комплексное управление качеством технического обслуживания и ремонта электровозов [Текст] / В.Т. Стрельников, И.П.Исаев – М. : Транспорт, 1980. – 207 с.
163. Тартаковский, Э.Д. Основы автоматизации технического обслуживания, диагностирования и ремонта локомотивов [Текст] / Э.Д. Тартаковский. – Харьков : Изд-во ХИИТ, 1987. – 72 с.
164. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава сторонними компаниями [Текст] // Железные дороги мира. – 2005. – №10. –С. 47 – 51.
165. Тимченко, А.Ю. Единая автоматизированная система учёта дизельного топлива в ОАО «РЖД»: автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.13.01, 05.13.06 / Тимченко Александр Юрьевич. – Коломна: МОУ ИИФ, 2012. – 24 с.
166. Фирменное обслуживание подвижного состава [Текст] // Железные дороги мира. – 2005. – № 5. – С. 40–46.
167. Форсайт (Foresight) [Текст] : учебник. – М. : Общество знаний (European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions), 2003. – 31 с.
168. Функциональная стратегия ОАО «РЖД» управления качеством. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 15 января 2007г. № 46р.
169. Функциональные требования на АСУ «Сетевой график». – М. : «Локомотивные технологии», 2016, 150 с.
170. Хитоси Куме. Статистические методы повышения качества [Текст] / Пер. с англ. Ю.П. Адлера и др. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 301 с.

171. Цифровизация экономики Сборник статей по теме [Электронный ресурс]. URL: <http://bit.samag.ru/uart/more/67> (дата обращения: 12.07.2017).

172. Черемисин, В.Т. Автоматизация поиска и устранения неисправностей локомотива в сервисных депо [Текст] / В.Т. Черемисин, И.В. Пустовой // Локомотив. – 2017. – № 8. – С. 12–14.

173. Черемисин, В.Т. Разработка информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов [Текст] / В.Т. Черемисин, И.В. Пустовой // М-лы IV Всеросс. НТК с международн. участием «Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава». – Омск : ОмГУПС, 2017. – С 79–83.

174. Черемисин В.Т. Роль информационных технологий в обеспечении надежности локомотивов [Текст] / В.Т. Черемисин, И.В. Пустовой // Локомотив. – 2017. – № 9. – С. 16–18.

175. Черемисин, В. Т. Концепция Единой автоматизированной системы учета электрической энергии на тягу поездов [Текст] / В.Т. Черемисин, А.Л. Каштанов, С.Ю. Ушаков // Транспорт Урала. – 2013. – № 4 (39). – С. 83–87.

176. Черемисин, В. Т. Единая автоматизированная система учета электроэнергии на электроподвижном составе (ЕАСУЭ ЭПС) постоянного тока [Текст] / В.Т. Черемисин, С.Ю. Ушаков, А.Л. Каштанов // Известия Транссиба. – 2013. – № 3 (15). – С. 108–114.

177. Четвергов, В.А. Надёжность локомотивов [Текст] / В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков. – М. : Маршрут, 2003. – 415 с.

178. 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.

179. Шабалин, Н.Г. Организация эксплуатации и технического обслуживания тягового подвижного состава с использованием современных информационных технологий: дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 08.00.28 / Шабалин Николай Григорьевич. – М., 1999. – 171 с.

180. 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 : м-лы Всеросс. научн.-техн. конф. с международным участием. – Омск : ОмГУПС, 2011. – С. 72–

79.

181. Шантаренко, С.Г. Качество ремонта и энергоэффективность электровозов [Текст] / С.Г. Шантаренко, М.Ф. Капустьян, О.П. Супчинский // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 1(57). – С. 46–52.

182. Шантаренко, С.Г. Обеспечить качество ремонта локомотивов в условиях депо [Текст] / С.Г. Шантаренко // Локомотив. – 2005. – № 5. – С. 34–35.

183. Шантаренко, С.Г. Организация ремонта локомотивов новых серий в сервисных локомотивных депо [Текст] / С.Г. Шантаренко, М.Ф. Капустьян, А.Е. Дрягилев, О.П. Супчинский // Труды II Международн. научн.-практ. конф. «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – М.: ООО «Локомотивные технологии», 2015. – С. 35–44.

184. Шантаренко, С.Г. Повышение качества работы локомотиворемонтного комплекса [Текст] / С.Г. Шантаренко, М.Ф. Капустьян, О.П. Супчинский // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 64–66.

185. Шантаренко, С.Г. Совершенствование технологической готовности технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава: дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук : 05.22.07 / Шантаренко Сергей Георгиевич. – Омск, 2006. – 419 с.

186. Шашлюк Ю.А. Управление безопасностью эксплуатации железно-дорожных транспортных систем : монография / Ю.А. Шашлюк, С.А. Багрецов, В.Н. Добрынин. – М. : ВНИИгеосистем, 2018. – 390 с.

187. Шпер, В.Л. Теория вариабельности и статистическое мышление в системах качества. – Менеджмент качества из первых рук [Электронный ресурс]. URL: <http://quality.eur.ru/MATERIALY12/sup-qms.htm> (дата обращения: 26.01.2017).

188. Шубинский, И.Б. Основные научные и практические результаты разработки системы УРРАН [Текст] / И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Железнодорожный транспорт. – 2012. – №10. – С. 23–28.

189. Burgwinkel, P. Дистанционный контроль и управление парком тягового подвижного состава на общеевропейской сети [Текст] / P. Burgwinkel, F. Rensmann // Железные дороги мира. – 2005. – № 10. – С. 41–46.

190. Heinrich H.W. Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach. / H.W. Heinrich. – Madysson : McGraw-Hill, 1941. – 448 p.

191. IT Expert. Сервисный подход в IT (ITIL) [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.itexpert.ru> (дата обращения: 25.10.2016).

192. 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.

193. 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.

Классификаторы модели

Таблица П.1 – Статусы локомотива в процессе ремонта

Статус локомотива	Статус локомотива (уровень2)	Статус локомотива (уровень3)	
Выдача	Осмотр локомотива перед предъявлением приемщику		
	Приемка локомотива приемщиком ТЧЭ		
	Проверка после ремонта под контактными проводами		
	Проверка тепловоза при работающем дизеле		
	Сдача приемщику РЖД		
Маневры	Нарушение плана маневровой работы со стороны заказчика	Недостаточное количество маневровых тепловозов Ожидание маневровой бригады Отсутствие маневрового тепловоза	
	Разворот секции на поворотном круге		
Приемка	В горячем состоянии	Ожидание приемки локомотива Осмотр локомотива перед постановкой на ремонт Приемка в ремонт	
	В холодном состоянии	Осмотр экипажной части	
	Нет в планах		
Простой	Запрет на выдачу	Запрет выдачи локомотивов в указанное время Приостановка работы цехов по проверкам	
	Ожидание персонала	Отсутствие ремонтного персонала	
	Ожидание технологическое	Неисправность дизеля (коленвал)	
		Неисправность технологического оборудования	
		Ожидание выкатки КМБ	
		Ожидание диагностики КМБ	
		Ожидание обдувки	
		Ожидание обточки КП	
		Ожидание проведения реостатных испытаний АСТД	
		Ожидание проверки АЛСН	



Статус локомотива	Статус локомотива (уровень2)	Статус локомотива (уровень3)
		Ожидание ремонтной секции
		Ожидание свободного ремонтного стойла
		Ожидание смены узла
		Отсутствие запасных частей и материалов
		Отсутствие технологического оборудования
	Ожидание экипировки топливом	Мало топлива на локомотиве
		Неисправность топливной горловины
		Отсутствие пломб
	Запрет на выдачу с неисправным РТС	
	Консервация	
	Не приоритетность выполнения работ	
	Ожидание отправки в другое депо	
Ожидание приемщика РЖД		
Предписание ВО ЖДТ (пожарная охрана)		
Работа	Выполнение СО	Модернизация
		НР
		Обточка КП по остроконечному гребню
		Проведение МОД-Д (ПСС-2 экипажной части)
		Проведение реостатных испытаний АСТД
		Производство замеров КП
		Рекламация
		ТО-4 (обточка КП)
		Цикл ДР
		Цикл СР
		Цикл ТО-2
		Цикл ТО-2 У
		Цикл ТО-3
		Цикл ТО-5
Цикл ТР-1		

Статус локомотива	Статус локомотива (уровень2)	Статус локомотива (уровень3)
		Цикл ТР-2
		Цикл ТР-2 с ПСС
		Цикл ТР-3
		Цикл ТР-3 с ПСС
	Выкатка КМБ	
	Выкатка телег	
	Диагностика КМБ	
	замеры МОП	
	Обдувка	
	Проверка АЛСН	
	Ремонт оборудования на тракционных путях	
	Сборка механической части после перекачки КМБ	
	Смена крупного оборудования дизеля с подъемом крыши	
	Смена оборудования	
Ремонт экипажной части		
Устранение замечаний после приемки		
Экипировка	Экипировка водой	
	Экипировка маслом	
	Экипировка песком	
	Экипировка топливом	
Обслуживание завершено		
Разэкипировка		
Прочее		

## Таблица П.2 – Классификатор

## виновности возникновения сверхцикловой работы (Who?)

Обозначение	Описание
ЛокоТех-С	Доп. работа (ДР) возникла по вине «ЛокоТех-С» (самого СЛД)
МТО	ДР возникла по причине плохого снабжения (вина торгового дома «ЛокоТех-С»)
РЖД	Нарушение режимов эксплуатации в РЖД
ТОиР	Технологическая инструкция ТОиР этого узла не обеспечивает его надёжную работу. Необходима доработка инструкции
ТМХ	Производственный отказ по вине заводов ТМХ
ЖДРМ	Производственный отказ по вине заводов ЖДРМ
Аутсорсинг	Соисполнители: ЦТР, НИИТКД и др. Виновной стороной является аутсорсинговая компания
Конструкция	Конструкционный отказ: ошибка при конструировании узла
Деградационный	ДР возникла в силу естественного старения узла
Мероприятия	Работа не является отказом и выполняется по плану мероприятий (мероприятия носят разовых характер)
Цикловые дополнительные	Работа не является устранением отказа, а является введённой дополнительно к цикловым (носят постоянный характер, должны быть включены в цикл)
Не определена	Причина не установлена
Текст	Текстовое описание виновной стороны

## Таблица П.3 – Описание отказа (What?)

Обозначение	Описание
Отказ	Потеря работоспособности по неустановленной причине (общая причина при отсутствии детализации)
Сбой	Самовосстановление после отказа
Трещина	Трещина
Излом	Отломалась часть узла
Подгар	Признаки горения
Разрушение	Полное разрушение
Течь	Течь воды, масла и др.
Крепление	Расшатано крепление узла или его частей
Вибрация	Повышенная вибрация, шум, треск и др. признаки
Износ	Постепенный выход за допуски
Вандализм	Намеренное разрушение
Отсутствует	Нет узла или его части

Срок службы	Истёк срок службы
Нет описания	
Текст	

Таблица П.4 – Первопричина дополнительной работы (Why?)

Обозначение	Описание
Нет инструктажа	Не проведено обучение
Квалификация	Недостаточная квалификация исполнителя, несоответствие разряда исполнителя разряду работ
Дисциплина	Отсутствие технологической дисциплины: работа выполнена с нарушениями технологии
ЗИП	Отсутствие запчастей, использование не тех запчастей
Нарушение технологии	По узлу работы не выполнялись/выполнены некачественно согласно технологической карте
Ошибка в задании	Неправильное задание мастера или др. руководителя
Монтаж	Ошибка при монтаже узла
Условия эксплуатации	Нарушены режимы эксплуатации
Износ	Повышенный износ детали
Не определена	Не удалось определить

Таблица П.5 – Базовые поля отчётной формы

Поле	Содержание
Серия локомотива	Из диагностической карты
Номер локомотива	Из диагностической карты
Номер секции локомотива	Из диагностической карты
Дата начала ожидания ремонта	Из диагностической карты
Вид ремонта	Из диагностической карты
Дата захода в СЛД	Из диагностической карты
Дата выхода из СЛД	Из диагностической карты
Продолжительность простоя в СЛД	Вычисляется в минутах
Замечание	Из диагностической карты
Является ли замечание причиной захода в СЛД (НР)	Из диагностической карты: да/нет
Наименование дополнительной работы	Название работы
Трудозатраты	Нормо-часы в минутах
Начало работы	ДД:ММ:ГГГГ, чч:мм
Окончание работы	ДД:ММ:ГГГГ, чч:мм
Продолжительность	Вычисляется в минутах
Наличие пауз	мин.
Причины пауз	Согласно классификатору
Ф.И.О. Мастера	
Ф.И.О. Исполнителя	
Разряд исполнителя	

Поле	Содержание
ТМЦ со склада	Название
Стоимость материала	Руб.
Повторяется сколько получено материала	
МПИ, сданное на склад	Название МПИ
Номер МПИ	Номер МПИ
Стоимость МПИ	
повторяется сколько сдано МПИ	
МПИ, полученное со склада	Название МПИ
Номер МПИ	Номер МПИ
Стоимость МПИ	Руб.
Повторяется сколько сдано МПИ	
Вес инцидента	Вычисляется по формуле
Тип оборудования работы	Из четырёхуровневого классификатора
Оборудование	
Узел	
Деталь	
Виновная сторона	Из классификатора «Виновность 1»
Примечание	Пояснительный текст
Реквизиты виновной стороны	Из классификаторов «Виновность 2»
Примечание	Пояснительный текст
Тип отказа	Из классификатора тип отказа
Примечание	Пояснительный текст
Первопричина ДР	Из классификатора
Примечание	Пояснительный текст
Описание ДР	Пояснительный текст
Принятые меры	Пояснительный текст
На кого отнесено по факту	Виновная сторона из классификатора, оплатившая ремонт
Сумма	Руб.
Дата отнесения	ДД:ММ:ГГГГ
Примечание	Пояснительный текст
Имеющиеся файлы	Перечисление файлов