

**Министерство транспорта Украины
Харьковская государственная академия железнодорожного
транспорта**

На правах рукописи

Бабанин Александр Борисович

УДК 629.424. 1.004.



**Научные основы совершенствования технологии
контроля, диагностирования и материально-
технического обеспечения при техническом
обслуживании локомотивов**

05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

*Підтверджую ідентифікацію
всіх притриманих дисертації*

*Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 64.810.04*

В.М. Замара

Научный консультант:
Доктор технических наук,
профессор, академик ГАУ
Тартаковский Эдуард Давидович



Харьков - 2001

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Раздел 1 АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (ТО) ЛОКОМОТИВОВ	17
1.1. Стратегии управления техническим состоянием локомотивов в эксплуатации.....	17
1.2. Развитие системы ТО локомотивов	22
1.3. Роль контроля и диагностики при ТО локомотивов	26
1.4. Анализ систем технического и сервисного обслуживания различных видов транспорта....	35
• 1.5. Обслуживание и контроль локомотивов за рубежом	44
1.6. Классификация и виды контроля.....	48
1.7. Роль материально-технического обеспечения при • обслуживании локомотивов	55
1.8. Выводы.,,:	60
Раздел 2 ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО • ОБЕСПЕЧЕНИЯ. ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЛОКОМОТИВОВ. /.....	62
2.1. Методика расчета сроков пополнения запасов для . обеспечения. ТО локомотивов .•.....	62
2.2. Назначение и состав ЗИП.....	69
2.3. Формирование и методика оценки достаточности ЗИП.:... ..	71
2.4. Расчет достаточности ЗИП для проведения ТО тепловозам ТЭП70 ,.....	84
2.4. Принятие решений в условиях неопределенности при проведении ТО.....	89
2.5.1. Постановка задачи.. ..:	89

2.5.2. Первая информационная ситуация	92
2.5.3. Вторая информационная ситуация	99
2.5.4. Третья информационная ситуация.....	99
2.5.5. Четвертая информационная ситуация	100
2.5.6. Пятая информационная ситуация	100
2.5.7. Шестая информационная ситуация	101
2.5.8. С едьмая информационная ситуация	102
2.5.9. воды.....	103
Раздел 3 .СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ И '	
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИ ТОЛОКОМОТИВОВ	106
3.1.1. римецяемые методы контроля й их анализ	106
3.1.2.1 .Метод анализа кривых распределения показателей качества." :.....	108
3.1-2.Метод точечных контрольных диаграмм	ГП1
3. Г.3'.Метод выборочного контроля качества.....	115
3.1.1	^Вы
борочный- контроль по альтернативному признаку.....	117
3.1.5.Последовательный метод\..... '	123
3.1.2 пределение предельных значений контролируемых параметров.....	126
3.1.3 .Постановка задачи.	126
3.1.4 .Методика определения предельных значений параметров тополого-вероятностным методом.....	127
3.1.5 .Методика определения предельных значений ■ контролируемых параметров при помощи статистических • ■ методов. 2...-..... 2..... 2	'.....

1.1.3. Характеристики диагностических признаков	141
1.1.4. Диагностический вес признаков	: 142
1.1.5. Условный и независимый диагностический вес признака.	143
3.3.6. Диагностическая ценность обследования	144
3.4.1. новые способы построения алгоритмов контроля и	диагностирования.....
	'149
3.4.2. остановка задачи/	149
■ 3.4.2. Способ построения алгоритмов контроля на основе	
последовательного функционального анализа	151
3.4.3. Способ построения-алгоритмов контроля на основе	
■ метода, половинного разбиения: ?	154
3.4.4. ' Способ построения алгоритмов контроля на основе	
■ вероятностно-временного критерия..... ■.....	158
3.4.5. Способ построения алгоритмов контроля на основе	
■ информационного критерия	160
3.4.6. Д.б. Инженерный, способ построения алгоритмов контроля.	..163
3.4.7. Способ построения алгоритмов контроля методом'	
ветвей и границ..... ;	-166
- 3.4.8, Метод построения алгоритмов на основе иерархического	
принципа.;; л.....	170
3.5. Выводы.....; _.....	171
Раздел 4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ	
ПРОЦЕССОВ ТО С КОНТРОЛЕМ ПАРАМЕТРОВ..... i	
174	
4.1. Множественная регрессия как 'модель математического	
описания технологического процесса	174
' 4.2. Методика получения модели технологического процесса	

4.3.Получение эксплуатационных параметров локомотивов для создания математической модели	190
4.3.1.Особенности регистрации и накопления эксплуатационных параметров.....	190
4.3.2.Основные требования к АССОИ.....	194
4.3.3 .Структурная схема АССОИ.....	195
4.4.Мониторинг ТПС	200
4.5.Выводы;	207
Раздел 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК. ОБЪЕКТОВ ТО И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В. ЛОКОМОТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	209
5:1 .Обоснование размещения ПКД в локомотивном хозяйстве. ..	209
5.2.Задача размещения предприятий	217
5В.Методика-определения оптимальной дислокации ПКД тепловозов.;	219.
5.4.Оценіса пропускной способности ПКД методом динамики средних	22.7
5.5.Определение оптимального маршрута следования передвижной станции ТО й диагностирования локомотивов.,.	237
5; 6 .Выводы..... ;.....	251
Раздел 6 ОРГАШЗАПИОННО-ТЕХНИЧЕСКЙЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ТО . ЛОКОМОТИВОВ	254
6-1 .Организация системы ТО с контролем, диагностированием . и применением автоматизированных рабочих мест (АРМ)	2.54

6.2. Организация методического обеспечения выбора электронных деталей импортного производства для тепловозов ЧМЭЗ и электровозов ЧС	262
6.3. Технические средства контроля и диагностирования ТПС..	266
6.3.1. Электронный стетоскоп. •.....	266
6.3.2. Устройство для визуального диагностирования.:.....	269
6.3.3. Пирометры частичного излучения типа "Смотрин";.....	270.
6.3.4. Приббр-для оценки скоростных характеристик ТЭД.....	272
6.4. Организация работы передвижной станции обслуживания и диагностирования.'.,.....	274
6.5. Оценка экономической эффективности внедрения новой технологии обслуживания.і ...• '.....	277
6.6. Оценка окупаемости ПКД.....	279
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	285
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	289 •
ПРИЛОЖЕНИЯ....'..	325
1 .Распределение времени на виды работ при проведении ТО по системам тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70	326
^ .Результаты факторного анализа технологического процесса контроля топливной системы дизеля..'	332
3. Данные для расчета диагностической информации.....	335
' 4. Результаты расчёта диагностической информации... ..	336
. 5. Программа расчета размещения ПКД	339
• 6. Жонцепция развития систем диагностики..... -.....	345
7. Перечень ЗИП для ПТО тепловозов-..... •..... ■.....	362
■ 8. Материалы по организации комиссии Укрзализныци для создания- систем диагностики.....	3 69

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности использования тягового подвижного состава (ТПС) на железных дорогах Украины в условиях нестабильности объемов перевозок и физического старения локомотивного парка, возможно, в первую очередь, за счет совершенствования содержания локомотивного парка.

Особенно это относится к вопросам проведения контроля технического состояния и обеспечения материально-технического (МТО), которые оказывают на технологию проведения технического обслуживания (ТО) локомотивов существенное влияние. При ранее существовавшей жесткой планово-предупредительной системе ТО и текущего ремонта (ТР) существовало четкое централизованное обеспечение материальными ресурсами. После перехода к рыночным отношениям централизация МТО, как таковая, была ликвидирована, а плановая система ТQ и ТР сохранена в прежних формах ее существования. Такое положение вызвало диспропорции в организации и, как следствие, значительный рост затрат на содержание локомотивного парка в работоспособном и исправном состоянии. ...

Исходя из этого, возникает необходимость решения научно-технической проблемы совершенствования технологии контроля, диагностирования и МТО при ТО локомотивов. В такой постановке технология проведения ТО локомотивов не рассматривалась, что не позволяло достигать ожидаемой эффективности от внедрения отдельных мероприятий. ••

Актуальность темы. : ••

В ■■ условиях : рыночной экономики важнейшей задачей повышения производительности железнодорожного транспорта

является ■ внедрение прогрессивных технологий, которые обеспечивают высокий уровень его технического состояния. Поэтому, для организации содержания локомотивов в настоящее время уже недостаточно существующих традиционных мероприятий, которые функционируют на базе устаревших технологий и методов. Основные недостатки в этом направлении можно определить следующими объективными причинами:

- отсутствие информационного обеспечения для планирования МТО на основании проведения контроля и диагностирования узлов локомотивов; . ■.

- • отсутствие, гибких расчетных ' методов по рациональному ' определению потребного количества материальных ресурсов применительно к обстановке в локомотивном хозяйстве;

- • недостаточное, обеспечение ТО локомотивов., методами и средствами контроля и диагностирования, для .снижения эксплуатационных' расходов' в условиях конкуренции на рынке транспортных услуг;

- отсутствие- . практических- методов оценки и принятия решений обслуживающим персоналом в конфликтных ситуациях-, возникающих при. проведении ТО;

- несовершенство мониторинга технического состояния для отслеживания,-' прогнозирования и предотвращения различных аварийных ситуаций и отсутствие оценки его влияния на МТО.

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом выполнен большой объем научных исследований и практических разработок в области совершенствования систем ТО ТПС. Вместе с тем, в них не нашли в должной мере вопросы взаимосвязи и совершенствования ТО с организацией контроля, диагностирования и МТО. Это сказывается на том,, что'при существующей системе нормативные й

сверхнормативные затраты времени и труда весьма существенны, а качество функционирования и надежность оборудования ТПС не в полной мере отвечает поставленным требованиям.

Таким образом, внедрение в практику новых технологий, связанных с контролем, диагностированием и МТО, которые созданы на основе теоретических разработок данной диссертации, позволяет квалифицировать ее как ■ актуальную работу, направленную на решение важной научно-технической проблемы повышения качества технического обслуживания локомотивов.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Диссертационная работа выполнена, на кафедре “Эксплуатация и ремонт подвижного состава” (ЭРПС) Харьковской государственной академии „железнодорожного транспорта в период с 1993- по 2001 гг. в соответствии с планами научно-исследовательских работ академии, которые проводятся ■ в рамках отраслевых программ Министерства транспорта Украины и Укрзалізничці по темам: “Совершенствование технологии обслуживания и ремонта локомотивов путем внедрения прогрессивных средств контроля” (№ГР0194и001109, 1993р., •123с.); “Вдосконалення технології обслуговування локомотивів в депо- Дарниця” (№ГР.0194И009107, ,1994р., 96с.); “Разработка и Изготовление автоматизированной системы сбора и обработки информации о работе оборудования ТПС” (№ГР0195U011606, 1995-1996рр., 147с.); “Научное обоснование новой системы сервисного обслуживания и ремонта ..дизель и электропоездов” (№ГРО195иО 13377, 1995-1997рр., 96с.); “Наукове обґрунтування реалізації ■ концепції розвитку систем діагностування в локомотивному/ господарстві \ ’ залізниць України” (№ДРО,10Ш002465, 2000-2001рр., 88с.).

Материалы диссертации также использованы при разработке "Концепции создания систем диагностики в локомотивном, хозяйстве железных дорог Украины", которая утверждена первым заместителем Министра транспорта Украины - Генеральным директором Укрзалізничці 15.02.1998г.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является решение' научной проблемы - совершенствование технологии контроля, диагностирования й материально-технического обеспечения локомотивов на основе получения ' аналитическими- и -экспериментальными методами достоверной информации о техническом состоянии для принятия научно-обоснованных решений по корректировке технологического процесса ТО локомотивов ■

Для достижения поставленной цели необходимо z решить следующие задачи: ■ .

- рассмотреть систему технического содержания ТПС с оценкой факторов, влияющих на ее функционирование;
- - • формализовать задачу пополнения запасов на ПТО локомотивов и предложить методикку определения оптимального размера запасных частей и' принадлежностей (ЗИП);
- . исследовать характер различных конфликтных ситуаций возникающих при . организации ; МТО и предложить, оценочные критерии принятия решений;
- определить характер диагностической ценности информации при проведении ТО- локомотивов, и . оценить его- влияние •' на организацию МТО; .
- провести анализ и предложить методическое обеспечение точности и оперативности- . . контроля для различных производственных ситуаций при.проведении ТО;

Научная новизна полученных результатов.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что впервые разработана концепция совершенствования технологии ТО за счет научного обоснования взаимодействия МТО, контроля и технической диагностики. Предлагаемый при этом комплексный подход позволяет корректировать период-пополнения и количественные характеристики ЗИП в соответствии с объемом технологических операций и создает теоретические и практические основы для совершенствования ТО локомотивов.

В диссертации получены следующие научные результаты:

- формализована задача определения периодов пополнения и достаточности материальных ресурсов для НТО локомотивов;
- исследовано состояние МТО и синтезированы варианты обеспечения запасными элементами с выделением их структуры в локомотивном хозяйстве железных дорог;
- предложены многошаговые процессы принятия решений в условиях дефицита информации, реализуемые в семи конфликтных информационных ситуациях в условиях неопределенности, для которых выделены критерии принятия решений при организации МТО;
- определены затраты времени на контроль исправности оборудования локомотивов при проведении ТО и оценено их влияние на МТО;
- исследованы направления статистического контроля и предложены стратегии контроля на ТО при различных состояниях узлов тепловозов. Определены соответствующие оценочные нормативы при статистическом, выборочном и последовательном контроле;

- исследовано поведение узлов ТПС в эксплуатации и сформированы алгоритмы контроля технического состояния локомотивов на основе вероятностного критерия, весовых признаков и диагностической ценности информации;

- предложена макромодель, описывающая динамику влияния МТО, контроля и диагностирования на технологию ТО, в основу которой положена регрессионная зависимость с оценкой ее работоспособности по поведению ошибки;

- для различных функциональных систем локомотивов, с учетом их специфичности, предложены алгоритмы диагностирования;

- разработаны научные основы технологии функционирования передвижных, и стационарных- пунктов ТО и диагностирования на основании исследования операций (метод динамики средних) и решения сетевой задачи (задача о коммивояжере);

- созданы теоретические предпосылки по организации мониторинга при встроенных и внешних средствах контроля технического состояния узлов ТПС;

- разработана концепция, которая обобщает и развивает взаимосвязь методов контроля и диагностирования с МТО при техническом обслуживании ТПС.

Практическое значение полученных результатов.

Практическая ценность выполненных теоретических и экспериментальных исследований заключается в решении следующих важных задач:

- создания программного комплекса для формирования рациональной системы МТО при проведении ТО локомотивов;

- определения численных значений и закономерностей изменения структуры ЗИП для формирования запасов на ПТО и

передвижных станций ТО и диагностирования локомотивов;

- разработке научных основ организации функционирования стационарных и передвижных пунктов ТО и диагностирования;

- разработке технических требований на автоматизированную систему сбора и ^обработки информации для определения режимов работы ТПС;

- разработке и внедрении в технологию ТО алгоритмов контроля и диагностирования, позволяющие определять информативные параметры, которые однозначно характеризуют техническое состояние обслуживаемых локомотивов и их узлов;

- алгоритм и программы для ПЭВМ по корректировке объемов технологических операций при ТО с учетом .технического состояния локомотивов. ■ : ■ . ■ '

■ Результаты диссертационной работы внедрены на: Южной, и Юго-Западной ж. д. где . применительно к условиям опорных локомотивных депо созданы стационарные посты и передвижные станции диагностирования различных серий локомотивов.

Разработанные методики и программы используются в учебном процессе ХарГАЖТ в дисциплинах "Основы надежности и технической диагностики", . "Эксплуатация локомотивов . и локомотивное хозяйство", в курсовом й дипломном проектировании, на ФПК и при подготовке магистров в И1 ППК. , ,

Личный вклад соискателя.

В работах, опубликованных- в- .соавторстве, диссертанту принадлежит:

в работе [20] — методика расчета периодичности пополнения материальных' запасов, 'для выполнения ТО и варианты стратегий для ее реализации;'

в работах. [6,7,23] - теоретические основы совершенствования

технологии ТО локомотивов;

в работах [15,18] - математические модели информационных ситуаций при организации материально-технического обеспечения ТО;

в работах [4,24] - методическое обеспечение регламента проведения контрольно-диагностических операций на ТО для различных производственных ситуаций;

в работах [1,11,17,26] - методические оценки диагностической информации при проведении ТО и их влияние на организацию МТО;

в работе [2] - методическое обеспечение взаимозамены электронных деталей для импортных локомотивов;

в работе [19] - методика определения пропускной способности ПКД; ... : ■ ■ . •

в работах [9,25] методика описания технологического процесса ТО при помощи ■ регрессионных зависимостей и определения значимости факторов, ■ влияющих на качество проведения ТО; ■ '

в работах [8,10,12,13', 14,16,21,22] - предложены теоретические основы . технологии ТО с использованием мониторинга и микропроцессорной техники. . '

Апробация результатов диссертаций.

" Основные . положения диссертации докладывались, обсуждались и одобрены на: ...

. . - -VIII Международной ' научно-технической конференции "Проблемы развития рельсового .транспорта" (Крым, Алушта, 1998г.);'

- IX. Мёждународндй научно-технической конференции "Проблемы развития рельсового транспорта" (Крым, Алушта,

1999г.);

- заседаниях научно-технической комиссии по развитию систем диагностирования в локомотивном хозяйстве Укрзалізничці (Киев, 1998г.; Харьков, 1999г.; Киев, 2000г.);

- научно-технической конференции “Проблемы внедрения технической диагностики узлов и деталей подвижного состава” (Санкт-Петербург, 1999г.);

- научно-технических конференциях кафедр ХарГАЖТ и работников предприятий железнодорожного транспорта в 1994-2000г.г.

Полностью диссертационная работа докладывалась на расширенных заседаниях кафедры “Эксплуатация и ремонт подвижного состава” ХарГАЖТ в 1999г.-2000г.г. с участием членов специализированного ученого совета.

Публикации.

Материалы, диссертации опубликованы в 30 научных работах (в одной монографии, одном учебном пособии, 20 научных статьях, двух авторских свидетельствах на изобретения, 1 депонированной статье и 5 тезисах научно-технических конференций) в изданиях утвержденных ВАК Украины. Основные положения диссертации вошли в “Концепцию создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины”.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, шести разделов, заключения и содержит 288 страниц печатного текста, 53 иллюстрации, 28 таблиц, списка использованных источников, включающих 364 наименования и 9 приложений.

РАЗДЕЛ 1

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (ТО) ЛОКОМОТИВОВ

1.1. Стратегии управления . техническим состоянием локомотивов в эксплуатации.

Реструктуризация локомотивного - хозяйства связана с методическим • обеспечением одной из задач - созданием оптимальной адаптивной, системы обслуживания и ремонта. Это, в свою очередь, «предполагает разработку, регламента (программы) обслуживания и ремонта, основанного на выполнении объемов восстановительных работ в соответствии с фактическим техническим состоянием. Большое .разнообразие возможных стратегий ТО и ТР по состоянию условно можно объединить в' две основные группы: с контролем уровня надежности и контролем параметров в эксплуатации [33].. ■ •

В. первой • группе- 'обслуживание' сводится к управлению уровнем надежности • определенной совокупности ОДНОТИПНЫХ изделий, . а во второй к управлению техническим состоянием каждого конкретного локомотива. ■ .

ТО. с . контролем ■ уровня надежности заключается •. в определённом сборе, обработке и анализе данных о надежности и эффективности эксплуатации 'совокупности локомотивов или из узлов ' и принятии . решений о -необходимых ' объемах •профилактических'работ-, для всего парка.' Замена локомотивов или их .узлов- производится, как правило, , после отказа, являющегося безопасным для.функциональнбй системы (депо).

. В . свою очередь,, обслуживание и. ремонт . с ■ контролем параметров- предусматривает непрерывный или периодический

контроль и измерение параметров, определяющих техническое состояние локомотивов. Решение о замене или восстановлении работоспособности принимается тогда, когда значения контролируемых параметров локомотивов достигают предотказового уровня.

. Различают два понятия: "эксплуатация по состоянию" и "ТО и ТО по состоянию". В первом случае речь идет по существу о задачах использования исправных и работоспособных локомотивов ■ и функционировании парка, во втором - о . задачах подготовки к использованию и об обеспечений работоспособности и исправности каждого локомотива. Другими словами, мы имеем дело со специфической - технологической . системой, .- состоящей \ из однотипных элементов (локомотивов), или с технической, системой, состоящей из' разнообразных- Элементов, в зависимости от ■ конструктивных особенностей локомотива. При этом - локомотивное хозяйство можно представить в виде транспортной системы.,

. Минимальной организационной структурной. • единицей, сохраняющей все основные свойства и функции, отрасли в целом, является локомотивное депо. Транспортная', система представляет собой совокупность' совместно действующих : локомотивов, комплекса - средств .й- обустройств для" ТО-и ТР, машинистов .и ремонтников,. -ЙТР и систему управления эксплуатацией. Целью системы-ТО. и „ТР в соответствии с ГОСТ. 28,00.1-83 [115] является управление техническим, состоянием локомотивов в течение обеспечить заданный ■ 'уровень готовности, локомотивов • к использованию по назначению и их работоспособность в процессе эксплуатации, минимальные затраты на выполнение ТО; и ТР.

'■ Многообразие эксплуатационных факторов и их стохастической, характер приводят К Тому, что при одной?-и той же

наработке или продолжительности эксплуатации локомотивы имеют различное фактическое техническое состояние. В связи с этим наработка или календарный срок службы не характеризуют однозначное техническое состояние в процессе эксплуатации. Стратегия технической эксплуатации локомотива • во многом определяется принятыми режимами ТО и эксплуатационной технологичностью и, в частности, показателями контролепригодности, • допустимости, ■ легкосъемности, ремонтпригодности и взаимозаменяемости. В качестве . метода исследования можно принять . статистический анализ состояний' и переходов реального, процесса, технической эксплуатации. В соответствии' с ГОСТ .25.866-83 [111] стратегия ТО и ТР представляет собой систему . правил управления техническим состоянием в процессе ТО локомотива.. •

Стандартизированы следующие стратегии:

- ТО по наработке, при-которой, перечень и.периодичность выполнения операций определяются значением Нарботки-с начала эксплуатации или после КР.; ■

- ТО по состоянию, при'которой перечень и периодичность выполнения операций '.определяются фактическим техническим ■состоянием, локомотива в -момент' начала технйческого •обслуживания; • .. ••' . ■

- ремонта- по наработке, при которой . объем разборки/и дефектации назначается единым для парка.однотипных-локомотивов в зависимости' от наработки, с начала эксплуатации или после капитального .ремонта (КР), а перечень операций восстановления определяется с учетом результатов дефектации узлов и деталей; ■ .

- ремонта по техническому состоянию, при которой. перечень операций, в' том числе. и разборки, определяется по результатам

диагностирования в момент начала ремонта, а также по данным о надежности.

- Основным принципом стратегий обслуживания по состоянию можно считать строгую плавность при проведении форм ТО. Однако планируемыми должны быть лишь часть стандартных регламентных операций по наработке, работы по техническому диагностированию и контролю и сама периодичность их выполнения. Регулируемые, демонтно-монтажные, восстановительные работы выполняются только, по результатам диагностирования и контроля.

Другой важный принцип обслуживания по состоянию - своевременное предупреждение отказов, систем при условии обеспечения максимально возможной наработки до замены [.35].

• Следующий важный принцип - обеспечение экономичности технической эксплуатации путем применения оптимальных 'стратегий' ТО за счет, ■ наиболее полного использования работоспособности 'каждой детали, имея в виду • стратегии эксплуатации ..до выработки (срока - службы), до отказа, ;до предотказного состояния. . ..

Очевидно, что отдельные узлы и агрегаты локомотивов можно эксплуатировать, обслуживать, и ремонтировать, как правило, только по' одной из указанных стратегий-: для функциональных систем и локомотивов в целом'наиболее вероятно применение всех указанных стратегий или смешанной стратегии.

Учитывая такой подход, в ряде научных подразделений СНГ начаты работы, предусматривающие на основании эксплуатационной информации ■ разработку вариантов адаптивного оптимального регламента ТО и ТР для опорных депо [177]. При этом ТО рассматривается, с позиций теории массового обслуживания (ТМО), в которой: диагностирование - технологический элемент.' ТО,

результат диагностирования - назначение категории срочности требований и определение дисциплины обслуживания. Стратегия управления парком - на основе диффузионных моделей надежности систем, состоящих из однотипных элементов. Процесс диагностирования. это технологический процесс осуществления контрольно-диагностических операций.

- ■ При создании новых локомотивов. должна предусматриваться возможность широкого, применения система ТО и ТР по состоянию с учетом следующих условий: . . . :

- конструкция локомотива контролепригодна и обеспечивает проведение дискретного⁵ Или непрерывного контроля параметров технического состояния;

- .. - конструкция, систем и узлов локомотива- обладает высоким уровнем эксплуатационной технологичности;

- определены параметры- и режимы - диагностирования, их предельные уровни й периодичность; разработаны эффективные методы • и средства диагностики, методы сбора и обработки статистической информации о техническом состоянии с применением ЭВМ;- • ' ' . ' . • ■

- установлены периодичность и объем контроля технического состояния локомотива в целом. ■ . ■ ' . ' .

Требования к конструкции ТПС по выполнению, смазочных, контрольнорегулирующих. работ должны сводится к тому,, чтобы: минимизировать число и унифицировать типы применяемых' смазок, обеспечить легкий доступ. к резьбовым соединениям; требующим проверки затяжки болтов;- сократить' число типоразмеров крепежных деталей; унифицировать размеры- под ключ' головок болтов и гаек; обеспечить установку, встроенных датчиков и выводных устройств для замера параметров при . ТО. .без демонтажа" с локомотива;

унифицировать присоединительные места (штуцера, разъемы и т.д.) для подсоединения к локомотиву контрольно-измерительной аппаратуры и др. Конструктивное выполнение и размещение систем и оборудования на ТПС должно выполняться с учетом обеспечения доступности, легко съемности и взаимозаменяемости. Основные требования эксплуатационной технологичности (быстрое отыскание неисправностей, замена узлов и агрегатов, проверка работоспособности и др.) должны сочетаться с параметрическим резервированием по основным Параметрам и приспособленностью к «не. сиюминутному» устранению возникающих неисправностей. Полный объем : контрольно-диагностических операций предусмотрено выполнять при подготовке к сезонной эксплуатации. Требуется также разработка технических требований на оснащение пунктов : технического диагностирования, а для обслуживания маневровых тепловозов. ■? передвижных станций технической диагностики. В-каждом опорном депо, должен выделяться опытный парк для осуществления вариантов ТО по. техническому состоянию.

1.2. Развитие системы ТО локомотивов.

Развитие и совершенствование системы ТО локомотивов происходило . и происходит,, в основном за счет изменения цикличности' и периодичности обслуживании и ремонтов, не затрагивая' по .существу технологию технических обслуживании В последние годы в научноисследовательских организациях, -ВУЗах и на ' дорогах выполнен ряд. ' исследований, • .направленных на повышение надежности лбкомотивов за. счет, совершенствования системы ремонта. 'Значительный интерес для решения вопросов

рационализации сроков эксплуатации локомотивов между ремонтами и измерителями наработки для определения ресурса представляют исследования, выполненные в МИИТе под руководством проф. И.П.Исаева [153,155]. При этом получен важный вывод о возможности использования для измерителя наработки нескольких эксплуатационных показателей. Большой вклад в дифференцировании межремонтных пробегов внесли работы М.Д.Рахматулина, К.И.Домбровского, А.Б.Подшивалова, А.В.Горского и М.В.Победина [268,27.8,101].

Исследования, проведенные под руководством проф. Н.А.Малбзимова-в РИИЖТе показали, что знание фактических величин безотказности и долговечности является необходимым условием для правильного определения величин межремонтных пробегов [223]. Как показали исследования А.В.Серова появления внезапных отказов локомотивов может привести к очереди на неплановый ремонт (НР) при единственном канале обслуживания и гиперпуассоновскому потоку [Д290]. При этом вероятность образования очереди значительно больше, чем при пуассоновском потоке с тем же математическим ожиданием. Это необходимо учитывать при организации работы специализированных бригад по восстановительному ремонту;

Система технического обслуживания объектов, как было обосновано И.Б.Герцбахом и др. авторами, будет наиболее эффективной, если ремонт предсказывается по измерительным и статистическим прогнозирующим параметрам [84]. Получение таких данных является одной из основных задач, научного обоснования технического обслуживания.

В этом плане значительный вклад представляют исследования ОМИИТа выполненные под руководством проф. Е.С.Павлбвича и

В. А. Четвергова [256]. В них рассмотрены теоретические и прикладные вопросы анализа надежности и оптимизации длительности работы тепловозов между плановыми ремонтами по минимуму удельных суммарных затрат на ремонты. Кроме того, проф. В.А.Четверговым обоснованы принципы и модели, которые должны полагаться в основу методов оптимизации надежности и системы ■ обслуживания тепловозов. Данные исследования базируются, как правило, на: обеспечении внезапных отказов оборудования без учета использования энергетических установок тепловозов. Первая работа, по оптимизации энергетических установок тепловозов на основе параметрической надежности выполнена проф. В.В.Стрекопытовым, который произвел классификацию причин параметрических отказов, обосновал методы оценки и исследования параметрической надежности энергетических установок, методы разработки и адаптации/систем автоматического регулирования [299]. В.В.Стрекопытовым доказано, что увеличение эффективности тепловозов ■ может быть достигнуто лучшим использованием их энергетических установок.

На повышение надежности локомотивов направлен ряд исследований, по разработке и внедрению методов и средств технической диагностики. ■ К ним относятся работы, выполняемые под руководством: в ЮУГ.У А.Л.Голубенка, в ИПМаш НАН Украины А.П.Кудряща, в ДГТУЖТе Кузнецова Т.Ф. и Боднаря Б.Е., в МИИТе И.П.Исаева, В.И.Киселева и В.Д.Кузьмича, в ЛИИЖТе В.В.Стрекопытова, в ОМИИТе В.А.Четвергова и А.И.Володина, во ВИЙТИ Т.В.Стейрова, во ВНИИЖТе Е.Е.Коссова. и А.Б.Подшивалова; ■ в ВЭЛНИИ В.А.Ъраташа, в ХИИТе Э.Д.Тартаковского, Бутько. • ТВ.,'!' Головкин В.Ф. и др. [95,198,208,15.5-299,70'1-89,305,306'307,309,58].

Ряд исследований и внедрение методов диагностики выполняется непосредственно на дорогах. В то же время анализ показывает, что основные работы по созданию средств контроля и диагностики выполняются без достаточного обоснования роли и места диагностики в технологии ТО, корректировки технологических процессов, увязки с организацией поточных линий техобслуживания, создания нормативно-технической документации, организации материально-технического обеспечения. Это, в свою очередь, требует проведения отдельных разработок по корректировке и обоснованию технологии ТО, выбору, оптимальных вариантов технологического процесса обслуживания во взаимосвязи с вышеупомянутыми вопросами. . . ■

При этом следует учитывать накопленный опыт эксплуатации автомобильного и авиационного транспорта, сельскохозяйственной и дорожной техники в нашей стране и за рубежом. Среди этих работ, имеющих теоретическое и практическое значение; можно в первую очередь выделить исследования, проводимые под руководством проф.: А.Я.Говоруценко; М.М.Михлина и др; [234]. Указанные работы подтверждают необходимость совершенствования тактики управления техническим составом машин на базе современного контрольно-диагностического оборудования, создания станций диагностики, математических моделей старения машин." Причем диагностика не должна, «приспосабливаться» к существующей организации-техобслуживания, нужны научно-обоснованные разработки по корректировке технологии обслуживания, с применением современных математических и инструментальных методов, учитывающие фактическое состояние локомотивного парка и его эффективность (надёжность и топливную экономичность).

Проведенный анализ состояния парка, его старения,

эффективности различных операций по очистке, регулировке и настройке тепловозов позволил прийти к заключению о необходимости увязки сочетания операций диагностики, контроля, очистки и регулировки в едином технологическом процессе технического обслуживания. Как правило, проведение диагностики по основным параметрам функционирования приурочивают или специально организывают при реостатных и эксплуатационных испытаниях. Потребность в неплановых реостатных испытаниях или применении дополнительной диагностики вызывается повышенным дымлением дизеля-, низким давлением наддувочного воздуха заниженным уровнем мощности во время эксплуатации, заменой деталей топливной аппаратуры, единичной сменой поршня, вкладыша, разрегулировкой схемы возбуждения главного генератора и другими причинами. •

Проведение реостатных испытаний связано со значительными потерями во времени на проезд тепловоза, подсоединением к нагрузочному реостату, непроизводительным расходом топлива и т.д. Времени, отведенного по нормам на ТО, недостаточно для проведения реостатных испытаний. ■ ...'

Таким образом, нужна такая технология технического обслуживания, которая позволит:

- ■ максимально исключить необходимость в постановке тепловоза на стойла; реостатных испытаний для контроля и регулировки; ■

- производить оценку состояния тепловоза в основном имеющимися в Депо штатными и изготовленными средствами без разборки и ремонтного вмешательства;

- выполнять диагностику в периоды, не приводящие к завышению плановых норм простоев на ТО и ремонтах;

- осуществлять диагностическую оценку силами мастеров и слесарей средней квалификации

1.3. Роль контроля и диагностики при ТО локомотивов

Анализ эксплуатации показывает, что при отказе в пути следования, как правило, локомотивной бригаде не представляется возможным определить неисправный элемент и выяснить действительную причину повреждения из-за огромного количества причинно-следственных зависимостей. С другой стороны, ремонтный персонал ПТО без современных средств контроля и технической диагностики не всегда в состоянии оперативно и точно определить неисправный элемент и объективно оценить состояние оборудования. Это говорит о том, что в существующих условиях осмотр и проверки, оборудования при плановых ТО не всегда могут служить гарантией надёжной работы и требуют пересмотра организации и-предрейсрвой подготовки. Это определяет дальнейшие исследования, и практическую работу в области контроля и технической диагностики.

- ■ Статистика-показывает, что; в среднем за 30-40 лет службы локомотива на техническое обслуживание, ремонт и модернизацию затрачивается средств в 6-7 раз больше его- стоимости. Эти средства расходуются на проведение ТО и ТР [92].

...Принимая локомотив' после проведения ТО-2. локомотивная бр'йгада не поедет/на нем, не ■ убедившись, что он находится -в работоспособном.. и исправном состоянии, и при' приемке всегда затратит установленное время' чтобы удостовериться ' й ' его готовности, к работе. Кроме того, в журнале технического состояния

локомотива проставляется специальная отметка о выполненных работах по подготовке в рейс, сделанная мастером или бригадиром ПТОЛ о том, что в течение отведенного времени для ТО-2 обслуживающий персонал проверял техническое состояние локомотива и устранял неисправности.

Действительно, в среднем при техническом обслуживании ТО-2 устраняют 1-2 неисправности, на каждую из которых затрачивают около 10-20 мин. К этому необходимо добавить небольшие по объему работы по зачистке контактов, добавлению смазки, доливке воды в аккумуляторную батарею и т.п. Все остальное - это контрольные операции, и, как показывает анализ, на их долю приходится 85% затрат труда при ТО-2.

Необходимо отметить, что затраты на ТО-2 невелики. Они почти в 1000 раз меньше затрат на текущий ремонт ТР-3. Однако в сумме на все технические обслуживания ТО-2 за пробег локомотива между капитальными ремонтами затрачивается средств значительно больше, чем на один текущий ремонт ТР-3.

Соотношение суммарных затрат на все виды технического обслуживания (исключая ТО-1) и текущего ремонта электровоза ВЛ 11 за пробег между капитальными ремонтами приведено на рис. 1.Г.

На диаграмме штриховкой показаны затраты на контроль технического состояния локомотива и указана их доля от общих затрат соответствующего ТО или ТВ. При анализе затрат учитывается не только непосредственное выполнение операций контроля, но и косвенные затраты труда на подготовку объектов к контролю, их разборку и сборку для проведения ревизии и т.п.

Как показывают исследования, прямые, и косвенные затраты на контроль технического состояния локомотива составляют от общих

затрат при техническом обслуживании ТО-3 - 80%, ТР-1 /-'70% и ТР-3 - 60%. В итоге в суммарных затратах на все ТО-2, ТО-3, ТР-1, ТР-2 и ТР-3 прямые и косвенные расходы на контроль составляют почти 54%.-

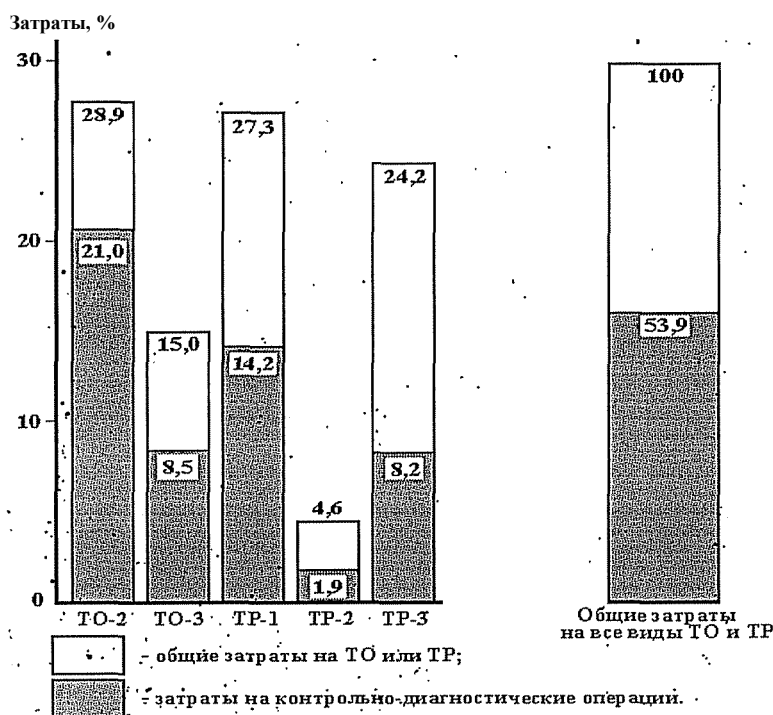


Рис. 1.1. Соотношение затрат на все виды ТО и ТР электровоза ВЛ10

Следует также учитывать, что большое число отказов оборудования проявляется при работе локомотива и моторвагонного состава в эксплуатации. Если локомотивная бригада ничего не укажет в бортовом журнале о замеченной неисправности, то обслуживающий персонал, в депо осматривая локомотив или вагон в холодном состоянии, очень часто может ее не заметить. Так; наблюдения, проведенные на пунктах технического обслуживания тепловозов 2ТЭ116, показали, что почти 80% устраняемых здесь повреждений по электрооборудованию обнаруживают сдающие локомотивные бригады.- Лишь около 20% повреждений выявляют слесари и примерно 1% - принимающие локомотивные бригады.

Хотя локомотивные бригады и дают основную часть заявок на выполнение ремонта, осуществляемый ими контроль технического состояния чаще всего ограничивается установлением факта отказа детали, узла или агрегата и предполагает последующую дефектацию и поиск обслуживающим персоналом указанного неисправного элемента. Естественно, что в пути следования локомотивная бригада в большинстве случаев не может не только определить неисправный элемент, но даже выяснить причину повреждения.' Эта' задача возлагается, на обслуживающий персонал ПТОЛ и ремонтных цехов.

Как показали наблюдения, контрольно-диагностические операции занимают значительное время в цикле ТО-2. Фактически весь цикл работ выполняемых на ТО-2 можно разбить на пять видов: уборочные, контрольно-диагностические, регулировочные, крепежные, смазочные,

• На рисунке 1.2. показано распределение затрат времени (в %) по выделенным и классифицированным видам работ, выполняемым, на ТО-2 тепловозам ТЭП70, а динамика распределения' этих затрат на рис. 1.3.

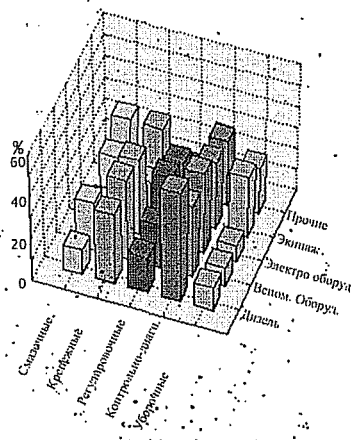


Рис. 1.2. Распределение затрат времени (в %) по видам работ выполняемых на тепловозе ТЭП70 при проведении ТО-2

Исследованиями установлено, что, не обладая эффективными средствами и не владея в полной мере методами и приемами проведения контроля и технического диагностирования, ремонтный персонал ПТОЛ зачастую не может оперативно и точно определить неисправность и объективно оценить состояние оборудования. В результате неисправный локомотив вновь выдают на линию. Об этом говорит *большое* число повторных записей в бортовых журналах локомотивов. - Установлено, что 45% -неисправностей, устраняемых на ПТОЛ по заявкам локомотивных бригад, уже должны быть устранены' ранее - на одном из предшествовавших 'технических обслуживании ТО-2..Несомненно,;можно' считать, что речь идет об одной 'и той же 'неисправности, поскольку примерно 30% всех повторных замечаний локомотивных бригад, проявляется уже при •следующем техническом обслуживании ТО-2. Среднее число ТО-2 между повторными записями составляет-4,25. (при максимальном значении 12), тогда как обычно наработка на отказ основного' оборудования локомотива на .• несколько . порядков больше ■ й измеряется чаще всего не месяцами, а годами и даже десятилетиями работы.

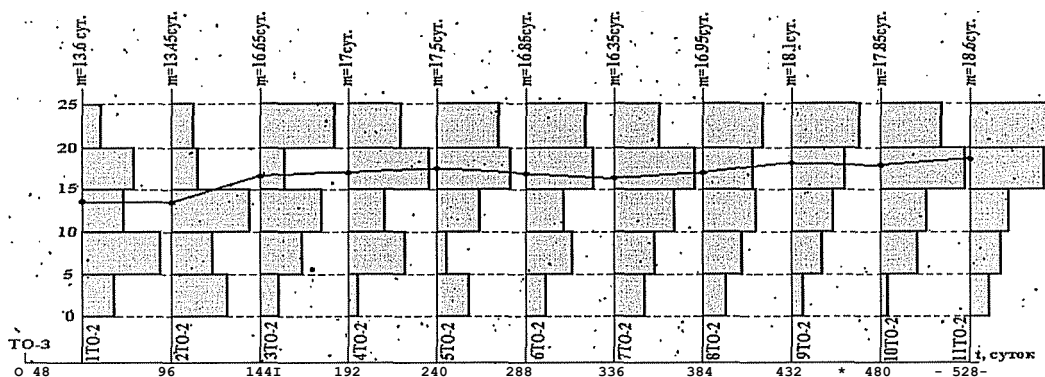


Рис. .1.3. Динамика распределения затрат времени на контроль исправности-оборудования при прохождении тепловозами ТЭП70 .. ' ТО-2

Как показывает анализ, с первого же раза устраняется немногим более 80% неисправностей. Есть случаи, когда неисправность не могла быть устранена даже при прохождении локомотивом 20 технических обслуживаний ТО-2 и ТО-3. Установлено, что в среднем, чтобы , неисправность была устранена, требуется 1,47 технического, обслуживания ТО-2.

Необходимо отметить, что повторные записи носят, как правило, объективный характер и; практически, не являются следствием небрежного в отношении .к своим обязанностям работников какого-либо конкретного ПТОЛ или депо. Напротив, в результате дальнейших исследований были получены подобные и вполне устойчивые результаты для локомотивов различных серий и различных - депо.' При' этом ..если по., всему' оборудованию в обследованных депо , после первой записи не устранялось от 10,2 до 25,3% неисправностей, то по отдельным видам 'оборудования, его повреждений и отказов -Средние . показатели превышались в несколько. раз. Появление повторных замечаний локомотивных ■ бригад о повреждениях -локомотива можно объяснить . многими причинами (отсутствие запасных частей, слабая профессиональная подготовка обслуживающего персонала, нарушения трудовой и технологической дисциплины, недостаточная ответственность; и организационные неувязки- во. взаимоотношениях депо и ПТОЛ различных дорог; несоответствие характера и объема заявленной работы техническому -обслуживанию TQ-2), в результате чего устранение неисправности откладывается до ТО-3. или текущих ремонтов ТР-1-, ТР-2; ТР-3 и т.д.). Подобные причины лежат в основе примерно' 30% . случаев- -выпуска- локомотива .на линию с • не устраненными неисправностями. Однако основная часть - около 70%

повторных ремонтов - объясняется несовершенством используемых методов и средств технического контроля и диагностирования (как правило, основанных на чувственном восприятии человека).

Пропуск дефекта или повреждения оборудования после проведения ТО приводит к увеличению трудовых и материальных затрат на выполнение повторного ремонта. При этом пока дело дойдет до ремонта, развитие отказа может продолжаться. И очень часто в результате создается реальная угроза безопасности движения, происходит порча локомотива и его отставлению на неплановый ремонт большого объема.

- ■ Кроме того, очень часто возникают следующие ситуации. Поскольку при нынешней ситуации контроль состояния локомотивов при проведении ТО часто связан с их разборкой и нарушением нормального состояния оборудования, то число неисправностей локомотива после такого контроля может не уменьшаться, а наоборот увеличиваться. При наблюдении за несколькими партиями локомотивов, в опорных депо установлено, что число неисправностей оборудования после проведения ТО возрастает почти в 2 раза. Увеличение числа повреждений является результатом необоснованного вмешательства в их нормальное состояние. При узком фронте работ в течение короткого времени простоя локомотива на ТО на нем находится большое число слесарей разных специальностей. В такой обстановке работник не имеет полной возможности убедиться в исправном состоянии закрепленных за ним аппаратов и узлов. Более того, он может, сам того не замечая, повредить расположенные рядом аппараты, особенно такие, за нормальное функционирование которых не несет непосредственной ответственности. С другой стороны, при анализе работ по отдельным видам оборудования (вспомогательному, пневматическому,

отдельным узлам ' дизеля и ■ др.) наблюдается противоположная картина. После проведения ТО количество повреждений остается на прежнем уровне, поскольку обслуживающий персонал практически не трогает это оборудование.

Рассмотренные явления объясняются ' недостатками, объективно присущими методам контроля и технического диагностирования, основанным на использовании чувственного восприятия человека. Чтобы уяснить, в чем заключаются эти недостатки, необходимо найти слабое звено в цепи преобразований, которые обычно претерпевает, некоторый признак или сигнал при контроле и диагностировании, прежде чем будет сделано заключение ■ ' '• ... ••

о. техническом состоянии. исследуемого объекта (рис. 1.4).. Такие преобразования обычно/' выполняются с помощью технических средств. Однако подобная схема может быть использована, ц для анализа-деятельности человека [162].

• Прежде Всего; следует иметь'в виду, что человек физически не может воспринимать многие виды информации . о техническом состоянии' локомотива. Для того чтобы .сделать заключение о состоянии объекта - "годен - не годен", часто необходимо с помощью технических'- средств выполнить сложные вычисления . или логические • преобразования. И если обслуживающий персонал для контроля параметров, не применяет, такие средства/ то он обычно пользуется для своих оценок различными признаками, • которые' не подлежат • точной количественной . оценке, и, следовательно, принимаемое им ■. решение носит чисто субъективный характер. Возможности человека ограничены как в самом выполнении таких операций, так и в их точности и быстродействий. •



Рис. 1.4. Структурная схема преобразования сигнала

Исходя из этого, необходимо применение таких методов контроля и диагностирования, которые позволяют по сравнению с человеком обнаруживать неисправности, на возможно более ранней стадии их возникновения, значительно более точно и быстро делать заключение о техническом состоянии локомотива или его узла и безошибочно указывать отказавший элемент.

Чтобы сделать заключение об исправности только одной детали локомотива, необходимо оценить несколько признаков и параметров.

Учитывая, что количество деталей и элементов на локомотиве исчисляется десятками тысяч, то перебрать все их и убедиться в его исправности и возможности быть отправленным в рейс, - задача очень сложная. Отсюда вытекает потребность в определении некоторых обобщающих признаков и параметров, которые позволили бы оценить исправность не всего локомотива, то хотя бы отдельных его агрегатов и узлов. Это можно выполнить на основании контроля по обобщающим признакам. Основанный на использовании таких обобщающих параметров контроль может быть особенно эффективным, если его сделать двухступенчатым.

Двухступенчатый контроль позволяет осуществить следующую последовательность восстановления работоспособности. Так при повышении уровня шума и вибрации распределительный редуктор заменяют исправным, а затем уже, в цехе с помощью других признаков и параметров определяется конкретный узел или деталь,

требующие ремонта. Особенно перспективным представляется использование такого двухступенчатого контроля при диагностировании электронных блоков. Чтобы не задерживать локомотив на длительное время для поиска отказавшего элемента, целесообразно быстро заменить подозреваемый блок или плату и подвергнуть их более глубокой проверке в цехе на специальном стенде.

1.4. Анализ систем технического и сервисного обслуживания различных видов транспорта

На автомобильном транспорте современные условия сбыта и жесткая конкуренция на-рынке услуг по обслуживанию и ремонту заставляют фирмы-производителей создавать широкую сеть автообслуживающих предприятия [11]. При этом такие услуги предоставляют „собственные станции ТО (СТО) и авторемонтные мастерские (АРМ)- дилеров; предприятия, восстанавливающие детали, узлы, агрегаты, осуществляющие заводской ремонт агрегатов и входящие, в состав фирмы-производителя..

Сервисом" автомобилей в коммерческих целях часто занимаются и крупные компании, для которых это не является Основной' деятельностью^, а выпускаемое запасные- части, и принадлежности к ■ автомобилям не являются основной продукцией [335].. Например,, фирма Bosch выпускает диагностическое оборудование для автомобилей,- запасные части и принадлежности и в. тоже время имеет сеть СТО-и-диагностических центров (например, в Киеве, в- Харькове, в Мариуполе и т. д.):-.Компании ■ British

Petroleum, Shell, Esso, специализирующиеся на переработке нефти, имеют довольно большое количество СТОА на территории Украины.

В США ТО автомобилей сейчас стало самостоятельной отраслью экономики и в ней занято большое число рабочих и инженерно-технического персонала. Обязанность и ответственность в этой стране за организацию и проведение ТО автомобилей в течение всего периода эксплуатации ложится, как правило, на фирмы-изготовители автомобилей. Сами фирмы не рассматривают организацию ТО автомобилей как убыточный сервис, а, наоборот, с достаточной энергией занимаются им, так как этот вид деятельности приносит значительный доход. К тому же автосервис обычно включает, в себя использование запасных частей, продажная цена которых в 1,5-2 раза-выше деталей, идущих на сборку нового автомобиля-. Кроме того, следует отметить, что фирмы-изготовители * . ' * ■ . ' * » автомобилей гарантируют продажу запасных частей к моделям, уже снятым с производства [327]..

• . ' Автомобилестроительные компании. .. и фирмы организуют бесперебойное -ТО выпускаемых' автомобилей независимо от их территориальной разбросанности в стране и за ее пределами. ТО .автомобилей в" США .проводится: перед продажей, в - течение гарантийного срока, и после него. В гарантийный период ТО автомобилей проводится регулярно после определенного пробега, устанавливаемого • фирмой-изготовителем; [294]. По оценкам американских экономистов, месячные затраты (не считая топлива) на ТО й текущей мелкий ремонт легкового' автомобиля составляют примерно 15% от общих расходов на его- содержание,. а в течение пробега 150...70. тыс.' км. для среднего класса автомобиля, они выразятся' примерно 'в 35% от его. покупной цены. Как правило, профилактический. сервис/автомобилей проводится через каждые

Ю-т-20 тыс. км пробега. Специалисты автомобильных фирм США считают, что удовлетворительное и надежное ТО автомобилей обеспечивается, когда в стране существует обширная сеть сервисных станций, оснащенных новейшим оборудованием и имеющих квалифицированные кадры. Следует подчеркнуть, что в Америке, как и в других промышленных странах, наиболее гибкое ТО автомобилей достигается благодаря тому, что автосервис развивается в направлении строительства и использования небольших станций. Сегодня в США работает около 360 тыс. станций обслуживания, в том числе 160 тыс. с числом машино-мест от 3 до 5.

С учетом технико-экономической целесообразности в США организованы и действуют станции-комплексы, в которых проводятся: - техническое обслуживание и мелкий ремонт, показ новых моделей автомобилей и их Продажа. Здесь также находятся склад-запасных частей и 'автопринадлежностей'. Эти станции-комплексы способствуют, улучшению обслуживания клиентуры, сосредотачивая полный цикл автосервиса.. На станциях ТО используются стенды, с записывающими устройствами для проверки тормозной-системы[^], контроля работы двигателя, силовой передачи и электрооборудования; . анализаторы . выхлопных .Тазов; балансировочные стенды установки колёс и приборы для проверки амортизаторов без их снятия; *прибры* для определения шума в работающих механизмах и агрегатах автомобиля и др.

Развитие и успех технического обслуживания автомобилей в немалой • степени зависят от системы . бесперебойного снабжения запасными частями. В США выпуск запасных частей, фирмы разрабатывают, в соответствии с нормативами, основанными на сроках амортизаций автомобилей, статистических и перспективных данных о расходе запчастей.' Запасные части выпускают не только на

основных заводах изготавливающих автомобили, но и на специализированных для этой цели предприятиях. Особое внимание уделяется производству запчастей, повышенного спроса. Фирмы отмечают, что те из них, которые имеют оборачиваемость до четырех раз в году (они составляют от всего количества деталей в автомобиле примерно 10%), приносят 70% дохода от суммы всех продаж запчастей. Однако если вдруг, резко повышается спрос на какую-либо деталь, то этот факт тщательно изучается и если окажется, что это ■ происходит из-за ее дефекта, фирма принимает меры к его устранению; Реализация запасных -частей производится со складов заводов-изготовителей, через дилеров, магазины и станции ТО, а также городские и придорожные бензозаправочные станции. Что касается хранения запчастей на складах, то оно традиционно хорошо организовано - с механизацией и использованием ЭВМ .[294]

В. авиации предусмотрены следующие виды ТО? [67]:
оперативное, периодическое, сезонное, специальное, при хранении.

• Оперативное ТО предусматривает . выполнение. работ по встрече самолёта, по его осмотру, обслуживанию и ■ работы по обеспечению вылета самолета. Весь комплекс работ оперативного ТО • регламентируется ' специальными; • формами, ■' которые обеспечивают надежный, и безопасный полет самолета.

Периодическое. ТО выполняется в базовых аэропортах через определенное время , налета или определенное число- посадок. Для самолета с относительно .малым, налетом период выполнения таких работ определяется календарным временем. Основное назначение периодического- ■ ТО - - проведение ' углубленного, контроля технического состояния, с применением .средств диагностики-по выявлению и. устранению развивающихся ; неисправностей /систем,

агрегатов, узлов и деталей самолета, проведение профилактических мероприятий по предотвращению возможности отказов в полете.

Для подготовки самолетов к соответствующим сезонам эксплуатации 2 раза в год проводится сезонное ТО. Перечень работ, которые должны быть выполнены при этом, определяются "Регламентом ТО" конкретного самолета и перечнем дополнительных работ, который определяется руководством авиакомпании.

■...■.*

.. Специальное ТО выполняется после каждого полета самолетов в нестандартных условиях: турбулентная атмосфера, зона грозы, града*, пылевой бури, а также после грубой посадки, выкатывания самолета за ВПП или приземления. до ВПП, превышения допустимых перегрузок. В таких полетах могут появиться трещины в конструкции самолета, оплавления, пробой изоляции, повреждения авиадвигателей, электронного оборудования и т.п..

Техническое обслуживание при хранении производится в случаях, когда самолет может быть поставлен на определенный срок хранения. С целью сохранения его в исправном состоянии периодически проводится ТО, которое состоит из работ, по подготовке к хранению, работ, выполняемых через каждые 10 и 30 дней хранения, работ по подготовке самолета к полету после хранения, - Кроме того, в эксплуатационном предприятии (на техническом складе, в обменном фонде) постоянно хранится большое число бортовых приборов, блоков и агрегатов. Эти изделия тоже систематически проходят техническое обслуживание в соответствии со специальными инструкциями.

В конце 50-х годов при появлении самолетов с ГТД представители различных авиакомпаний, эксплуатирующих эти самолеты, разработали документ, который был назван MSG. Он

содержал общие рекомендации по составлению эффективных программ технического обслуживания и ремонта самолетов и получил широкое распространение в авиакомпаниях и фирмах-изготовителях [122]. В 1968г. одновременно с созданием первого поколения широкофюзеляжных самолетов типа Боинг-747 и в связи с необходимостью разработки для них еще более эффективных программ, учитывающих новые принципы обеспечения надежности функциональных систем, планера/и. двигателя, был разработан документ MSG-1. В нем впервые были рассмотрены логические схемы и процедуры принятия решений - по выбору стратегий технического обслуживания и ремонта функциональных систем, планера, двигателя.-и отдельных элементов. В последующие годы при реализации программ технического обслуживания и ремонта, построенных в соответствии с MSG-1, было признано целесообразным провести усовершенствование-документации путем введения ряда дополнений в методику принятия логических решений.. Возникла потребность в создании единого документа, приемлемого не только, для самолетов Боинг-747, но и для Дс-10,- Л-1011,а также сверхзвуковых самолетов. «Concorde». В 1970г. подкомитетом по надежности и эксплуатационной технологичности Ассоциации воздушного транспорта США- (АТА) был создан такой документ, получивший название MSG-2 [157]. Содержащиеся в MSG-2 принципы и методы позволяют разработать программу технического обслуживания и- ремонта,- удовлетворяющую заказчиков, разработчиков и органы, ответственные за сертификацию. Целью программы, является поддержание заложенных при проектировании уровней надежности ...самолета и его- элементов' с Минимальными затратами. Для подтверждения правильности выбора стратегий и режимов, технического

обслуживания и ремонта внутренних элементов конструкции планера применяется выборочный контроль. Перечень объектов, подвергаемых выборочному контролю, начальная наработка и периодичность проведения такого контроля определяются специальной методикой.

В последнее время Ассоциация воздушного транспорта США (АТА), совместно с представителями Федерального авиационного агентства, США, Управления гражданской авиации Великобритании и фирм-изготовителей самолетов США и Западной Европы разработали в 1995г. документ для планирования программы ТО, именуемый- MS G-3. Он содержит много новых методических рекомендаций и критериев оценки применительно к построению программ ТО и ремонта, планера. Необходимость разработки 'MSG-3 продиктована постоянным' изменением,--авиационной технологии и технологии материалов и рядом других факторов. К ним относятся: появление- новых норм усталости конструкции планера; необходимость ' обязательного подтверждения контролепригодности планера', при его -сертификации'.в связи с введением понятия «допустимости повреждений» вместо «безопасности при; отказе»; потребность увеличения, назначенных ресурсов .свыше 60 тыс. летных часов; рост эксплуатационных расходов на топливо и т.д. Выявлена необходимость брлее четкого представления в MSG-3 схемы поэтапного анализа и принятия, логических решений на основе разделений .работ" по. техническому обслуживанию, направленных -на .-обеспечение . безопасности- полетов и экономичности эксплуатации -самолетов. Отдельно' рассматривается дополнительная .программа осмотра конструкции самолетов, имеющих большой, налет с начала эксплуатации. В тексте MSG-3.не встречаются, известние ' термины- «техническое обслуживание и

ремонт по состоянию», «твердый ресурс», «контроль уровня надежности» не потому, что MSG-3 отменяет эти понятия, а лишь потому, что они уже Широко внедрились в практику проектирования и эксплуатации и нет необходимости заострять на них внимание разработчиков и заказчиков программ технического обслуживания и ремонта самолетов. ■ .

Для морских и речных . судов под видом технического обслуживания понимают ТО, выделяемое по одному из' признаков: состоянию эксплуатации, причинам возникновения . работ, периодичности, ' содержанию и . объему работ и т.д. [161]. Классификация видов ТО судовой техники, приведена нарис, i.5.

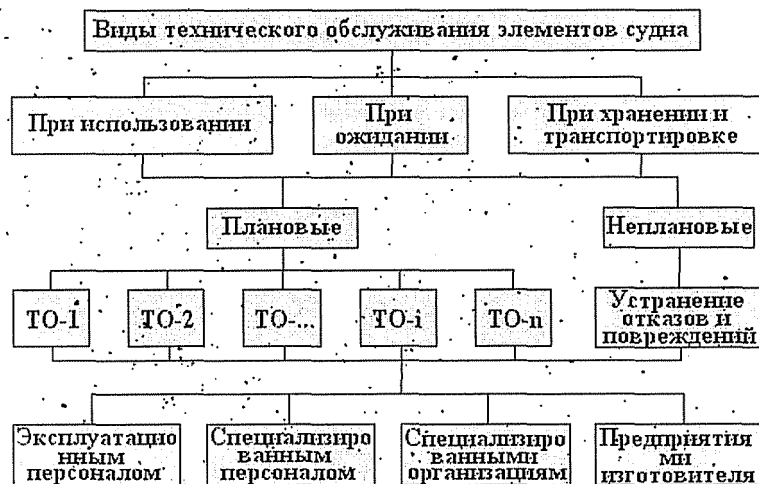


Рис. 1.5: Классификация видов ТО судовой техники

В зависимости от состояния, эксплуатации судовой техники выполняют ТО ' при " , использовании, . ожидании, хранении и транспортировании.' г. ' . . .

ТО при • использований . ' является основным видом обслуживания судовой техники, который проводят при подготовке ее к использованию по назначению, а также непосредственно после •окончания выполненного ремонта. ТО при ожидании проводят с целью- обеспечения готовности, .к использованию судовой техники,

находящейся в резерве, как аварийного или как дублирующего оборудования. ТО при хранении и транспортировании проводят для обеспечения сохранности обменного фонда оборудования, сменных запасных частей, материалов, инвентаря при их хранении и транспортировании. Все плановые ТО объединяются в определенные комплексы. • В этом случае ТО нумеруют в порядке возрастания периодичности и объема работ, например: ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4 и т.д. В зависимости от исполнителей работ различают четыре вида технического обслуживания: эксплуатационным ; персоналом; специализированным персоналом; специализированными организациями; предприятиями-изготовителями. Первый вид ТО судовой техники выполняет судовой экипаж. Второй вид ТО выполняют специализированные ремонтные бригады в море и при стоянках судов в отечественных, и зарубежных портах. Бригады могут быть специализированы по типам судов, видам судовой техники (автоматика, электрооборудование, механизмы), видам работ по ТО и ремонту. Третий вид ТО выполняют отряды аварийно-спасательных и подводно-технических работ главным образом во время стоянки судов в портах, на базе, технического обслуживания флота, судоремонтных заводах, станции подводного технического обслуживания/ электрорадионавигационных камерах. Четвертый вид ТО предполагает привлечение судостроительных-заводов и заводов-изготовителей судового оборудования к ТО и ремонту построенных судов и поставляемого оборудования. Все эти виды ТО различаются между собой организацией и технологией работ, технической оснащенностью и производительностью труда исполнителей, сроками и стоимостью выполнения работ.

1.5. Обслуживание и контроль локомотивов за рубежом

В последние годы в США получили широкое распространение надежные универсальные тепловозы средней мощности серии SUPER-7 (фирма "General Electric"), RL1000 (фирма "Republic") и BL-2.0-2 (фирма "General Motors"). [138]. ...

Тепловозы RL1000 представляют компактный вариант типового тепловоза для магистральных железных дорог, оснащены дизелями фирмы "Caterpillar" поставляются в модификациях 1000 или 1500 л.с.. Тепловоз. серии BL-2.0-2 мощностью 2000-2300 л.с. был разработан в качестве альтернативы (цена понижена до 700 тыс. ам. долл.), чтобы удовлетворить реальные потребности и обесценить потребителям 15-20 лет надежного срока службы тепловозов, в то время, как более южные четырехосные локомотивы GP7, GP 9, GP 20, GP-30 и GP. 35 (50-х годов выпуска), стали нуждаться в замене. Новые тепловозы оснащены современной системой контроля силы тяги DASH-2, имеют улучшенную топливную эффективность, оборудованы новыми кабинами управления, капотами и электропроводкой.

Эффективный сервис в точках зрения запасных частей и ТО является важной составной частью предложений поставщиков для поддержки рынка локомотивов; Текущее содержание локомотивов, как правило, удовлетворяется посредством обслуживания на месте, выполняемого персоналом и запасными частями поставщика. Новым в системе ТО и ремонта тепловозов (кроме арендных отношений и контрактной системы) является ее организация на железных дорогах Atchison, Topeka и Santa Fe, когда по специальному соглашению тепловозы, являющиеся собственностью дороги, направляются для ремонта на выпускавшее их предприятие. При этом

железнодорожные компании не приобретают локомотив в собственность, а лишь оплачивают по счетам за часовую мощность в течение установленного периода эксплуатации. Такое соглашение распространяется не только на тепловозы последнего выпуска, а и на тепловозы более ранней постройки. Соглашение позволяет дороге не иметь запаса многочисленных деталей и отказаться от содержания соответствующих систем складского хозяйства.

Введение в эксплуатацию, новых серий тепловозов с взаимозаменяемыми агрегатами локомотивов предыдущих выпусков заставило коренным образом пересмотреть организацию ТО локомотивов. Была предусмотрена новая прогрессивная система планово-предупредительного ТО. Разработан ремонтный график, в соответствии с которым, установлены новые виды ТО. Их содержание определяется соответствующим регламентом по результатам мониторинга, а период выполнения устанавливается в зависимости от условий, эксплуатации для каждого типа локомотива. Новая система ТО предусматривает увеличение периодов работы между ремонтами, и осмотрами. В то же время данная система предполагает и сокращение периода обслуживания, если какой-либо из основных агрегатов или вспомогательных элементов не обеспечивает соответствующий срок работы. Минимальный период работы, между ТО в соответствии с данной системой, при любой реальной последовательности и очередности составляет не менее 90 суток.

Выбор оптимальной системы проведения ТО на железных дорогах Великобритании определяется с учетом экономических и технических факторов на основании данных встроенных бортовых систем и контроля состояния по заходу в депо. Как правило, ТО

производится в оборотных и основных локомотивных депо совместно с экипировкой.

Система обслуживания ТПС на железных дорогах Германии и Франции незначительно отличается от принципов изложенных выше и дополняется лишь увеличенным спектром контрольных операций, которые выполняются, как правило, в автоматическом режиме [264].

* * * .

В основу системы содержания ТПС на железных дорогах Японии положена методика оценки фактической стоимости локомотивов и вагонов с учетом их износа [138]. В ней использован принцип баланса затрат на покупку нового подвижного состава и приведенных расходов на эксплуатацию имеющихся локомотивов. При этом подвижной состав списывают сразу же после того, как приведенные расходы становятся больше капитальных затрат на новый подвижной состав. ; .

: Поддержание 'высокой эксплуатационной , надежности скоростного подвижного состава- за рубежом производится с широким.. внедрением систем контроля и диагностики, -'которые призваны ' не . только оценивать фактическое состояние эксплуатируемого объекта, но и. распознавать. и фиксировать отказы отдельных узлов. По расчетам, например, немецких специалистов использование контроля и диагностики позволяет снизить на 15-17% затраты на ТО и ремонт подвижного'состава, хотя стоимость-самой системы диагностики при этом значительна [264]. Необходимо особо подчеркнуть' ' роль. . функциональной диагностики (встроенной системы),' в' ..котррой функциональные 'группы, - управляющие процессом, одновременно .реализуют диагноз. Последнее является отличительной особенностью микрокомпьютерных' систем, • при применении .-которых'отпадает необходимость затрат, для устройств передачи входных--и выходных сигналов. За' рубежом .'компания,

поставляющие подвижной состав и отдельные узлы, уже на стадии проектирования предусматривают диагностические устройства данного оборудования, так называемую бортовую диагностику [138]. Развитие ее происходит по двум направлениям. С одной стороны машинисту локомотива предоставляется информация о возникающих неисправностях и о мерах, которые следует предпринять по их ограничению. С другой стороны, накопление этой информации и передачу ее в ремонтные мастерские или депо для классификаций неисправностей и последующей замены неисправных деталей и узлов. Все это базируется на создании высокоэффективных информационных систем; например, ДИНА (АО ГЖД) или TORNAD (Национальное общество французских железных дорог).

Введение в эксплуатацию "практику депо и ; мастерских устройств диагностики дала возможность модификации существующей , системы ТО и ТР. Суть модификации состоит в том, что в сроки, вытекающие" из цикла обслуживания, подвижная единица , снимается и Г подсистемы использования и передается" в подсистему обслуживания. ■ Предусматривается, что процесс обслуживания, как . в депо,, так и на ремонтных,- заводах железнодорожного подвижного состава должен начинаться с диагностического испытания, целью" которого является определение технического состояния подвижной единицы.- Объем: обслуживания и ремонта- в этом случае будет зависеть.-от оценки технического состояния, являющегося результатом диагностического испытания. Узлы ■ и элементы, техническое ' ■ состояние которых •удовлетворительное,.не демонтируются, ^.обслуживание их сводится к работам:"по содержанию. Если характерные параметры получили или превысили /критические значения,- тогда предусматривается

профилактическая замена этих узлов новыми. или ранее отремонтированными.

В связи с широким применением тиристорных преобразователей и электронных систем автоматического регулирования на скоростном подвижном составе появились трудности в организации- технического обслуживания и ремонта соответствующего оборудования. Эта проблема решается в настоящее время путем создания комплексной системы технической диагностики. На локомотиве или вагоне производится: поузловый контроль с визуальной индикацией выходных сигналов. Портативное- диагностическое устройство быстро подсоединяется посредством гибкого стыковочного кабеля к проверяемой электронной системе. Прибор генерирует требуемые тестовые сигналы и контролирует ответные сигналы, которые сравниваются с допусками, хранящимися в памяти.

Если при проведении- тестового контроля какой либо сигнал или параметр не удовлетворяет установленным требованиям то соответствующий электронный узел снимается с подвижного состава и передается для установления причины и устранения в ремонтное- подразделение, а на его место устанавливается аналогичный исправный элемент.

1.6. Классификация и виды контроля

Согласно требованиям ГОСТ 8322-78 [104] под контролем понимаются совокупность некоторых измерительных и вычислительных и логических операций, по результатам выполнения которых можно судить о фактическом состоянии контролируемого объекта и, соответственно, принимать необходимые меры по его управлению.

Отождествляя цели контроля с конечными результатами, на достижение которых они направлены, можно сформулировать их следующим образом. Для восстанавливаемых объектов к которым относятся локомотивы, а также их узлы и подсистемы, допускающие проведение различного рода регламентных работ, профилактических проверок и других мероприятий по ремонту и обслуживанию, основными целями контроля являются:

- объективная проверка соответствия характеристик локомотива (или его узла) предъявляемым требованиям;

- уменьшение времени восстановления работоспособности за счет снижения удельного веса времени на поиск и обнаружение отказавшего элемента;

- повышение ремонтпригодности за счет более рационального выбора структуры объекта и, в частности, путем оптимального расчленения его на восстанавливаемые (обслуживаемые) элементы;

- снижение общих затрат на обслуживание, сокращение численности обслуживающего персонала с одновременным снижением требований к его квалификации.

В настоящее время наиболее перспективным является применение автоматического контроля, который обеспечивает решение следующих сложных задач:

- проверку правильности выполнения локомотивом, (узлом) сврх.основных- функций;

- своевременное обнаружение факта и места отказа;

- принятие эффективных решений по управлению объектом при возникновении отказа (переключение неисправных блоков на резервные, включение устройств защиты, изменение режима работы и т.д.);

- прогнозирование возможных отказов и выбор необходимых мер по их предотвращению.

Применение средств автоматического контроля обеспечивает повышение достоверности процессов передачи и обработки данных в информационно-управляющих системах, а также значительно увеличивает продолжительность работы объектов и систем управления. Кроме того, анализ результатов длительного функционирования таких средств создает необходимые предпосылки к совершенствованию самого объекта контроля, т.е. к уточнению его структуры и параметров, перестройке технологии производства, выбору оптимальных режимов работы и др. Таким образом, контроль - занимает, важное место в создании и эксплуатации современных локомотивов. ■

: Анализируя состав и характер функций, реализуемых с помощью технических средств контроля, можно выделить основные (узловые) задачи. В настоящее время, к таким задачам принято относить следующие [246]:

- определение технического состояния локомотива в текущий момент времени-

- - определение места и-причины возникновения отказа (задача технической диагностики);

- устранение неисправностей (в общем плане - принятие решения о необходимости резервирования, ремонта, регулировки и других мер по обслуживанию);

- ' - определение технического, состояния локомотива (узла) в будущей момент времени (прогнозирование отказов);

- накопление и обработка статистических данных о влиянии условий эксплуатации, конструкций и ТО на технические характеристики. - ' .” .i ' ■ ' . .

В зависимости от назначения технических средств контроля и особенностей их построения, не все из перечисленных задач контроля должны решаться в одинаковом объеме. Вместе с тем, эффективность решения каждой из этих задач во многом зависит от понимания сущности тех процессов, которые протекают в контролируемом объекте; от того, насколько тесно методы и средства контроля увязаны со спецификой одновременно решаемых задач по управлению данным объектом.

На рис. 1.6.-приведена, структура задач, решаемых системами контроля, а в табл 1.1 классификация и виды технического контроля.

Задачи контроля можно условно разделить на три основные взаимосвязанные направления [275]:

г, научно-методические основы контроля;

т организационные основы контроля;

исследование, разработка и внедрение при проведении ТО методов и средств контроля конкретных узлов.

.. ; '

..Таблица 1.1

Классификация и виды технического контроля

Классификация контроля.	Виды технического контроля
По назначению	Входной (предварительный) Текущий (промежуточный, межоперационный) Приемочный (окончательный) Контроль испытаний Контроль в эксплуатации
По охвату проверяемых объектов	Сплошной Выборочный простой? Выборочный статистический
По месту- осуществления	Стационарный Передвижной
По степени технической оснащенности	Ручной Механизированный Автоматизированный
По виду проверяемых параметров и применяемых средств-	Визуальный Геометрический Механический Химический Металлографический
По положению в производственном процессе	Предупредительный Инспекционный

Работы до первому направлению включают в себя:

- конкретизацию и внедрение в практическую деятельность локомотивных депо, основных понятий и терминологии в области контроля и диагностики;

- исследование и разработку основных принципов обеспечения контролепригодности локомотивов, включающих требования к контролепригодности, ее критерии, методы обеспечения и оценки на всех этапах создания и эксплуатации локомотивного парка;

- разработку требований к средствам контроля;

- исследование и формирование моделей объектов и процессов контроля;

- исследование и разработку методов выбора контролируемых параметров, синтеза алгоритмов контроля при обслуживании и ремонте локомотивов;

- определение, и оптимизацию режимов контроля в условиях различных стратегий эксплуатации локомотивов;

- исследование и разработку методов оценки технического состояния узлов локомотивов и принятия соответствующих решений по их эксплуатации на основании результатов контроля.

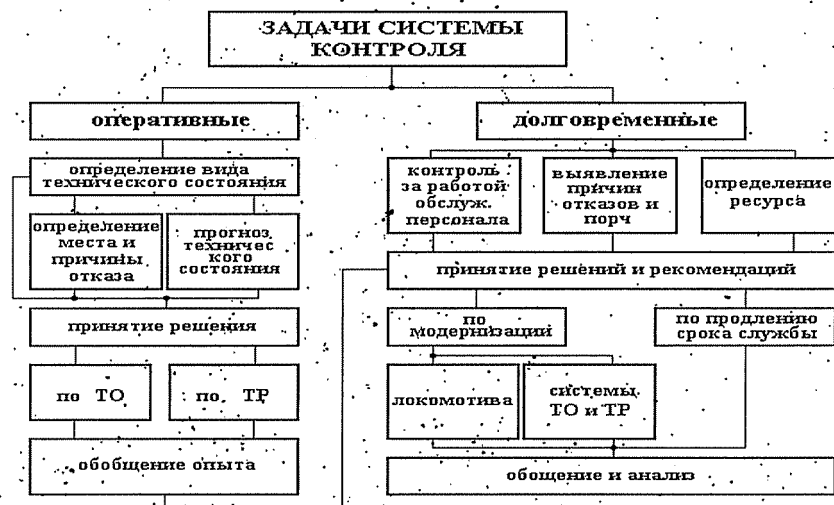


Рис. 1.6. Структура задач, решаемых системой контроля

Работы по второму направлению содержат:

- анализ условий и стратегий эксплуатации локомотивов и определения места работ к контролю в эксплуатации в организационном и временном аспектах;

исследование и организацию процессов проведения различных этапов контроля и принятия решения по дальнейшей эксплуатации;'

- исследование и разработку, методов оценки эффективности системы контроля;

исследование и организацию информационного и метрологического обеспечения системы контроля, • .

Работы по третьему направлению проводят согласно структуре, показанной на рис. 1.6., с использованием результатов работ по первым двум направлениям. Исследования ведутся с параллельным использованием материалов по физическим процессам, протекающим в объекте контроля, и статистическим данным. , •

- В результате исследования 'физических процессов выдаются данные об изменении значений параметров объекта при изменении его технического состояния. Эти данные-позволяют синтезировать модель объекта контроля,-: а также проанализировать возможности измерения тех или иных параметров. ■ ' . •

•Сбор и . обработка статистических данных дает материалы о частоте или вероятности появления неисправностей И о возможности (вероятности), их выявления путем измерения параметров. Комплексный анализ результатов . этих исследований позволяет Выделить признаки, и ...функции недопустимых , и подлежащих контролю • „технического . состояния. Такие . исследования дают материалы для окончательного выбора контролируемых параметров •и синтеза алгоритмов контроля?

Общая структура проведения контроля технического состояния локомотивов представлена на рис. 1.7. Она включает в себя получение статистической информации, как по отдельным узлам, так и по всему локомотиву в целом. Эта информация, а также эксплуатационная информация обрабатывается, а ее результаты влияют на принятие решения по дальнейшей эксплуатации или проведении технического обслуживания и текущего ремонта.

Распределение задач контроля и диагностирования на различных жизненных этапах локомотива приведено в табл. 1:2. .



Рис. 1.7. Общая структура проведения контроля технического состояния локомотивов

Таблица 1.2

Распределение задач контроля

Задачи контроля и диагностики	Жизненный цикл локомотива				
	Эксплуатация	Техническое обслуживание		Текущий ремонт	
		оперативное	периодическое	в депо	на заводе
Контроль технического состояния	Контроль исправности и работоспособности по параметрам встроенных средств контроля	Проверка готовности к поездке	Контроль исправности, работоспособности, демонтаж отказавших элементов, контроль их технического состояния	Замена отказавших элементов, контроль узлов после замены или ремонта, регулировка узлов	Входной контроль, демонтаж, ремонт, монтаж, выходной контроль
Диагностирование	Поиск неисправности с применением встроенных средств диагностики	Поиск неисправности глубиной до элемента, замена которого не сказывается на увеличении времени простоя, отказавших элементов, их диагностирование	Диагностирование элементов и регулировка их на замену, замена на отказавших элементов, регулировка.	Входное диагностирование, демонтаж, дефектация, ремонт, монтаж, выходной контроль	

1.7. Роль материально-технического обеспечения при обслуживании локомотивов

При ранее существовавшей жесткой плановой предупредительной системе содержания локомотивов существовало четкое централизованное обеспечение материальными ресурсами. Однако после перехода к рыночным отношениям централизованное снабжение материальными ресурсами было ликвидировано, а плановая система ТО сохранена в прежних формах ее существования. Это не могло не вызвать значительных трудностей и затрат на содержание локомотивного парка в работоспособном и исправном состоянии

Анализ МТО локомотивных депо запасными частями позволил выявить такие причины их дефицита:

- недостаточное количество достоверной информации, как в сфере эксплуатации, так и в сфере ТО о фактической потребности локомотивов. в запчастях в зависимости от их пробега и условий эксплуатации;

- действующие нормы и период пополнения материалов и запасных частей не позволяют в полной мере оперативно учитывать изменения технического состояния локомотивов;

- применяемые. в локомотивном хозяйстве так называемых "тетрадей , заявок" для ежегодного оформления заявок на запасные части предусматривают лишь перечни запасных частей без указания норм их расхода;

- при производстве запасных частей и их приобретению, не уделяется должного внимания деталям . малой .стоимости, но требующим частой ... Замены . (резинотехническим изделиям, крепежным деталям. и др.), в результате .чего, локомотивные депо вынуждены изготавливать их собственными силами без обеспечения необходимого качества при высокой .стоимости.

.! Расчеты-потребностей топлива, материалов, зайасных частей и оборудования являются ответственным этапом разработки / планов материально-технического снабжения. Они представляют собой одну из составных частей этих планов и выступают в качестве обоснований материальных заявою. Допущенные ' в расчетах •потребности ошибки могут привести . к несоответствию необходимым потребностям^ т.е. к их завышению или занижению. В первом случае это вызывает -образование сверхнормативных остатков товарно-материальных ценностей, дополнительные затраты на ' их ' закупку,!. транспортировку, выгрузку . ' и внутрипроизводственную- переработку, с «замораживанием» оборотных'.средств предприятия. Во втором, случае создается' угроза срыва обеспечения технологического процесса необходимыми

материальными ресурсами, нарушается ритмичность и комплектность снабжения. От того, насколько правильно определена материальная потребность, зависят размеры производственных запасов, непроизводительные расходы и потери материалов, перерасход их по сравнению с установленными нормами. Ошибки в расчетах материальной потребности не позволяют обеспечить соответствие материальных ресурсов запланированным объемам работ. Это влияет на выполнение производственной программы, рост производительности труда и конечные финансовые показатели работы предприятия.¹

Исходя из этого МТО должно предусматривать решение следующих задач: ...

балансирование объемов материальных ресурсов, приобретаемых локомотивными депо и потребляемыми ими в процессе производства;

- выравнивание колебаний потребностей предприятия в материальных ресурсах в зависимости от их потребления;

- уменьшение воздействия на технологию ТО нарушений ритмичности поставок.

Перечисленные выше факторы убедительно свидетельствуют о необходимости организации на предприятии определенных запасов и их периодического пополнения. Данное требование объясняется, прежде всего, тем, что в силу сложности рыночных отношений невозможно полностью согласовать между собой действия поставщиков и потребителей. Поэтому необходимой предпосылкой в данной ситуации является рациональное образование материальных пополнений, которые покрывают быструю разницу, которая существует между расходом материальных ресурсов и их наличием.

С другой стороны, обеспечение рентабельности процесса производства и обращения требует установления конкретных размеров поставок необходимых материалов, которые закупаются или транспортируются. В силу этого происходят колебания периодов

во времени между моментами возникновения потребностей и поступления необходимых ресурсов.

Несмотря на то, что вопросам расчета поставок, материалов, запасных частей и сырья уделяется большое внимание, до сих пор отсутствует единый подход и строгая классификация применяемых методов и моделей-

Многообразие подходов к решению данной задачи объясняется многими причинами, главными из которых является:

- наличие различных сфер применения расчетных методов (проектирование, эксплуатация, обслуживание и ремонт, планирование и распределение);

использование в расчетах различного аналитического аппарата (теорий восстановления, теории надежности, теории прогнозирования и т.д.);” • ■ -

привлечение различных источников информации (вероятностно-статистические модели оценки ресурсов деталей, данные наблюдений за подконтрольной эксплуатацией, результаты контроля-и микрометрирования деталей и т. д.).-

. При этом необходимо определить то, что вкладывается в понятие "расчет запасных частей": Если речь идет о проектируемых локомотивах., то расчет предусматривает получение количественных оценок потребности в них, которые используются в будущем при эксплуатации серийных машин. В случае .когда для расчета используется .информация, полученная в результате эксплуатационных испытаний за опытными партиями локомотивов, то предполагается, что полученные оценки могут быть обобщены и использованы. для нормирования . расхода и планирования потребности, в запасных частях на предстоящий период для парка локомотивов данной модели.- ■

1.8. Выводы.

На основании выполненного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Проанализирована система управления техническим состоянием локомотивов. Раскрыты стратегии обслуживания с контролем уровня надежности и контролем параметров в эксплуатации, сущность которых определяется адаптивным оптимальным регламентом ТО.

2. Рассмотрены основные исследования, выполненные в СНГ по научному обоснованию совершенствования системы содержания ТПС. Исследованы и освещены общенаправленные пути развития системы технического и сервисного обслуживания на различных видах транспорта. Установлено, что поддержание высокой эксплуатационной надежности, транспортных средств, особенно для перевозки пассажиров, невозможно без комплексного внедрения сервисного обслуживания; систем контроля и диагностики.

3. Проведено обследование цикличности операций выполняемых при ТО локомотивов, которое позволило выделить пять характерных работ, из которых значительную долю занимают контрольно-диагностические и регулировочные (до 37%), а также работы по-замене отдельных деталей локомотивов (24%).

4. В качестве основного недостатка по МТО отмечено, что при ранее существовавшей жесткой, плано-предупредительной системе содержания локомотивов, существовало четкое централизованное обеспечение материальными ресурсами. Однако после перехода к рыночным отношениям централизованное снабжение материальными ресурсами было ликвидировано, а плановая система ТО сохранена в прежних формах ее существования. Это не могло не

вызвать значительных трудностей и затрат на содержание локомотивного парка в работоспособном и исправном состоянии.

5. Проведенные исследования показывают, что для решения данной проблемы необходима разработка теоретических основ совершенствование технологии контроля, диагностирования и МТО локомотивов' на основе получения аналитическими и экспериментальными ' методами.' достоверной . информации, о . техническом состоянии для принятия научно-обоснованных.,решений по корректировке технологического процесса ТО локомотивов. ■

РАЗДЕЛ! ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЛОКОМОТИВОВ

2Л.Методика расчета сроков пополнения, запасов для обеспечения ТО локомотивов.

Характер эксплуатации современных технических средств (локомотивов) требует периодического пополнения запасов, необходимых для их нормального функционирования. Многообразие эксплуатационных факторов, а также задач, решаемых современным ТПС, приводит к тому, что сроки, пополнения ресурсов - даже однотипных локомотивов, эксплуатируемых в сходных условиях, являются случайными величинами [284].

Этими же причинами обусловлен, и случайный характер необходимой степени восполнения ресурсов однотипных локомотивов к фиксированному моменту времени.

На основании этого предлагается методика расчета периодов пополнения запасов топлива и запасных частей для парка локомотивов. В настоящее время, в связи с реорганизацией и упразднением органов материально-технического снабжения (НОДХ, НХ, ЦХ и др.) все вопросы по определению поставщиков, договорным обязательствам, распределению материальных ценностей по локомотивным депо решаются хозрасчетными службами локомотивного хозяйства дороги. Они учитывают потребности каждого локомотивного депо исходя из многих факторов (количественные и качественные показатели; парка локомотивов, наличие остатка материальных ресурсов, программы ТО на заданный период, объем перевозок и т.д.).

Исходя из этого положим, что. Один из пунктов технического обслуживания тепловозов (ПТО), находящийся в локомотивном депо

снабжается двумя видами ресурсов: топливом и комплектом запасных частей для проведения ТО. Начальные уровни запасов органа снабжения составляют: m^0 комплектов запасных частей и m^0 топлива. Для пополнения запасов тепловозы периодически прибывают на НТО. При этом запас топлива пополняется в зависимости от фактической потребности, а комплект запасных частей заменяется новым. При невозможности восполнить запас топлива или обновить комплект запасных частей эксплуатация тепловоза прекращается. Определим периодичность пополнения запасов ПТО, при которой с заданной вероятностью p обеспечивается нормальное функционирование всего парка тепловозов.

Представим орган снабжения и ПТО как систему, в которой заявки на пополнение удовлетворяются дискретно в случайные моменты времени $t = -\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots$ комплексной поставкой одного комплекта запасных частей и некоторого, случайного количества топлива, т.е. $(1, \gamma_{\text{д}}), (1, \gamma_{\text{д}}; 2), (1, \Delta \Pi$

Суммарные объемы поставок к моменту времени t составят

$$N_n = 1, 2, \dots; m_2(Z) = \sum_{l=1}^{\infty} \dots \quad (2-1)$$

Время и объем поставок носят дискретный случайный характер, поэтому исчерпывающими характеристиками процесса функционирования рассматриваемой системы являются математические ожидания T_1, T_2 и дисперсии σ_1^2, σ_2^2 интервалов между поставками $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots$ и объемов самих поставок N_1, N_2, \dots . Предположим, что запасы органа снабжения достаточно велики и способны обеспечить большое число поставок: Таким образом, функцию распределения суммарного объема поставок к любому моменту времени, t можно исследовать, используя асимптотические методы, теории восстановления. При этом независимо от вида

законов распределения случайных величин At и N_r суммарные поставки (2.1) образуют систему двух асимптотически нормальных случайных величин. Центры рассеивания $Mm_1(t)$, $Mm_2(t)$ и дисперсии $Dm_1(t)$, $Dm_2(t)$ этих законов выражаются через характеристики процесса функционирования системы T_1, T_2, σ^2 в виде линейных функций календарного времени, а коэффициент корреляции между поставками от времени не зависит [39]. Исходя из этого можно принять следующие допущения [173]

$$Mm_1(t) = p \cdot t \quad (2.2)$$

$$Dm_1(t) = \sigma^2 \cdot t \quad (2.3)$$

$$Mm_2(t) = \lambda t, \quad Dm_2(t) = \lambda \sigma^2 t \quad (2.4)$$

$$Dm_2(t) = \frac{\sigma^2 \lambda t}{T^2 - T_1^2 - T_2^2}$$

$$e^{-\lambda t} \cdot \frac{2\pi \lambda t}{\sigma^2}$$

Вероятность того, что орган снабжения обеспечит нормальное функционирование ПТО в течение времени t , запишется в виде

$$P(f) = [m, > m, (0; m_2 > m_2(t))]. \quad (2.7)$$

Учитывая формулы (2.1) и (2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6), выражение (2.7) можно записать с помощью функции Лапласа [63]

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{2} + \Phi_0 \frac{(m^\circ - M_{11}(t))\text{Cosa} + (m^\circ - M_{12}(t))\text{Sina}}{Dm^\wedge(t)\text{Cos}^2 a + \varepsilon_{m1} \delta \sin 2a^\wedge Dm^\wedge(f)Dm, (f) + Dm,} \\ & x < \frac{1}{2} + \Phi_0 \frac{- (m^\circ - M_{21}(f))\text{Sina} + (m^\circ - M_{22}(f))\text{Cosa}}{\wedge Dm, (t) \text{Sina} - \varepsilon_{m2} \delta \sin 2a^\wedge Dm^\wedge(t)Dm, (f) - + Dm,} \end{aligned} \right. \quad (2.8)$$

где a - угол между асимптотами;

■ Φ_0 - интегральная функция Лапласа .

Угол, между асимптотами, определяется из выражения [39]

$$a = \frac{1}{\text{arctg} \frac{1}{Dm_x(t) - Dm, (7)}} \quad (2.9)$$

Значение интегральной функции Лапласа определяется как [63]

$$\Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{v^2}{2}} dv \quad (2.10)$$

После, замены параметров $M_{11}, M_{12}, M_{21}, M_{22}$ их асимптотическими значениями и группировки членов, содержащих t , вероятность (2-8). можно 'выразить- с помощью трехпараметрических функций Лапласа [63].-

$$P(t) = \left[\frac{1}{2} + \Phi_0 \left(\frac{a_1 - b_1 t}{\sqrt{c_1 t}} \right) \right] \left[\frac{1}{2} + \Phi_0 \left(\frac{a_2 - b_2 t}{\sqrt{c_2 t}} \right) \right], \quad (2.11)$$

где

$$a_1 = m^\wedge \text{Cosa} - m^\wedge \text{Sina}, \quad (2.12)$$

$$a_2 = m_2 \text{Cosa} - m_2 \text{Sina}, \quad (2.13)$$

$$b_1 = -\text{Cosa} + \text{Sina}, \quad (2.14)$$

$$b_2 = \text{Cosa} - \text{Sina}, \quad (2.15)$$

$$c_1 = \text{НИ} + < \text{Sin}^2 a + \frac{cm^2}{\{\text{Cos}^2 a + T_2 \text{Sin} 2q\}}, \quad (2.16)$$

$$c_2 = \sqrt{\frac{2T_2}{\pi}} \left(\cos^2 a + \frac{2}{\sin^2 a} + T_2 \sin 2a \right), \quad (2.17)$$

$$a = \arctg \frac{1}{\frac{2a^2 T_2}{\sigma, -\sigma, \Gamma_2 - 0 - \Gamma}} \quad (2.18)$$

Исходными данными для вычисления вероятности (2.11) являются значения начальных уровней запасов органа снабжения m_0 и m_2 , а также, математические ожидания и дисперсии случайных величин d и N , оценки которых при условии стационарности процесса эксплуатации находятся по формулам [173]

$$\mu = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i \quad (2-1?)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i^2 - \mu^2 \quad (2.2-1)$$

$$\sigma_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i^2 \quad (2.22)$$

В данных выражениях k представляет собой общее число поставок в течение выбранного интервала наблюдений за функционированием ПТО.

Любое изменение условий эксплуатации нарушает сложившийся характер функционирования органа снабжения и обеспечиваемый им ПТО, изменяются оценки функционирования (2.1.9, 2.20, 2.21, 2.22). Это, в свою очередь, приводит к изменению параметров функции Лапласа (2.18), а следовательно, и вероятности (2.11).

Полученные результаты позволяют, пользуясь известными методами математической статистики [63], с заданной доверительной вероятностью / установить нижнюю и верхнюю

доверительные границы вероятности (2.11) на всем временном интервале

$$= \frac{i}{1+\gamma} \dots Y, \quad (2.23)$$

$$L''(\Gamma) = \dots \sim \dots \Gamma \sim \dots \quad (2.24)$$

где t - аргумент обратной функций Лапласа;

$P^*(\Gamma)$ - оценка вероятности (2.11) к моменту t по результатам наблюдений объема

Аргумент обратной функции Лапласа, можно определить из выражения [63]

$$\arg \Phi_0 \left(\frac{1+\gamma}{2} \right)$$

Зная доверительные границы вероятности нормального функционирования всего парка, тепловозов к любому моменту времени, можно легко определить нижнюю (,) и верхнюю (Д) границы интервала пополнения запасов материалов, сырья и топлива на ПТО Для проведения ТО локомотивам. .

На оснований данной методики проведены расчеты пополнения запасов топлива, смазочных материалов и запасных частей для ПТО локомотивного депо' Основа Южной ж.д. Результаты расчетов сведены в таблицы 2.1-й 2.2^

Таблица 2.1

Расчетные значения интервалов пополнения топлива и смазки для обеспечения ТО тепловозов

• Название	Обозначение по ГОСТ или ТУ .	Расчетный интервал, поставок, сут.
1 .Дизельное топливо (летнее)	ГОСТ 10489-86	18.
2 .Дизельное топливо (зимнее)	ГОСТ 10489-86'	24:'
3 .Масло авиационное	МС-20	• '76, ■
4.Маслб компрессорное (летнее)	К19	А3 - '
5 . Масло компрессорное (зимнее)	К12 • -... ■'	' 43
6.СмазкаЖРО	ТУ.32цт 520-83	' 94 .
7.Смазка ЦИАТИМ-221	ГОСТ 9433-80.	124
8.Вазелин технический	ОСТ 38.156-74	• 1.56 . •
9.Смазка СТП (летняя) ■	ТУ 38 2-232-80 .	35-
10.Смазка СТП (зимняя);	ТУ 38 2-232-80	.. 35 •

Таблица 2.2

•Расчетные значения интервалов пополнения запасных частей. ' для обеспечения ТО тепловозов'

' . ■ '■ .. Название •	.Обозначение ио .: ГОСТ или ТУ	Расчетный интервал . поСтаврк, сут.:'
1 .Колодки тормозные •; ■ / •	ТУ .32ЦТ-45378 6ТТ1 399-003 . '	15 ' ■ 121
2 .Рукав, песочной трубы	СА-3 .■'	96, ...
3 .Автосцепка ■ ...		44
4.Набивка сальниковая		• 63.
5 .Паронит листовой	5ТХ-.578.073 .'	' . 48-
6 .Эл. щетка ЭГ-61	5ТХ.578.0ГЗ, '	/136 . •
7 .Эл.-щетка ЭГ-	ТУ 16-21-. I 4-78	' .56
14 ' . ■	ГОСТИ 81-84	56
8 .Эл. лампы СЦ-	ТУ 16-535:077-87	7.8 -•
2ї . ' . ■	ГОСТ 7874-86	34
9 .Эл. лаМпы Ж80-60		134 ■

' В то же время необходимо отметить,; что данная методика учитывает только пополнение запасов на ПТО, и не отображает динамику-их количественного расхода.при выполнении локомотивам

ТО. Для полной оценки запасов необходимо выполнять расчет их достаточности с учетом интенсивности замены при проведении ТО..-

2.2. Назначение и состав ЗИП

Термин ЗИП в разное время и в различных работах расшифровывался по-разному:

- запасное имущество и принадлежности [143];
- запчасти, инструмент и принадлежности [298];
- запасное имущество и приборы [339].

Нередко термин ЗИП не расшифровывают по буквам,, а используют, в качестве самостоятельного понятия о каких-то запасах [из]. ■ • ■ ; - . ;

В. общем случае под ЗИП следует понимать совокупность различных элементов и предметов, придаваемых определенному объекту ..для !.обеспечения -.его¹ бесперебойной, технической эксплуатации и ремонта; Другими словами, элементы ЗИП предназначаются для. наискорейшего ремонта неисправных узлов в эксплуатации, профилактической л замены элементов по мере выработки ими своего ресурса,, а также, для целей- выполнения плановых видов ТО-и ТР. ‘

. В. состав ЗИП могут входить следующие группы элементов и предметов: . •

- - запасные части; ’ ■ ... ‘ , ’ ■
- .у инструмент; ■ ■ . •’ ?
- приспособления; , ;

. • .- .специальное технологическое оборудование для проведения обслуживания и ремонта;

- . контрольно-измерительные приборы;

- принадлежности для ухода за объектом;
- эксплуатационно-технологическая документация;
- средства укладки и упаковки ЗИП.

В зависимости от вида ЗИП в его составе могут быть перечисленные группы предметов в различных сочетаниях, причем запасные части входят в обязательном порядке в любой вид ЗИП [93]. 7.

К запасным частям относятся, элементы, взаимозаменяемые с соответствующими съемными элементами рабочего комплекта объекта (материалы, узлы, блоки- съемные детали, электрические и электронные приборы, отдельные агрегаты и т.д.).

Запасные части, входящие в состав ЗИП, можно классифицировать по четырем признакам [209]:

- по назначению (для внезапной или профилактической замены);
- по безотказности в режиме хранения (зависят или- не зависят показатели безотказности при хранении элементов ЗИП от срока их хранения);

2- по ремонтпригодности, (восстанавливаемые- или невосстанавливаемые элементы);

- по- сохраняемости (элементы ЗИП ограниченного или неограниченного, срока годности при их хранении).

• Запасные части для внезапной замены должны храниться в составе одиночного комплекта ЗИП в целях быстрого восстановления объектов, в которых обнаружены отказы и повреждения. Необходимость профилактической замены элементов возникает либо, по истечении устанавливаемого срока допустимой эксплуатации, отдельных элементов, вне зависимости от их фактического состояния, либо по результатам контроля технического состояния элементов.

По безотказности в режиме хранения запасные части могут, как зависеть от срока хранения, так, практически, и не зависеть от него.

Восстанавливаемые запасные части подлежат ремонту и возврату -в состав ЗИП, а невосстанавливаемые после их замены списываются-и утилизируются..

Сохраняемость запасных частей- в ЗИП характеризуется степенью влияния условий хранения и транспортирования на безотказность и долговечность последующего их функционирования в рабочем режиме. Одним.из показателей сохраняемости является средний срок, сохраняемости (годности) при хранении, назначаемый предприятиями промышленности. Применять элементы с истекшим сроком сохраняемости можно только после тщательного контроля.; так' как -из-за -возможных недопустимо, больших изменений их физико-химической'структуры может , произойти резкое ухудшение надежности в рабочем режиме. , . . . •

2.3. Формирование и методика оценки достаточности ЗИП

Формирование объёмов материально-технического снабжения производится на основании установления моментов заказа Для восполнения запаса и распределении вновь прибывшей партии по нижестоящим звеньям системы. МТО. Совокупность правил,, по которым, принимаются эти решения,, называют стратегией управления МТО. Стратегия управления ЗИП, как правило, в теории управления запасами считается известной. Неизвестными являются только моменты,объем заказов. и. время на его пополнение (формирование.) [185].

Пополнение запасов ЗИП всегда происходит с некоторой задержкой относительно момента выдачи требования [93]. Его можно подразделить на следующие временные интервалы:

- мгновенное (задержка поставки пренебрежимо мала);
- с задержкой на фиксированный срок;
- с задержкой на случайный интервал времени с известным или неизвестным, вероятностным распределением.

В зависимости от величины и характера этих задержек, а также исходя из условий эксплуатации объекта, применяется несколько структур систем-организации снабжения запасными элементами. Любая из этих структур, может включать в себя следующие составляющие [284]:

- одиночный комплект ЗИП (ЗИП-О), представляющий комплект запасных элементов или материалов, приданный непосредственно данному объекту для обеспечения его работоспособности;

обменный фонд-ремонтного органа (ОФ-РО), представляющий комплект запасных элементов, придаваемый ремонтному органу который обслуживает, группу объектов (не обязательно идентичных) и служащий для замены отказавших в изделии элементов исправными;

комплект-запасных элементов ремонтного органа (ЗИП-РО), представляющий комплект запасных элементов, придаваемый ремонтному органу с целью обеспечения его работоспособности.

Функционирование ремонтного органа (РО) заключается в устранении отказов в неисправных элементах за счет выявления и замены в них отказавших более мелких конструктивных элементов. Таким образом, ремонтный орган, предназначенный для ремонта объектов, должен быть снабжен запасом типовых узлов, а ремонтный

орган, предназначенный для ремонта узлов - определенным запасом деталей.

На основании этого можно систематизировать и выделить несколько, наиболее часто используемых на практике, стратегий обеспечения объектов запасными элементами, которые представлены нарис. 2.1. •

Стратегия 1 (рис.2.1) является наиболее распространенной и пополняется из источника поставок (ИП). Под 'ИП здесь и далее будет пониматься фирма, склад, база, завод и т.д.,. ограниченность которых при пополнении элементов в расчет приниматься не .будет. •

В .случае -отказа у объекта элементов или материалов' в соответствующий. - комплект ЗИП поступает, заявка, которая немедленно. удовлетворяется, ■ если, соответствующий запасной элемент.тати имеется. При', отсутствии запасного элемента заявка становится в "очередь" и ждет пока не появится возможность ее удовлетворить., Длина очереди неудовлетворенных заявок может быть различной.и .зависит от рснОвных конструктивных принципов и условий эксплуатации объекта. '

Таким образом, заявка на запасной элемент, поступившая .от объекта-.в комплект ЗИП, может быть . удовлетворена .■ либо немедленно, либо с некоторой задержкой. .. ■

Среднее время между отказом и восстановлением объекта. [218] можно представить в виде:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{обн}} + t_{\text{поис}} + t_{\text{рем}} \quad (2-26)$$

где. $t_{\text{обн}}$ - среднее, время' Обнаружения и поиска неисправного элемента, которое определяется системой диагностирования объекта и не зависит от полноты комплекта ЗИП;

$t_{\text{рем}}$,-Среднее время замены отказавшего элемента исправным 'запасным ' (при наличии . его ш ЗИП), которое определяется

ремонтпригодностью объекта и не зависит ни от системы диагностирования, ни от полноты комплекта ЗИП;

$B_{\text{зип}}$ - среднее время задержки в удовлетворении заявки на запасной элемент, которое не зависит от системы диагностирования объекта и определяется потоком отказов элементов и полнотой комплекта ЗИП

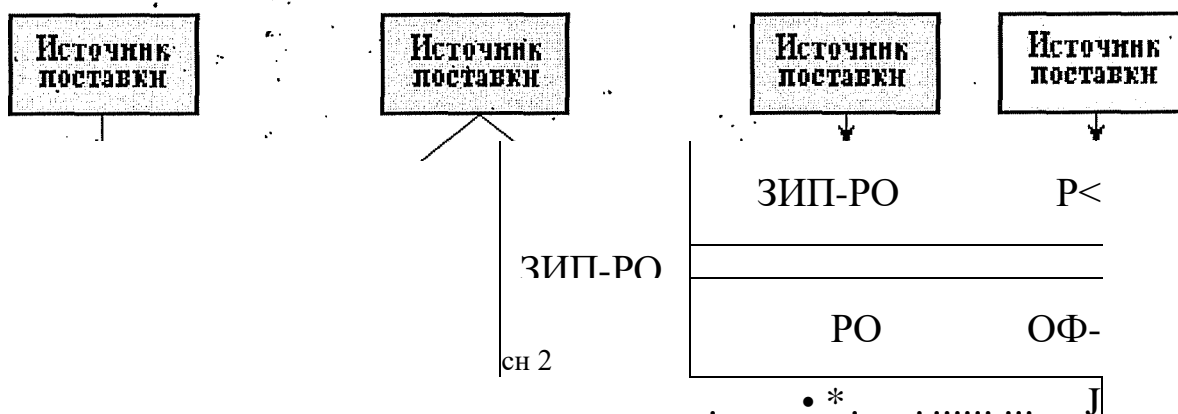


Рис. 2.1. Варианты стратегий обеспечения запасными элементами

Если объект не содержит резерва, то отказ любого конструктивного элемента приводит к отказу объекта в целом.

Таким образом, зная значение среднего времени задержки, в удовлетворении заявки на запасной элемент ($L_{гд/7}$), можно оценить влияние ограниченности комплекта ЗИП на показатель надежности объекта.

Основной стратегии 2 (рис.2.1) является пополнение ЗИП-О за счет ремонта отказавших элементов - в ремонтном органе (РО) и пополнение ЗИП-О из ИП.

Стратегия 3 (рис.2.1) определяет, что каждому из образцов объектов придан свой ЗИП-О. Всей группе образцов придан РО с комплектом ЗИП-РО. Пополнение комплектов ЗИП-О происходит за счет ремонта отказавших элементов в РО, а пополнение комплекта ЗИП-РО производится из-ИП.

Стратегия 4.(рис.2.1) определяет, что группе из образцов объектов придан один обменный 'комплект из обменного фонда ремонтного органа (ОФ-РО), который, снабжён' ЗИП-РО. ЗИП обменного фонда ремонтного органа (ОФ-РО) восстанавливается за счет ремонта элементов в ремонтном органе (РО), а ЗИП-РО пополняется из ИП.

Стратегия 5 (рис.2.1). создана таким, образом, что каждому образцу объекта в группе придан свой ЗИП-О, а всей группе придан ремонтный орган (РО) с'его. обменным фондом (ОФ-РО) и ЗИП-О. При этом пополнение ЗИП-О происходит за счёт замены неисправных элементов исправными из -обменного фонда ремонтного органа (ОФгРО),. а .пополнение обменного фонда ремонтного органа. (ОФ-РО). за счет' ремонта элементов непосредственно в ремонтном органе (РО). Пополнение ЗИП-О в данном случае производится из .ИП.

Стратегия 6 (рис.2.1) предполагает, что объектам придан ЗИП-0, запасы в котором восстанавливаются за счет ремонта элементов в РО1. При этом РО1 снабжен комплектом ЗИП-РО 1, запасы в котором восстанавливаются за счет ремонта элементов в РО2. В свою очередь, РО2 снабжен комплектом ЗИП-РО2, который, пополняется из ИП.

Стратегия 7 (рис.2.1) представляет собой группу объектов (не обязательно идентичных) которой придан ОФ-РО 1, запасы в котором восстанавливаются за счет ремонта элементов в РО1. При этом РО1 снабжен 'ЗИП-РО 1, запасы в. котором восстанавливаются за счет ремонта элементов в РО2. В свою очередь РО2. снабжен комплектом ЗИП-РО2, пополняемым из ИП. "•

Для того, чтобы учесть ограниченность ЗИП. обменного фонда ремонтного органа (ОФ-РО) или ЗИП ремонтного органа (РЮ) для них предлагается ввести показатель достаточности [63]. ■

Показателем : достаточности . • ОФ-РО будем называть стационарное значение отношения' . ; ■

$$A^{\wedge} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{L_{OF}(T)}{T \cdot \rho} \quad (2.27)$$

где . $L_{OF}(T)$ -- общее количество, заявок на элементы, поступившие в ОФ-РО за время T ; ' . ' ■

$T_{ХОФСГ}$ - - общее суммарное время, за которое все заявки поступившие во время- T .ожидали удовлетворения.

Аналогично предлагается ' показатель достаточности . ЗИП-РО ,[63] как стационарное значение отношение

$$A^{\wedge} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{L_{Ю}(T)}{T \cdot \rho} \quad (2.28)$$

где • A_{ppfTp} - общее количество'заявок на элементы, поступившие

$T_{CPO}(T)$ — общее время ожидания удовлетворения всех заявок, поступивших в ЗИП-РО за время T .

Ограниченность комплекта ЗИП-РО увеличивает среднее время ремонта элементов

$$T_p = T_{Pn} + A t_{po}, \quad (2.29)$$

где T_{Poo} — среднее время ремонта элементов в РО при условии, что необходимые комплектующие элементы всегда имеются в наличии;

$A t_{po}$ — показатель достаточности ЗИП-РО.

Ограниченность ОФ-РО увеличивает среднее время доставки исправного элемента из ОФ-РО в ЗИП-О или непосредственно к изделию

$$T_d = T^{\wedge} + M_{O\Phi}, \quad (230)$$

где T_{dm} — среднее время доставки элементов из ОФ-РО при условии, что в ОФ-РО имеются необходимые элементы;

$A_{\text{И}O\Phi}$ — показатель достаточности ОФ-РО.

Для того чтобы вычислить показатель достаточности ОФ-РО необходимы следующие начальные данные:

$\wedge O\Phi$ — количество типов элементов, на которые могут прийти заявки в ОФ-РО;

$L_{\text{Ю}\Phi}$ — интенсивность потока заявок на запасные элементы z -го типа, поступающих в ОФ-РО от обслуживаемых образцов объекта или комплекта ЗИП-О, т.е. среднее количество заявок на элементы z -го типа в единицу времени; $^? .7$

$T_{\text{Ю}\Phi}$ — среднее время ремонта одного элемента z -го типа в РО;

$n_{\text{Ю}\Phi}$ — начальное количество элементов z -го типа в ОФ-РО.

Для того чтобы вычислить значение $L_{\text{Ю}\Phi}$ (интенсивности потока заявок на элементы z -го типа); необходимо просуммировать, по всем образцам объекта в группе, обслуживаемой данным РО интенсивности потоков замен элементов z -го типа в объекте [56]

$$L_{яФ} = \sum_{k=j}^s L'_{0>} \cdot \quad (2.31)$$

где S' — количество образцов объектов в группе;

$L_{z,0}$ - интенсивность потока замен элемента z-го типа в k-ом образце объекта.

Показатель достаточности ОФ-РО предлагается определять из выражения [218]

$$L_{ПРФ} = \frac{L_{ЮФ} \wedge L_{ЮФ}}{L_{ЮФ}} \quad (2.32)$$

где $L_{ПРФ}$ - показатель достаточности запаса элементов Z-го типа в ОФ-РО.

При этом

$$L_{ЮФ} \wedge L_{ЮФ} \sim \frac{L_{ЮФ} \cdot L_{ЮФ}}{L_{ЮФ}} \quad (2.33)$$

и

$$L_{ЮФ} \sim L_{ЮФ} \cdot L_{ЮФ}$$

Вычисления по данной формуле производятся (2.34)

образом [173]. Вначале определяется выражение следующим

$$L_{ЮФ} = \sum_{n=0}^{\infty} P(n, a) \cdot L_{ЮФ} \quad (2.35)$$

где $L_{ЮФ}$ - требуемая точность расчета достаточности элементов..

По таблицам функции $F(n, a)$ - суммарного. распределения Пуассона [63]

$$F(n, d) = e^{-a} \cdot \sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} \quad (2.36)$$

отыскиваются значения $P(n_{ЮФ} + 1, a_z), P(n_{ЮФ} + 2, a_z), \dots$ и т.д., до такого, $P(n_{ЮФ} + s, a)$, которое впервые станет меньше, чем s . Найденные значения суммируются [21.8] и определяется значение

$$\lambda_{jPO} = \frac{j + \Gamma_{jPO}}{T_{jPO}} \quad (2.37)$$

Для того чтобы вычислить значение показателя достаточности ЗИП-РО требуются следующие исходные данные:

N_{PO} - количество типов комплектующих элементов, которые могут потребоваться для работы РО;

j — номер типа элементов по номенклатуре ЗИП-РО;

A_{jPO} - интенсивность потока заявок на элементы j -го типа, поступающих в ЗИП-РО, т.е. среднее количество, заявок на элементы j -го типа в единицу времени;

a_{jPO} - тип- стратегии пополнения запаса элементов j -го типа в ЗИП-РО; Значение a_{jPO} может принимать значения 1,2,3. При $a_{jPO}=1$ запас элементов j -го типа -пополняется' периодически,, т.е. восстановление до первоначального уровня производится через фиксированные заранее заданные промежутки времени, называемые периодами пополнения/ При $a_{jPO}=2$ пополнение запаса элементов j -го типа производится периодически; с экстренными доставками, т.е., помимо планового периодического восстановления запаса, допускается еще и внеплановое восстановление его до первоначального, уровня, если элемент j -го типа требуется для работы РО, а запас элементов j -го типа в ЗИП-РО пуст. При $a_{jPO}=3$ запас элементов j -го типа, в ЗИП-РО. пополняется за счет ремонта отказавших элементов в специальном РО_{спец.} (отличном от того РО, которому придан данный ЗИП-РО);

T_{jPO} - основной параметр стратегии пополнения запаса элементов j -го типа. При $a_{jPO}=1$ или $T_{jPO}=2$ значение a_{jPO} является периодом пополнения запаса элементов j -го типа.. При $a_{jPO}=3$ значение a_{jPO} является средним временем ремонта одного элемента j -го типа;

T_{jpo} - дополнительный параметр стратегии пополнения запаса элементов, При $T_{jpo} = 1$ или $T_{jpo} = ? >$ значение a_{jpo} равно нулю. При $T_{jpo} = 1$ значение $щ-ро$ представляет среднюю продолжительность экстренной доставки элементов из неисчерпаемого источника пополнения.. ■ .

r_{ijpo} - начальное количество элементов u -го типа в ЗИП-РО.

Для того чтобы вычислить значение интенсивности потока заявок A_{jpo} на элементы u -го типа в комплекте ЗИП-РО, требуются дополнительные сведения о структуре элементов различных типов, подлежащих ремонту в данном РО, Обозначим через M_{PO} количество элементов, подлежащих ремонту в данном РО, а через m_u количество комплектующих элементов u -го типа (по номенклатуре ЗИП-РО) в одном элементе i -го типа, ремонтируемом в данном РО и через A_i интенсивность отказов одного элемента u -го типа (по номенклатуре ЗИП-РО). Тогда вероятность того, что для ремонта элемента z -го типа понадобится комплектующий элемент u -го типа, определится по формуле [93] , • -

Однородный, интенсивность потока заявок на элементы u -го типа в ЗИП-РО может быть получена из выражения

$$M_{po} = 1 A_{z-} \cdot \dots \quad (2.39)$$

где M_{z-} - среднее количество элементов, z -го типа, поступающих в РО в единицу времени (И,- вычисляется аналогично значению интенсивности потока, заявок-Люф на-элементы z -го типа в ОФ-РО).

Для решения задачи расчета запасных элементов для проведения ремонтных работ по их восстановлению в ремонтном органе РО требуются следующие исходные данные: ; ..

N_{po} - количество типов комплектующих элементов, которые могут потребоваться для РО;

D^{\wedge} - показатель достаточности РО;

j — номер типа элементов по номенклатуре РО;

λ_{jpo} - интенсивность потока заявок на элементы j -го типа, поступающих в РО, т.е. среднее количество заявок на элементы j -го типа в единицу времени;

$a^{\wedge}o$ - тип стратегии пополнения запаса элементов j -го типа в РО; Значение $a^{\wedge}po$ может принимать значения 1,2,3. При $a^{\wedge}po=1$ запас элементов j -го типа пополняется периодически, т.е. восстановление до первоначального уровня производится через фиксированные заранее заданные промежутки времени, называемые периодами пополнения. При $a^{\wedge}po=2$ пополнение запаса элементов j -го типа производится периодически с экстренными доставками, т.е., помимо планового; периодического восстановления запаса, допускается еще и внеплановое восстановление его до первоначального уровня, если элемент j -го типа, требуется, для работы РО, а запас элементов j -го типа в РО пуст. При $a^{\wedge}po=3$ запас элементов j -го типа в РО пополняется за счет ремонта отказавших элементов в специальном РО

-> ^ спец.?

T_{jpo} - основной параметр стратегий пополнения запаса элементов j -го типа, При $T_{jpo}=\infty$ или $T_{jpo}=2$ значение a_{jpo} является периодом пополнения запаса элементов j -го типа. При $T_{jpo}=\infty$ значение a_{jpo} является средним временем, ремонта одного, элемента j -го типа;

T_{jpo} - дополнительный параметр стратегии пополнения запаса элементов. При $T_{jpo}=1$ или $T_{jpo}=2$ значение d_{jpo} равно нулю. При $T_{jpo}=2$ значение d_{jpo} представляет среднюю продолжительность

Далее отыскиваются значения $F(n_{jPO} + 2, c_{z_z}), F(n_{jPO} + 3, a_z), \dots$, до тех пор, пока в первый раз не выполнится неравенство

$$F(n_{jPO} + K + 1, a) < \epsilon \quad (2.45)$$

В соответствии с найденными значениями $F(n_{jPO} + K^* + 1, a)$, $K^* = 1, 2, \dots, K^*$ определяется величина показателя достаточности запаса элементов в РО [93]

$$= \sum_{k=1}^{K^*} Q_j \quad ; \quad (2.46)$$

В случае $a_{jPO} = 2$ (когда пополнение запаса элементу-го типа РО происходит периодически с экстренными доставками) показатель достаточности определяется из выражения [93]

$$L_{j, D, 0} = \dots \quad (2.4-7)$$

где \dots

$$\dots \sum_{i=K(ij_{PO} + |y|)} \dots \quad (2-48)$$

и \dots

$$\dots \quad (2-49)$$

Для того чтобы вычислить значения функции $a > (H_{jPO}, D)$, заданной суммой бесконечного ряда необходимо определить значения $F(n_{jPO} + 1, D), F(2n_{jPO} + 2, D), \dots$, до тех пор, пока, первый раз не будет выполнено неравенство ..

$$\dots \quad (2.50)$$

где ϵ_{PO} - заданная точность вычисления показателя достаточности..

По найденным значениям $F(K^* - n + K', a)$ определяется

$$so(n, a) = F(K - n + K', a) \quad (2.51)$$

Таким образом, согласно данной методики, можно определить объем ЗИП для ремонтируемых и перемонтируемых деталей локомотивов при их обслуживании, задаваясь соответствующей стратегией, а также рассчитать его достаточность для заданного интервала времени и сроков пополнения.

2.1. Расчёт достаточности ЗИП для проведения ТО тепловозам ТЭП70

На основании предложенной методики проведем расчет достаточности ЗИП для тепловозов ТЭП70, приняв за основу стратегию 5, как наиболее соответствующую организации содержания этих локомотивов. По установленной технологии в локомотивном депо - Основа Южной эк.д. на технические обслуживания ТО-3 ежедневно ставятся 1 локомотив (5=1). Согласно анализу технического состояния электрооборудования наиболее часто выходят из строя следующие элементы:

- > электрические контакты реле ТРПУ-23 (выработка);
- - силовые медно-керамические контакты пусковых контакторов (выработка);
- щетки к тяговым электродвигателям ЭД; 121 (износ);
- - электропневматические клапаны ВВ-1003 (отказ требующий ремонта);

На основании этого принимаем $N_0=4$, При отказе любого из этих элементов локомотив к эксплуатации не допускается и подлежит восстановлению. Определены интенсивности замен элементов: на подвижном составе: - $A_{10}=0,002$;

$$L_{20}=0,001$$

Предположим, что комплект ЗИП-О поставляется, для тепловоза элементы трех типов: 1-го, 2-го и 3-го. Элементы 4-го типа в ЗИП-О не предусмотрены. Он поставляется непосредственно из обменного фонда ремонтного органа ОФ-РО. Определены средние времена:

- доставки элементов из ОФ-РО в ЗИП-О, которые составляют $T_d=0,5$ час. при условии, что в ОФ-РО имеется необходимый элемент;

- ремонта элементов в РО $T_p=5$ час. при условии, что в ЗИП-РО имеется необходимый комплектующий элемент.

Принимаем начальные количества элементов в ЗИП-О и ЗИП-РО:

$$n_{10} = n_{20} = n_{30} = 15$$

$$n_{100} = n_{200} = n_{300} = 1$$

Комплект ЗИП-РО состоит из элементов, трех типов $N_{pp}=3$. Принято количество элементов j -го типа по номенклатуре ЗИП-РО m_{ij} ($i=1,2,3; j=1,2,3$).

$$m_{11}=10, m_{12}=32, m_{13}=62,$$

$$m_{21}=26, m_{22}=35, m_{23}=39,$$

$$m_{31}=52, m_{32}=35, m_{33}=33,$$

$$m_{41}=12, m_{42}=34, m_{43}=54.$$

Принята интенсивность отказов элементов ЗИП-РО, которая составляет

$$\lambda_i = \lambda_2 = \lambda_3 = 0,00000 \text{ 1 час}^{-1}.$$

Все запасы в ЗИП-РО пополняются периодически со средним периодом 500 час.

Заданы начальные количества элементов в ЗИП-РО:

$$n_{1po} = 12, n_{2po} = 11, n_{3po} = 12.$$

На основании этих данных произведем расчет показателя достаточности при условии, что в течение 12 часов (установленный срок нахождения тепловоза согласно приказа 351Ц "Укрзалізниця" на техническом обслуживании ТО-3) отказ заданного элемента будет устранен. :

Составляем исходные данные по всем комплектам ЗИП. Значения $A_{\text{ЛРО}}$ определяем по формуле (2.39), а $A_{\text{ЮФ}}$ по формуле (2.31). Данные сводим в таблицы 2.3, 2.4 и 2.5.

• Таблица 2.3

Для комплекта ЗИП-О ($7V_{\text{O}}=4$)

.1	A_{jo}	. Тю .'	-■ Пю	. Рю
1	0,002	.0,5	1	1
■ ■ 2	0,0013	0,5	1	1
3/ .	: 0,0072	0,5 ,	1	1
• -4	0,0001	' 0,5 .	1	1

Таблица 2.4

Для комплекта ОФ-РО- ($No^{\text{®}}=4$)

■ I	ЛюФ .	ТюФ	НюФ
1	0,01	0,5	1
2 •	0,0065	0,5	1
3. - y	0,036.	'■■0,5<	1
4	0,0005	0,5	1

'■ .

. ■' Таблица 2.5'

Для комплекта ЗИП-РО ($L_{\text{PO}}=3$)

.1	ЛРО	ОСiРО	1iPO	. 'Njpo-
1	0,0186	■■■ -1 /.	.500	■ 12 .
' ' 2 '	0,0166	1	500	.12 "
. ' 3	0,0178	1' . -■	500	12

Определяем показатель достаточности ЗИП-РО:

$$L_{\text{го}} = \sum_{i=1}^7 \pi_{z,\text{го}} = 0,053 ; .$$

$$L_{\text{го}} M_{\text{го}} = 0,045 ;$$

$$A_{2\text{PO}}^{\wedge 2\text{PO}} = 0,040 ,$$

$$L_{3,\text{O},\text{Д}}^{\text{зро}} = 0,033 .$$

Следовательно показатель достаточности ЗИП-РО будет равен

$$D_{\text{РО}} = (0,045 + 0,040 + 0,033) / 0,053 = 2,23 \ll 2,2\text{ч.}$$

Корректируем исходные данные по ОФ-РQ и сводим в таблицу

2.6

* ' .

■ ■ ' Таблица 2.6

Для комплекта-ОФ-РО

i	ЛюФ'	' ТюФ	' ДоФ
1	0,01	0,272	' 1
2	0,0065	0,272	1
3	0,036	0,272	1
4	0,0005	' .0,272'	1

Определяем показатель достаточностей ОФ-РО: ;

$$' \text{АюгЛСф} \sim \text{ОДЗ 1} , \quad \cdot \quad \blacksquare \quad \cdot \cdot$$

$$\cdot \blacksquare \blacksquare \wedge \text{гоФ}^{\wedge \text{гоФ}} = 0,014? - \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\text{АзоФ}^{\wedge \text{зоФ}} = 0,355,5. \quad \blacksquare \blacksquare$$

$$\cdot \text{АцоФ}^{\wedge \text{А}} = 0,000 \blacksquare$$

$$\blacksquare \cdot L_{\text{ОФ}} = L_{\text{го}} = 0,053 .$$

Следовательно показатель достаточности ОФ-РО будет равен

$$D_{\text{ОФ}} = (0,031 + 0,014 + 0,355) / 0,053 = 7,5\text{часа/}$$

Корректируем данные по ЗИП-О; сводим их в таблицу 2.7 и на основании этих величин вычисляем показатель достаточности ЗИП-

О \

$$\cdot \text{А}_0 = 0,002 + 0,0013 + 0,0,00.72 + 0,0001 = 0,0106 - \cdot \cdot$$

2.5. Принятие решений в условиях неопределенности при проведении ТО

2.5.1. Постановка задачи

В локомотивном хозяйстве очень часто приходится сталкиваться с выбором и принятием рационального управленческого решения по информационным ситуациям которые обладают различной степенью неопределенности. К ним можно отнести . информацию о. техническом состоянии локомотивов, планирование ТО и ТР при отсутствии данных о производственной базе и ее мощности, наличии, запасных частей,, квалификации обслуживающего персонала и т.д.. Такие ситуации, вызывают определенные трудности .в принятии правильных организационно-технических решения, последствия которых могут' приводить к значительным экономическим потерям, неоправданным затратам времени и труда. ...•••••'

Для .формализации: конфликтных ситуаций, возникающих при организации МТО в предложенных стратегиях, предложена методика оценки принятия, рациональных; управленческих решений- в условиях, обладающих различной степенью неопределенно стц.

■ При ' создании. моделей принятия решений в . условиях неопределенности предложено исходить из следующей схемы [169]j которая предполагает .наличие :

1. У органа- управления У имеется ' множество взаимоисключающих решений $\Phi = \{\phi_1, \dots, \phi_T\}$, одно из которых ему необходимо принять;. Л '• . ' .

2. У среды S^i имеется . • множество взаимоисключающих состояний .0- $\{b_1, \dots, \epsilon_n\}$;: однако, в. каком конкретном состоянии

находится (или будет находиться) среда 5, органу управления $У$ неизвестно;

3. $У$ органа управления $У$ оценочного функционала $F=\{f_k\}$, характеризующего “выигрыш” или “проигрыш” органа управления при выборе им решения $f_k \in \Phi$, если среда S будет находиться (или находится) в состоянии $0_j \in \Theta$.

В соответствии с рассмотренной схемой творческая составляющая процесса принятия решения органом управления $У$ состоит:

1. В формировании множества решений Φ и множества состояний среды Θ ;

2. В определении и задании основных показателей эффективности и полезности, входящих в расчет оценочного функционала f_k ;

3. В определении органом управления $У$ информационной ситуации; характеризующей стратегию поведения среды 5;

4. В выборе критерия принятия решений из множества критериев, характеризующих определенную органом управления $У$ информационную „ситуацию“;

5. В принятии по выбранному критерию оптимального решения или в его коррекции (если рациональное решение не будет единственным; или в случае отказа органа управления $У$ от оптимального решения по различным соображениям).

• Под ситуацией принятия решений понимают три фактора [250]

$$\Phi = \{s_1, \dots, s_T\} \quad (2,53)$$

где $\Phi = \{s_1, \dots, s_T\}$ — множество решений органа управления $У$;

• $\Theta = \{\theta_1, \dots, \theta_D\}$ — множество состояний среды 5, которая может находиться в одном из состояний $0_j \in \Theta$;

функционала выражение ингредиента определяется целями управления и принятия решений органа Y .

По характеру “поведения” среды S в процессе принятия решений при выборе СВОИХ СОСТОЯНИЙ O_j можно выделить семь информационных состояний.

2.5.2. Первая информационная ситуация

Первая информационная ситуация CZ_i характеризует случай, когда орган принятия решений Y располагает знанием априорного распределения вероятностей $p = (p_1, \dots, p_n)$, $\sum_{j=1}^n p_j = 1$ на элементах $O_j \in S$ состояний среды S . Эта ситуация идентифицирует “поведение” среды- S в условиях “риска” и позволяет эффективно использовать теорию статистических решений [283].

Первая информационная ситуация наиболее характерна для первой стратегии, когда, на основании статистических данных контроля и диагностирования обслуживающим персоналом принимается необходимое решение по установлению или корректировке регламента выполняемых работ, а соответственно и определению объемов, использования материальных ресурсов.

*. Такая ситуация возникает также при проведении локомотивам ТО с проверками и контролем Технического состояния. Именно на основании статистических данных, контроля и диагностирования обслуживающим персоналом принимается соответствующее решение... по установлению или корректировке регламента выполняемых работ.- Расчет априорного распределения вероятностей технического состояния локомотивов. (среды S') может осуществляться, либо путем обработки статистических Данных с применением средств... вычислительной техники, либо аналитическими методами, основанными на формулировке гипотез о техническом состоянии с последующим использованием Основных аксиом, теорем и методов теории вероятности.

Как один, так и второй изложенные выше пути являются приближенными, поскольку на практике в связи с рядом ограничений (по стоимости, затратам, времени и пространству) возникают трудности получения и обработки статистического материала. Кроме того, формулируемой системе гипотез поведения среды' присуща соответствующая неполнота, а при использовании "рабочих" гипотез приходится делать соответствующие допущения (например, о независимости событий) в ущерб физике, процесса с целью осуществления расчета вероятности.

Однако в ряде статистических процессов принятия решений ввиду сложности "поведения" среды Л, отсутствия сбора и обработки статистического материала, использования: аналитических методов, и т. д., обслуживающий персонал, опираясь на свой опыт либо на мнение группы, экспертов, при расчете, вероятности предпочитает использовать понятие вероятности, которая развита на основе представления о степени уверенности относительно. данного фактора, признака, симптома, характеризующего свойства технического состояния узла или локомотива - в целом. Такое определение априорного распределения вероятности (р) носит название субъективной вероятности.

Например, субъективная мера вероятности дает возможность специалисту, который производит контроль или диагностирование, выразить насколько он уверен в своём заключении в терминах относительных шансов или отношений правдоподобия.

В данной ситуации основными оценочными критериями являются критерий Байеса, критерий максимизации вероятности распределения оценочного функционала, модальный критерий, критерий минимума энтропии математического ожидания оценочного функционала, модифицированный критерий.

Рассмотрим основные критерии принятия решений в информационной ситуации U_i , характеризующейся заданием распределения вероятностей $p = P\{0=0_j\}$, $\sum_{j=1}^n p_j = 1$ состояний $0 \in \Phi$ среды S .

Пусть задана ситуация принятия решения $\{\Phi, \Theta, F\}$, в которой оценочный функционал $F = \{f_{jk}\}$ принадлежит к классу F либо F^* , а множества Φ заданы в виде $\Phi = \{\phi_i, \phi_T\}$, $\Theta = \{\theta_i, \dots, \theta_\Pi\}$.

Критерий Байеса. Сущность этого критерия заключается в максимизации математического ожидания оценочного функционала. Название этого критерия в основном связано с преобразованием формул априорных вероятностей в апостериорные [243].

Согласно критерию Байеса, оптимальными решениями $p_{k^*} \in \Phi$ (либо множеством таких оптимальных решений), считают такие решения, для которых математическое ожидание оценочного функционала достигает наибольшего возможного значения [280].

$$(A) - \max_{p \in \Phi} B(p) = \sum_{j=1}^n p_j f_{jk}^+ \quad \text{Элд.} \quad (2-55)$$

Если максимум достигается на нескольких решениях из Φ , множество которых обозначим через Φ^* , то такие решения будем называть эквивалентными;

Величина $B^+(p, p_k)$ называется байесовым значением оценочного функционала для решения $\phi_{k^*} \in \Phi$. Критерий Байеса является наиболее распространенным критерием в данной информационной ситуации. Большая популярность этого критерия объясняется тем, что он тесно связан с аксиомами теории полезностей (аксиома Неймана, и. Моргенштерна), в которой суммарная полезность определяется как математическое ожидание частных полезностей [243].

Если оценочный функционал задан в форме F , то вместо операции \max математического ожидания используется \min .

Соответствующее правило выбора можно интерпретировать следующим образом. Матрица оценочного функционала $F = \{f_{jk}\}$ дополняется еще одним столбцом, содержащим математическое ожидание значений каждой из строк. Выбор решения производится из строки, данного столбца, которая имеет наибольшее значение.

Критерий максимизации вероятности распределения оценочного функционала. Установим величину a , которая удовлетворяет следующему неравенству [243]

$$a_i < a < a_2, \dots \quad (2.5'6)$$

где $a_i = \min_k f_{ik}$, $a_2 = \max_k f_{2k}$

$$a_i = \max_k \max f_{ik} \quad (i = 1, \dots, m).$$

Для каждого решения $\phi_k \in \Phi$ определим вероятность $P(f_{jk} > a)$ того, что значение оценочного функционала не меньше a для состояния среды $\omega_j \in \Omega$ и решения $\phi_k \in \Phi$. Сущность критерия максимизации вероятности распределения оценочного функционала заключается в нахождении решения $\phi_k \in \Phi$ (либо множества таких решений Φ), для которых

$$\dots P(f_{jk} > a) = \max_{\phi_k \in \Phi} P(f_{jk} > a), \quad (2.57)$$

Соответствующее правило выбора по данному критерию можно сформулировать следующим образом. Матрица вероятностных решений дополняется двумя столбцами, содержащими в каждой строке минимальное и максимальное значение соответствующей строки матрицы. Затем составляется третий столбец, в котором каждая строка определяется разностью между определенным максимальным и минимальным значением соответствующих строк дополнительных столбцов. Решение

выбирается из последнего столбца по максимальному значению его строки.

При использовании этого критерия орган управления Y исходит из задания конкретной величины a и оптимальными считает те решения $\phi_k \in \Phi$ - для которых выполнено это условие.

Критерий минимума дисперсии оценочного функционала.

Для каждого решения $\phi_k \in \Phi$ определяется среднее значение $B(p, p'_k)$ оценочного функционала и дисперсия σ^2_k в виде [243]-

$$\sigma^2(A^k) = E.[(-A^k)]^2 D \quad (2-59)$$

Дисперсия σ^2 характеризует рассеивание случайной величин значения оценочного функционала для решения p_k относительно среднего значения $B^+(p, p_k)$.

Правило выбора по данному критерию, выражается, следующим образом. Матрица вероятностных решений дополняется еще одним столбцом, содержащим дисперсию значений каждой из строк. Из этого столбца-выбирается минимальное значение, которое и является наилучшим решением.

•: **Модальный критерий.** Сущность этого критерия заключается в том, что орган управления Y исходит из наиболее вероятного состояния среды [243]. Положим, что существует единственное значение

$$p_{;1} = \max P(0 = D). \quad (2.60)$$

При использовании этого критерия орган управления Y полагает, что среда находится в состоянии $0^{\text{®}}$ и оптимальное (или Φ) определяется из условия

Если же окажется, что максимум $P(O = 0)$ достигается на априорных вероятностях P_{i1}, P_{j2}, P_{js} , то оптимальное решение (p_k) (или Φ) определяется из условия

$$1 - \dots \quad (2-62).$$

Соответствующее данному критерию правило выбора можно интерпретировать следующим образом. Каждый элемент матрицы оценочного функционала вычитается из наибольшего значения своей строки. Новые разности образуют матрицу остатков, которая дополняется столбцом наибольших значений по строкам. Из этого столбца выбирается максимальное значение, которое и является искомым решением.

Основным недостатком этого критерия является ВОЗМОЖНОСТЬ ТОГО, ЧТО если ВЗЯТО два решения (p_{kl}) и ДЛЯ которых $f_{jk} >$ ТО ЦО этому, критерию предпочтительно будет решение $\langle p_{ks} \rangle$ и т. е. $(p_k) > (p_{i2})$. При этом однако может оказаться, что $B(p, (p_k)) < B(p, \langle p_k \rangle)$.

Основными же преимуществами этого критерия являются:

.- достаточность выявления. Лишь, самых вероятных состояний среды. При этом совсем не обязательно знать количественные значения самих вероятностей осуществления этих состояний;

- определение (расчет) оценочного функционала лишь для самых вероятных состояний среды что во много-раз увеличивает скорость принятия решения.

Критерий минимума энтропии математического ожидания оценочного функционала. Предположим, что $f_{-k} > G$ для всех / и к.

Тогда энтропия математического ожидания оценочного

столбец. Выбор решения производится по наименьшему значению строки данного столбца.

Необходимо отметить, что в двух частных случаях $2 = 0$ и $2 = 1$ этот критерий совпадает с критерием Байеса и с критерием минимума дисперсии оценочного функционала.

2.5.3. Вторая информационная ситуация

Во второй информационной ситуации u_2 предполагается, что орган принятия решений Y располагает знанием-распределения вероятностей.

$$\sum_{j=0}^n p_j(\omega) = 1, A^{(j)} = \{ \omega = \omega_j \} \text{ на}$$

элементах $\omega_j \in \Omega$ состояний среды S , зависящего от значений неопределенного параметра ω из параметрического множества Q .

* * *

Данная информационная ситуация при проведении локомотивам ТО отображает неопределенность в выборе контролируемых параметров узлов, поскольку, как правило, закон распределения вероятностей технических состояний, бывает известен, однако, параметры этого закона (на основании которых производится выбор элементов ЗИП) неизвестны и подлежат определению.

В качестве оценочных критериев ситуации S_2 используют параметрические критерии Байеса, максимизации вероятности распределения оценочного функционала, минимума дисперсии оценочного функционала, модальный, критерий и критерий максимума энтропии математического ожидания оценочного функционала.

2.5.4. Третья информационная ситуация

Третья информационная ситуация характеризуется заданием вероятностных отношений порядков на компонентах множества состояний среды S , индуцирующих соответствующие отношения 'Порядков на компонентах вектора' априорного распределения

$\{p_1, \dots, p_n\}$, который задается органом принятия решения Y на основе имеющейся в его распоряжении информации, его опыта, интуиции и условий обстановки принятия решений. Для данной ситуации необходимо рассматривать различные типы отношений порядков, по которым определяются точечные оценки априорного распределения [283]. .. ; ■

При проведении локомотива U_i ТО для данной ситуации * < *

характерно определение вопросов связанных со сменяемостью узлов, деталей, смазочного-масла, и материалов. В конечном, итоге такая, ситуация характерна для организации материально-технического обеспечения и -определения его основных качественных и количественных характеристик.

2.5.5 Четвертая информационная ситуация

Четвёртая информационная ситуация' U_4 характеризуется неизвестным • распределением $p = (p_i, p_n), p_j = P\{Q=Q_j\}, 1 \leq i=1$ на элементах 0, с. • одной ' стороны,- и • отсутствием .активного противодействия среды 'S целям принятия .решений- управляющего .органа Y - с другой. Данная';ситуация. U_4 характеризует/"Полное незнание" органом -управления. Y о -поведении среды S .

При проведении ТО такую ситуацию можно встретить, при внедрении новых типов локомотивов, освоения, новых технологий ТО и ТР, первоначального назначения периодичности и регламента выполнения -работ-по- срокам, объемам-и т.д. При .определении размеров ЗИП и периода • его пополнения для данной ситуации характерна стратегия 4, позволяющая формировать запасные элементы в обменном фонде-'за счет их' ремонта. или гарантийных

2.5.6 .Пятая информационная ситуация

. Пятая .информационная ситуация U_5 , характеризуется активным противодействием среды S целям принятия решений органом управления U и в ней при выборе решения является обеспечение гарантированных (максиминных) уровней значения оценочного функционала.

Для данной ситуации характерным является назначение на ТО дополнительных работ, и их объемов в случаях повторяемости отказов Однотипных узлов парка локомотивов.

При этом анализ процесса принятия решений в . ситуации. U_5 аналогичен . основным правилам и элементам теории антагонистических - игр. Поэтому критерии принятий решений в' информационной ситуации U_5' основаны на принципе минимакса (максимина) [243]. ■ . / ' ■ . .

:2.5,7.Шестая информационная ситуация

Шестая информационная ситуация U_6 определяется наличием факторов, характеризующих два типа "промежуточного" поведения среды S . Для первого типа характерно наличие у органа управления U некоторой "смутной" информации об истинных распределениях состояний среды-. S . ' Какой " бы неопределенной эта "смутная" информация ни была,.. орган управления. U хотя и не может постулировать какую-либо конкретную информационную ситуацию $U_i (i=1, \dots, 5)$, однако может установить некоторый уровень пессимизма - оптимизма.. Для второго типа предполагается,- что орган управления U ' имеет информацию о состояниях среды S , являющуюся "промежуточной" . между ■ информационными ситуациями . U_i и ; U_5 , т. е. для этого случая такая информационная ситуация "лежит" между двумя' крайними ситуациями U_i и U_5 , •характеризующимися, с - одной стороны, полным .или частичным

знанием распределений вероятностей на 0 , а с другой — антагонистическим поведением среды S .

Данная ситуация характеризует оценку обслуживающим персоналом поступающих на ТО локомотивов. Как правило, результаты данной ситуации оказывают существенное влияние на весомость ошибок первого и второго рода, а также на организацию проведения контроля, обеспечения запасными частями и материалами.

В данной информационной ситуации используются критерии Байеса и Гурвица

Критерий Гурвица. Сущность критерия Гурвица заключается в нахождении оптимального решения $\langle p_k$ (либо множества таких решений Φ), для которого выполняется условие [243]

$$2 \min_{j \in \Phi} \{ \Gamma \cdot \max_{i \in \Phi} \{ f_{ij}^* \} + (1 - \Gamma) \max_{i \in \Phi} \{ f_{ij} \} \} \quad (2.69)$$

при фиксированном $\Gamma \in [0, \Gamma]$;

Если обозначить

$$\Delta_{ij} = \begin{cases} \Gamma \cdot \max_{i \in \Phi} \{ f_{ij}^* \} & \text{если } j \in \Phi \\ \max_{i \in \Phi} \{ f_{ij} \} & \text{иначе} \end{cases} \quad (2.70)$$

$$\Delta_{ij} = \begin{cases} \Gamma \cdot \max_{i \in \Phi} \{ f_{ij}^* \} & \text{если } j \in \Phi \\ \max_{i \in \Phi} \{ f_{ij} \} & \text{иначе} \end{cases} \quad (2.71)$$

то для фиксированного $\Gamma \in [0, 1]$ с каждым решением $\langle p_k \in \Phi$ которого можно связывать показатель

$$\Delta_k = \sum_{j \in \Phi} \Delta_{kj} \quad (2.72)$$

который называют 2-показателем Гурвица решения $y_k \in \Phi$ [243].

Решение $\langle p_{k_1}$ будет предпочтительнее $\langle p_{k_2}$ (что записывается в виде $\Delta_{k_1} > \Delta_{k_2}$) тогда и только тогда, когда $\Delta_{k_1} > \Delta_{k_2}$.

Правило выбора решения по критерию Гурвица можно сформулировать следующим образом. Матрица оценочного функционала дополняется столбцом, содержащим средние взвешенные, наименьшего и наибольшего результатов для каждой

строки. Выбор решения производится из строки ■ данного столбца, которая имеет наибольшее значение.

2.5.8. Седьмая информационная ситуация

Седьмая информационная ситуация U_j характеризует случай, когда орган управления Y располагает “нечетким” . знанием состояний среды S . При этом предполагается, что орган управления Y точно знает полное множество © ВОЗМОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ 0_j , среды, множество Φ своих решений ϕ_k и значения оценочного функционала $.F=\{/j_k\}$. Поведение среды S в данной ситуации можно моделировать на основе понятий теориц-нечетких множеств, применение которых дает возможность сформулировать-ситуацию принятия решений в виде • • /• .

$$' \{ \Phi, A_{\&} / \Gamma \} \dots \quad 4 \blacksquare \quad ..(2.73)$$

где. $A_{\&}$ - нечеткое множество или нечеткое случайное событие, определяемое функцией принадлежности . T_A и распределением p вероятностей состояний среды S^i .

Таким-. образом особенностью действий ■ обслуживающего персонала при формировании ЗИП для проведения ТО локомотивам является' достижение определенных целей на основе заданных предпочтений (количественные-характеристики ЗИП, периоды его пополнения,' требования к поставляемому сырью и материалам и т.д.). С учетом изложенного, качество процесса принятия решений всегда находится, в. прямой ■ зависимости от полноты учета ! всех факторов, существенных-для последствий от принятых решений. -

2.6. Выводы

•Вопрос. организации МТО- ■ в локомотивном хозяйстве необходимо рассматривать как один из составляющих целого

комплекса задач, которые связаны с проведением локомотивам ТО. Исходя из этого можно сделать следующие выводы.

1. При ранее существовавшей жесткой планово-предупредительной системе ТО и текущего ремонта (ТР) существовало четкое централизованное обеспечение материальными ресурсами. После перехода к рыночным отношениям централизация МТО, как таковая, была ликвидирована, а плановая система ТО и ТР сохранена в прежних формах ее существования. Такое положение вызвало диспропорции в организации, и, как следствие, значительный рост Затрат на содержание локомотивного парка в работоспособном и исправном состоянии. В результате вместо ритмичного выполнения плановых технологических операций ТО обслуживающему персоналу приходится заниматься вопросами организации приобретения запасных частей, топлива, материалов, пополнения комплектации пунктов, технического обслуживания (ПТО), разбирать и оценивать конфликтные ситуации, решать по существу: новые задачи в условиях дефицита информации, выполнять незапланированные Для ТО ремонтные работы и др. ■

• "2. Сделан вывод, что с ростом старения парка локомотивов, на железных дорогах Украины особую актуальность вызывает преждевременная замена изношенных деталей - не только при проведении крупных ремонтов, но и при выполнении локомотивам ТО, чего ранее несколько лет тому назад не наблюдалось. Отсюда становится понятной возросшая роль МТО и создания необходимых запасов материалов, топлива и запасных частей на пунктах проведения ТО локомотивам.

■ ■ 3. На основании использования теории восстановления и теории вероятности формализована методика, расчета интервалов пополнения материальными ресурсами (топливом, смазкой, материалами и запасными частями.) Пунктов, проведения ТО

локомотивов. Выполнены расчеты и получены количественные характеристики ЗИП для создания нормативных запасов для ПТО.

4. Дано определение, рассмотрен состав и назначение ЗИП для локомотивного хозяйства. При этом выделены основные признаки классификации ЗИП • по назначению, безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости. Дана расшифровка этих признаков применительно к материалам и запасным частям, которые используются для замены на локомотивах. ■.

5. Предложена методика формирования ЗИП для различных структурных подразделений локомотивного депо. Выделено семь основных стратегий формирования ЗИП с учетом пополнения его от внешних?; источников, ■ а также соответствующих ремонтных подразделений, выполняющих восстановление узлов и деталей локомотивов.

6. Предложена методика определения достаточности сформированного варианта ЗИП, учитывающая количественные и качественные характеристики заявок с места, замены, - интенсивность потока замен деталей, номенклатуру деталей для конкретного типа локомотива, а /также- техническую оснащенность' ремонтно-восстановительных органов.. ' !.../■'<

7: На основе теории принятия решений выявлено, что особенностью процессов формирования действий обслуживающего персонала при организации МТО' является достижение некоторых целей на основе заданных предпочтений (требований инструктивных документов,- оперативная ситуация, „наличие технических средств, обеспечение и .. т.д.). Исходя-, из' этого. выделены семь информационных ситуаций,, которые позволят обслуживающему персоналу создавать нормативные, процедуры й оказывать помощь в формализации-его предпочтении по организации МТО.

РАЗДЕЛ 3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИ ТО ЛОКОМОТИВОВ

3.1. Применяемые методы контроля и их анализ

Процедура проведения контроля* ставит своей целью проверить гипотезу, о том, что надежность проверяемого объекта не ниже установленного уровня. . . . • ■ .

При выпуске изделий . в промышленности . конечным результатом, как правило, является одно из двух решений: принять партию, считая надежность продукции удовлетворительной, или забраковать 'контролируемую партию как ненадежную. Контроль надежности реализуется при помощи специальных методов, которые определяют правила применения определенных принципов, и. средств контроля. ; - ...

Цели контроля определяются следующими задачами [167]: ' .

- проверки работоспособности (соответствия объекта контроля установленным' техническим требованиям в момент, осуществления контрольных операций);' . .

проверки запаса. работоспособности (соответствия объекта контроля - установленным . . требованиям в будущем прогнозирование); . - .

диагностики неисправностей объекта контроля;

г локализации неисправностей объекта контроля; . ' ,

- . анализа неисправностей с •• целью предотвращения их возникновения в данном объекте и разработки новых образцов;

- ■ исследования . процесса • функционирования ' в заданных условиях с. целью выработки рекомендаций для последующей эксплуатации. . - . ' . • ''

В качестве средств контроля (аппаратное обеспечение) используются универсальные (стандартные) измерительные средства (приборы) и специализированное измерительное оборудование (включая встроенные, средства контроля). Программное обеспечение определяет стратегию и тактику осуществления контрольных операций.

Существуют прямые и косвенные методы контроля. [275]. Прямые методы осуществляют достижение цели контроля непосредственными измерениями искомых характеристик объекта. В основе косвенных методов заложена заранее установленная связь (детерминированная, или вероятностная) измеряемых величин с искомыми показателями, например, путем анализа электрических характеристик (ток, напряжение и др.), получаемых с помощью встроенного контроля или через внешние выводы, анализа теплового излучения и распределения температуры рабочего тела объекта контроля, распознавания образцов и т. д. Косвенные методы в ряде случаев оказываются единственными, возможными, так, как они позволяют осуществить дистанционный контроль. В связи со значительным ростом сложности объектов контроля, количества выполняемых ими функций, номенклатуры используемых материалов косвенные методы являются наиболее перспективными;

Дистанционный контроль заключается в проведении контролирующих операций, при отсутствии, доступа к объекту контроля. Дистанционный контроль осуществляется с использованием каналов передачи контрольной информации (механического, акустического, оптического, электрического, химического, биологического и др.). Дистанционный контроль возможен, если получаемая с его помощью информация достоверна, т. е. погрешности, вносимые преобразователями информации и

каналами ее передачи, существенно меньше величины контролируемого признака.

Существуют следующие методы контроля надежности [111]:

- метод анализа кривых распределения показателей качества;
- метод точечных контрольных диаграмм;
- метод выборочного контроля качества;
- последовательный метод контроля качества.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки и может быть использован в том или ином конкретном случае.

Наибольшее распространение в практике контроля надежности получили одиночные и последовательные методы. Самым экономичным методом контроля надежности является последовательный. Поэтому при испытаниях опытных изделий предпочтительнее метод последовательного анализа. Метод однократной выборки обычно используется для испытаний серийных образцов.

Совокупность условий испытаний контролируемых изделий и правил принятия решения называется планом контроля. Под совокупностью условий испытаний понимаются: условия браковки и приемки; объем испытаний и т.д. Правила принятия решений определяются методами контроля. Так как число сочетаний различных условий испытаний и правил принятия решения может быть значительным, то и количество различных планов велико.

3.1.1. Метод анализа кривых распределения показателей качества

Исследование кривых распределения, которые построены по результатам обработки экспериментальных данных, и основных

параметров этих распределений, наиболее распространенный метод анализа и , оценок точности и стабильности технологического процесса ремонта локомотивов и надёжности их в эксплуатации [142]. Как правило, распределение отклонения выходных характеристик параметров качества изделий, при отсутствии среди источников погрешностей отдельных факторов/доминирующих над совокупностью . всех остальных, подчиняется- закону Гаусса или близкому к нему.. Распределение- отклонений показателей качества существенно- положительных • величин . • (ресурс, пробег, непараллельно сть-и перпендикулярно сть. плоскостей или . осей и т.д.), должно соответствовать закону Максвелла или. быть близко к нему. Всякое отклонение от налаженного' хода. технологического процесса- ремонта. • и\ эксплуатации ■ . (нестабильность ' или неправильность режима, грубая 'настройка, износ ййструмента и оборудования , и - т.д.),. обязательно отразится на виде и количественных характеристиках кривых распределения, законы распределения показателей-качества будут значительно отличаться от законов - распределения • при- стабильном и точном;, .-..ходе технологического ' процесса: кривые ', . будут ..-растянутыми,- асимметричными, многовершинными, уступчатыми и т.п. [16.7].

-. - Методика анализа кривых распределения, показателей качества заключается в следующем. Рассмотрим технологический процесс обработки подступичной части оси. колесной пары. Возьмём 7V осей, изготовленных за определенные промежутки времени. Измерим для каждой оси -диаметр подступичной- части. Пусть D_{min} ■ и D_{max} наименьшее. й наибольшее значение диаметра в рассматриваемой, партии. Разобьём интервал $R = J_{9_{max}} - Z_{>min}$ на несколько n равных частей; и подсчитаем число осей, размеры которых лежат в каждом частичном интервале, т.ё. частоту/и.. • \ ...

Определяем частоту йб формуле [63],

$$t_i = \frac{m_i}{N} \tag{3.1}$$

Длина интервала определится как

$$\Delta D_i = \frac{D_{max} - D_{min}}{n} \tag{3.2}$$

Плотность распределения определяется из выражения [63]

$$f_i = \frac{m_i}{\Delta D_i \cdot N}$$

Определяем среднее значение размера D по формуле [63].

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^k D_i m_i}{N}$$

Определяем среднее квадратное отклонение σ [63]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (D_i - \bar{D})^2 m_i}{N}} \tag{3.5}$$

Определяем коэффициент вариации v из выражения. [63]

$$v = \frac{\sigma}{\bar{D}} \tag{3.6}$$

Полученные результаты сравниваем с параметром отстроенного технологического процесса показанного на рис. 3.1.

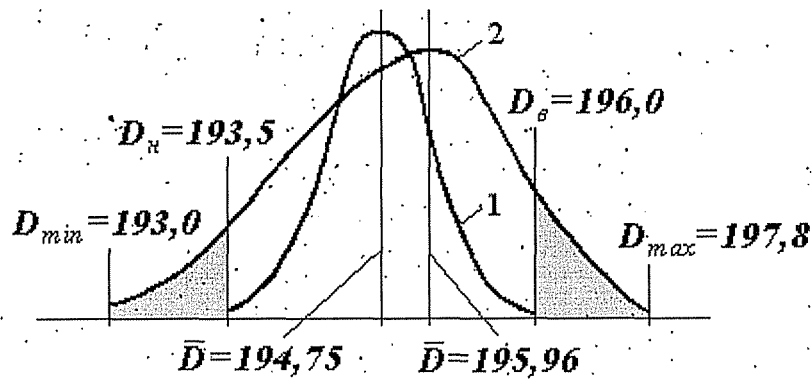


Рис. 3.1. Схематическое изображение состояний технологического процесса (D в мм)

Распределение 1 на рис. 3.1 характеризует стабильный технологический процесс, обеспечивающий выпуск продукция в пределах поля рассеивания $D_H = 193,5$ мм и $D_e = 196,0$ мм со средним, значением $D = 194,75$ мм, и средним квадратичным отклонением $a = 0,417$; мм. ■

Контролируемый, технологический процесс (кривая 2) не является стабильным, так как Центр группирования (среднее значение) сдвинут вправо по отношению к точно отстроенному технологическому процессу. Контролируемый технологический процесс не отличается точностью размеров осей колёсных пар. Некоторые из них имеет размеры, выходящие за пределы поля допуска $D_H = 193,5$ мм, и $D_B = 196,0$ мм. Доля брака определяется площадью заштрихованного участка. ■

• Для обеспечения точности и стабильности технологического процесса необходимо настроить работу оборудования в соответствии с требованием [11-3].

.. ■■■■■' ' . - . (п'Г' - ' ■. •О-

'Д

где 5 - поле допуска..

• При симметричном расположении центра группирования показателя качества выражение (3.7) имеет вид

$$\bullet \text{ "За} < |. \text{ " } \quad (3.8)$$

Метод, анализа и оценки точности и стабильности технологического процесса по кривым распределения имеет тот недостаток, что не позволяет получить представление об изменении размеров детали и расположении центра группирования их во времени. Такой анализ и оценка осуществляются построением точечных диаграмм хода технологических процессов при проведении ТО локомотивам.*

3.1.2. Метод точечных контрольных диаграмм

Пусть технологический процесс находится в устойчивом состоянии. Будем считать, что распределение контролируемых параметров x или показателей состояния локомотива точно или приближенно следует нормальному закону с центром a , и дисперсией σ^2 . За центр и дисперсию, этого нормального распределения принимаем \bar{x} - среднее арифметическую величину и дисперсию контролируемого параметра или показателя, полученные, по результатам обработки представительной выборки. Будем следить непрерывно за производственным процессом, измеряя каждый параметр или показатель локомотивов или изделий. Параметры большинства, будут, очень мало отличаться от средней a . Можно ожидать, что в достаточно большой партии, приблизительно 95% изделий, по своим параметрам будут отличаться от средней a не больше, чем на $\pm 2\sigma$; 99,7% не больше, чем на $\pm 3\sigma$. Поэтому, если в небольшой партии будет обнаружен локомотив или его узел с параметром или показателем, отличающимся от среднего более чем на 3σ , то это будет свидетельствовать о нарушении нормальности распределения или появления погрешностей. Для эффективности статистического контроля качества, быстроты и наглядности анализа полученных показателей применяется метод точечных контрольных диаграмм [142]; Сущность этого метода состоит в том, что сводные статистические показатели по каждой выборке наносятся точками на специально разграфленные карты (рис. 3.2);

.. Контрольная карта... строится для каждой контролируемой статистической характеристики параметра изделия!

■ \bar{x} - среднего значения в выборке; x - значения в выборке; σ - дисперсия

- среднего квадратичного отклонения в выборке a ;
- размаха варьирования параметра в выборке R .

Выбор типа контрольных карт (\bar{x} , a , R) определяется, характером ожидаемых погрешностей и объёмом выборки. Если погрешности приводят к смещению средних, то используют \bar{x} ; если к увеличению разброса параметров - то a или R . Каждая точечная контрольная диаграмма строится следующим образом: по оси абсцисс откладываем номера последовательных выборок, по оси ординат - значение контролируемой статистической характеристики параметра или показателя качества (изделия). На диаграмме наносится центральная линия, отвечающая среднему значению статистической характеристики. Наносятся две контрольные линии (нижний и верхний, контрольные пределы исследуемого параметра), проведённые от центральной линии на таком расстоянии, что выход значения параметра за эти линии имеет достаточно малую вероятность: обычно 0,003 (0,3%).

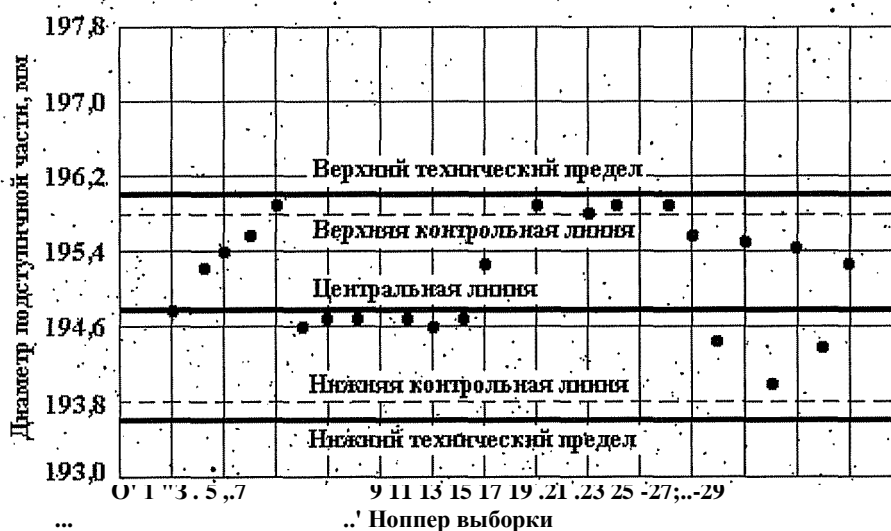


Рис. 3.2. -Образец точечной контрольной диаграммы средних

На контрольной диаграмме средних \bar{x} контрольные линии отстоят от центральной на расстоянии, равном 3 ст. На практике на

$$x_a = a + \frac{t}{\sqrt{n}}$$

где t - параметр, соответствует вероятности.

Так, при $t = 3$ вероятность нахождения точек внутри контрольных пределов равна 0,9973. Выход точки за эти пределы на

контрольной диаграмме имеет вероятность 0,0027 или 0,27%.

В силу симметрии .ВЫХОД точек выше $X_{в}$ или ниже $X_{ц}$ имеет вероятность более 0,0014. Эта вероятности очень мала и практически выход Тонки на диаграмме, за .трехсигмовые пределы всегда сигнализирует о появлении погрешностей. . . .

■ 3.1.3.Метод выборочного контроля качества

При контроле-качества продукции массового производства, а также в тех случаях, когда затраты на контрольные операции превышают или сопоставимы с затратами на- изготовление продукции, а также в тех случаях, когда контроль качества связан с разрушением изделия, при контроле качества используется метод выборочного контроля [103]. ■ ' .

Метод выборочного контроля может быть применим при контроле по количественному признаку (точность размеров, состав, напряжение и т.д.), при контроле по качественному признаку (в тех случаях, когда • прш контроле, можно отмечать- лишь категории, классы)- и по альтернативному признаку (когда контролируемое локомотивы и их .узлы: разбиваются ' на годные или,, дефектные): Математически, модель процесса /выборочного' ..контроля представляется¹.-следующим.; образом [167].; Контролю подлежит совокупность изделий $N=\{0.1\}$, $i =$ Из этой ' генеральной совокупности ' случайным • образом формируется выборочная

совокупность изделий $N = \{O_j\}$, $j = 1, \dots, n$. Устанавливают возможные результаты измерений контролируемого признака. Если контроль проводится по количественному признаку и результаты измерений являются скалярными величинами, предполагается, что результаты наблюдения являются взаимно независимыми, случайными величинами с функцией $F(x)$. При этом предположении результаты контроля n объектов образуют последовательность значений взаимно независимых, одинаково распределенных случайных величин с функцией распределения $F(x)$; ...

Выборочный контроль качества имеет своей целью проверить гипотезу о том, что качество изделий генеральной совокупности не ниже установленного уровня. При этом конечным результатом, как правило, является одно из двух решений: принять партию, считая качество изделий удовлетворительным, или забраковать. Так как контроль производится на основании выборки, то при принятии решений возможны два вида ошибок: ...

- ошибка первого рода, когда бракуется заведомо хорошая партия. Вероятность такой ошибки называется риском поставщика (tf) J ...

■ - ошибка второго рода, когда плохая партия принимается. Такая ошибка называется риском заказчика (?■). : ' .

Исходя из величины выборки JV , результатов контроля n изделий и a или $D /$, устанавливаются оценочные нормативы C_0 и $C/$ (оценочные числа). Если выборочное значение контролируемого параметра меньше ■ или равно $:C_0$, то партия принимается; • если больше или равно $C/$, то партия бракуется. :

Если контролируется число дефектных изделий в партии N и при наличии в ней $I > 0$, дефектных изделий определяется величина [юз].- < ; ... ' ! • - ' ...

на основании которой партия признается годной.

При наличии D_j дефектных изделий определяется величина [ЮЗ]

(3.12)

на основании которой партия признается негодной. .

Нормативы C_0 и устанавливаются из соотношения [113] при $(50 < i < 0.1W)$

$$\frac{C_0}{V^{0.1(1-\alpha_0)}}$$

(3.13)

(3.14)

где Φ_0 - табличное значение функции Лапласа.

При контроле качества, методом однократной выборки предъявляются повышенные требования к планам контроля, т.е. условиям браковки и приёмки, заданию значений a , и D установлению и обоснованию объёма выборки и т.д:

3.1.4.Выборочный контроль по альтернативному признаку

Выборочный контроль по альтернативному признаку исходит из классификаций контролируемых изделий партии на годные и негодные относительно, заданных требований.- Основой контроля является доля отказавших изделий в партии [44]. Планы контроля для данного метода составляются по критерию интенсивности отказов при известном и, постоянном параметре формы v И при параметре „положения , $c=0$ ’ распределения .•.Вейбулла. . Путем

выборочного контроля определяется соответствие надежности предъявленной партии изделий заданным требованиям. Качество партии характеризуется долей ненадежных изделий P в этой партии.

При контроле по критерию надежности ненадежным считается такое изделие, которое не отвечает заданным требованиям по времени безотказной работы.

Выборочный контроль по альтернативному признаку планируется так, чтобы при ...

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{100} \quad (3.15)$$

была обеспечена высокая вероятность принятия партии и чтобы приемка партии при q_p или выше осуществлялась с вероятностью не большей β . Значение α является входным значением, а значение q_β - информативным. Значение $1 - q_\alpha$ представляет собой максимальный уровень безотказности, который при выборочном контроле можно считать приемлемым в качестве среднего уровня безотказности в представленных партиях.

Решение о надежности, изделий, составляющих партию объемом N , принимается на основе результатов испытаний n изделий, случайно выбранных из партии. Если изделия, составляющие выборку, не могут быть испытаны в течение заданного времени безотказной работы t_0 , испытания, проводятся в течение времени $t_i < t_0$ и определяется число отказавших при испытании изделий d .

Для приемки по критерию надежности план контроля определяется тремя параметрами n, C, t_j , где C - приемочное число.

Выбор плана контроля зависит от заданных требований, выбранного значения λ и величины интенсивности отказов $2(Z)$.

В общем случае функция распределения Вейбулла имеет вид [63]

$$F(t, a, b, c) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right] \quad 0 < c < +\infty; a > 0, b > 0, \quad (3.16).$$

где a, b - параметры распределения Вейбулла.

Так как $c=0$, функция распределения для этого случая имеет вид

$$F(t, a, b, c) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right] \quad (3.17)$$

где $t > 0, a > 0, b > 0$.

Интенсивность отказов имеет вид [44]

$$h(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a} \right)^{b-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{a} \right)^b \right] \quad (3.18)$$

где $t > 0, a > 0, b > 0$.

Интенсивность отказов статистически определяется отношением количества изделий, отказавших в единицу времени, к количеству изделий, подвергшихся испытаниям.

Для выбора плана контроля применяется следующее соотношение между долей ненадежных изделий в партии P и интенсивностью отказов $A(f)$

$$A(f) = -\ln(1-P); \quad (3.19)$$

При проведении выборочного контроля по альтернативному признаку используются статистические данные (время безотказной работы), распределенные по закону Вейбулла с известными параметрами.

Для принятия решения о приемке или браковке партий выполняются следующие действия [103].

В соответствии с характером исходных данных приведенных в таблицах 3.1 и 3.2 выбирается схема плана контроля (рис.3.3-3.10)...

Исходные данные для выбора схемы плана контроля
(продолжительность испытаний равна времени безотказной работы

Известные величины	Определяемые величины		Номер рисунка
	параметры плана контроля	вспомогательные величины	
$TU, t_0, A_j(t_0)$	n, C	q_B	Рис.3.3
TV, t_0, f_{atto}	n, C	$A_j(t_0), q_e$	Рис.3.4
$t_0, A_{fio}, \&2(t_0)$	n, C	Ng, q_e	Рис.3.5
N, t_0, q_a	$П, С$	$A_{fio}; A_{2fio}, q_B$	Рис.3.6
N, t_0, q_e	n, C	$A_j(t_0), A_{2fio}$	Рис.3.7

Таблица 3.2

Исходные данные для выбора схемы плана контроля
(продолжительность испытаний меньше, чем заданное время безотказной работы $t_0 < O$)

Известные величины	Определяемые величины		Номер рисунка
	параметры плана контроля	вспомогательные величины	
N, t_0, t_j, A_{fio}	n, C	A_{2fio}, q_a, q_s	Рис.3.8
$N, t_0, t_2, A_3(i_0)$	n, C	$A_{fio}, ЦвЧа$	Рис.3.9
t_0, t_j, A_{2fio}	$П, С$	$N, A_{fio}, ЦаЦе$	Рис.3.10

Из представленной на контроль партии изделий объема N отбирается случайным образом выборка объема n .

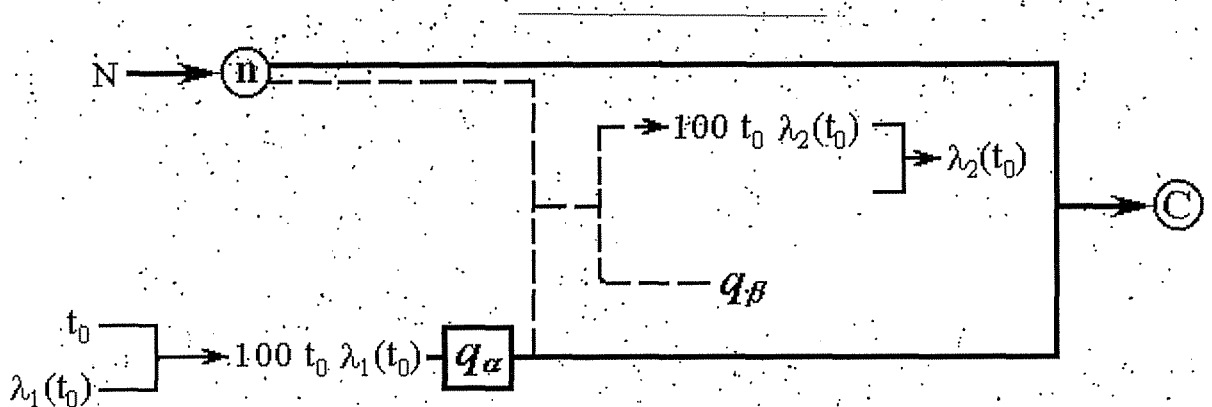


Рис. 3.3: Схема 1-го плана контроля

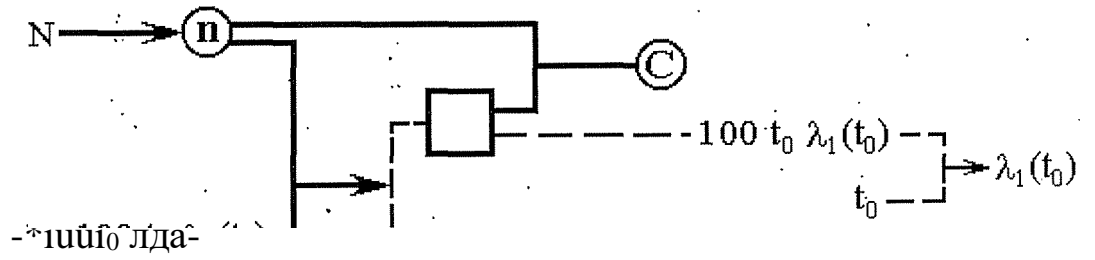


Рис. 3.4. Схема 2-го плана контроля

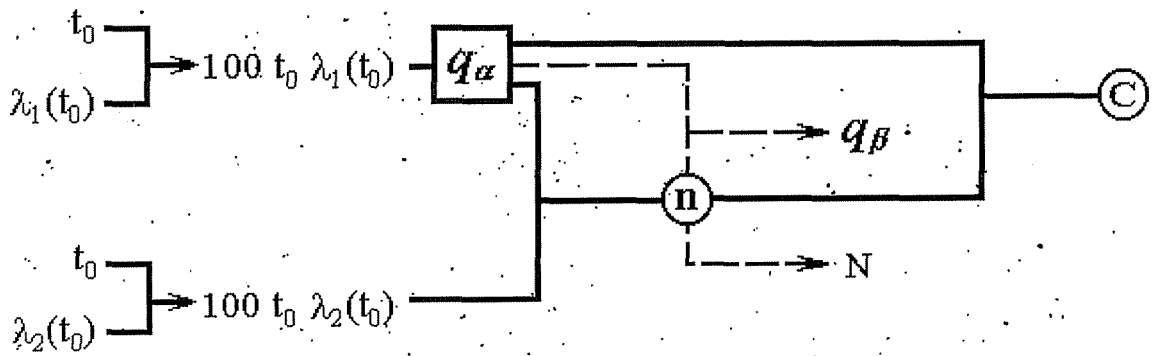


Рис. 3.5. Схема 3-го плана контроля



Рис. 3.6. Схема 4-го плана контроля

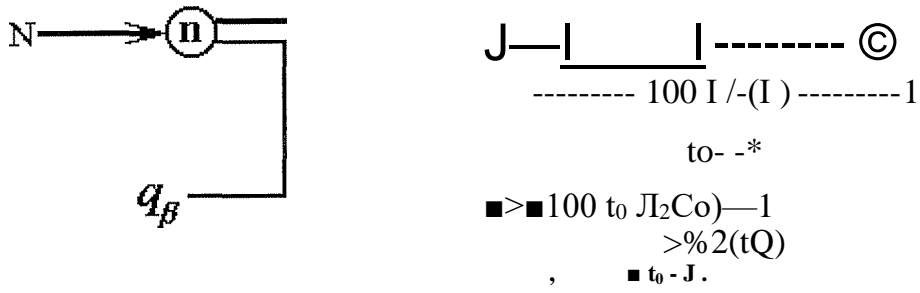


Рис. 3.7. Схема 5-го плана контроля

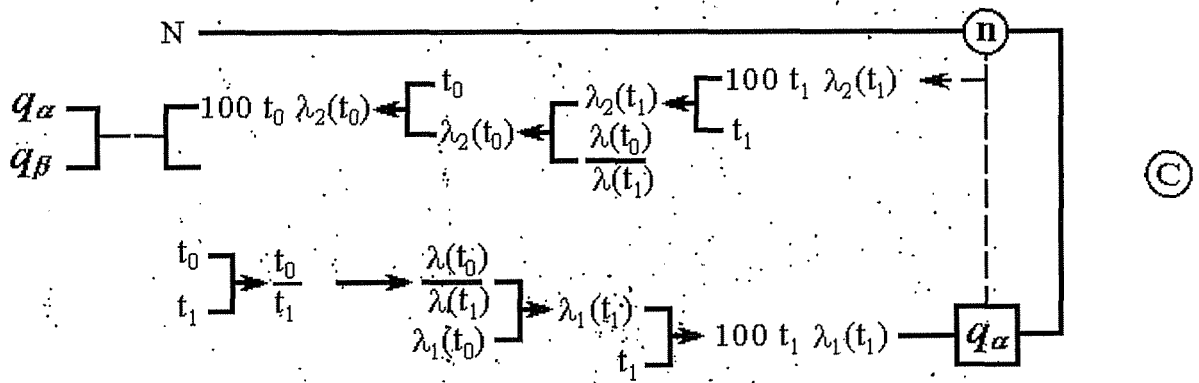


Рис. 3.8. Схема 6-го плана контроля

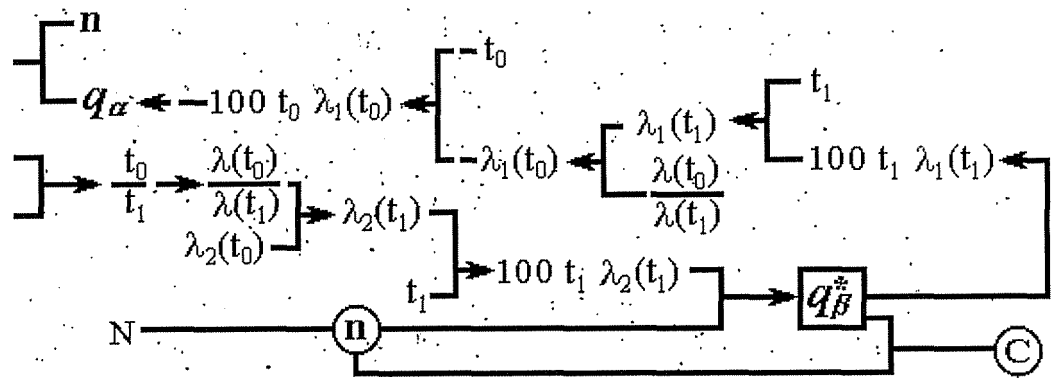


Рис. 3.9. Схема 7-го плана контроля

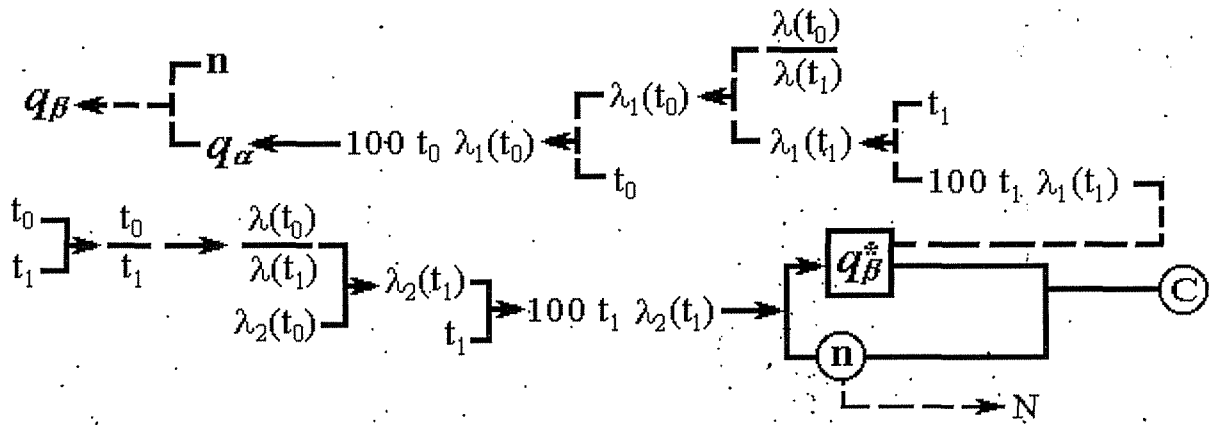


Рис. 3.10.. Схема 8-го плана контроля

После этого изделия, выборки подвергаются испытаниям в течение времени t_i . Регистрируется количество изделий выборки d , отказавших в течение t_i .

Полученное: число d сравнивается с приемочным числом C плана контроля.

Решение по результатам контроля принимается следующим образом:

- если $d < C$ партия принимается;
- если $d > C+1$ партия бракуется.

3.5б. Последовательный метод

Последовательный метод контроля качества не предусматривает предварительного объема выборки. Информация о качестве изделия накапливается при последовательно, возрастающем объеме выборочного контроля. На каждом этапе последовательного контроля отношение правдоподобия L сравнивается с заранее определенными оценочными нормативами [113].

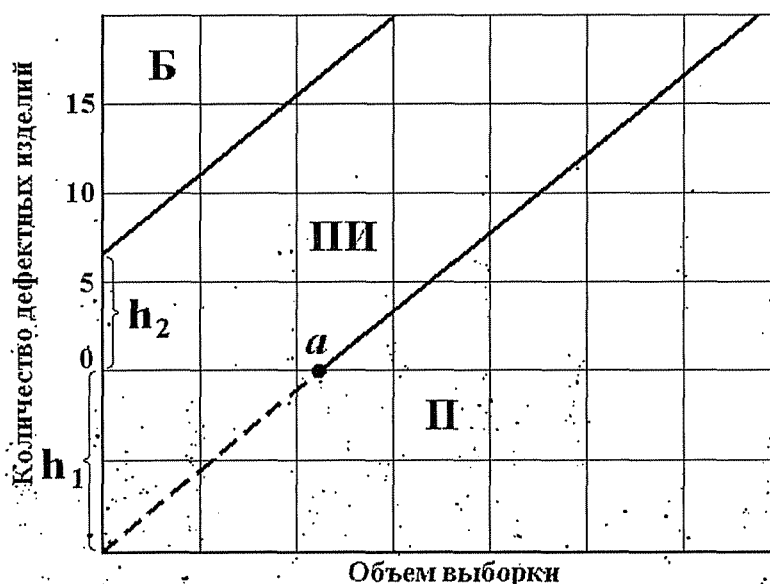


Рис. 3.11. План контроля.

Для контроля по последовательному методу необходимо на построенном графике ; откладывать опытные точки, полученные в процессе проведения испытаний. Когда опытные, точки выйдут из зоны продолжения испытаний: (ПН), испытания заканчиваются и делается соответствующий вывод о приемке партии изделий.

3.2.1 пределение предельных значений контролируемых параметров

3.2.2 .Постановка задачи

При Контроле и диагностировании технического состояния используют в основном: количественные ■ параметры, которые получили название структурных. Под структурными параметрами понимаются различные физические величины (линейные размеры деталей, площади, объемы, усилия затягивания, давление, частота Вращения, амплитуда колебаний, сила звука, напряжение, сила тока, температура и т. ,д.)5 которые количественнц характеризуют техническое состояние контролируемого объекта. Значения этих

параметров могут быть начальными, допустимыми и предельными [246].

Начальное значение структурного параметра характеризует техническое состояние локомотива после изготовления его на заводе или при- выпуске из . капитального ремонта при соблюдении утвержденных технических условий. .

• Допустимое значение структурного '• параметра характеризует техническое состояние от начального до промежуточного значения, когда, сборочную-, единицу? или агрегат .'уже нельзя считать исправным, но вместе с-тем продолжение-эксплуатации локомотива или его узла еще возможно- до очередного ТО или ТР, но с пониженными техникр-экоэкономическими показателями.-. Продолжение эксплуатации локомотива приводит.к постепенному накапливанию изменений в деталях ■■ и агрегатах в таких ' количествах,.. что структурные параметры достигают предела, при котором наступает коренное, а подчас скачкообразное их качественное изменение.

•Таким образом, наступает. предельное значение структурного параметра, которое соответствует полной потере работоспособности сборочной единицы или агрегата, т.- е? агрегат или полностью перестает выполнять свои, фун.кций, либо его технико-экономические свойства 'снижаются: настолько, что дальнейшая, эксплуатация становится недопустимой. •

■ ' • Исходя из этого,' в- -целях объективного - и однозначного определения вида технического, состояния локомотивов предложена методика установления предельных значений 'параметров' в эксплуатации. ' ' ■ -.. ' . ■ ■'

. При этом, для определения предельных значений .параметров локомотивов все параметры, технического состояния были разделены на две Группы: '; - v • .; . '• ' : . '

- параметры, значения которых однозначно характеризуют техническое состояние локомотива или его узла (функциональные зависимости между параметрами известны);

- параметры, значения которых неоднозначно характеризуют техническое состояние локомотива (функциональные зависимости между параметрами неизвестны).

Для решения этих задач методикой предусмотрено предельные значения параметров первой группы, определять тополого-вероятностным методом, а второй - статистическими методами. ■

3.2.2.Методика определения предельных значений параметров тополого-вероятностным..методом

Целью данной методики является, определение предельных значений параметров элементов- Объекта на ..основании заданного предельного значения выходного параметра объекта' .с заданной вероятностью [315].

В расчетахиспользуются относительные отклонения параметров (в дальнейшем - отклонения),-определяемые по формуле [зрг' ' •; •; ■ ■■ ' . •;

$$\Delta_i = \frac{X_i - A_i}{A_i} \quad (3.29)$$

где A_i - абсолютное . отклонение. i -го параметра от его номинального значения

Исходными данными для расчета являются:

- δ_n - заданное предельное отклонение выходного параметра объекта ($f_{\text{вых}}$); •

- $P?$ - заданная вероятност ь нахождения $\delta_{\text{вых}}$ в пределах δ_n ;

- функциональная схема объекта. •

Методика . основана ' на .использовании свойств ориентированного графа- объекта, отражающего особенности его

где k_j - коэффициент влияния u -го элемента, связанного с Z -м элементом;

δ_j - отклонение выходного параметра u -го элемента;

n - число элементов, связанных с Z '-м элементом;

δ_i - собственное отклонение выходного параметра z -го элемента;.. " . *

k_i - коэффициент влияния изменения внутренних свойств Z '-го элемента на собственные отклонения его выходного параметра.

После этого . . необходимо представить связь отклонения выходного параметра, объекта с отклонениями параметров его элементов полюсным уравнением графа [249]

$$\delta_{\text{вых}} = \sum_{i=1}^n k_{\text{вых}i} \delta_i + \sum_{j=1}^m k_{\text{вых}j} \delta_j \quad (3.31)$$

где $\delta_{\text{вых}}$ - собственное отклонение выходного параметра объекта;

δ_i - отклонение выходного параметра z -го элемента; .

m - число элементов объекта, отображенных на графе; . ■

$k_{\text{вых}i}$ - коэффициент влияния изменения внутренних свойств выходного элемента / объекта 'на отклонение его .выходного параметра., . ■ ■ . ; ' .

Далее необходимо вычислить' максимальное ' отклонение выходного параметра объекта на-основе принципа расчета "на наихудший случай"- [117]; Для этого в формулу (3.31) нужно подставить предварительные предельные значения собственных отклонений параметров элементов δ_n , ; ■

Используя полученную величину; $\delta_{\text{вых}}^{\text{гтмгтм}}$ строят кривую распределения отклонения. $\delta_{\text{вых}}$ с помощью "правила трех СИГМ" [63] :

$$D \quad \text{■} \quad \text{■} \quad \text{Д} \ll \dots \text{ ; :TT-}' \quad \text{'..} \quad \text{щ. 'з2)$$

где $a_{вых}$ - среднеквадратичное отклонение выходного параметра.

Максимальное значение плотности вероятности отклонения выходного параметра определяется из выражения [63]

$$\sigma_{вых} = \frac{U}{\sqrt{2}} \quad (3.33)$$

Далее определяются значения $\sigma_{п}$, соответствующие заданным δ_n и вероятность нахождения $\sigma_{п}$ в заданных пределах из выражения [315]

$$P = \int_{-\sigma_{п}}^{\sigma_{п}} f(x) dx \quad (3-34)$$

где $S_{с}$ - площадь, ограниченная кривой $D^{(b,x)}$ и ординатами в точках $\pm \sigma_{п}$;

общая площадь под кривой $D^{(x)}$.

После этого сравнивают найденную вероятность P с заданной P_3 . При $P = P_3$ заданные предварительные предельные значения собственных отклонений элементов объекта принимаются за искомые. При $P > P_3$ значения δ корректируются до получения равенства $P = P_3$. При этом значений δ увеличивают при $P > P_3$ и уменьшают при $P < P_3$.

Предельные значения параметров, элементов объекта определяют по формуле [315]

$$D_{max} = |A| + |A^*| \quad (3.35)$$

где $|Z_{im}|$ - максимальное значение параметра;

$|Z_{;71}|$ - номинальное значение параметра.

На основании данной методики, определим предельные значения выходных параметров "дизельгенераторной установки тепловоза. 2ТЭ 1,16, которые овязаны между собой зависимостью [262]

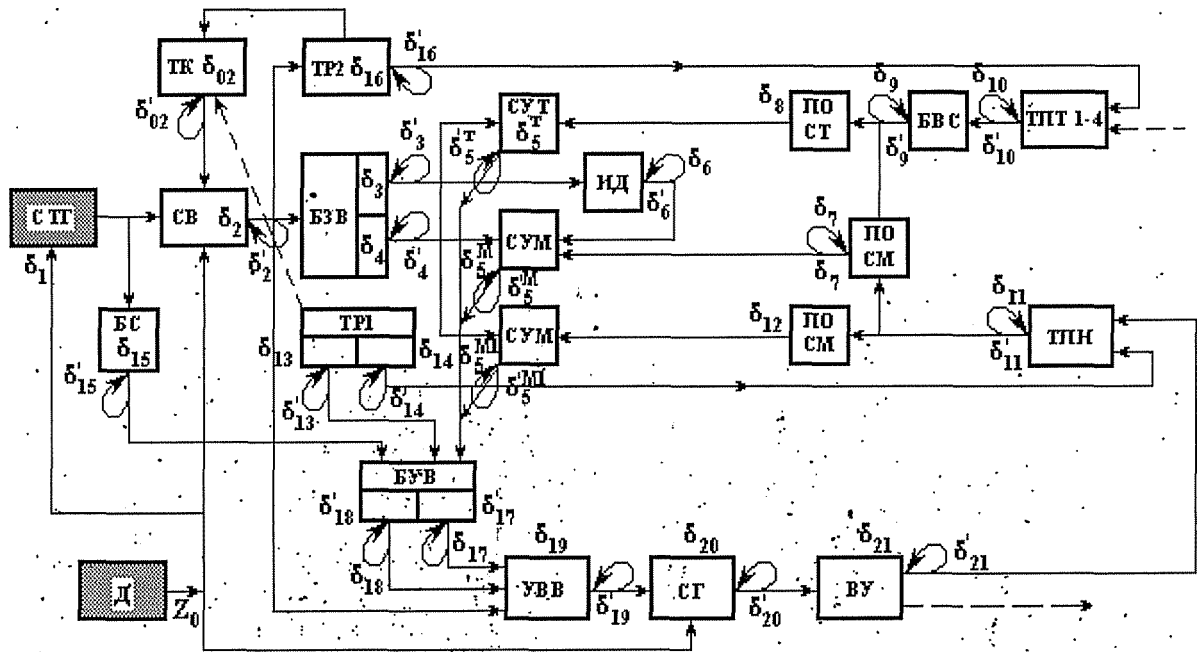


Рис. 3.12' Граф состояний САР дизель-генераторной установки
тепловоза 2ТЭ116'...

К $\bullet\bullet\bullet$ поглощающим. - вершинам относятся: дизель, выходной параметр которого δ_1 ; - частота, вращения коленчатого вала поддерживается с δ_2 отклонением, от заданного уровня регулятором частоты, вращения (на графе не показан), и стартер-генератор, на выходе которого напряжение, поддерживается регулятором напряжения δ_3 с отклонением δ_4 от заданного уровня. На графе независимая, случайная величина δ_5 . (Ток коррекции возбуждения синхронного возбудителя) показана пунктирной линией.

■ \bullet Перечень параметров, δ_i , обозначения их отклонений на графе и предварительные принятые отклонения параметров элементов САР приведены в таблице 3.3. Здесь же приведены полюсные уравнения элементов канала регулирования напряжения. Z_{T_r} генератора.

Отклонение выходного параметра δ_{21} выразим через отклонения δ_i параметров элементов системы. В результате преобразований δ_{21} полюсных уравнений (последовательных подстановок) получаем для δ_{21} следующее уравнение.

$$\delta_{21} = 1/3 [6\delta_1 + 5\delta_2 + 5\delta_3 + 2(\delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8 + \delta_9 + \delta_{10} + \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} + \delta_{14} + \delta_{15} + \delta_{16} + \delta_{17} + \delta_{18} + \delta_{19} + \delta_{20}) + \delta_{21}]$$

$$+5i5)+75i6+5i7+\xi i s+S 19+820+821] \quad (3.37)$$

Коэффициенты при отклонении S_t свидетельствуют о степени их влияния на отклонение выходного параметра S_{2l} .

Максимальное отклонение. $S_{2l} \cdot i_{max}$ определяется при подстановке в полученное выражение (3.37) приведенных в таблице 3.3. значений относительных собственных отклонений параметров элементов системы, В. итоге Находим значение $<5_{27/яяx}=25,48\%$.

Среднеквадратичное отклонение σ_{2l} будет равно

$$\sigma_{2l} = \sqrt{1/3 \cdot 27 \cdot 25,48} = 8,48\%$$

Располагая среднеквадратичным отклонением $\sigma_{2l} = 0,021$, строим график (рис.3.13) нормального, распределения плотности вероятностей отклонения/(А? Д где'

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_{2l} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_{2l}^2}\right) \quad (3.38)$$

Согласно выражения (3,33.) максимальное значение плотности вероятности будет равно $f_{max} = \frac{1}{\sigma_{2l} \sqrt{2\pi}}$

$$f_{max} = \frac{1}{0,021 \sqrt{2\pi}} = 0,0471$$

Остальные значения Доопределяются по таблице3.3.

-При заданном $\alpha = 10\%$. значение $t_{2f} = 1,18$. В соответствии с выражением. (3.34) получаем $P_M = 0,72$. Полученное значение удовлетворяет. требованию $P_M = P_3$. Предварительные предельные, отклонения элементов: САР мощности генератора удовлетворяют заданным требованиям.и могут быть приняты искомыми. • .

Таблица 3.3

Отклонения параметров элементов САР

Обозначения отклонения параметра	Наименование отклонений параметров	Принятое собственное отклонение, %	Полюсные уравнения вершин графа
821	Напряжение на выходе ВУ	$\delta_1' = 0,5$	$821 = 820 + 821'$
820	Напряжение генератора СГ	$\delta_{20}' = 5,0$	$820 = 80 + 819 + 820'$
819	Ток возбуждения СГ	$\delta_{19}' = 1,5$	$819 = 817 + 618 + 82 + 819'$
818, f'	Угол управления тиристором Т1	$\delta_{18}' = i,5$	$818 = 85 + 813 + 815 + 818'$
817	Угол управления тиристором Т2	$\delta_{17}' = 1,5$	$817 = -85^M + 813 + 813 + 817'$
815	Напряжение стабилизации БУВ	$\delta_{15}' = 0,5$	$815 = 81 + 815'$
813	Напряжение синхронизации БУВ - Г	$\delta_{13}' = 2,5$	$813 = 82 + 813'$
85^M	Ток управления БУВ	$\delta_5^M = 5,0$	$85^M = 84 + 86 + 87 + 85^M'$
84	Напряжение на выходе БЗВ	$\delta_4' = 0,5$	$84 = 82 + 84'$
86	Напряжение на выходе БЗВ	$\delta_6' = 0,5$	$86 = 83 + 86'$
87	Напряжение ч уставки по мощности	$\delta_7' = 2,5$	$87 = 89 + 811 + 87'$
83	Напряжение питания ИД	$\delta_3' = 0,5$	$83 = 82 + 83'$
89	Ток на выходе ВВС	$\delta_9' = 0,1$	$89 = 810 + 89'$
811	Ток на выходе ТН	$\delta_{11}' = 1,5$	$811 = 814 + 821 + 811'$
810	Ток на выходе ТПТ(1-4)	$\delta_{10}' = 1$	$810 = 8]6 + 8]0'$
814	Напряжение питания ТНН	$\delta_{14}' = 2,5$	$814 = 62 + 814'$
816	Напряжение на выходе ТР2	$\delta_{16}' = 2,5$	$816 = 82 + 816'$
82	Напряжение СВ	$\delta_2' = i,5$	$82 = 60 + 81 + 802 + 82'$
802	Ток коррекции возбуждения СВ	$\delta_{02}' = 0,1$	$802 = 816 + 802'$
81	Частота вращения дизеля	$\delta_1' = +B,1 \text{ Ч}, 5$	
80	Напряжение СТГ		

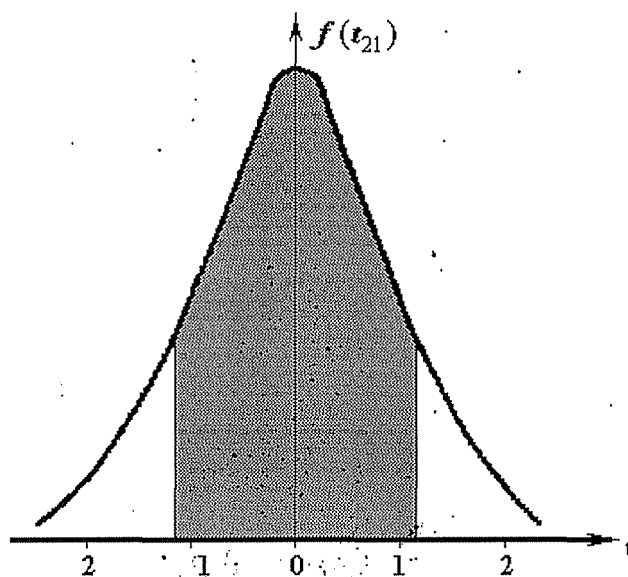


Рис. 3.13. График нормального распределения плотности вероятностей отклонения $f(t_{21})$.

3.2.3. Методика определения предельных значений контролируемых параметров при помощи статистических методов

Статистические методы применяются при наличии объема статистических данных, достаточного для построения распределений плотностей вероятности значений параметра для работоспособного (состояние 1) и неработоспособного (состояние 2) состояний объекта [25-5]. Области значений параметров обоих состояний пересекаются, и поэтому при определении предельных значений параметров возникают ошибки диагностирования видов (состояния 1 и 2) и (состояния 2 и 1), которые имеют соответствующие стоимости C_{12} и C_{21} . ■

■. Если известны априорные вероятности нахождения объекта в работоспособном (P_f) и неработоспособном (P^o) состоянии и стоимости ошибок диагностирования (c_2 и $c_{1/}$), то предельные

значения параметров определяются по критерию Байеса. При наличии данных только о $c_{1>2}$ и c_{2n} предельные значения параметров определяются по минимаксному критерию.

Определение предельных значений параметров по критерию Байеса заключается в следующем [50]. Необходимо задать точность определения предельного значения параметра и для каждого вида технического состояния объекта необходимо определить математическое ожидание $(m_1 \text{ и } m_2)$, среднеквадратичные отклонения (σ_1 и σ_2) значений параметра (Z).

Априорные вероятности P_1^0 и P_2 нахождения объекта в одном из видов состояния определяются по формулам [50]:

$$P_1^0 = \frac{N_1}{N}, P_2 = \frac{N_2}{N} \quad (3.4.0)$$

где N_j - количество обследованных объектов, у которых наблюдалось состояние 1 (работоспособное);

N - общее количество обследованных объектов.

На основании заданных стоимостей ошибок обоих видов c_{12} и c_{21} , определяем пороговое значение коэффициента правдоподобия (L_0) из выражения [255]

$$L_0 = \frac{c_{12}}{c_{21}} \quad (M)$$

Определяем предельное значение параметра объекта диагностирования по формуле [31.5]

$$Z = \frac{\pm \sqrt{1 + \frac{2}{V} J(W_2 - a)^2 + (\sigma^2 - a^2) \ln \dots}}{\dots} L \quad (3.42)$$

Определение предельных значений параметров по минимаксному критерию выполняется следующим порядком.

Вначале тоже необходимо задать, точность определения предельного значения параметра и задаться стоимостью ошибок обоих видов $C_{\alpha 2}$ и $c_{2>1}$. После этого для каждого вида технического состояния объекта необходимо определить - математическое Ожидание (m_1 и m_2), среднеквадратичные отклонения (σ_1 и σ_2) значений параметра (Z) и предельное значение, параметра объекта методом последовательного приближения по формулам [191]. Л

- , ? (3-
.43)

$$F_1[Z^{(i-1)}] = 1 + \Delta^{\leq} \left| \begin{array}{c} Z^{(i-1)} \\ \text{"V1"} \end{array} \right| \quad (3.45)$$

$$\left. \begin{array}{c} Z^{(i-1)} \sim m_2 \\ S''- \end{array} \right| \quad (3.46)$$

$$0 [Z^{(i-1)}] J \text{ " } C_{2,1/1} E^{Z^{(i-1)}} \quad C_{1,2/2} [Z^{(i-1)}] 1 \quad (3.47)$$

где I - индекс приближения параметра Z ; ■

$Z(i-i)$ - значение параметра в предшествующем приближении;'

$$\blacksquare 1 z'$$

$\phi(4) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt$ г табулированный интеграл вероятности.

В качестве первого приближения необходимо' принять [191]

$$\bullet \blacksquare \dots Z_1 = \dots \quad (3.48)$$

На основании, приведенных выражений- делается несколько расчетных значений, каждое, из которых сравнивается с заданной точностью. При достижении полученным выражением заданной точности -вычисления прекращаются, а полученное- последнее значение является искомым предельным значением параметра.

3.3. Определение диагностической ценности информации

3.3.1. Постановка задачи

В задачах контроля и диагностики состояние системы описывается с помощью комплекса каких либо признаков

$$D = \{k_1, k_2, \dots, k_J\} \quad (3.49)$$

где D - состояние системы; J - количество признаков, имеющих n разрядов.

Во многих алгоритмах диагностирования (распознавания) удобно характеризовать систему параметрами X_j , образующими V -мерный вектор или точку в V -мерном пространстве

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_V\} \quad (3.50)$$

В большинстве случаев параметры x_j имеют непрерывное распределение. Например, пусть x_j - параметр, выражающий температуру за турбиной. Предположим, что соответствие между параметром x_j ($^{\circ}\text{C}$) и трехразрядным признаком k_j таково

температура менее 450°C $\sim k_j = 0$

температура между 450°C и 550°C $\sim k_j = 1$

температура выше 550°C $\sim k_j = 2$

В данном случае, с помощью признака k_j получается

дискретное описание, тогда как параметр X_j дает непрерывное описание. Необходимо отметить, что при непрерывном описании обычно требуется, значительно - больший объём предварительной информации, но описание получается более точным. Если, однако,

необходимый объем предварительной информации значительно сокращается.

В задачах технической диагностики возможные состояния системы (диагнозы) считаются известными. Поэтому для определения количества дискретных или аналоговых диагностических параметров необходимо знать основные вероятностные характеристики, этих параметров в одном или нескольких диагнозах, которые они имеют на данный момент времени. Для этих целей можно воспользоваться широко распространенным и несложным статистическим методом распознавания на основе критерия Байеса.

3.3.2. Сущность критерия Байеса

Среди методов выбора диагностических параметров метод, основанный на обобщенной формуле Байеса, занимает особое место благодаря своей простоте и эффективности.

Метод, основан на простой формуле Байеса. Если имеется диагноз и признак k_j встречающийся при этом диагнозе, то вероятность совместного появления событий (наличие у объекта состояния D и признака k_j) определяется, из следующего выражения [51]

$$P(D, k_j) = P(k_j | D) \cdot P(D) = P(k_j) \cdot P(D) / \sum_{i=1}^n P(k_j | D_i) \cdot P(D_i) \quad (3.51).$$

Из этого равенства вытекает формула Байеса:

где $P(D)$ - вероятность диагноза, определяемая по статистическим данным или априорная вероятность диагноза.

$P(k | D)$ - вероятность появления признака k , у объектов с состоянием E ;

$P(k_j)$ - вероятность появления признака k_j во всех объектах независимо от состояния (диагноза) объекта.

Так, если предварительно обследовано N объектов и у N_i объектов имелось состояние E_i , то

$$P(k_j | D) = \frac{N_{kj}}{N} \quad (3.53)$$

Если среди N_i объектов, имеющих диагноз D_i у ДЛ. появился признак k_j ,

$$P(k_j | D_i) = \frac{N_{kj}}{N_i} \quad (3.54)$$

Пусть из общего числа N объектов признак k был обнаружен у N_j объектов. Тогда

$$P(k_j) = \frac{N_j}{N} \quad (3.55)$$

В равенстве (3.52) $P(D_i | k_j)$ - вероятность диагноза после того, как стало известно наличие у рассматриваемого объекта признака k (апостериорная вероятность диагноза).

В большинстве практических задач, особенно при большом числе признаков, можно принимать условие независимости признаков-даже при наличии существенных корреляционных связей между ними.

Для определения вероятности диагнозов - по методу Байеса необходимо составить диагностическую матрицу (в виде таблицы) которая формируется на основе предварительного статистического

материала. В этой таблице содержатся вероятности разрядов признаков при различных диагнозах. Если признаки двухразрядные (простые признаки "да-нет"), то в таблице достаточно указать вероятность появления признака $P(k/D)$. Вероятность отсутствия признака в этом случае определится как .

$$P(\bar{k}/D) = 1 - P(k/D) \quad (3.56)$$

3.3.3. Характеристики диагностических признаков

В технической диагностике очень важное значение имеет описание объекта в системе признаков, обладающих большой диагностической ценностью.. Использование неинформативных признаков не только оказывается . бесполезным, но и снижает эффективность самого процесса- диагностики, создавая помехи при распознавании.

Количественное определение . диагностической ценности признаков.. и комплексов признаков. может быть . 'проведено на основании теории информации [5 Г]. Главный принцип состоит в том, что диагностическая Ценность признака определяется, информацией, которая вносится признаком в систему состояний. Пусть имеется система D , которая находится, в одном из- n возможных состояний D_i , ($i=1,2,\dots, n$). Условимся теперь называть эту. систему "системой диагнозов", а каждое из состояний диагнозом. ■ В большинстве случаев непрерывные различные состояния системы представляются совокупностью эталонов, (диагнозов), причём выбор числа диагнозов часто' определяется заданными . исследованиями. Распознавание состояний, системы D осуществляется, путём .наблюдения за. другой, связанной с ней системой, системой-признаков; ...

.Будем называть'простым , признаком результат обследования который может быть выражен одним из двух символов или

двоичным числом (например: 1 и 0; "да" и "нет"; и т.д.). Если k_j простой признак, то два его состояния будем обозначать: k_j - наличие признака; \bar{k}_j - отсутствие признака.

Простой признак может означать наличие или отсутствие измеряемого параметра в определённом-интервале. Он может иметь и качественный параметр (например, положительный и отрицательный результат испытаний, и т.п.).
 » • ... •

Для целей диагностики область возможных, значений измеряемого параметра, разбивается на интервалы и характерным является наличие параметра.. в одном интервале. В'связи с этим результат количественного- обследования может рассматриваться Как. признак, принимающий несколько возможных состояний.

3.3.4. Диагностический вес признаков

Если в результате рбслёдования выявлено, что признак k_j имеет для данного объекта значение k_{js} ; то это значение будем называть реализацией признака k_j .. Обозначая её k_{js}^* , будём иметь. [51]

$$: (3.57)$$

В качестве диагностического веса реализации '-признака', k_j - для диагноза D , примем [51]'

$$P(D) / k_j$$

$$P(D) = \sum_{k_j} P(D, k_j) / \sum_{k_j} P(k_j) \quad (3.58)$$

где $P(D) / k_j$ - вероятность диагноза D , при условии, что признак Лу- по лучи л. значение k_{js} ; ' " . ' • : -

$P(D)_j$ - априорная вероятность диагноза.' ...

С точки зрения ■. теории информации' величина $Z_{Di}(k_{js})$ Представляет собой информацию о состоянии D_b которой обладает состояние признака ^. ... ■■■■ .

Если вероятность состояния D_j после того, как стало известно, что признак k_j имеет реализацию в интервале s , увеличилась [$P(\Pi_i/k^s) > P(\Pi_i)$], то $Z_{Di}(k_{js}) > Q$, т.е. диагностический вес данного интервала признака для данного диагноза положителен. Если наличие параметра в интервале s не изменяет вероятности диагноза, то $Z_{Di}(k_{js}) = Q$, так, как $P(P/k^s) = P(D_j)$.

Диагностический вес интервала признака s по отношению к диагнозу D_i может быть отрицательным (отрицание диагноза). Диагностический вес наличия признака k_j в интервале s можно записать в виде, более удобном для конкретных вычислений, [51]

$$Z_{Di}(k_{js}) = \frac{P(k_j | D_i, s) - P(k_j | D_i)}{P(k_j | D_i)} \quad (3-59)$$

где $P(k_j | D_i, s)$ - вероятность появления интервала s признака k_j для объектов с диагнозом D_i .

$P(k_j | D_i)$ - вероятность появления этого интервала у всех объектов с различными диагнозами.

3.3.1. Условный и независимый диагностический вес признака

Известно, что диагностическое значение реализации признака во многих случаях зависит от того, какие реализации признаков получились в предыдущем обследовании. Бывает, что сам по себе признак не имеет существенного значения, но его появление после некоторого другого позволяет однозначно поставить диагноз (установить состояние системы).

Пусть проводится обследование сначала по признаку k_1 , а затем по признаку k_2 . При обследовании объекту по признаку k_1 была получена реализация k_{1s} и требуется определить диагностический вес реализации k_{2p} признака k_2 для диагноза A .

- В соответствии с определением диагностического веса [51]

$$Z_D, (k_{2p} I kJ = \wedge_2 [P(k_{2p} I Di kJ / P(k_{2p} / kJ)] \quad (3 -60)$$

Формула (3.60) определяет условный диагностический вес реализации признака.

Независимый диагностический вес этой реализации [51]

$$(3.61)$$

Если, признаки k_j и k_2 являются независимыми для всей совокупности объектов с различными диагнозами, до

$$\text{ЛАГ}_2; = \text{ЛЦЖ) - } \dots \text{ Ц}^{(62)}$$

И условно независимыми для объектов с диагнозом DJ

$$> \dots P(kjD) = P(k_2JDikJ) \quad (3-63).$$

В этом случае условный и независимый диагностические веса реализации совпадают.

3.3.6. Диагностическая ценность обследования

Диагностический вес той, или иной реализации признака не даёт представления о диагностической ценности обследования по данному признаку. Например; при обследовании по простому признаку может оказаться, что его наличие не имеет диагностического веса, тогда как его отсутствие чрезвычайно важно для установления диагноза., ;

Условимся считать диагностической ценностью обследование по признаку k_j в установлении диагноза D - величину информации, вносимую всеми, реализациями признака k_j в установлении диагноза- Пу [51].

Для m - разрядного признака

$$Z_D(k) = \wedge P(kjJ DjZ_D(kJ) \quad (3.64)$$

Диагностическая ценность обследования учитывает все возможные реализации признака и представляет собой математическое ожидание величины информации, вносимой

отдельными реализациями. Так же как величина $Z_{Di}(kj)$ относится только к одному диагнозу D , то будем называть её частной диагностической ценностью обследования по признаку kj .

■ Величина $Z_{Di}(kj)$ может быть записана в трёх эквивалентных формулах [51]

$$Z_D^k = \prod_{s=1}^m Y_{k,JD}^s V^s \quad (3.65)$$

$$Z^k = \prod_{s=1}^m Y_{niLiD}^s P W k.V P i D^s, \quad (3.66)$$

$$\prod_{s=1}^m \dots \quad (3-67)$$

Диагностическая ценность обследования для простого признака будет [51]

$$Z^k = P(k/D) \cdot \{ P(k_i/D) \cdot P(k) \} + \dots \quad (3.68)$$

$$4i \sim W 2 N \log, \quad \dots$$

Обследование, обладающее небольшой диагностической ценностью, для одного диагноза, может иметь значительную ценность для другого. Понятие, общей 'диагностической ценности обследования по признаку kj для всей системы диагнозов'. D , определяется, как количество информации, вносимое обследованием в систему диагнозов [51]

$$Z_p = \sum_{k \in D} P(k_f | D) \cdot \log_2 [P(k_f | D) / P(k)] \quad (3.69)$$

Величина Z_p (Jc) представляет собой ожидаемое (среднее) значение информации, которое может быть внесено, обследованием в

установление неизвестного заранее диагноза, принадлежность рассматриваемой системе (совокупности диагнозов).

В другой форме это выражение будет иметь вид [51]

$$z', (A I' tnn-k) \quad \text{1ой} \quad \dots \quad (3.70)$$

В некоторых случаях представляет интерес определение диагностической ценности реализации признака для всей системы диагнозов. Представляя равенство (3.70) в виде

$$\blacksquare Zp-d'pT.Eyup-z.p \quad (3.71)$$

получаем - . \blacksquare

$$\bullet \blacksquare Z_{j=1}^n, -A \cdot \blacksquare \sum_{I=1}^n k_{js} > 10p, \cdot [\cdot (/ >, -A \cdot \cdot \cdot < / >,))] \blacksquare \quad <^{3-72}$$

• Для проведения расчетов по данной методике для ПЭВМ была создана специальная программа, работающая в среде "Excel".

В качестве примера рассмотрим определение диагностических весов признаков- и диагностическую ценность обследования блока статического преобразователя электропоезда ЭР2Е и определим порядок параметров,, которые- необходимо контролировать при проведении ТО..

Были исследованы следующие. • состояния узлов блока¹, в режимах: •. диагноз' D1 (холостой ход); диагноз- D2 (режим тяги); диагноз. 7)3 (режим рекуперации). -. '• :

.. Обследование - .' производилось . по девяти простым (двухразрядным) признакам, которые характеризуют сигналы следующих узлов: k_2 - распределитель импульсов; k_2 - формирователь.. импульсов. управления;./^ - корректор фазы импульсов; k_4 - усилитель-импульсов управления; k_5 -синхронизация импульсов; $k_6 >$ сигнал датчика напряжения- в контактной с.ети; k_7 - сигнал-датчика длительности угла коммутации; k_8 - сигнал-датчика тока ТЭД; k_9 - сигнал временной задержки срабатывания защиты.

На основании статистических данных по проверке сигналов и выявлению отказов в узлах блока статического преобразователя в эксплуатации эта информация была сгруппирована по каждому режиму работы (диагнозу). При этом, если при очередной проверке сигнал находился в норме и указывал на работоспособность проверяемого узла, то его признак кодировался нулем. Если же сигнал выходил за установленные пределы или вовсе отсутствовал (что говорило о неисправности блока), то признаку этого сигнала присваивалось значение единицы.

На основании полученных статистических данных проведен расчет, который приведен в таблицах 3.4, 3.5, 3.6, и 3.7.

Таблица 3.4

Диагноз $DI = 0,278$

№ признака ;	14 к, l >, >	Zojdcj);	'-ВД).'	Z _D /kr
1	0,160	0,148	-0,026	0,001-
2	0,200	1,000	-0,170	0,064
3	0,080	0,568	-0,172	0,035.
4	0,360	0,930	-0,342	0,116 •
5	0,120	-0,026	-0,004	0,000.
6	0,200	-0,170	0,040	-0,002
7	0,200	0,469	-0,097	0,016
8	0,160	0,148	-0,026	0,001
9	0,080	0,526	-0,038	0,007

Таблица 3.5

Диагноз $D2 pPI(2) = 0,389$

№ признака	1 * < К,			Z _D , (kr
1	0,171	0,247	-0,046	0,004
2	0,057	-0,807	0,067	6,017
3	6,414	-0,725	6,127	6,030
4	-0,143	-6,403	0,080	0,011
5	0,200	0,710	-0,134	0,035
6	0,314	0,822	-0,262	0,079
7	0,229	0,662	-0,149	0,036

8	0,257	0,832	-0,204	0,063
9	0,086	0,626	-0,047	0,011

Таблица 3.6

. Диагноз $Z > 5$ [$T(\xi)_3 = 0,333$]

№ признака	$P(k)/D_j$	Z_{ij} (кр)	$Z_n/k?$ ■	Z_D/V .
1	0,100	-0,531	0,073	0,013.
2	0,067	-0,585	0,052	0,010
3.	■ 0,200-:-	.0,08-2	40'020	0,00 г ■
4	6,100.	-0,9.18 -	■ 0,150	0,043 ■ .
5	0,033 '	. -1,874 '	' 0,139	-0,072 .
6	0,00.0 •	0,000	.0,000	6,000 ...
7.	0,000	, -'. 0,000	0,000 .	0,000.
.8	0,000 .	■ ■ 0,000 .	0,000	...0,000
9	• 0;000	0,000	.0,000	0,000 ..

; . . . ■ Таблица 3.7

Общая диагностическая ценность обследования для всех
- "диагнозов. ($\xi > 7, P_2$ и $T_X?$) ■ •

№ признака .	$P(kr) ;$	$Z_p (k,);$ ■
1 '...	0,144 •	0,006 ' .
3	0,100 ' ..	.0,028-.
'' 4	• • 0,189	'0,021
■ ' 5	' 0,189	0,051
6	. 0,122	0,038
. ' ' 7	.0,178 '■	0,031
• 8 - .	" 0,144	' 0,025- •
.9	• .. 0,056 •	.. 0,006 .

Анализируя последнюю графу таблицы 3.7 по наибольшему числовому значению общей диагностической ценности по каждому признаку можно сделать выводы, что наибольший вес имеет признак k_4 (0,051), за ним признак k_5 (0,038) и затем в порядке убывания признаки k_6 (0,031), $L_2(0,028)$, (0,025) и т.д. Располагая весовые значения признаков в порядке убывания для трех систем диагнозов $D1, D2$ и $D3$ получаем: ¹ • ■' ■

комбинационно-последовательный методы . использования информации [225]. •

При последовательном методе информация о техническом состоянии отдельных функциональных элементов контролируемых узлов вводится в систему контроля и диагностики, в том числе и в автоматизированные системы контроля, и логически обрабатывается последовательно.. При последовательном методе - использования информации программа проверок и поиска неисправностей может быть жесткой или гибкой [207]. .

Жесткой называется программа, когда выходные параметры функциональных элементов контролируются . в; строгой,- «заранее определенной-последовательности независимо от. результатов, их контроля. . .

. Гибкой, называется.. программа,- при- использовании которой содержание. ' и . Последовательности проведения последующих проверок зависят от результатов Предыдущего'контроля.

'При . комбинационном методе использования информации результаты контроля / логически ' обрабатываются только после накопления информации обо всех параметрах, контролируемых или диагностируемых узлах.. . ' .

Комбинационно-последовательный . . метод предусматривает последовательную обработку информации, • получаемой в результате одновременного контроля нескольких из' всей- совокупности контролируемых параметров. ' -• ■ \

Выбор -того или иного метода использования информации, о техническом состоянии контролируемого объекта обусловлен структурой контроля, диагностики и. требуемой' глубиной поиска неисправностей.

Он накладывает' Определенные требования / на . - принципы построения и структуру-системы контроля и диагностики.

Вид алгоритма (программы) поиска неисправностей существенно влияет на эффективность процесса контроля, и диагностики. При разработке алгоритма поиска обычно решают две задачи [225]:

- - определяют наилучший набор контролируемых параметров; получают наилучшую последовательность измерения контролируемых параметров.
- . в.

В данном разделе, на основании полученной ранее информации о техническом состоянии, для совершенствования операций выполняемых при проведении ТО предлагаются методы построения алгоритмов контроля, диагностирования, и поиска мест неисправностей в узлах локомотивов.

3.4.2. Способ построения? алгоритмов контроля на основе последовательного функционального анализа.

При построении алгоритма ..способом последовательного функционального' анализа: предварительно определяются,- исходя из назначения.узлов, основные функции, характеризующие исправность контролируемого • узла. Например: . • создание высокого • гидравлического давления; стабильность частоты . вращения; соответствие сигналов управления; передача мощности и т.д [207]..

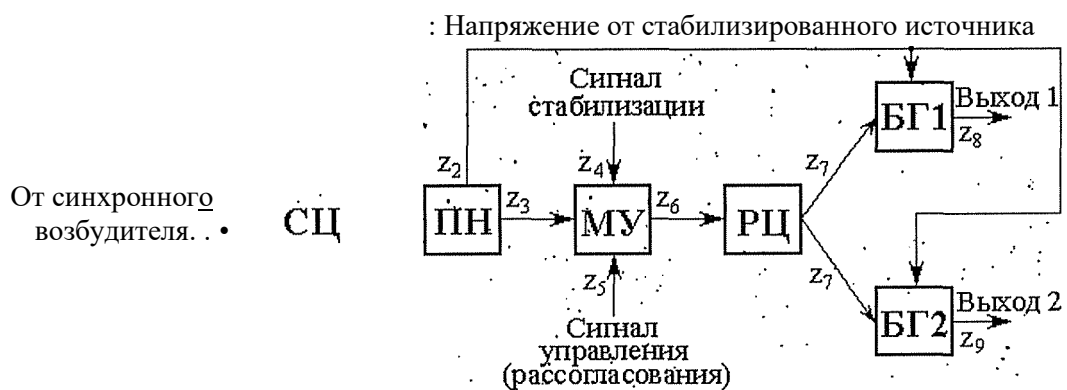
Как правило, - для ; всех., -физических параметров узлов локомотивов известны допустимые . пределы их изменения. Следовательно,, контроль работоспособности должен состоять из контроля параметров, от которых, зависят основные функции.. Если какая-либо основная функция не выполняется, • то возникает задача поиска неисправности.. В этом случае параметр, значения которого, вышли, за границы допусков. следует считать функцией'некоторых других параметров, которые являются физическими- параметрами более мелких-устройств, или. смежных конструктивных- элементов

узлов локомотивов. Продолжая аналогичные рассуждения, составляется схема контроля работоспособности и поиска неисправностей.

Рассмотрим составление алгоритма поиска неисправностей на примере канала блока БА-520 тепловозов с электропередачей переменного-постоянного тока. Основной функцией этого блока является генерирование управляющих импульсов для управления тиристорами управляемого выпрямительного моста схемы возбуждения тягового генератора. Эта функция выполняется в случае поступления в блок БА-520 следующих сигналов:

- - от синхронного возбудителя;
- - сигнала управления.(рассогласования);
- - сигнала стабилизации.

Функциональная схема блока.управления БА-520 приведена на рис.3.14.



СЦ - синхронизирующая цепь; ПН - преобразователь напряжения; МУ - магнитный усилитель; РЦ - распределительная цепь; БГ1, БГ2 - блокинг-генераторы

Рис.3.14. Функциональная схема блока БА-520

Основными сигналами узлов блока являются:

- $x.ц$ - входной сигнал от синхронного возбудителя;
- z_i —выходной сигнал синхронизирующей, цепи;

z_2 - сигнал напряжения стабилизированного источника питания;

z_3 — сигнал преобразователя напряжения;

z_4 - сигнал стабилизации;

z_5 — сигнал управления (рассогласования);

z_e — сигнал магнитного усилителя;

z_7 — сигнал распределительной цепи;

z_8, z_9 - сигналы блокинг-генераторов (БГ1 и БГ2).

В процессе последовательного контроля, этих сигналов от входа (т.е. от входа в узел. СЦ) до- выхода (до выходных сигналов блокинг-генераторов БГ1 и БГ2) принимается решение об его исправности или неисправности. Таким образом последовательно контролируя сигналы на выходе каждого узла (при подаче сигналов управления на все входы), можно определить неисправный каскад. Получающаяся при этом схема поиска называют деревом функции (рис.3.15), а решения представляют обычно в следующем виде,:

r_0 - отсутствует внешний сигнал от синхронного возбудителя;

R_1 - неисправны элементы синхронизирующей цепи;

R_1 ■ отсутствует Щли . не. в допуске • стабилизированное напряжение;'

R_3 - отсутствует внешний сигнал управления;

R_4 - отсутствует внешний сигнал синхронизации;

R_5 — неисправны элементы преобразователя-напряжения;

R_6 - неисправен магнитный усилитель или его элементы;

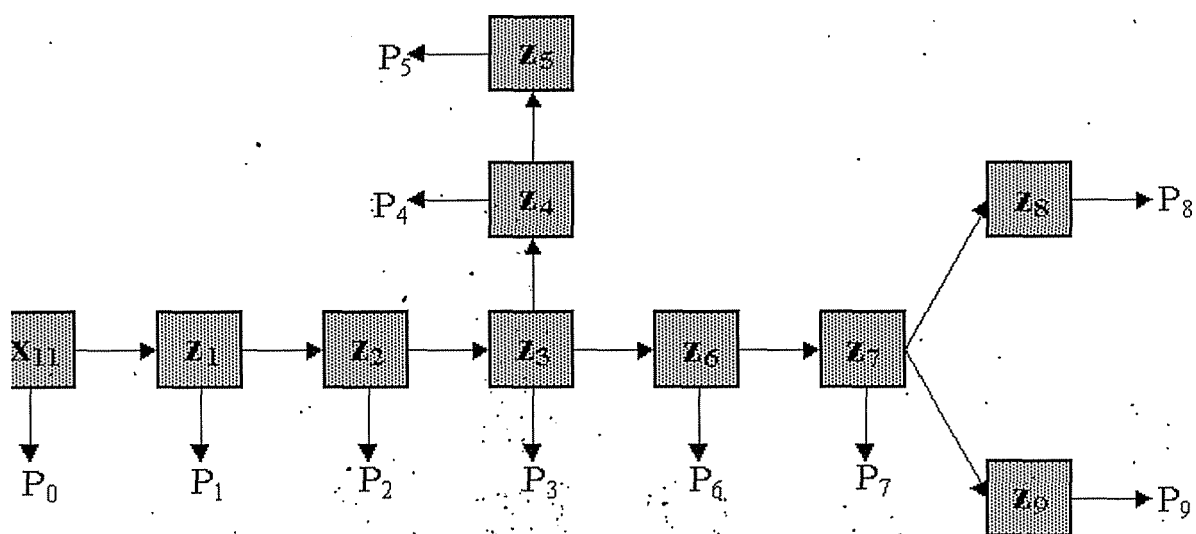
■ R_7 - неисправны элементы распределительной цепи;

R_8 - неисправны элементы блокинг-генератора БГ1;

R_9 - неисправны- элементы блокинг-генератора БГ2,

Следует отметить, что способ последовательного функционального анализа построения алгоритма- контроля

работоспособности и поиска неисправности прост, нагляден, требует минимум информации от диагностируемой аппаратуры.



* • Рис.3.15. Схема поиска неисправностей

Однако полученный с использованием этого способа, алгоритм поиска неисправностей неоптимален ни по времени, ни по средним затратам.

3.4.3. Способ построения, алгоритмов контроля на основе метода половинного разбиения.

Способ половинного разбиения часто используется при разработке алгоритмов, поиска неисправностей в объектах с последовательно соединенными элементами [207]. ..

. Рассмотрим два случая. :

• • Первый случай. . Диагностируемая узел состоит из N последовательно соединенных функциональных элементов Z_i и неработоспособен из-за отказа z -го элемента ($\gamma=1,2,\dots,l$). Вероятности состояний $P(S_j)$ одинаковы для всех функциональных элементов. Стоимости контроля: выходных параметров z_i также одинаковы.. При этих условиях первым- следует контролировать параметр, несущий максимум информации о состоянии

диагностируемого узла, неопределенность состояния которого до контроля оценивается величиной энтропии [225]

$$H_0 = -\sum_{i=1}^n p(S_i) \log_2 p(S_i) = \log_2 W. \quad (3.73)$$

Таким образом, целесообразно, контролировать такой параметр Z_k , который разбивает объект диагностики пополам, т.е. чтобы при положительном и отрицательном результатах контроля *

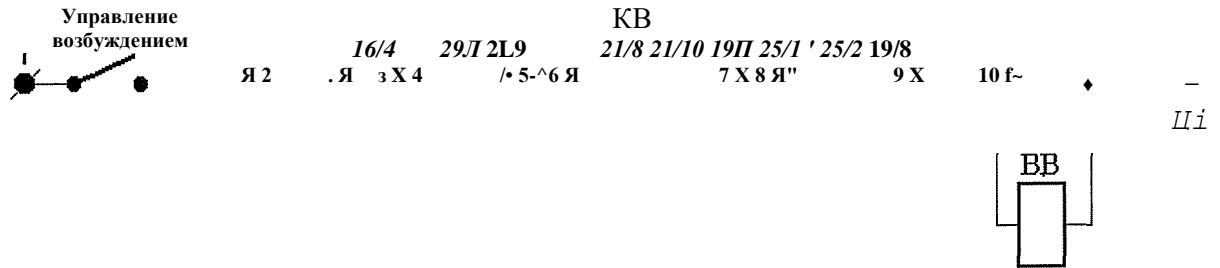
$$Z_k = \dots \quad (3-74)$$

Каждый последующий параметр. Для контроля выбирается аналогично, т.е. ■ делит пополам образующуюся систему после выполнения предыдущей проверки в зависимости от результатов ее исхода и так далее. ■..

Данный метод ..очень широко применяется при поиске неисправностей в.. электрических : цепях локомотивов, когда практически невозможно одновременно проконтролировать каждый участок цепи из-за большого количества блокировок;' .контактов, клеммных зажимов и т.д. В-таких случаях всю электрическую цепь конкретного аппарата от ее начала (как правило дт плюса источника питания)'до конца, (до минуса) разбивают пополам • и- определяют в какой половин^' вновь проявляется . неисправность. После этого нормальный участок электрической цепи-отбрасывают, а дефектный вновь делят пополам и определяют в какой .части имеется дефект. Так продолжают до тех-пор, пока'.не будет обнаружен..участок, с дефектным элементом;'; . ' .. ' ...

' В качестве примера разберем случай когда в плюсовой части электрической цепи контакторов КВ и.ВВ тепловоза 2ТЭ116 возникла неисправность - (как правило не собирается цепі из-за незамкнутого контакта). Участок данной цепи показан на рис.3.Тб.

Данная цепь состоит из 10 участков разделенных клеммными зажимами. Составляем функциональную схему данной цепи (рис.3.17).



■ Рис.3.16. Электрическая цепь контакторов KV и VB тепловоза 2ТЭ116 .

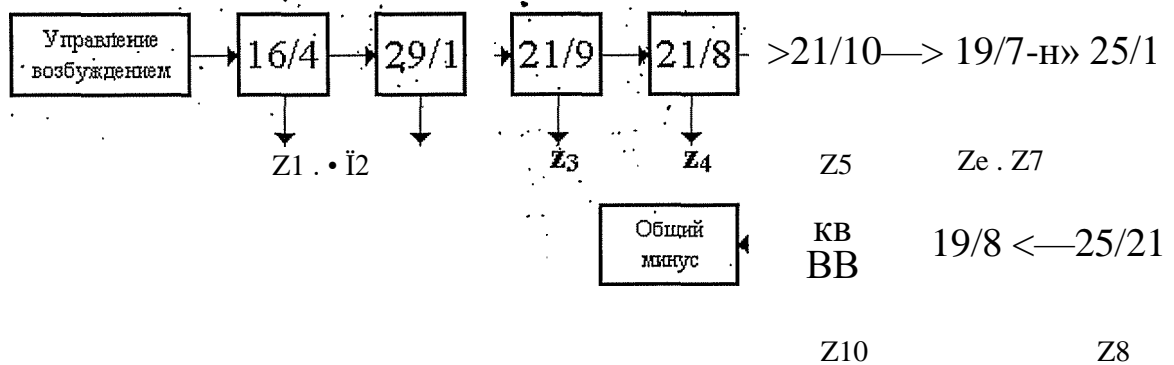


Рис.3.17 - Функциональная схема электрической цепи KV; VB

Данная цепь контролируется при помощи 10 параметров. После начальной проверки всей цепи выбираем параметр Z_s который делит ее на две части.- В одной части находятся параметры Z_i , Z_2 , i_3 и Z_4 , а в другой параметры Z_e , Z_7 , $i_5^* Z_9$ и z_{jo} . Если после проверок каждой из частей в одной из них обнаружена неисправность (например в первой), то вторую с параметрами z_6 , Z_7 , Z_s , Z_9 и Z_{10} отбрасывают. Таким образом при отрицательном исходе (Z_5 не в допустимых пределах) - принимают, что функциональные элементы Z_e , Z_7 , Z_8 , Z_9 и Z_{10} исправны, а неисправность находится в функциональных элементах z_i , Z_2 , Z_3 или z_{jo} . При последующем

контроле выбираем один из функциональных элементов этой половины (например Z_2) и проверяем его результат. Исходя из этого получим схему поиска неисправностей в диагностируемом устройстве, которая приведена на рис.3.18.

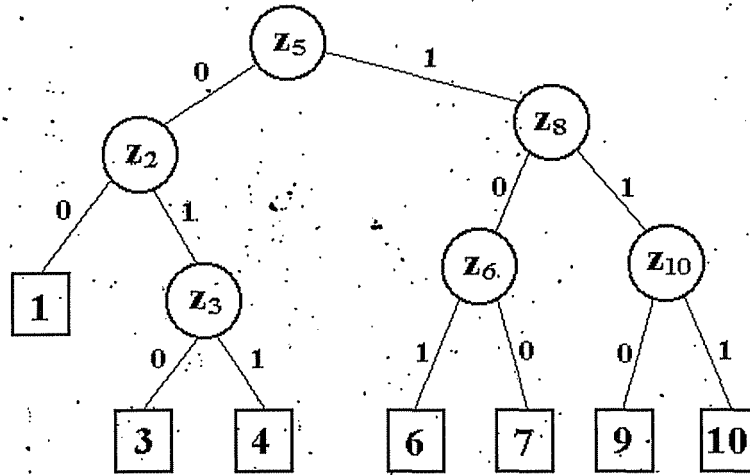


Рис.3.18. Схема поиска неисправностей в электрической цепи КВ,ВВ

Второй ■ случай. Вероятности состояний $P(S_i)$ для функциональных элементов неодинаковы, • тогда необходимо контролировать, такой параметр Z_k , ■ который - делит объект диагностики на части, вероятности, состояния которых близки к 0,5. При этом неопределенность состояния диагностируемого объекта при контроле параметра z_k будет [207].

$$H(z_k) = -\sum_{i=1}^k P_i \log_2 P_i - \sum_{i=k+1}^N P_i \log_2 P_i \quad (3.75)$$

где -

$$P_i = \begin{cases} P_i^{(k)} & i=1,2,\dots,k \\ P_i & i=k+1,\dots,N \end{cases} \quad (3.76)$$

Величина $H(z_k)$ будет максимальна, если разность $P_i - 0,5$ минимальна.

■ После, контроля параметра Z_k диагностируемый объект-будет, разделен на две части; первая содержит k , а вторая $N-k$ элементов. При выборе очередного параметра, для контроля необходимо

вероятности состояний в каждой из этих частей пронормировать, т.е. пересчитать по формулам [207]

$$P_i(S_j) = \frac{1}{2^j} \quad j = 1, 2, \dots \quad (3.77)$$

$$P''(S_i) = \frac{1}{2^{i-k}} \quad i = k+1, k+2, \dots \quad (3.78)$$

При этом

$$\sum_{i=k+1}^N P''(S_i) = 1, \quad (3.73)$$

...

$$\sum_{i=k+1}^N P''(S_i) = 1. \quad (3.80)$$

Тогда вторым параметром выбирается Z_i , который делит одну из

частей на две, вероятности, состояний которых $P_i = 0,5$. Такое

деление продолжается до тех пор, пока состояние диагностируемого объекта не будет, определено с заданной глубиной.

Способ половинного разбиения применим и для случаев, когда в диагностируемом устройстве неисправно несколько элементов.

3.4.4>Способ построения алгоритмов контроля , на основе вероятностногвременного критерия .

Этот способ находит применение. в устройствах, в которых функциональные элементы соединены произвольно и имеют разные вероятности $P(S_i)$ состояний и различные стоимости , проведения контроля параметров $C(z'i)$. Эффективность .способа оценивается средним временем поиска неисправного элемента или средним временем контроля одн'ого параметра [207].

Для определения неисправного ' элемента выбирают. набор параметров, обеспечивающих поиск до ' заданной глубины.

Последовательность контроля параметров устанавливается в порядке уменьшения величин [207]

$$h = \frac{t_j}{t_{j-1}} \quad (3.81)$$

Алгоритм, построенный по такому способу, обладает минимальным средним временем поиска любого неисправного элемента. В качестве „примера определим последовательность контроля параметров’ при следующих данных

- $2W = 0,3; J \quad t_j = 5 \text{ мин.};$
- $P^{(2)} = 0,15; \quad t_2 = 8 \text{ мин.};$
 $P(S_3) = 0,25; \quad t_3 = 12 \text{ мин.};$
- $P(S_4 = OX) = 0,1; \quad t_4 = 16 \text{ мин.};$
- $P(S_5) = 0,2; \quad t_5 = 18 \text{ мин.};$
- $m = 0,36; \quad t_6 = 3 \text{ мин.};$
- $0,07; \quad t_7 = 9 \text{ мин.};$
- $m = 0,45; \quad t_8 = 4 \text{ мин.}$

Рассчитываем, отношения:

$$P(S_i) = \frac{P^{(i)}}{P^{(i-1)}} = \frac{0,2}{0,15} = 1,33; \quad P^{(i)} = 0,2; \quad P^{(i-1)} = 0,15; \quad P^{(i-2)} = 0,15; \quad P^{(i-3)} = 0,1; \quad P^{(i-4)} = 0,07; \quad P^{(i-5)} = 0,03; \quad P^{(i-6)} = 0,025; \quad P^{(i-7)} = 0,019;$$

$$h = \frac{t_j}{t_{j-1}} = \frac{18}{16} = 1,125; \quad h = \frac{16}{12} = 1,33; \quad h = \frac{12}{8} = 1,5; \quad h = \frac{8}{5} = 1,6; \quad h = \frac{5}{4} = 1,25; \quad h = \frac{4}{3} = 1,33; \quad h = \frac{3}{2} = 1,5;$$

Располагая в порядке уменьшения величины , получим следующую последовательность контроля параметров

$$Z_6 \rightarrow Z_8 \rightarrow Z_4 \rightarrow Z_1 \quad Z_3 \rightarrow Z_2 \rightarrow Z_5 \rightarrow Z_7$$

3.4.5. Способ построения алгоритмов контроля на основе информационного критерия.

Способ построения алгоритма поиска неисправностей на основе информационного критерия позволяет выбрать минимальное количество контролируемых параметров и определить последовательность их контроля [225,261,263].

• Исходные данные для данного способа задаются в виде функциональной модели диагностируемого объекта и таблицы неисправностей, которая составляется в виде транспонированной матрицы состояний, где столбцы соответствуют всем возможным состояниям диагностируемого объекта, а строки - параметрам функциональных элементов. Контроль может иметь два исхода: параметр в допуске (равен единице) или параметр не в допуске (равен нулю).

• Предварительно диагностируемый объект разделяется на N функциональных элементов, вероятности состояний которых [225]

$$P_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{ij} \quad (3.82)$$

Тогда неопределенность состояния диагностируемого объекта до начала контроля оценивается, величиной энтропии [207]

$$H_0 = - \sum_{j=1}^N P_j \log_2 P_j \quad (3.83)$$

Результаты контроля k -го параметра диагностируемого объекта дает некоторое количество информации O_k его контроле [207]

$$O_k = H_k - H_k^k \quad (3.84)$$

где H_k - средняя условная энтропия диагностируемого объекта при условии контроля k -го параметра:

Поскольку в результате контроля, принимаются лишь два решения, то средняя энтропия [207]

$$H_k = p_{+}(4) \log_2 4 + p_{-}(4) \log_2 4, \tag{3.85}$$

где $p_{+}(4)$ и $p_{-}(4)$ - вероятности положительного или отрицательного решений;

H_{z_k} и $H_{\bar{z}_k}$ - энтропии, соответствующие диагностируемому объекту после выполнения контроля параметра Z_k -

Вероятности $p_{+}(4)$ и $p_{-}(4)$ находятся по матрице состояний как отношение числа-единиц m и нулей $N-m$ к общему числу состояний N в i -й строке [207]

$$p_{+} = \frac{m}{N}; \tag{3.86}$$

$$p_{-} = \frac{N-m}{N}. \tag{3.87}$$

Тогда.

$$H_{z_k} = -\frac{m}{N} \log_2 \frac{m}{N} - \frac{N-m}{N} \log_2 \frac{N-m}{N}. \tag{3.88}$$

Контроль k -го параметра дает следующее количество информации

$$I_k = -\frac{m}{N} \log_2 \frac{m}{N} - \frac{N-m}{N} \log_2 \frac{N-m}{N} \tag{3.89}$$

Последовательно вычисляем значения I_k (где $k = \sqrt{N}$) и по убыванию I_k определяем значимость параметра Z_k . Первым контролируется параметр, дающий максимальное количество информации.

После контроля первого параметра определяют количество информации, получаемое при контроле каждого n оставшегося параметра относительно состояние, характеризующегося энтропией H_{z_k} . Условная энтропия.

$$\begin{aligned}
 H\left(\frac{z_n}{z_k}\right) &= P\left(\frac{z_n}{z_k}\right) \cdot H\left(\frac{z_n}{z_k}\right) + P\left(\frac{z_n}{z_k}\right) \cdot H\left(\frac{z_n^0}{z_k^0}\right) + \\
 &+ P\left(\frac{z_n^0}{z_k}\right) \cdot H\left(\frac{z_n^0}{z_k}\right) + P\left(\frac{z_n}{z_k^0}\right) \cdot H\left(\frac{z_n}{z_k^0}\right)
 \end{aligned} \quad (3.90)$$

где $P\left(\frac{z_n}{z_k}\right) = \frac{m_1}{N}$ — вероятность положительного решения при контроле параметра z_n в случае положительного решения при контроле параметра z_k ,

m_1 — количество единиц в j -й строке таблицы состояний относительно m единиц в t -той строке;

m_2 — количество единиц в j -й строке относительно $N-m$ нулей k -й строки.

Составляющие, данной формулы определяются следующим образом [2.07].

$$P\left(\frac{z_n^0}{z_k}\right) = \frac{m - m_1}{N} \quad (3.91)$$

$$P\left(\frac{z_n}{z_k}\right) = \frac{m_2}{N}, \quad (3.92)$$

$$P\left(\frac{z_n^0}{z_k^0}\right) = \frac{N - m - m_2}{N}, \quad (3.93)$$

$$H\left(\frac{z_n}{z_k}\right) = \log_2 m_1, \quad (3.94)$$

$$H\left(\frac{z_n^0}{z_k}\right) = \log_2(m - m_1), \quad (3.95)$$

$$H\left(\frac{z_n^0}{z_k^0}\right) = \log_2 m \quad (3.96)$$

$$H\left(\frac{z_n}{z_k^0}\right) = \log_2(N - m - m_2), \quad (3.97)$$

$$I\left(\frac{z_n}{z_k}\right) = H_k - H\left(\frac{z_n}{z_k}\right). \quad (3.98)$$

Выражение для вычисления количества условной информации имеет вид

$$I\left(\frac{z_n}{z_k}\right) = \left(\frac{m_1}{N}\right) \cdot \log_2\left(\frac{m_1}{N}\right) + \left(\frac{m-m_1}{N}\right) \cdot \log_2\left(\frac{m-m_1}{N}\right) + \left(\frac{m_2}{N}\right) \cdot \log_2\left(\frac{m_2}{N-m}\right) + \left(\frac{N-m-m_2}{N-m}\right) \cdot \log_2\left(\frac{N-m-m_2}{N-m}\right) \quad (3.99)$$

По максимуму условной информации выбирается второй контролируемый параметр. По такой же схеме выбираются все остальные параметры. . .

3.4.6. Инженерный способ построения алгоритмов контроля

Инженерный способ построения алгоритмов диагностирования основан на вычислении функций предпочтения. При этом исходными данными являются функциональная схема диагностируемого объекта и таблица неисправностей [237]. ••

” Функция предпочтения выбирается в соответствии с решаемой задачей диагностики и исходными данными. При этом рассматриваются три случая: ••

- для оценки работоспособности; ••

ч - для поиска неисправностей; •

■ ■ - для оценки работоспособности и поиска неисправностей.

Последовательность контролируемых параметров выбирается по экстремальным значениям выбранной функции предпочтения. Для удобства решения в матрице состояний строки и столбцы обычно меняют местами. Равенство, некоторого z -го матричного элемента (состояние элемента, описывается символом 0 или 1) нулю означает, что отказ z -го функционального элемента влияет на выходной параметр j -го функционального элемента. Контролируя параметр Z ; можно, определить состояние z -го функционального

элемента. Таким образом, чем больше нулей в строке Z_j матрицы состояний, тем большую информацию несет данный параметр о состоянии диагностируемого объекта. Отсюда функция предпочтения при оценке работоспособности диагностируемого объекта [237]

$$= \max_{\gamma} (\gamma, \cdot), \quad (3.100)$$

$$\xi_{\gamma}^*(\#), \quad (3.101.)$$

-где $5_0(z_j) = 1$, если состояние, *ij-то* матричного, элемента описывается нулем-и $5_0(i) = 0$, если состояние матричного элемента описывается единицей. ■

Первым для контроля берут параметр Z_i у которого функция $W_i(Z_i)$ имеет максимальное значение. В результате контроля данного параметра матрица состояний делится на две части. В одну часть входят, состояния, для которых результаты -контроля выбранного параметра имеют -' положительное, а в. другую. - отрицательное решения. Так как' при оценке, работоспособности объекта не требуется, определять отдельные состояния, а нужно фиксировать только факт исправности или -. отказа, ,то в дальнейшем нужно контролировать только первую часть матрицы состояний. Для нее аналогичным . образом, нужно • вычислить значения функции предпочтения W/fz_p и выбрать для контроля параметр по максимуму.

Если. 'для- диагностируемого объекта, известны вероятности состояний W , то функция предпочтения [237]. .

$$' \cdot \quad ' JF_2 = \max_{\gamma} IP_2(z_{z_{\gamma}}), \quad (3.102)$$

! ! /eTY-

if.(3.103) •

■

... 7=1.!' : ' ' ' !

■

Если для диагностируемого объекта известны вероятности состояний $P(S_i)$ и стоимости контроля параметров $Cfzi)$, то функция предпочтения выразится как [207]

$$W_5(z_i) = \frac{UP(5,.) - 5_0(\Gamma_7)}{\dots} \quad (3.104)$$

Для данных функций предпочтения алгоритм оценки работоспособности остается таким же ;

В случае,, когда заданы вероятности состояний $P(S_j)$ контролируемого объекта и стоимости контроля параметров $C(z/)$ функциональных элементов,¹ функции предпочтения примут вид [207].

$$= \min_{j=1}^L \dots \quad (3:105)$$

$$W_5(Z_j) = \min_{j=1}^L C(z_j) \frac{UP(5,.) - 5_0(\Gamma_7) - L(1/7)}{\dots} \quad (3.106)$$

При .. . совместном контроле .. работоспособности диагностируемого объекта и поиска в нем неисправностей для создания алгоритма.оценки работоспособности следует пользоваться функциями предпочтения [207]

$$\dots^{\wedge} \text{Ятах}^{\wedge} \Gamma/); - 7 = 1,2,\dots-L; \quad (3/107)$$

$$/ ;>_2(z;.) = \max_{L7=i} EP(S_7.) - 5_0(V); \bullet \quad (3.108)$$

$$\dots^{\wedge} (\Gamma) = \frac{\dots}{C(\Gamma/)} ; \bullet$$

Для поиска неисправностей следует' пользоваться функциями [207].

$$Y_4(\wedge) = \left[\sum_{j=1}^N S_0(ij) - \sum_{j=1}^N S_1(ij) \right] \quad (3.110)$$

$$J'K_5(z_i) = \begin{matrix} N & N \\ \min & \end{matrix} \quad (3.111)$$

$$jy_6(z_z) = \min] C(z-) \underset{L=1}{\overset{N \times N}{S^{OO7}}) \quad (3.112)$$

3.4.7. Способ построения алгоритмов контроля методом ветвей и границ.

Способ построения алгоритма поиска неисправностей методом ветвей и границ используется в сложных технических устройствах, функциональные, схемы, которых представляют собой произвольную структуру. Он-позволяет определить наилучшую последовательность поиска среди возможных всех возможных вариантов [211, 249]. 7 .

Для реализаций этого способа область возможных решений разбивается на все меньшие и меньшие подмножества, для каждого из которых вычисляется нижняя граница минимизируемой функции. Подмножества, у которых значения нижней границы, превышают некоторое заданное значение/ ■ исключаются- из дальнейшего рассмотрения.- Данный процесс продолжается до тех пор, пока не будет найдено точное, решение, при котором значение минимизируемой функции не-превышает значений нижней, границы для любого подмножества:

... В общем случае в контролируемом объекте, состоящем, из N функциональных, элементов с произвольными связями между ними, достаточно контролировать $m < N$ параметров. При этом некоторая последовательность контроля этих m параметров будет обладать минимальной средней, стоимостью при поиске любого неисправного элемента объекта'кнтрюля.' . ! .. •

Средняя стоимость произвольной программы поиска неисправностей определяется как [225]

$$C = \sum_{i=1}^L \sum_{k=1}^K C_{ik} P_{ik} \quad (3.113)$$

или

$$C = \sum_{l=1}^L C_l P_l \quad (3.114)$$

где C_l - стоимость контроля z -го параметра;

P_l - сумма вероятностей состояний, которые рассматриваются при контроле z -го параметра.

Диагностирование начинается с контроля z -го параметра, который разбивает все множество возможных состояний S на два подмножества: $S_0(Z_i)$ и $S_1(Z_i)$ соответствующие отрицательному и положительному результатам контроля параметра Z_i соответственно [211].

Последовательность контроля остальных параметров из приведенных подмножеств неизвестна, и, определить значение средней стоимости алгоритма поиска невозможно. Поэтому значения средней стоимости заменяются их нижними границами $C_H(S_0)$ и $C_H(S_1)$ при контроле соответствующих параметров в подмножествах $S_0(z_i)$ и $S_1(z_i)$. Тогда нижняя граница средней стоимости, всей программы поиска, начинается с контроля первого, по порядку параметра. Она определяется как [211]

$$C_B = C_1 X_m + C_1 P_1 \quad (3.115)$$

Вычислив нижние границы стоимостей $C_H(S_0)$ и $C_H(S_1)$ для всех возможных алгоритмов поиска, выбирают первым, такой параметр, контроль которого дает минимальную среднюю стоимость нижней границы алгоритма поиска, у

Затем для подмножеств $S_0(Z_j)$ и $S_1(z,j)$, образованных в результате контроля первого параметра Z_i вычисляют нижние границы стоимостей для всех возможных пар контролируемых параметров между первым и оставшимися для каждого подмножества.

Пусть для подмножества $S_0(Z_i)$ контролируется параметр Z_k , а для подмножества $S_1(Z_i)$ - параметр Z_j . Тогда средняя стоимость нижней границы программы поиска, начинающейся с контроля i -го параметра, будет [211]

$$C_{iN} = \dots \quad (3.116.)$$

Вторым выбирается такой, параметр, при контроле которого обеспечивается минимальная средняя стоимость нижней границы из всех возможных алгоритмов поиска.

Аналогичным образом выбирают третий и последующие параметры, пока получаемые; при контроле подмножества будут содержать более двух состояний диагностируемого объекта. Таким образом, алгоритм поиска неисправностей, построенный на основании выбора последовательности контролируемых параметров, дающих в среднем минимальную стоимость нижней границы, также будет обладать минимальной средней стоимостью поиска любого неисправного элемента диагностируемого объекта.

При построении алгоритма способом ветвей; И границ процесс выбора последовательности контролируемых, параметров обычно изображают графически в виде Древа решений. Каждая вершина этого дерева связывается, контролем некоторого параметра и нижней границей стоимости алгоритма поиска. Последовательность контролируемых, параметров записывается внутри вершины, а значение стоимости, нижней границы - около вершины. Вершины

одного и того же ряда соответствуют одному шагу, причем в каждом ряду вершины располагаются в порядке убывания значения стоимости нижней границы слева направо. Ветви, идущие от одной вершины к другой, показывают направление движения к тому допустимому решению, которое, вытекает из предыдущего. В дереве решений имеются вершины с ответвлениями и так называемые, висячие вершины, из которых не исходит ни одной ветви. Последние дают или окончательное решение, не обязательно с наилучшей последовательностью контроля параметров, или решения, которые заведомо не приведут к оптимальному значению средней стоимости поиска [21 Г].

• Наиболее важной и существенной задачей при построении алгоритма - поиска неисправностей способом ветвей и границ является вычисление стоимости нижней границы на каждом шаге контроля. Процесс вычисления значений стоимостей нижних границ при создании жестких, или гибких алгоритмов несколько различается.

Необходимо отметить, что при построении алгоритма поиска неисправностей этим методом значение средней стоимости нижней границы на последующих шагах всегда не меньше значения средней стоимости, нижней границы, на предыдущих шагах [225]

$$C_{H\{Z_i, Z_{k-}, Z_j\}} > C_H^{Z_i} \quad (3.117)$$

Это условие используют для контроля правильности выполнения расчетов.

Применение способа ветвей и границ для построения алгоритмов контроля и поиска неисправностей в узлах локомотивов связано с большим объемом вычислений. Поэтому реализация этого метода связана с применением вычислительной техники.

3.4.8. Метод построения алгоритмов контроля на основе иерархического принципа

Построение алгоритмов диагностирования по иерархическому принципу целесообразно использовать для технических объектов со встроенными устройствами контроля [259]. При данном способе N первичных функциональных элементов контролируемого объекта разбиваются на k групп по N_1 элементов, в каждой Группе. Выходные параметры первичных функциональных элементов объединяются в одной точке с измерительным устройством и индикатором неисправности;-. Таких индикаторов будет k - штук.. Последние еще разбиваются на g групп по N_2 штук. Выходы N_2 индикаторов снова объединяются в одной точке -с одним, индикатором. Таких индикаторов , будет g штук и т.д. В результате придем к одному индикатору неисправности. • ■

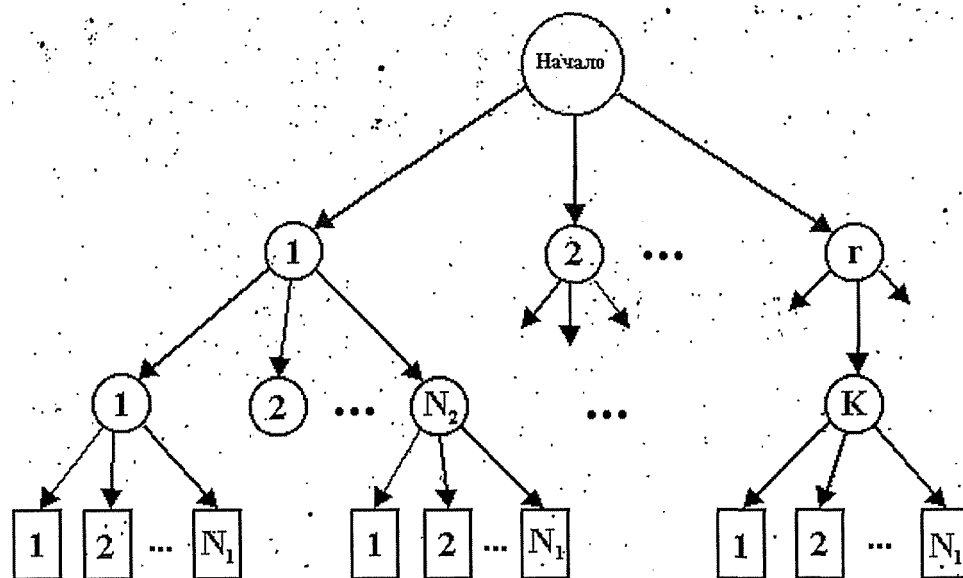


Рис.3.19. Схема контроля и поиска неисправностей по иерархическому принципу

В такой системе при выходе из строя функционального элемента объекта диагностики индикатор покажет неисправность контролируемого - объекта. Для обнаружения;.. неисправного

функционального элемента просматриваются показания индикаторов первой ступени и при обнаружении, индикатора, указывающего на неисправность, просматриваются индикаторы следующей ступени, соединенные только с этим индикатором. Проверки продолжаются в указанной последовательности до тех пор, пока не будет обнаружен неисправный первичный функциональный элемент (рис.3.19).

. Поиск неисправного первичного функционального элемента по приведенной схеме позволяет значительно сократить время поиска по сравнению ;с поиском среди N элементов. .

3.6.Выводы

Переходы локомотивов из одного. технического состояния в другое являются случайными . событиями. Поэтому . любое их' состояние до, _■ проведения контроля и диагностики обладает некоторой ' неопределенностью, для .раскрытия, которой необходимо применять различные методы; /Поэтому,' чтобы • определить техническое состояние контролируемого локомотива или его узла, необходимого одной стороны, установить, что-и каким способом следует контролировать, а с другой стороны, решить, какие средства для этого потребуются. ■ ■ • ■ .

Исходя из этого в разделе выполнено следующее..

1'.Проведен анализ целей и задач контроля локомотивов при проведений./ГО. Показано, что существующие методы- контроля реализуются двумя видами: прямыми и косвенными. Раскрыты характеристики этих видов, показана их результативная значимость, а также 'достоинства и недостатки , в том или ином конкретном случае. : ■/./■' '

■2.Раскрыта суть, метода анализа кривых- распределения показателей качества и показано отражение..с его поМощью-режимов проведения .технологических операций, • их. точности, износа

инструмента, оборудования и т.д. Сделаны выводы, что данный метод раскрывает в основном стабильность технологического процесса ТО на основании исследования кривых распределения, полученных в результате обработки статистической информации. Реализация данного метода может быть осуществлена, с применением ПЭВМ на базе готовых функций существующих программных-продуктов Microsoft Excel, Mathcad, Statistica, SPSS и др. .

.-3.Рассмотрен метод составления, точечных контрольных диаграмм, по контролируемым параметрам локомотива/ с точки зрения статистического калибра. Основной сутью данного метода является определение абсолютной или относительной погрешности при контроле и-диагностировании и, как следствие, его-, влияние на выбор контролируемых параметров-И средств измерений.

Д.Показаны основные методы выборочного, контроля качества. Сделан вывод, что при проведении ТО. наиболее приемлемы ' метод выборочного., контроля . по альтернативному признаку и последовательный метод, имеющие наименьшие затраты времени на их проведение и обладающие достаточной информативностью. Для метода . выборочного - контроля. по альтернативному признаку составлены восемь схематических планов контроля,, а также перечни известных и определяемых величин,. по которым производится выбор соответствующего, плана при проведении ТО. По' последовательному методу . определено, что он является наиболее экономичным .и , позволяет сравнивать действительную ,,и ранее накопленную параметрическую • информацию, выявленную в результатов ..проведения - контроля работоспособности локомотива или его узла.-

.. 5.Предложена, методика, определения предельных значений структурных параметров локомотивов тополого-вероятностным методом- при проведении ТО. Сделаны выводы, о том, что используя ориентированный граф объекта, отражающий структуру локомотива или его узла, в целом можно определить линейные или линейные

зависимости отклонений выходных данных от отклонений их входных параметров.

6.С практической точки зрения показана методика определения предельных значений контролируемых параметров, использующая в качестве главного инструмента критерий Байеса. Сравнение нескольких расчетных значений контролируемых -параметров с параметром, имеющим заданную точность позволяет применять типовые методики и возможность их.реализаций на вычислительной технике. * •

■ ,7.Предложены основные способы построения алгоритмов контроля и диагностирования. Раскрыты особенности каждого из методов, определены их достоинства и- недостатки, а также для каждого из них предложена соответствующая реализация с учетом конструктивных особенностей локомотива,- его функционального состава .и технологии проведения ТО. . • ■

РАЗДЕЛ 4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТО С КОНТРОЛЕМ ПАРАМЕТРОВ

4.1. Множественная регрессия как модель математического описания технологического процесса

Технологический процесс ТО. локомотива можно структурно . представить в виде, показанном на рис.4.1.

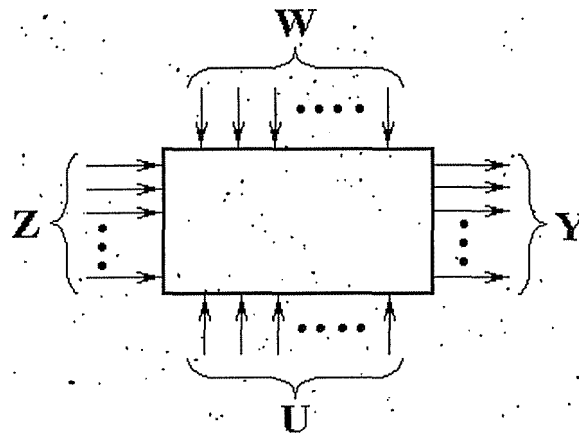


Рис. 4.1. Структурная схема контролируемого тѣх-процесса
* " . * . ' .

На данном рисунке показаны следующие обозначения:

Y - контролируемый вектор выходных переменных (например, контролируемые выходные параметры, экономические показатели и

и т.д.);

Z - вектор, контролируемых возмущений (например, тестовые воздействия при проведении контроля, показатели состава применяемых материалов, текущее состояние технологического оборудования и т. д.);

U - контролируемый вектор, управляющих воздействий, с помощью которых регулируется технологический режим (например,

принимаемые решения и осуществляемые действия обслуживающего персонала);

W - вектор неконтролируемых возмущений, воздействующих на режим технологического процесса контроля (например, неконтролируемые параметры технологического оборудования и внешней среды ИТ. д.).

Как правило, эту структурную схему удастся свести к виду, показанному на рис. 4.2.

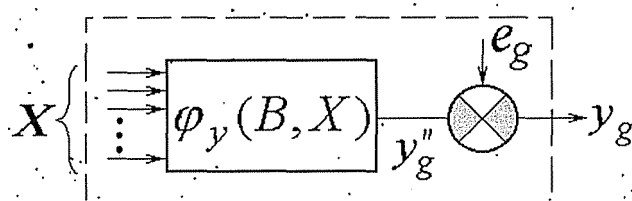


Рис.4.2' Преобразованная структурная схема контролируемого, технологического процесса

На данной структурной схеме, показаны:

y_g - выделенная компонента вектора Y ;

e_g - соответствующая y_g - случайная, 'аддитивная' помеха, характеризующая влияние на выходную компоненту y_g случайных неконтролируемых возмущений - W ;

X - вектор контролируемых входных, переменных, объединяющий действие переменных Z и $-U$;

$\varphi_y(B, X)$ - параметрическая функция с вектором параметров B , описывающая осуществляемое объектом преобразование значений переменных X в значения выходных переменных y .

Пунктиром на рис.4.2 обведена ненаблюдаемая часть объекта.

В целях: наглядности в дальнейшем будем рассматривать только

опускать, хотя все результаты непосредственно могут быть обобщены на объект с многомерным выходом. типа рис. 4.1.

Математическим описанием объекта будем называть зависимость вида [53]

$$\dots y = \quad (4.1)'$$

где \mathbf{B} и означает оценку неизвестного 'вектора действительных значений параметров \mathbf{B} .

Структура $(p(\mathbf{B}, X))$ считается заданной- априори и адекватна действительной зависимости $\langle p(\mathbf{B}, X) \rangle$. ■

Оценки параметра!! . \mathbf{B} определяются -на основе экспериментальных данных в виде совокупности- опытов [53]

$$/ \quad ' \quad ' \quad \blacksquare \quad y_i, X_i, x_{ik}, \forall i = 1, n. \quad (4.2)$$

• Каждый i -й опыт отражает зафиксированные текущие значения входных переменных X_i, \dots, y_i и соответствующее значение выходной переменной y . Соседние опыты разделены равными интервалами времени Δt . ■

Всю совокупность , опытов^ зафиксированных в процессе эксперимента,-можно обобщить в виде матриц наблюдения'[53,326]

$$\underset{(n \times k)}{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1k} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}, \quad \underset{(n \times 1)}{Y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

. Способ математической обработки матриц наблюдений (X, Y) для получения оценок \mathbf{B} зависит от выбора математической модели, описывающей поведение исследуемого объекта. Применительно к структуре-, показанной. на рис.4.2 удобной математической моделью является модель множественной регрессии [121]

$$\blacksquare \dots y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + \dots + b_k x_{ik} + \epsilon_i, \quad ; (4.4)$$

где x_t - независимые неслучайные переменные (регрессоры), значения которых заданы для каждого $i = 1, n, j = 1, k$;

b_j - неизвестные постоянные параметры (регрессионные коэффициенты); $j = 1, k$;

e_t - неизвестная случайная ошибка;

Y_t - зависимая случайная переменная (регрессант).

В матричной форме для n оценок модели (4.4) можно записать в виде, $Y=XB+E$ с размерностью матриц:

$$Y - (n \times 1), X - (n \times k), B - (k \times 1), E - (n \times 1). \quad (4.5)$$

Модель (4.4) является линейной по параметрам в том смысле, что для каждого i зависимая переменная y представляет собой

линейную комбинацию неизвестных параметров b_j .

Вместе с тем модель (4.4) может быть нелинейной по входным переменным объекта x , например, отдельные регрессоры в (4.4) могут иметь вид

$$x_1 = \dots; x_2 = x_1^2; x_3 = \ln x_1; x_4 = \sin \gamma x_1; \dots$$

И т.д.

На практике математическое описание объекта на основе регрессионной модели чаще всего задается в виде полинома по входным переменным (полного или неполного) не выше третьего порядка и имеет вид [121]

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k b_{ij} x_j^i + \dots \quad (4.6)$$

Неслучайность переменных X_j в модели (4.4) понимается в том смысле, что при многократном воспроизведении (гипотетическом или реальном) одного, и того же (любого) опыта $q = \lim$ ряд случайных значений выходной

переменной J^0, \dots , есть результат действия только случайных значений регрессионной ошибки

Однако фактическое изменение входных переменных X_j на реальном объекте может быть как случайным, так и не случайным.

Статистические свойства оценок b_x, \dots, b_k , регрессионной модели (4.4) целиком определяются свойствами регрессионной ошибки e . В реальной ситуации, как правило, не располагают априори никакой информацией о свойствах случайной величины e . Поэтому для регрессионной модели (4.4) вводятся допущения... на поведение ошибки e , обеспечивающие «хорошие» свойства оценок B [121]:

1. В каждом опыте i имеет нормальный закон распределения

$$e_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (4.7)$$

2. В каждом опыте математическое ожидание равно, нулю

$$M[e_i] = 0 \quad (4.8)$$

3. Во всех опытах дисперсия e_i постоянной одинакова

$$\sigma^2 = const. \quad (4.9)$$

4. Ошибки e_i в любых двух опытах независимы

$$Cov[e_i, e_j] = 0, \quad i \neq j \quad (4.10)$$

В векторной форме допущения (4.7 и 4.10) можно представить в виде обобщенной нуль гипотезы [28.5]

$$e \sim N(0, \Sigma) \quad (4.11)$$

где $N(0, \Sigma)$ - обозначение n -мерного нормального закона

распределения;

I_n - n -мерная единичная матрица.

Помимо принятых допущений, оговаривающих поведение регрессионной ошибки, г, необходимо ввести следующие (дополнительные к предыдущим) предположения 5, 6, 7 [121].

$$r_g W = k. \quad (4.12)$$

6. постулируемая структура $tp(B, X)$ адекватна истинной зависимости.

7. ошибки регистрации XX , входных переменных X_j пренебрежимо малы по сравнению со случайной ошибкой e .

В последующем будем предполагать, что допущения (5,6 и 7) выполняются, и рассмотрим особенности использования регрессионной модели (4.4) для построения математического

описания объекта типа рис.4.2 с учетом возможного нарушения допущений (4.7-4.10), касающихся поведения случайной ошибки e .

Если выполняются все допущения (4.7-4.10), то для получения оценок B можно использовать метод максимального правдоподобия (ММП), который обеспечивает оценкам B следующие оптимальные свойства: асимптотическую эффективность, несмещенность, состоятельность, совместный нормальный закон распределения (4.3). Значения B , доставляющие максимум функции правдоподобия, выведенной в предположении (4.7-4.10), соответствуют условию [53]

$$P' = P \cdot K, \quad \bullet \quad \blacksquare$$

$$- \epsilon' = I(L - \hat{Y})^2 = E(L - 2 * L)^2 \wedge \text{тип} - ; \bullet O^{13}$$

Следовательно, при выполнении (4.7-4,10) выражение для получения ММП-оценок совпадает с условием метода Наименьших квадратов (МНК).

Из (4.13) следует, что ММП-оценки B , как и МНК-оценки, являются линейными относительно y ,

Если допущение (4.7) не выполняется, функцию правдоподобия получить нельзя и, следовательно, нельзя найти ММП-оценки для B . Однако, при выполнении (4.8-4.10) оценки B , полученные по методу наименьших квадратов, будут наилучшими (в смысле минимума дисперсии) в классе линейных оценок, несмещенными, состоятельными и асимптотически нормальными [121].

Значения оценок b_x, \dots, b_k , доставляющие минимум значению Q в (4.13), являются решением системы нормальных уравнений вида

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \left(b_0 + b_1 x_{i1} + \dots + b_k x_{ik} \right)^2 = \min \\ & \text{или} \quad \sum_{i=1}^n \left(y_i - b_0 - b_1 x_{i1} - \dots - b_k x_{ik} \right)^2 = \min \end{aligned}$$

В матричной форме система (4.14) и ее решение имеют вид:

$$(X^T X) B = X^T Y, \quad (4.15)$$

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y = C X^T Y, \quad (4.16)$$

Если выполняются допущения (4.7-4.10), то полученные в виде (4.16), оценки b_j обладают следующими свойствами [121]

$$\text{cov}(b_j, b_k) = \sigma^2 (C^{-1})_{jk} \quad (4.17)$$

$$\text{cov}(b_j, y_i) = \sigma^2 c_{ij} \quad (4.18)$$

$$\text{cov}(b_j, x_i) = \sigma^2 c_{ij} x_i \quad (4.19)$$

$$\text{cov}(b_j, e_i) = 0 \quad (4.20)$$

где c_{jj}, c_{jq} - элементы матрицы $C = (X^T X)^{-1}$.

Или в матричной форме:
$$C^{-1} = \frac{1}{\sigma^2} S(X-X)^2 \quad (4.21)$$

Несмещенной оценкой для неизвестной дисперсии ошибки σ^2 является величина [121]

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-k} S(x-x)^2 \quad (W)$$

где y_i - "предсказанное" значение y в i -м опыте, полученное путем подстановки i -го опыта $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})$ в эмпирическое уравнение регрессии

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + \dots + b_k x_{ik} \quad (4.23)$$

Наилучшей линейной несмещенной оценкой вектора ошибок E является вектор остатков [53]

$$E = Y - Y = Y - XB = TY = TE, \quad (4.24)$$

где

$$T = I_n - X(X^m X^m)^{-1} X^m = I_n - T_x \quad (4.25)$$

При соблюдении (4.7-4.10) вектор остатков E обладает свойствами [53]

$$E^T X = 0, \quad E^T E = (n - k) \sigma^2 T. \quad (4.26)$$

Последующие результаты, справедливы только при выполнении совокупности условий (4.7-4.10).

Используя статистические распределения^ основанные на нормальном распределении, можно получить: интервальные оценки для эмпирической модели регрессий [12.1].

Используя Лраспределений, интервальную оценку для одного отдельно взятого коэффициента b_j , можно представить в виде .

$$b_j \pm t_{\alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{1 - h_{jj}}} \quad (14-27)$$

где $t_{\alpha/2}$ - табличное значение t -распределения для уровня α ; s - ...

значимости $(\frac{\alpha}{2} - y)$ и числа степеней свободы $(n - k)$.

Соотношение (4.27) справедливо с доверительной вероятностью $1 - \alpha$.

Доверительная область, в которой с вероятностью $P = 1 - \alpha$ заключены одновременно значения всех регрессионных коэффициентов $B^m = (\hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k)$, описывается уравнением [53],

$$(B-B)'X'X(B-B) = L < 7^2 \wedge_{л, ч} > \quad (4.28)$$

где $F_{\alpha\{k, n-k\}}$ ~ табличное значение F-распределения для уровня значимости α и числа степеней свободы k и $(n-k)$.

Соотношения (4.27) и (4.28) позволяют по выборочным оценкам B , являющимся результатом обработки одной выборки, получить суждение об истинных неизвестных значениях коэффициентов B

- отдельно для каждого (4.27);;
- совокупном расположении значений одновременно всех коэффициентов (4.28);
- условном расположении некоторых коэффициентов при фиксированном значений остальных (4.28).

Используя t -распределение, интервальную оценку для математического ожидания μ в каждом z -м опыте матрицы наблюдений X можно представить в виде [121]

$$\mu \in \left[\bar{y}_i - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{n} \sigma^2}, \bar{y}_i + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{n} \sigma^2} \right] \quad (4.29)$$

где \bar{y}_i - «предсказанное» значение y в i -м опыте, полученное путем подстановки данных i -го опыта $A) = (x_1, x_{ik})$ в эмпирическое уравнение регрессии (4.23), ..

Соотношение (4:29) дает возможность с вероятностью $P=1-\alpha$ судить об истинной величине выходного показателя y^0 в каждом опыте эксперимента. ..

Эмпирическое уравнение регрессии (4.23) можно использовать для прогнозирования значений выходного показателя y для любой комбинации значений входных переменных $X_{n+k} = (x_{n+1}, \dots, x_{n+k})$ содержащихся в матрице наблюдений X . Истинное значение прогноза y_{n+1} с вероятностью $P=1-\alpha$ будет заключено в интервале $\Gamma, [21] C - J$.

$$\hat{y}_{t+1} = \hat{a} + X_{t+1}(\hat{\beta} + X_t' \gamma) + \epsilon_{t+1} \quad (4.30)$$

где \hat{y}_{t+1} - значение, полученное путем подстановки вектора X_{t+1} в эмпирическое уравнение регрессии (4.23).

Если структуру технологического процесса удастся свести к структурной схеме рис.4.2 с n -мерным выходом Y то динамическое поведение объекта, можно описать через переменные состояния в виде системы матричных уравнений [53].

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) \quad (4.31)$$

$$Y(t) = CX(t) + D U(t) \quad (4.32)$$

где $X(t)$ - вектор $(n \times 1)$ текущих значений переменных состояния объекта;

$U(t)$ - вектор текущих состояний входных переменных объекта;

$Y(t)$ - вектор текущих значений не - измеряемой части выходных переменных;

$\dot{X}(t)$ - вектор производных переменных состояния по времени;

A, B, C, D - матрицы с постоянными компонентами.

Математическое описание динамического объекта, в виде модели рег-рессии имеет следующие особенности [53]:

- в регрессионное уравнение в виде регрессоров входят не только входные переменные но и их запаздывающие значения до n -го включительно, а также запаздывающие значения выходной переменной до n -го включительно;

- даже если по n -му выходу для ошибки ϵ_t выполняется условие (4.11), регрессионная ошибка - вследствие динамических эффектов будет автокоррелирована - по типу марковского процесса n -го порядка.

- присутствие членов предыстории выхода, $j = l, v,$
 которые есть случайные величины, означает, что условие не
 случайности регрессоров нарушается, кроме того, одновременно
 нарушается условие независимости векторов $A[z]$ и $Y[i]$, которое
 теперь выполняется лишь в асимптотике.

4.2. Методика получения модели технологического процесса ТО с контролем параметров

■ На основании параметрической матрицы контроля (АТ)
 формируется система нормальных уравнений (4.14), решением
 которой являются обычные МНК-оценки b_j, \dots, b_k математического
 описания в виде [53]

$$\mathbf{y} = \mathbf{B}_x \mathbf{x}_x + \dots + \mathbf{B}_k \mathbf{x}_k \quad ; \quad (4.33)$$

Данную систему можно решать любым численным методом,
 использующим обращение матрицы коэффициентов, поскольку для
 вычисления $D[b_j]$ необходимо иметь элементы обратной матрицы S
 (4.18). На основании полученных значений b_j, \dots, b_k , вычисляется
 остаточная дисперсия σ^2 в соответствии с (4:22) [53].

■ Для получения математического описания в виде уравнения
 регрессии со свободным членом [121]

$$\mathbf{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k \quad (4.34)$$

в матрицу X необходимо добавить вектор-столбец $X^0 = (1, \dots, 1)$. Тогда
 решение системы из (АН-1)-го уравнения дает математическое
 описание в виде

$$\mathbf{y} = \mathbf{y} - \mathbf{Y}^b \mathbf{X}^j + b_i x_i + \dots + b_k x_k = b_0 + b_i X_j + \dots + b_k x_k \quad (4.35)$$

$$x_{y.} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{jy} \tag{4.36}$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{jy} \tag{4.37}$$

Если масштабы измерения переменных значительны, то коэффициенты системы нормальных уравнений типа $\sum_{j=1}^n x_{jx} x_{jy}$, $\sum_{j=1}^n x_{jx}^2$, $\sum_{j=1}^n x_{jy}^2$ имеют большую разрядность, вследствие чего

возможны значительные погрешности округления. Избежать этого

можно предварительным приведением переменных к единому масштабу измерения, т. е. стандартизацией вида [121.]

$$x_{j'k} = \frac{x_{jk} - \bar{x}_k}{\sigma_k} \quad j = 1, k \tag{4.38}$$

$$\dots \tag{4.39}$$

$$\hat{\sigma}_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$$

$$= \dots \tag{4.4-1}$$

при условиях

$$x'_{j.} = 0; \sum_{j=1}^n x'^2_{j.} = 1; \sum_{j=1}^n x'_{j.} = 1; y = 0; \sum_{j=1}^n y^2 = 1.$$

Выборочные парные коэффициенты корреляций соответственно между переменными $X_j - \bar{x}_j$ и $x_j - \bar{x}_j$ определяются из выражений [121]

$$r_{jg} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ig} - \bar{x}_g)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^n (x_{ig} - \bar{x}_g)^2}} \tag{4.42}$$

$$F_{jg} = \dots \tag{4.43}$$

После этих преобразований система нормальных уравнений

$$| + b_2 r_{n+...} + b_k r_{Xk} - f | y$$

$$b | f_{kx} + b_2 r_{.k2} + ... + b_k r_{kk} \sim r_{ky}^{\wedge}$$

При этом $\Gamma_y = 1$, $r_{jq} = r_{jg}$. При формировании системы нормальных уравнений в данном виде значения r_{jq} целесообразно постоянно анализировать, так как они несут весьма полезную информацию с взаимной коррелированности переменных.

Оценки стандартизованных регрессионных коэффициентов определяются соотношением [121]:

$$b_j = \frac{C_{jy}}{C_{jj}} \quad (4.45)$$

где C_j - элемент матрицы, обратной к матрице корреляционных коэффициентов r_{qy} в (4.44).

Математическое описание в стандартизованных переменных не имеет свободного члена [53]:

$$y = b_1 x_1 + ... + b_k x_k \quad (4.46)$$

и удобно для оценки сравнительного влияния отдельных переменных x_1, \dots, x_k на выходную переменную y , так как все переменные масштабированы.

Оценка дисперсии для b_j имеет вид [53]:

$$D(b_j) = \frac{1}{n-1} \quad (4.47)$$

где

$$D(b_j) = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{C_{jj}} - \frac{r_{jy}^2}{C_{yy}} \right) \quad (4.48)$$

В соответствии с (4.47) и (4.48) должны быть скорректированы соотношения (4.27)-(4.28):

Обратный пересчет коэффициентов B^0 к натуральному масштабу измерения переменных осуществляется по формулам [121]

$$b_j = b_j^0 j^{-1}, \quad j = 1, k, \quad (4.49)$$

$$b_0 = y - \sum_{j=1}^k b_j x_j \quad (4.50)$$

4»

Между остаточной дисперсией a^2 и выборочной дисперсией a^2 существует зависимость. [121] •

$$r^2 = D^2 / (1 + D^2), \quad (4.51)$$

где R - выборочный коэффициент множественной корреляции, характеризующий тесноту связи между переменной y и регрессорами

• VZ, \dots

. При браковке той или иной составляющей (4.7-4.1.0) обобщенной нуль-гипотезы (4.11) необходимо оценить значительность выявленного нарушения в смысле целесообразности коррекции математического описания в виде МНК-модели (4.33). Коррекция математического описания технологического процесса контроля в виде МНК-модели выполняется на основании-анализа параметров, и их предельных значений. Для решения вопроса о целесообразности коррекции (4.3,3) вычисляется и анализируется величина [53] ■ ■ ;

В В В В'

$L / \dots \cdot A^T j L / (\ll$

где- Sp - след матрицы; " ; ■

$B \bullet$ - вектор МНК-оценок; .

B - вектор скорректированных МНК-оценок; ; =

$M\{(B - B)(B - B)^T\}$ - ковариационная матрица МНК-оценок B ;

$M[(B - B\{B - BU}]$ - матрица среднеквадратических отклонений скорректированных оценок B :

При нарушении хотя бы в одной из составляющих (4.7-4.10) справедливо' ■

$$\bullet M[(B - BU\{B - BU] > M[(B - B\{B \sim B)^T], \quad (4.53)$$

и, следовательно' значение $K > 1$. По смыслу величина K характеризует среднее уменьшение относительной эффективности оценок' B по сравнению с оценками' B . Так, например., при $K=1,2$ в среднем относительная' эффективность оценок B на 20% меньше эффективности оценок B ,

■Для. решения- вопроса о целесообразности коррекции необходимо ' априори дополнительно задаться предельными значениями- контролируемых -параметров, . выполнить расчет и определить K_0 . После, этого вычислить значение K для конкретной - МНК-модели типа (4.33) и сопоставить значения K и K_0].

При проведении сопоставления возможно два варианта:.- ..

- при $K < K_0$ уменьшение эффективности -МНК-оценок'.В за счет обнаруженных нарушений /в- составляющих (4,7-4:10) не - превосходит допустимого- уровня и, следовательно., коррекция МНК-модели нецелесообразна; - . ■ ..

' -при $K > K_0$ потери эффективности для B превосходят допустимые и необходимо проведение коррекции МНК-модели (4-33)..... ■ : ' ..

В-соответствии с данной методикой-были проведены расчеты технологических процессов ТО с контролем и диагностированием следующих узлов тепловозов: . . . ■ ■

.-газовоздушного тракта дизеля; ' . . ! • ■ , .

- топливной аппаратуры дизеля; ■

..... ■ ■

- систем смазки дизеля;

. - автоматической системы возбуждения -тягового генератора;

- узлов вспомогательного оборудования.

В условиях нормального протекания технологического процесса ТО регистрировались основные значения контролируемых параметров, которые учитывались как факторы, влияющие на экологичность локомотива. К ним были добавлены факторы, учитывающие время, на проведение отдельных . контрольных операций, стаж работы .обслуживающего, персонала и разряд работы, а также данные наработки локомотива или егЪ контролируемого узла от .последнего ТО или ремонта.

В результате ■ . исследований. были '■ получены . таблицы статистических данных, содержащие 42 комплекта информации о 15 технологических параметрах процесса.. -. На базе - собранного статистического, материала :с помощью ПЭВМ (пакет прикладных программ "Statistipa") были. получены- регрессионные уравнения, описывающие зависимости выходных параметров (расход топлива, уровень мощности, количество выбросов, вредных веществ и- т.д.) от контролируемых переменных:

В качестве примера можно привести.уравнение множественной регрессий технологического процесса контроля топливной системы дизеля и ее. узлов/В качестве выходного параметра, в. данном процессе учитывался расход топлива дизелем на различных режимах работы (приложение П2),..

Уравнение регрессии в имеет вид • •... •.

$$G = 38,356 + 0,185X_1 - 0,51A^3 - 0,151A^4 + 0,118^1 \Delta G_5 - \dots$$

$$- 0,093X_1X_6 - 0,061X_1X_7 + 0,059X_2X_3 - 0,016X_2X_4 - 0,107X_2X_5 +$$

$$+ 0,145X_2X_6 - 0,073X_2X_7 + 0,015X_3X_4 + 0,035X_3X_5 - 0,03X_3X_6 +$$

$$+ 0,0045X_3X_7 + 0,112X_4X_5 - 0,125X_4X_6 - 0,005X_4X_7 + 0,079X_5X_6 +$$

$$+ 0,006X_5X_7, \dots$$

Значимыми/.факторами в данном случае .явились: X1 - стаж работы обслуживающего персонала,, лет;. X2 - разряд работы-

обслуживающего персонала; ХЗ - наработка от последнего вида ТО или ремонта, сут.

4.3. Получение эксплуатационных параметров локомотивов для создания математической модели

4.3.1. Особенности регистрации и накопления эксплуатационных параметров

Повышение уровней эффективности эксплуатации подвижного состава и безопасности движения относятся к числу актуальнейших задач, решаемых службами железных дорог. Разработка режимных карт вождения поездов и их соблюдение, контроль технического состояния подвижного состава и систем, взаимодействующих с ним являются важными, составляющими технологически сложной эксплуатационной работы.

Для исследования параметров-двигательных; установок локомотивов, параметров движения поездов в различных режимах (например, при определенном весе поезда, конкретном профиле, пути и т.д.) используются Мобильные измерительные системы, которые устанавливаются в специальных динамометрических вагонах-лабораториях или локомотивах. Эти компьютерные системы имеют широкие функциональные возможности, позволяющие осуществлять сложные измерения и обработку информации, для определения режимов движения, целесообразных с технической и, экономической точек зрения, а также удовлетворяющих требованиям безопасности. В то же время такие системы сложны, дороги и требуют подготовленного персонала для их использования. Оснащать подобными системами многие единицы подвижного состава невозможно, хотя для определения ряда показателей, например, норм

расхода топлива, электроэнергии важна статистика по локомотивному парку.

«

С другой стороны, анализируя после рейсов в депо параметры технического состояния тепловоза или электровоза, полученные во время поездки, то есть в реальных условиях работы, можно более глубоко производить контроль и диагностирование систем локомотивов, выявляя дефекты еще на стадии их зарождения.

Таким образом, наметилось противоречие между практической потребностью широкого использования многофункциональных мобильных компьютерных информационно-измерительных систем и их высокой стоимостью и сложностью, затрудняющей их повсеместное применение. ...

Кроме того, необходимо подчеркнуть еще одну важную особенность. Наиболее сложной задачей при организации эксплуатационных испытаний новых и уже эксплуатирующихся локомотивов, а также их элементов является выбор условий и режима работы. Поскольку локомотивы используются в весьма разнообразных условиях, различным образом и с различной интенсивностью, необходимо выбрать такой вариант (или несколько вариантов) испытаний, который позволил бы уверенно судить о надежности конструкции в определенных условиях их использования. Наиболее частых или наиболее тяжелых. По экономическим причинам и вследствие ограниченности сроков редко удается воспроизвести любой возможный вариант воздействия на локомотив, или его узел. Число вариантов, как правило, сводится к минимуму. Тем не менее, в большинстве случаев нужны испытания в различных условиях (климатических, сезонных и др.) при выполнении разных видов работ. Должно быть учтено, что с изменением условий эксплуатации нагруженность различных элементов конструкции изменяется в разной мере и, соответственно, в неодинаковой мере проверяется их надежность. Необходимость

всесторонней проверки конструкции влечет за собой увеличение масштабов испытаний, требует их проведение в разное время года, нередко приводит к организационным затруднениям и к повышению стоимости испытаний [258].

Этот фактор существенно ограничивает . размах эксплуатационных испытаний и зачастую препятствует их проведению - с должной полнотой. В таких случаях недостающую информацию должны . восполнить ' параметрические данные, полученные с •помощью информационно-измерительной, системы [18]. ./■ ■

... Известно, -что любая ..информационно-измерительная система состоит из средств сбора йнформаций и средств ее обработки и отображения, причем вторая часть системы •: наиболее дорогая, и сложная. Поэтомуцелесообразно .средство 'сбора информации выделить в.автономное дистанционное устройство. Это устройстве» - автоматизированная ■. система сбора.. и обработки . информации (АССОИ), если-ее выполнить на современной элементной базе будет сравнительно простой, дешевой и неприхотливой в эксплуатации...С ее помощью можно проводить эксплуатационные испытания различных 'серий., лбкомбтйвой.. . Средства . же обрабтки и •отображения (АРМ.на.базе высокопроизводительных компьютеров) можно располагать лишь; в . отдельных подразделениях железных дорог, например; в депо,- где- производится обслуживание локомотивов. В тйкие'АРМ, многие.из которых интегрированы в информационную сеть дороги, информация может переписываться из АССОИ с. помощью переносных компьютеров типа notebook, или palmtop. .. ■■■■"■_ •■■...• . . ' • ■ .•

Хотя рассмотренная технология не . нова, .реализация се сдерживается уровнем используемых для ее' поддержки: технических и ' программных средств. Используемые . на локомотивах скоростимерц и бортовые регистраторц параметров движения КПП.

З [258], как правило, применяют для записи бумажные носители, что затрудняет автоматическую обработку записанной информации, а элементная база этих регистраторов ограничивает их технические характеристики. Такие регистраторы применяются как «черные ящики».

Исходя из вышеизложенного, к созданию АССОИ- должны предъявляться следующие требования [6,18,52]. ■

1. Комплексность исследований, выполняемых в локомотивном хозяйстве, заставляет разрабатывать АССОИ не под те или иные системы, узлы или локомотив в целом, а под класс решаемых локомотивом задач, ориентированных на его использование в эксплуатации. ■■

2. Объем и характер задач в ходе выполнения экспериментальных научных исследований нередко корректируются. Поэтому в АССОИ должна быть предусмотрена возможность быстрого подключения, дополнительных источников информации, а также изменение программы эксперимента, алгоритмов обработки данных и отображения информации. Для этого в составе АССОИ целесообразно использовать универсальные микропроцессорные узлы и периферийные устройства сопряжения с объектами. При этом технические и программные средства АССОИ должны допускать развитие и модификацию системы: у-

■ 3. Для автоматизаций отдельных подсистем АССОИ, функционирующих по «жестким» алгоритмам, целесообразно использовать специализированные вычислительные устройства. Как известно, при работе в реальном времени специальные вычислители позволяют более чем на порядок увеличить производительность, при одновременном уменьшении аппаратных затрат за счет проблемно-ориентированной организации вычислительного Процесса. Г;,,/";..

4. . Построение комплекса АССОИ целесообразно по трехуровневой организации. Нижний уровень - дистанционный бортовой регистратор - предназначенный для выполнения функций сбора, регистрации, экспресс обработки, контроля и накопления данных. Средний уровень используется для приема информации, с нижнего уровня и вводу ее в ЭВМ. Верхний уровень - центральный вычислительный комплекс.*(АРМ пользователя) - необходим для реализации функций полной обработки измерительной информации, поступающей со 'среднего уровня, ее хранения, а также для интерпретации данных испытаний и планирования экспериментов■

... ■ ...

4.3.2.Основные требования к АССОИ

Для¹ обеспечения гибкости-и приспособляемости.к конкретным задачам архитектура АССОИ'должна быть' открытой, что позволит изменять функциональные, возможности .-и характеристики устройства (объем памяти, количество ' вводимых - аналоговых и дискретных сигналов, й алгоритм опроса, средства доступа к базе данных АССОИ и т. д'.) за счет подключения соответствующих аппаратных и • программных модулей.. Это позволяет создавать различные, варианты. АССОИ в. зависимости от конкретного круга решаемых задач [18,258]... ..

. ■ Желательно использовать в АССОИ архитектуру, совместимую с IBM PC, что позволит применять широко распространенное прикладное программное обеспечение и инструментальные средства разработки программ,, а также типовые интерфейсы для организации взаимодействия с другими системами.; . ■ ' ...

•АССОИ должна обеспечивать простую технологию изменения прикладного. программного. обеспечения, настройки на определенный режим работы, перезаписи информации .из АССОИ на промежуточный носитель. - .. :

АССОИ должна содержать средства для датирования измерений, быть устойчивым к сбоям, не влиять на локомотивные устройства, к которым регистратор подключен. Работоспособность АССОИ должна обеспечиваться в условиях вибраций и ударов, сильных электромагнитных помех, неизбежных при работе на борту тепловоза или электровоза. '

' .Сформулированным требованиям в подной мере удовлетворяют IBM'PC совместимые индустриальные компьютеры серии MicroPC, которые должны выбираться в качестве базисных модулей для построения бортовых регистраторов. ...

4.3.3. Структурная схема АССОИ ..

Тягово-экономические, ..теплотехнические и' реостатные испытания^ являются одними йз трудоемкий ■ экспериментальных работ при .исследованиях локомотивов. Характерной чертой этих видов - испытаний' является необходимость .• измерения и контроля большого ' числа различных -физических-, параметров.- частоты вращения, давлений,. температур,, расходов жидкостей и газов, электрических '- параметров, -скоростей движения, мощности, пройденного пути и ряда, других аналоговых й дискретных величин в системах управления локомотивом... Говоря об этих задачах необходимо подчеркнуть, • что многие, параметры локомотива .во время проведения. испытаний не. . поддаются непосредственным измерениям и подлежат определению их: расчётным путем.-Кроме того, правомочность проведения- 'испытаний' должна • все время подтверждаться контролем целого, ряда параметров, определяющих соответствие локомотива и ег'о узлов требованиям ТУ. Поэтому к Методике испытаний ' и используемой аппаратуре предъявляется

безусловное требование оперативной информативности и наглядности. Применение осциллографов с выводом результатов измерений на фотобумагу при решении современных задач, отличающихся необходимостью регистрации большого числа параметров и, как следствие, использованием нескольких синхронно включаемых осциллографов, настолько трудоемко и при проведении замеров, и, тем-более, при их обработке;- что отказ оу этого способа вполне обоснован [18,11'6]. ... ■ .

• Анализ требований к измерительной аппаратуре, возможностей приборов, поставляемых промышленностью, и объема исследовательских работ привел, к. необходимости решения вопросов инженерной организаций . всех видов испытаний принципиально новым- способом/ - путем создания .автоматизированной системы сбора и обработки информации; на'базе современных достижений микропроцессорной и вычислительной техники. ■ •

. .. В соответствии с ЭТИ1У на кафедре ЭРПС ХГАЖТ разработан переносной/микропроцессорный комплекс АССОИ '[116].■

'. Он включает в себя центральный блок; измерительные датчики,, электромеханический • расходомер - топлива (для- дизельных локомотивов), или электронный счетчик для измерения количества потребляемой электроэнергии (для электрических'локомотивов) и комплект соединительных кабелей.' ■ •

- ■ Режимбмер предусматривает' измерение,, регистрацию и накопление следующих параметров: . .. •

- напряжение (Итг) . и ток . (1тг) тягового генератора или аналогичные парам'ётфы, '^йотребияБые. электрическим' локомбтивоЦ от'койтктндй сети;, . - ; ;... •• ' : ■ .

- частоту вращения коленчатого вала электроэнергетической установки дизельных локомотивов ($\Omega_{дв}$);
- скорость движения локомотива (V_s); *
- расход топлива (G_T) или электроэнергии (G_3);
- позицию контроллера машиниста (КМ).

Для реализации этих задач в режиме реального времени организованы 6 входных каналов, из которых 3 являются аналоговыми и 3 дискретными. При этом, 6 дискретных каналов являются резервными. Центральный микропроцессорный блок производит прием, обработку и запись сигналов на магнитный диск в течение всего времени движения локомотива по участку. Непрерывное время записи параметров работы локомотива составляет не менее 24 часов.

Для приема внешних сигналов в центральном блоке предусмотрен специальный узел, выполняющий гальваническое разделение их от цепей локомотива, а также исключая попадание в прибор нечетких дискретных сигналов (имеющих "дребезг" контактов) и импульсных помех.

• Структурная схема всего электронного комплекса представлена на рис.4.3. Дискретные сигналы, поступающие от датчиков, гальванически разделяются, формируются в узле б, где производится их приведение к уровню TTL. Аналоговые сигналы также формируются узлами Г и 2 и затем поступают на аналого-цифровые преобразователи (3 и 4).

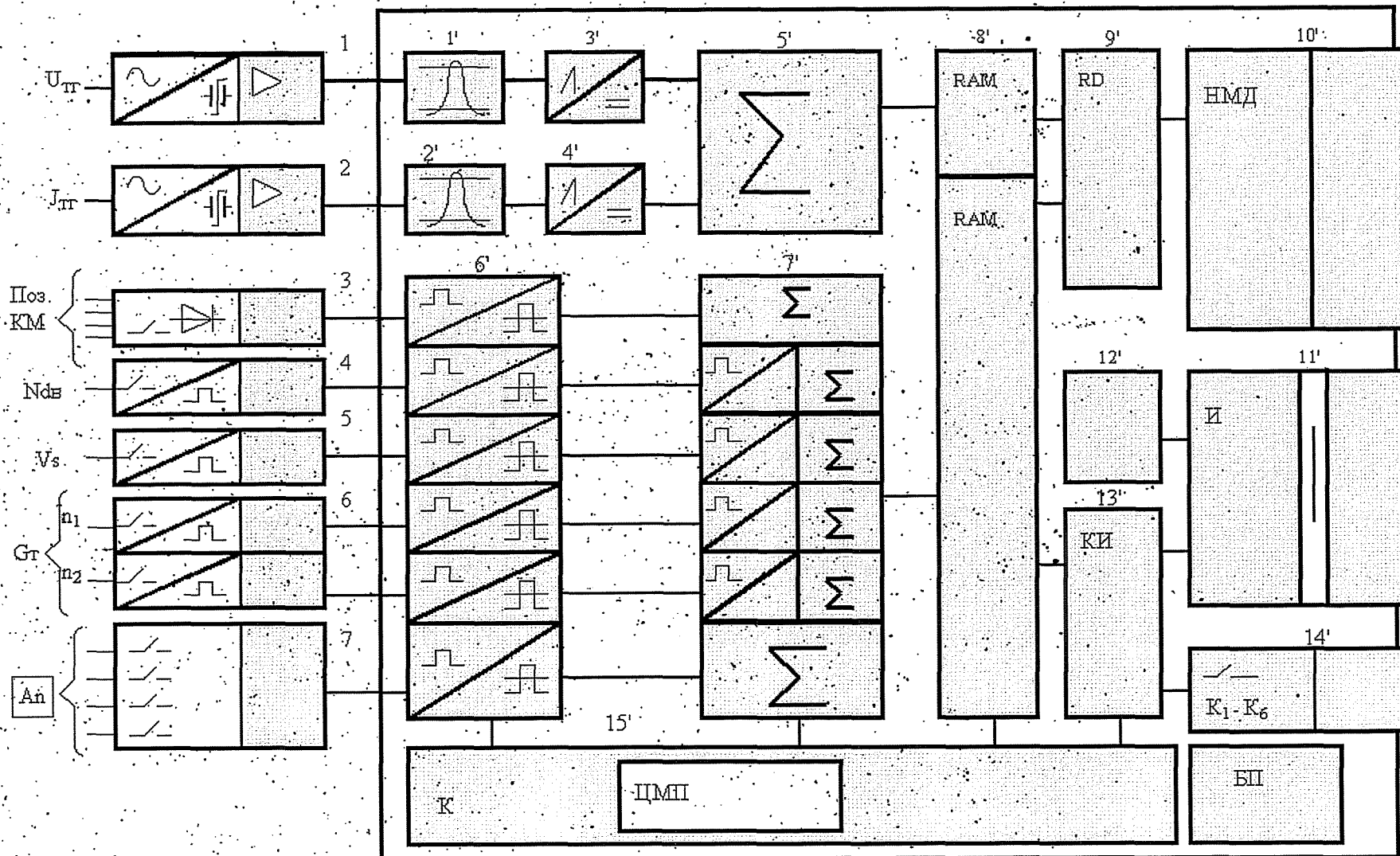


Рис. 4.3. Структурная схема режимомера

Сформированные сигналы, каждый по своему каналу, поступают в сумматоры-преобразователи (5', 7'), где производится их накопление и обработка по заранее разработанным математическим законам, а затем по команде центрального процессора (15') поступают в оперативное запоминающее устройство 8' (000). Накопление сигналов в ОЗУ производится до момента его заполнения, после чего они по специальной команде через буфер 9' поступают в накопитель 10' где и записываются на дискету (стандартный-магнитный диск 3,5").

В центральном блоке предусмотрена установка начальных значений: текущего времени; типа локомотива, с которого будет производиться, съем информации; задание количества и номера рабочих каналов, а также их тестирование перед началом работы. Пуск прибора осуществляется специальной коммутационной командой, имеющей триггерную защелку, позволяющую исключить случайное выключение прибора во время его работы в рабочем режиме. Все установки начальных значений, а также, рабочий режим блока визуально отображается на специальном индикаторе, расположенном на передней панели и работающем в режиме бегущей строки.

В качестве измерителей U_T и I_T используются стандартные датчики напряжения и тока (GA32. и GA33), которые применяются на маневровых тепловозах. ЧМЭ.3т/ - Датчики частоты вращения электроэнергетической, установки (БТДВ) и скорости движения локомотива (V_s) выполнены - по обычной бптоэлектронной схеме. С формированием импульсного сигнала. Сигналы с расходомера топлива (G_T) также имеют импульсную форму сигнала, и их частотная разность по специальному алгоритму, в зависимости от потребления топлива реализуется в центральном блоке режим-омера...

После записи на специальное запоминающее устройство (ЗУ) накопленные данные могут быть просмотрены на ПЭВМ по специальной программе "-ЛОКОМОТИВ".

4.4. Мониторинг ТПС

Для обеспечения безопасности движения поездов и поддержания

- высокого уровня обслуживания пользователей на железных дорогах необходим постоянный контроль за техническим состоянием подвижного состава. Исходя из этого, подвижной состав оснащают различными бортовыми системами контроля и технической диагностики, которые извещают бригаду о возникновении неисправностей оборудования и при необходимости автоматически прекращают работу того или иного узла или переводят его в другой режим работы, а, в крайнем случае, останавливают поезд [241].

Поэтому в последние годы начали интенсивно разрабатывать и внедрять микропроцессорные системы, применение которых исключает непредвиденные остановки путем плавного регулирования режимов работы ответственных агрегатов и узлов в пределах, обеспечивающих бесперебойное движение поездов:

Микропроцессорные устройства контроля работы дизельных двигателей показали свою гибкость и эффективность. Они позволяют непрерывно и бесступенчато изменять в заданных пределах номинальные значения параметров работы двигателя, например, уменьшать мощность на выходе при росте температуры хладагента в системе охлаждения [241].

Электронные устройства могут одновременно контролировать большое число параметров (значительно больше, чем машинист), учитывать неблагоприятные условия и своевременно корректировать режим работы в реальном масштабе времени? Так, падение производительности Турбокомпрессора влечет за собой уменьшение подачи воздуха в цилиндры двигателя, что приводит к передбогащению топливной смеси и увеличению дымности

выхлопных газов. По результатам непрерывного измерения давления поступающего в двигатель воздуха и, следовательно, оценки производительности турбокомпрессора электронный регулятор изменяет подачу топлива, поддерживая соотношение- между объемом топлива и воздуха, обеспечивающее оптимальное сгорание.

«
Подобным же образом работают электронные регуляторы, измеряющие- и изменяющие •. параметры работы других систем подвижного состава. Так,-микропроцессорное устройство, встроенное в схему • тягового ; привода, регулирует работу импульсных преобразователей, предотвращая или сводя к минимуму возникновение помех,- могущих неблагоприятно' влиять на.аппаратуру сигнализации и связи. ... ■ -. • ■ - .

Диапазон применения таких .. устройств . не ', ограничивается слежением за основным оборудованием и-регулированием его работы. Они используются во многих других системах подвижного состава - от электропневматического привода закрывания дверей до,- установок кондиционирования. . воздуха. Широкому • их. . использованию благоприятствуют- Относительно низкая стоимость и способность адаптации к. измерению,, запоминанию,, оценке и изменению тысяч параметров; . . J

■ Выбор ■ числа и.\ ассортимента ' параметров, .- подлежащих измерению щ ' оценке, Зависит - от .вида и 'сложности, объекта регулирования; Для несложного/оборудования, имеют значение только несколько параметров. . Например, для контроля работы раздвижных дверей достаточно следить за давлением в пневматическом цилиндре- и временем, затрачиваемым на открывание и закрывание Неожиданное изменение, того- цли; иного, параметра: может быть признаком утечки воздуха, из воздушной магистрали или застревания створок.дверей в направляющих. При постоянном контроле имеется возможность, срду. обнаружить" Изменение . параметра, .что - позволяет распознать

неисправность в начальной стадии и принять меры по ее устранению, а также создать базу данных. Для организации технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию.

Современный подвижной состав можно представить как совокупность большого числа систем, многие из, которых могут управляться и контролироваться микропроцессорными устройствами'; (что в настоящее время уже делается). Это позволяет получать и накапливать информацию об изменении параметров в эксплуатации и на этом основании судить о его техническом состоянии. ■

Персонал предприятий, по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава может иметь доступ, к этим данным путем подключения своих портативных компьютеров к бортовой сети и их перезагрузки.

Объединение различных систем подвижного состава в единую сеть с общей информационной шиной дает ряд дополнительных возможностей. Всю командную и измерительно-диагностическую аппаратуру, можно сконцентрировать в одном месте, так что управление многими системами, и контроль за их работой могут быть централизованы и осуществляться непосредственно из кабины машиниста [138,241,323].

Несколько лет назад в рамках программы создания нового подвижного состава. Для, железнодорожной компании CrossRail была разработана система централизованного технического осмотра, предназначенная для использования при приемке бригадой подвижного состава в начале каждой смены. Система, проверяет исправность дверей, сигнальных огней, пневматической магистрали^ а также наличие устройств безопасности, например огнетушителей, с помощью смонтированных в местах их установки микровыключателей. > Более сложная система была применена для подвижного состава лондонского метрополитена, где мощность бортовых компьютеров... по объему

накапливаемой диагностической информации используется полнее [138].

В настоящее время остается нерешенным вопрос об объеме информации, которая должна выводиться на экран дисплея компьютерной системы диагностики и мониторинга в кабине машиниста. Возможны два варианта - с представлением всей информации или только той, которая сигнализирует о возникновении каких-либо осложнений. В большинстве случаев предпочтительным кажется второй вариант, с выводением: информации о возможных или уже имеющихся неисправностях вместе с инструктивными указаниями о принятии соответствующих мер (в табличной форме).

Таким образом, можно создать «интеллектуальный» подвижной состав, который «знает», в каком состоянии, находится и как работает его оборудование; «помогает» обслуживающему персоналу заранее обнаруживать и устранять неисправности, а зачастую и «сам» принимает меры по исправлению ситуации. Вся информация о состоянии и работе оборудования регистрируется и хранится в бортовых «черных ящиках». Для этого необходим единый интерфейс, объединяющий все системы подвижного состава. С этой целью подвижной состав оснащают единой сетью, к которой подключаются все бортовые устройства, и через которую передается вся информация [138].

• Различные варианты информационных сетей разрабатывались такими крупными фирмами - изготовителями подвижного состава, как Adtraris, GEC Al'shom и Siemens. Вначале эти сети были, предназначены только для передачи информации, не связанной с безопасностью движения поездов, но затем по инициативе правительственной администрации рельсового транспорта : TRACTS была разработана бортовая сеть, способная, обрабатывать также и информацию, касающуюся выполнения жизненно важных функций [138]. ;

Для передачи данных с подвижного состава в центр управления движением поездов в реальном масштабе - времени на борту устанавливают модем, с одной стороны через бортовую ЭВМ подключенный к единой шине поезда, а с другой - к сотовому телефону. Бортовая ЭВМ с соответствующим программным обеспечением через модем и сотовый телефон обеспечивает автоматическое подключение к общей компьютерной сети и выход на центральную ЭВМ, причем здесь могут быть использованы разные системы связи, от внутриведомственной до электронной почты и сети Internet. Таким образом, информация о состоянии и работе оборудования всего подвижного состава передается в центральную ЭВМ, постоянно пополняется, записывается и сохраняется.

Примером одной из первых и относительно-несложных систем является используемая для слежения за техническим состоянием рельсовых автобусов Британских железных дорог, оснащенных сменными тяговыми агрегатами. Для контроля за соблюдением жестких требований к эксплуатации тягового привода фирма, осуществляющая техническое обслуживание, ремонт и замену агрегатов, установила сравнительно простую аппаратуру для измерения и регистрации таких параметров, как скорость, температура масла в., трансмиссии, уровень вибрации и некоторые другие. Информация накапливается, сохраняется и периодически анализируется. Однако в случае внезапного резкого изменения, одного из измеряемых параметров или его выхода за допустимые пределы контролирующее устройство немедленно посылает сигнал в сервисную службу фирмы.

Помимо решения чисто-технических проблем, система помогает дисциплинировать: поездные бригады, так как например, о превышении, допустимой скорости-машинистом немедленно ставится в

известность администрация, которая может провести расследование и наложить соответствующее взыскание.

Примером усложненных систем является разработанная отделением НИР и ОКР Британских железных дорог система дистанционного мониторинга дизельных двигателей DEMON, функции которой в дальнейшем были развиты для более широкого круга применения [138].

Если данная система определит, что двигатель остановился, а поезд продолжает движение, она расценивает это как обычное отключение в пути, но на всякий случай сохраняет в отдельном массиве памяти данные о параметрах двигателя за 3 мин до и 3 мин после отключения, и, если это отключение окажется связанным с какими-либо неисправностями, персонал ближайшего пункта технического осмотра или депо, уже будет иметь в своем распоряжении эти данные, переданные по спутниковой связи и загруженные в местный компьютер с использованием соответствующего программного обеспечения, что позволит заранее судить о характере неисправности и подготовиться к принятию надлежащих мер по её устранению.

НИЦ „Квант-Микро” (г.Киев,-Украина) разработал бортовую систему диагностики грузового электровоза постоянного тока „Магистраль ДЭ-1”. Разработчики ставили перед собой задачу создать экономичную и надежную систему электронного оборудования, совмещающую функции управления, отображения и диагностики и использующую единую для всех трех функций систему датчиков параметров о техническом состоянии оборудования локомотива [18,116]: у- . •?'

Систему можно модифицировать для использования в ТПС различного типа "в.. основном за счет", изменения, программного обеспечения. Система-осуществляет комплексное выполнение задач, в

том числе контроль работы двигателей, силовой электроники и вспомогательных машин а также оперативную диагностику и поиск неисправностей. Система “Магистраль ДЭ-1” может выявить и определить порядка 262 неисправностей с- последующей их классификацией.

В стадии разработки в НИЦ “Квант-Микро” в настоящее время находится система управления и диагностики' пассажирского электровоза . ДЭ-2 “Магистраль”.. Система “Магистраль”, может выявить до 230 неисправностей и кроме вышперечисленных функций системы “Магистраль ДЭ-1”. выполняет дополнительно регулирование режимов тяги и торможения и контроль противогазной защиты.

. Обе системы состоят из трёх уровней:

- первый уровень включён постоянно, данные о неисправностях передаются на пульт управления машиниста вместе с рекомендациями по их устранению;-

- - второй уровень осуществляет эксплуатационную проверку при приёме поезда машинистом;

- - третий уровень осуществляется при плановых ревизиях электровоза.

На всех- трех уровнях проверки осуществляются либо машинистом, либо ремонтным персоналом в диалоговом режиме с бортовой .-ЭВМ "и „дисплеем - без . привлечения дополнительного подноскогo' оборудования,. "■ /• ' . Системы... ЙЗ'снащены переносными. устройствами памяти' для регистрации диагностической информации локомотива. ; ; .

Разработан стенд дешифрации Информации, вводимой с переносных:устройств'памяти.' . ' . . ■”.

Мониторинг - технического состояния подвижного . -состава позволяет организовать систему технического обслуживания и ремонта подвижного состава исходя из фактического состояния лимитирующих

компонентов с отказом от дорогостоящей планово-предупредительной системы с периодическим отвлечением подвижного состава от эксплуатации по пробегу или времени.

4.5. Выводы

В разделе предложено математическое описание технологических процессов ТО локомотивов. Информационной основой для получения такого описания явились статистические данные, /полученные в результате- проведенных контрольных испытаний. Математическое описание построено на основе математической модели множественной регрессии с учетом того обстоятельства, что стандартные допущения на свойства регрессионной ошибки в реальных условиях, как правило, не выполняются. В связи с этим рассмотрены способы обнаружения возможных нарушений в стандартных допущениях и методы коррекции, математического описания в виде эмпирического уравнения регрессии. ■ ■ ■

Математическое описание -в' виде в виде . полученного эмпирического уравнения регрессий может быть' использовано для прогнозирования -значений показателей технологического :• процесса контроля по полученным значениям контролируемых переменных, или для- выбора' оптимальных;., значений управляющих воздействий. Необходимо, отметить, что 'задачи-такого типа очень часто возникают *при* статистическом контроле технического состояния локомотивов й ИХ узлов. ■ . ■ ■ ' .. ' • ■ ■ ' '

Математическое описание в виде, эмпирического. уравнения регрессии. Пригодно для статических ■ и динамических систем локомотивов, с дискретным' или „непрерывным - режимом работы,--с одномерной или многомерной, выходной характеристикой. ‘ ’

Методика математического описания включает в себя: описание регрессионной модели со стандартными допущениями, на ошибку опыта;

- описание особенностей вычислительной процедуры получения эмпирического уравнения регрессии и его анализа;

- описание практических процедур обнаружения отклонений от стандартных свойств ошибки.. *

Проведенные исследования показывает, что. при помощи данного метода,- . опираясь на современные. возможности вычислительной техники,. можно вскрыть качественные зависимости- между контролируемыми' параметрами.- ТО локомотивов. Для этого рассмотрены вопросы -- особенности регистрации и . обработки информации по эксплуатационным'режимам локомотивов.' Анализируя' после поездок ■ .эксплуатационные-, параметры -.можно • -не' только определять состояние узла, или локомотива в целом.,, но и производить корректировку регламента выполняемых работ на ТО. Для реализации данных . вопросов ' предложены требования к автоматическим регистрационным , устройствам, которые включают в себя перечень решаемых задач, структурный состав, 'условия применения и установки на локомотиве. Исходя из этого, предложен вариант структурной схемы автоматизированной . системы'- сбора и . обработки информации (АССОИ) с. учетом ■ последних, достижений вычислительной,- и электронной техники. • '

. ' Выполнен .- анализ . мониторинга . Технического состояния локомотивного ■ парка на примере. зарубежного . железнодорожного транспорта, а- так.'--отечественных систем устанавливаемых на вновь выпускаемых локомотивах.. На основании этого выполнена проработка, концепции' .организации' мониторинга технического состояния с применением прогрессивных.'технологий, современных технических ' средств.-и программных решений. . ■ .

РАЗДЕЛ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ ТО И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В ЛОКОМОТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

5.1. Обоснование размещения ПКД в локомотивном хозяйстве.

Существующая методика оценки предельного расстояния для пересылки тепловозов в депо, оснащенных ПКД, дает лишь приблизительное представление о зоне его эффективности [130,236].

Отсюда.. представляется важным выбор .. метода . расчета размещения объектов локомотивного хозяйства, имеющем ремонтную базу и .оснащенным ПКД, для' обслуживания тепловозов из других депо. ...

В связи с этим в настоящем разделе¹ рассмотрены теоретические предпосылки обоснования оптимального размещения и закрепления локомотивных-депо, выполняющие ТО и Т.Р с диагностированием.

Анализируя многочисленные исследования, выполненные ранее, нетрудно, заметить," что • '■формулировка. почти каждой задачи оптимизации планировки и размещения депо .содержит одни и те'же основные показатели,, которые могут быть, .'использованы' для классификаций . этих . -задач. К . таким ^показателям относятся характеристики, новых-- объектов и размещение, существующих, взаимодействие новых, и существующих, объектов, пространство решений,' а также мера расстояния между, объектами- (или. метрика пространства" перемещений)- и критерий оценки возможных вариантов решения. ■' ' ■ ' "

В зависимости от размеров каждый новый объект можно рассматривать: либо как точку, либо как некий-протяженный объект. В последнем Случае управляющей переменной является форма объекта

(или форма занимаемой им площади) и задача размещения сводится к задаче планировки [130,144,236].

В некоторых задачах размещения число новых объектов является управляющей переменной, а не параметром задачи.

Что касается существующих объектов, то они также в зависимости от размеров могут рассматриваться либо как точка, либо как протяженный объект. Кроме того, размещение существующих объектов может быть статическим или динамическим, детерминированным или стохастическим. Если размещение существующих объектов является управляющей, переменной, то мы имеем дело с задачей перераспределения, а если, кроме того, управляющей переменной является форма занимаемой ими площади, то с задачей перепланировки.

Взаимодействие, новых, и существующих объектов может выполнять функцию параметра, задачи или управляющей переменной (рис.5.1). В ряде случаев степень этого взаимодействия зависит от размещения новых объектов, причем характер взаимодействия может быть, статическим или динамическим, -детерминированным или стохастическим (рис.5.2,5.3,5.4, 5.5, 5.6) [236]. Пространство решений может быть одномерным, двух- или трехмерным (чаще, всего мы имеем дело с двумя последними случаями).

Кроме того, пространство решений может быть дискретным Или непрерывным. В первом случае, для размещения новых объектов имеется-конечное-число мест, в то время ; как во втором случае,- ц.е. когда пространство предполагается непрерывным, существует бесконечное число мест для размещения новых-объектов, ...

Мера расстояния, (или метрика пространства перемещения) также учитывается при формулировке задач размещения.

Критерии оценки возможных решений могут быть двух видов. В первом случае оптимальным; считается решение, приводящее к минимизации общих, затрат-Или максимальных затрат для множества

пар объектов, во втором случае - максимизация государственной выгоды.

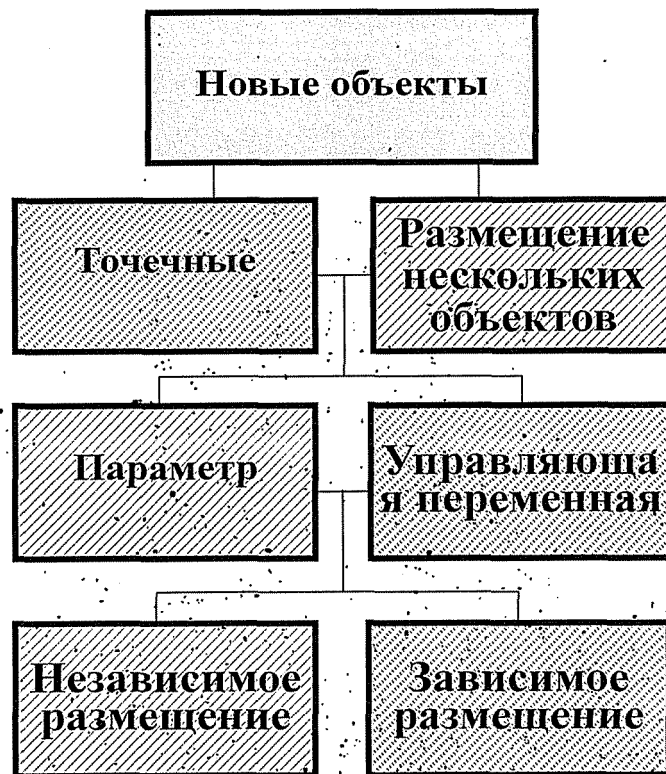


Рис.5.1. Классификация задач размещения новых объектов

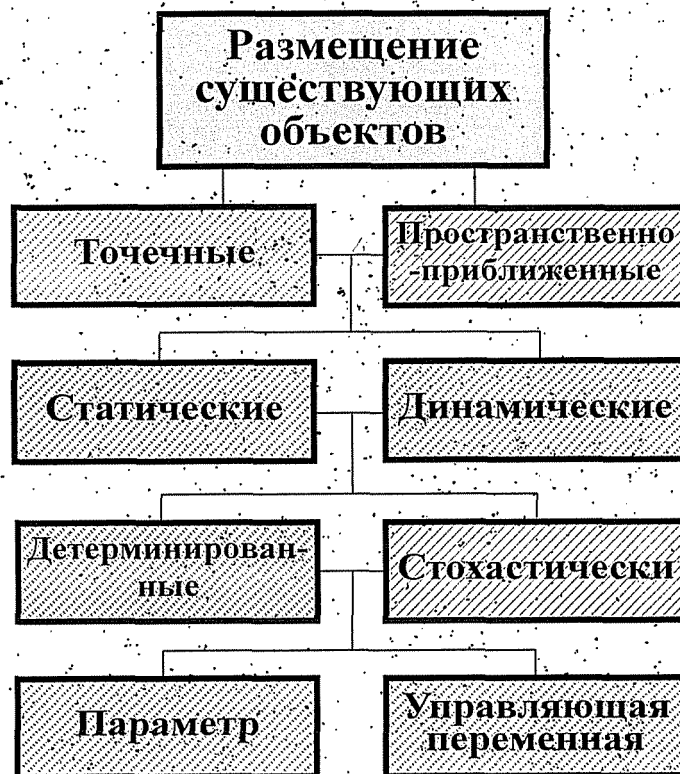


Рис.5.2 Классификация задач размещения существующих объектов



Рис.5.3 Классификация задач по взаимодействию новых и существующих объектов при их размещении

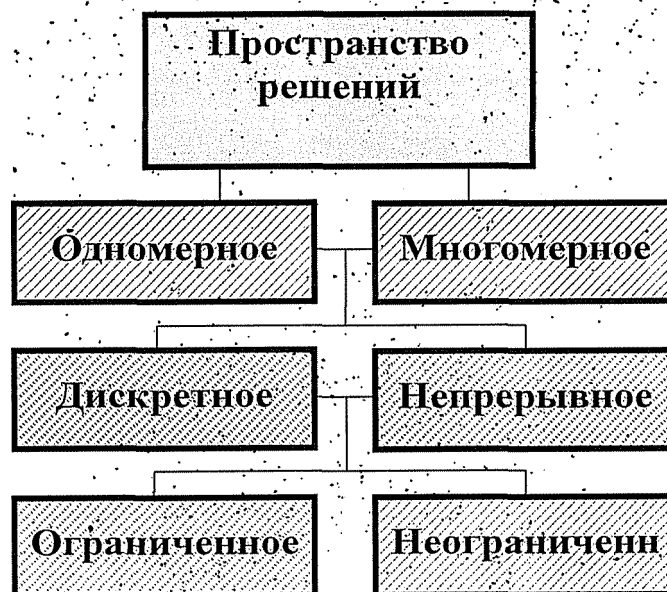
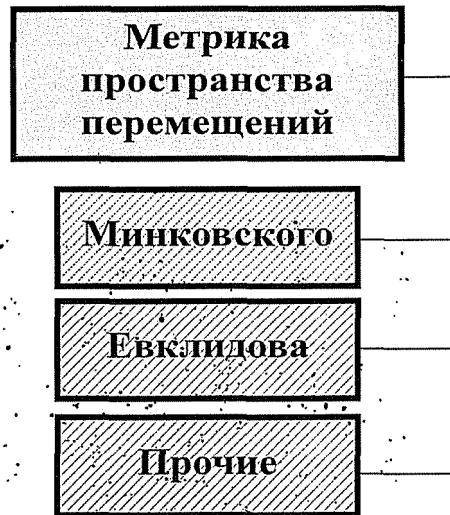


Рис.5.4., Классификация задач по выбору пространства решений при размещении объектов.



., Рис.5.5. Классификация.методов выбора меры расстояния при размещений объектов



Рис.5.6. Классификация.конечных целей..при размещении объектов

За исключением задач ≤ 0 ■ покрытий, задачи планировки и размещения, как правило, сводятся к минимизации .взвешенной суммы расстояний или мйнимйзаций максимального взвешенного, расстояния между объектами..

Рассмотрим' обобщенную задачу.-размещения,' известную как задача Ферма. Математически эта задача формулируется следующим образом . [236]. ■ ' :

Пусть m существующих объектов размещены в различных точках P_1, \dots, P_m плоскости, а n новых объектов - в точках X_1, \dots, X_n . Расстояние между точками y -го нового и z -го существующего объектов обозначим как P_{yz} , расстояние между точками расположения y -го и s -го новых объектов - как $d(X_j, X_s)$. Обозначим

годовые, удельные затраты (т.е: затраты на единицу расстояния), на перевозки между y -м НОВЫМ И Z -М существующим объектами через $I > y$, а аналогичные затраты на перевозки, между y -м и k -м новыми объектами - через J . Тогда общие годовые-транспортные затраты, связанные с размещением новых объектов в точках X_1, \dots, X_n определяются по формуле [236]

$$\sum_{j=1}^n \sum_{\gamma=1}^m c_{j\gamma} x_j + \sum_{1 < j < k < n} c_{jk} x_j x_k \quad (5.1)$$

Многоэлементная задача размещения может быть сформулирована как задача выбора такого расположения новых объектов, в точках X_1, \dots, X_n при котором, минимизируются общие годовые транспортные затраты.

Рассмотрим размещение объектов на плоскости с метрикой Минковского, когда кратчайшее расстояние между объектами определяется по формулам [236]

$$d(X_j, X_s) = |x_j - x_s| + |y_j - y_s| \quad (5.2)$$

$$c_{j\gamma} = a_{j\gamma} + b_{j\gamma} \quad (5.3)$$

Где $X_j = (X_j, y_j)$ и $P_i = (U_i, b_i)$.

Подставляя выражения (5.2) и (5.3) в формулу (5.1), получим

$$f(X_1, \dots, X_n) = f(x_1, \dots, x_n) + (5.4)$$

где $x_j < \dots < x_n$

$$y_1(X_1, \dots, X_n) = \sum_{j=1}^n \sum_{\gamma=1}^m V_{jk}^{\gamma} x_j^{\gamma} + \sum_{j=1}^n \sum_{\gamma=1}^m J_{\gamma} y_j^{\gamma} \quad (5.5)$$

$$f_2(Y_1, \dots, Y_n) = \sum_{j=1}^n |y_j| \quad \text{где } y_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (3.6)$$

В дальнейшем будем считать, что составляющие f_1 и f_2 общих затрат определяются с помощью формул (3.5) и (3.6). Используя значения f_1 и f_2 можно определить общие затраты на перевозки в направлении координатных осей x и y .

Из формулы (3.4) следует, что

$$\min_{X_1, \dots, X_n} f_1(x_1, \dots, x_n) = \min_{X_1, \dots, X_n} f_2(x_1, \dots, x_n) \quad (3.7)$$

■ Таким образом, оптимальные x -координаты размещения новых объектов могут быть определены независимо от y -координат. Кроме того, поскольку функции f_1 и f_2 имеют один и тот же вид, то любая процедура, разработанная для минимизации функции f_1 может быть применена также к функции f_2 при замене X_j на y_j ; и a_j на b_j .

Переход к минимизации целевых функций f_1 и f_2 по существу, означает сведение рассматриваемой задачи к эквивалентной задаче линейного программирования, любое оптимальное решение которой будет давать оптимальную x -координату размещения нового объекта. ■

Рассмотрим постановку эквивалентной задачи линейного программирования в предположении, что выполняется соотношение [236]:

$$|a-b| = p + q, \quad (5.8) \quad \blacksquare$$

где a, b, p, q — заданные числа. ■

Ограничения имеют вид ■

$$a - b - p + q = 0, \quad p > 0, \quad q \geq 0, \quad pq = 0. \quad \blacksquare \quad (5.9)$$

Отсюда следует, что минимизация функции f_1 эквивалентна минимизации целевой функции

$$1 < j < k < n \quad + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n (r_{jk} + s_{jk}) x_{jk} \quad (5 \quad \blacksquare^1 \quad \circ)$$

при ограничениях

$$x_{jk} - p_{jk} + q_{jk} = 0, \quad \bullet \cdot 1 < j < k < n,$$

$$\blacksquare \quad x_{jk} \sim r_{jk} + s_{jk} = a_{jk} \\ P_{jk} - Q_{jk} = \bullet \quad \backslash < j < k < n,$$

$$J_{jk} - S_{jk} = \bullet$$

x_{jk} не ограничено,

$$P_{jk} - p_{jk} = 0, \bullet \cdot \quad l < j' < k < n,$$

Если исключить два последних ограничения, то сформулированная задача является задачей линейного программирования. Ц (вышеприведенную задачу будем называть задачей P_0). Поскольку задача P_1 имеет меньше ограничений, чем задача P_0 , то минимальное значение целевой функции в первом случае будет, по крайней мере, таким же, как во втором, или меньше. Если минимальное допустимое решение задачи P_1 удовлетворяет всем ограничениям задачи P_0 , то оно является также минимальным допустимым решением задачи P_0 . ■ • . :

Согласно теории линейного программирования, при решении задачи P_1 некоторое базисное /допустимое решение будет минимальным допустимым .. решением. Для любого /базисного допустимого решения, если r_{jk} принадлежит базисному допустимому решению, s_{jk} не будет ему принадлежать, и наоборот; аналогично, если $r_{j'k}$ принадлежит базисному -допустимому решению, $s_{j'k}$ не принадлежит ему, и наоборот. Поскольку переменные, /не входящие в ■ . . ' . . ' * . . ' . . * ' ■ базисное допустимое решение, равны нулю, то при любом базисном допустимом . решении будут ■ удовлетворяться последние два

ограничения задачи P_0 . Таким образом, задачи P_0 и P_i являются эквивалентными задачами оптимизации, и для решения задачи размещения на плоскости с принятой метрикой можно применять линейное программирование.

В самой общей постановке задача размещения состоит в определении числа новых объектов и координат их размещения, а также в распределении перевозок между новыми и существующими объектами. . . • ■'

5.2. Задача размещения предприятий. .

■ Задача размещения предприятий обычно включает в себя определение их Числа, места расположения и мощности-. При этом предполагается, .- что известно конечное число мест возможного размещения предприятий и расположения потребителей.- .

В такой.- .постановке .. задача размещения: предприятий с дискретным пространством решений- формулируется как задача смешанного целочисленного программирования [90,144,236]. Для постановки задачи, смешанного программирования введем следующие Обозначения: m -...число- потребителей,, и, - число' возможных ■ . • » . ■ * ' ■ Г . • ■ размещений предприятий, y_j - доля или часть потребностей i -го потребителя, '■ которая удовлетворяется предприятием, расположенным в y -м месте, причем $i = 1, \dots, m$, : . . ■ $y_j = 1, \dots$, и c_{ij} стоимость полного удовлетворения потребностей . Z -го потребителя предприятием, расположенным в y -м месте, n f_j - постоянные затраты, обусловленные размещением предприятия в y -м месте.' . . ' . . • . • ;

■ Управляющие переменные X_j равны единице, если предприятие располагается в y -м месте, и нулю в противном случае. . . % ■

В общем случае величина y_{ij} определяется как часть потребности i -го потребителя,, удовлетворяемой предприятием, расположенным в y -

м месте, при этом, как правило, на производственную мощность предприятия накладываются ограничения. С учетом этих факторов задача P_0 сводится к задаче размещения предприятия с ограничением производительности P_i и формулируется следующим образом: .
 найти

$$\min Z = \sum_{j=1}^m c_{y,j} x_j + \sum_{i=1}^n g_i (y_i)^{\alpha_i} \quad (5.11)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^m x_j \leq P_i \quad (i=1, \dots, n)$$

где Q - производительность объекта, расположенного в u -м месте;

$c_{y,u}$ - стоимость транспортировки единицы продукции из u -го места в g -е;

g_i - функция затрат для предполагаемого объекта, размещаемого в u -м- месте, которые могут включать также постоянные затраты;

U_{ij} - объем поставок j -му потребителю из u -го места;

d_i - количество продукции/ которая должна поставляться i -му потребителю.

Точное решение какой-задачи может быть получено с помощью методов динамического, программирования, метода ветвей и границ и двойственных, -методов. Однако они не приемлемы с вычислительной точки зрения-при $n > 20$ - и $L > 10$, и поэтому для решения этой задачи был разработан ряд эвристических методов.

Таким образом, проведенный анализ задач размещения и планировки объектов, а также методы их реализации позволяет; с учетом реальных условий разработать методику оптимальной дислокации ПКД на дороге.

5.3. Методика оптимальной дислокации ПЖД тепловозов.

Техническое обслуживание и текущий ремонт подвижного состава в масштабах дороги осуществляется децентрализованно. В каждом деле выполняются соответствующие виды технического обслуживания и текущего ремонта приписного парка подвижного состава, В целях совершенствования методов -управления, создания мощной ремонтной базы с использованием' новейших, достижений науки и техники, . а именно, методов, -и средств ' технической диагностики и снижения, затрат не ремонт необходимо централизовать в масштабе дорог, выполнение технического .обслуживания,.и текущего ремонта подвижного состава. . ■. •

Централизация пунктов ..технического обслуживания и' текущего ремонта тепловозов, оборудованных'. средствами технической диагностики, преследует цель решения -'следующих ' вопросов; снижения. трудовых. затрат . на . -их производство, ' сокращение потребности, в капитальных. вложений повышение уровня обслуживания и ремонта. ” .•< . •

Для . повышения. эффективности технического обслуживания . и текущего ремонта тепловозов необходимо определить оптимальный уровень централизации . пунктов .технического' обслуживания .. и текущего ремонта, что. включает-, в себя необходимость определения рационального - количества предприятий централизованного обслуживания и .. ремонта, . имеющих посты диагностики, ' их месторасположение, мощность, специализацию. / ■ '

•Этй предприятия могут быть организованы как самостоятельные единицы, так-и на базе существующих депо. . ' . -

С этрй' целью на базе нескольких- из существующих ремонтно-эксплуатационных' депо ' надо создать ', централизованные .пункты

технического, обслуживания и ремонта тепловозов с обязательными диагностическими работами на ПКД.

В депо с ПКД должно осуществляться техническое обслуживание и текущий ремонт тепловозов нескольких типов (основных эксплуатируемых тепловозов); Подвижной состав остальных типов проходит техническое обслуживание и текущий ремонт в своем депо. Это-вызывается, теми обстоятельствам, что в рамках дороги на все виды технического обслуживания экономически целесообразно централизовать и не требуется создание специальных, пунктов диагностики, в них; работы, возможно, выполнять, используя переносные приборы и наличные ремонтные ресурсы. Это диктуется также большим многообразием типов подвижного состава, и нецелесообразностью, в определенных обстоятельствах пересылки его в депо с ПКД.

С этой целью предлагается методика размещения ПКД в локомотивных депо дороги, которая заключается в следующем [227].

.... Пусть на дороге, имеется депо, выполняющее текущий ремонт и обслуживание подвижного состава и содержащие разные типы локомотивов: Предполагается известной информация о потребности тепловозов в техническом обслуживании и текущем ремонте.

Критерием выбора оптимального варианта считаем минимум суммы затрат на проведение, всех видов технического обслуживания и текущего ремонта тепловозов с использованием средств и методов диагностики и затрат на транспортировку подвижного состава.

Введем следующие обозначения:

- .. Y_1 - число номеров оборотных депо;
- Y_2 - число номеров депо, где целесообразно создавать ПКД;
- .. Y - число всех депо, " $Y=Y_1+Y_2$,- $Y=1$;
- Π - Множество типов тепловозов, которые будут проходить техническое обслуживание и текущий ремонт в своих депо;

I_2 - множество серий тепловозов, которые будут проходить техническое обслуживание и текущий ремонт в депо, оборудованных ПКД;

Л •

I - множество всех серий тепловозов на данной дороге, $l=1, i$;

U_{tj} - количество тепловозов z -й серии в u -ом депо (оборотное);

U_{zj} - количество тепловозов z -й серии в депо с ПКД; • .

X_{ijg} - количество тепловозов z -й серии, которые целесообразно направлять в депо с ПКД из u -го депо, $i \in I_2, j \in Y_i, g \in Y_2$; ' .

A_i - количество тепловозов всех серий на z -й дороге;

$b(1)$ ■ . ■ ' ■ ■■ . ' . ' .

L_{uz} - затраты на ремонтные операции для одного тепловоза z -й

.....
 $Z_{ij}^{(2)}$ - затраты, на ремонтные операции для одного тепловоза z -й серии в депо с ПКД;'

$Z_{igj}^{(3)}$ -- затраты, связанные с доставкой z -й серии тепловозов, (/e/Д из u -го депо в v -ое депо с ПКД и обратно;

b_j - максимальное количество тепловозов, которое можно разместить на базе оборотного депо; . . .

d_j - максимальное количество тепловозов,- которое можно разместить на базе депо с ПКД, . .

• Затраты на ремонтные операции с применением переносных средств, диагностики в своем депо определяется выражением

$$\text{■- .■:•} \quad \text{'} \quad \text{--(5.14), .}$$

Суммирование производится по всем сериям тепловозов z , ремонт которых осуществляется в своем депо и во всех депо u , исключая $l-g$, где выполняют централизованное обслуживание и ремонт с диагностикой: На ПКД. - . '

Затраты на ремонт тепловозов в депо с ПКД определяются выражением

$$C_{ij} = \dots \quad (5.15)$$

Затраты на транспортировку тепловозов серий $i \in I_2$ из j -го депо в депо с ПКД и обратно

$$C_{ij} = \dots \quad (5.16)$$

Решение задачи создания ПКД - обеспечивать минимальные совокупные затраты на ремонтные воздействия для тепловозов различных серий во всех депо. Следовательно, критерий эффективности в данной постановке задачи принимает вид

$$Z = \sum_{i \in I_1} C_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I_2} C_{ij} x_{ij} + \dots \quad (5.18)$$

Число тепловозов имеющих, в списочном парке оборотного депо, исключая $i=g$, не должно превышать предельно допустимого

$$x_{ij} \leq \dots \quad (5.19)$$

Число тепловозов, проходящих ремонтные воздействия с элементами, диагностики на ПКД не должно превышать максимально допустимого

$$x_{ij} \leq \dots \quad (5.20)$$

Тепловозы эксплуатируются только на всей дороге и не передаются на другие, как и не принимаются с других дорог

$$x_{ij} = \dots \quad (5.21)$$

Алгоритм решения задачи приведен на рис. 5.7.

Исходные данные, вводимые в задачу следующие:

NCPD - количество сочетаний по ПКД вместе с количеством депо в каждом сочетании;

M - количество серий тепловозов;

N-количество депо; *

NREM - количество сочетаний по сериям тепловозов, которые будут проходить ремонт- в ПКД вместе с количеством серий тепловозов в каждом сочетании; ■

. CD(NCPD) - массив сочетаний ПКД; ;

RM(REM) - массив сочетаний серий тепловозов;

R(N, N) - массив расстояний; •.

T(M, N)/ массив; количества тепловозов в каждом депо;

OGR(M, N) -ограничение на ремонт в каждом депо;

Z1(M,;,N) - производственные затраты на ремонт определенного типа тепловоза. Д . , . Л ■ •

Используемые процедуры-подпрограммы: ~
• ■ * ■ »•

SOCHET - печать исходных данных - сочетаний отдельно по ПКД .и сериям.тепловозов; .

РЕСИСХ - печать исходных данных. С помощью, этой процедуры производится печать исходной Матрицы расстояний;.

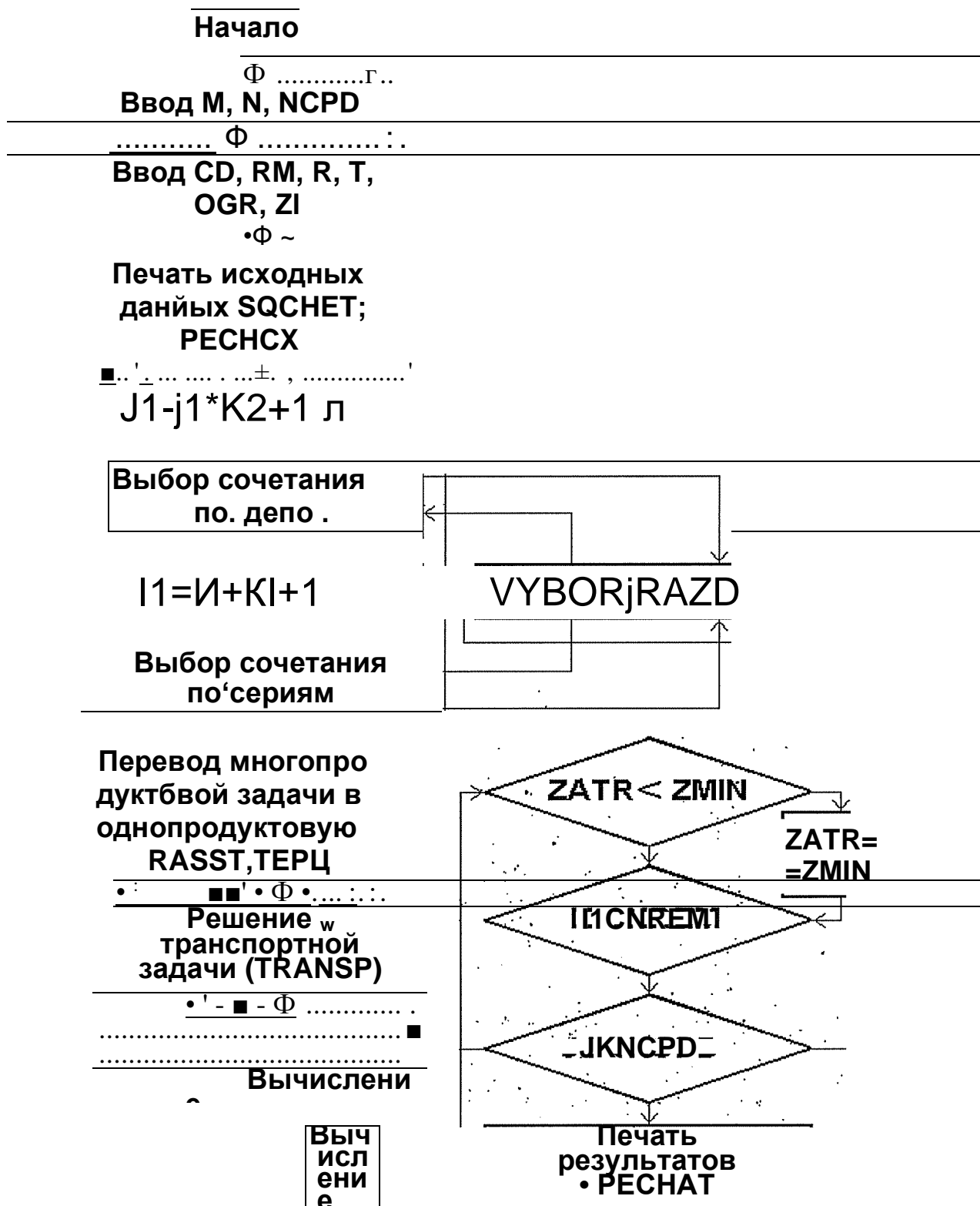


Рис.5.7. Алгоритм- решения задачи размещения-ПКД на дороге

$R(I,J)$ от 1-го депо до J-го депо;

матрицы поставок $T(I,J)$ - количества i -й серии тепловозов в j -м депо-;

матрицы ограничений $OGR(I, J)$ на ремонт 1-ой серии тепловозов в J -м депо;

. $VYOBOR$ - выбор из всего массива сочетаний по ПКД CD ($NCPD$) или по сериям тепловозов RM ($NREM$)- очередного одного сочетания $CPD(k_2)$ или $REM-(ki)$; ' .. ■

k_1 количество серий тепловозов, входящих в очередное I (1-е сочетание ремонтов тепловозов); .

k_2 - количество депо,, входящих в очередное J . (1-е сочетание пкд);. . • ... • ■ . , . ' ”

$RAZD$ - выбор из всего количества депо N (или . тепловозов - M) номеров депо; (серий тепловозов), не входящих в сочетание и образование из этих номеров нового массива $NCPD$ (или $NREM$);

$RASST$ - перевод матрицы, расстояний $R(I,J)$, где $I=1,N$ и $J=1,N$ в матрицу $S(-I,J)$, где $I=1,M*N$ и $J=?1,M*N$. . ■'.

После проведения этого расчета -, осуществляется - переход многопродуктовой, задачи в однопродуктовую, путем расширения количества депо.до $M*N$; ' .

. $TEPL$. - - перевод ., двухмерного массив поставок - $T(I,J)$ [ограничений ' $OGR(I,J)$] . в . одномерный массив . $A(I)$ ($B(i)$), где $I=1,M*N$; ' ” . ' . ' ' ...

$PROZA$ - вычисление производственных затрат;

' $TRANSP$ - решение транспортной, задачи.

Результатом . полного расчета является матрица прикрепления кой ■серии тепловоза J -го депо к k -му депо и транспортные затраты;

$PECHAT$ - печать результатов. '

Записанная задача: была решена на ПЭВМ и получено закрепление локомотивов - за депо имеющие ПКД или оснащенные

Таблица 5.1

Закрепление депо за депо с ПКД с учетом удельных затрат

Локомотивные депо, где отсутствует	Депо имеющие ПКД											
	Основа			Полтава			Гребенка'			Лозовая		
	■ Э _{пр}	■ З _{тр}	•ЕЭ	Э _{пр}	З _{тр}	ЕЭ	Э _{пр}	З _{тр}	ЕЭ	Э _{пр}	З _{тр}	ЕЭ
Купянск •	209,0	37,0	172,0									
Ромны							■ 209,0	46,0	163,0			
Люботин	209,0	30,0	179,0-		•							
Смородино	209,0	85,0	124,0				209,0	109,0	100,0			
■ Кременчуг .				167,0	35,0	132,0						
Депо с ПКД		-		167,0		132,0	209,0		209,0.	45,0		45,0

■ Э_{пр} - среднегодовые удельные затраты;

З_{тр} - удельные среднегодовые транспортные затраты;

•ЕЭ — среднегодовой удельный экономический эффект.

5.4. Оценка пропускной способности ПКД методом динамики средних. ?

Исследованиями, проведенными на кафедре ЭРПС ХГАЖТа, было доказано, что наиболее адекватной моделью функционирования ПКД является модель СМО с ожиданием и относительным приоритетом для срочных требований с учётом надежности и без прерывания обслуживания. При этом имелось в виду моделирование, прежде всего, материальных потоков, т.е. потоков поступления и обслуживания локомотивов, а моделирование информационных потоков, подразумевало только моделирование сопровождающей информации. Вместе с тем, развитие средств диагностики и вычислительной техники, применение логистических подходов ... вызывает необходимость совершенствования математического обеспечения: задач моделирования.. В этом плане значительный, интерес для моделирования функционирования ПКД как сложной системы является, применение, метода.. динамики средних [63]:

: Известно /применение этого, метода в некоторых задачах локомотивного хозяйства, где все локомотивы, одинаковы, т.е. система состоит из однородных элементов, все распределения случайных величин показательные и - работа одного элемента не зависит от других.. При этом отсутствует зависимость 'точности расчёта от числа элементов. Для получения приближенного решения нужно сделать допущение, которое обычно называют "принципом квазирегулярности", т.е. считать, что интенсивности потоков событий, переводящих элемент из состояния в состояние, зависят не от самих численностей состояний, а от их математических ожиданий. ■ ■ .. : ..

; Тогда задачу формализации функционирования элемента - тепловоза, можно сформулировать следующим образом/ Будем

считать в первом приближении, что он может находиться в одном из двух состояний: x_1 - исправен, работает на линии; x_2 - неисправен, ремонтируется. Если бы ремонтных бригад или стойл было бы столько же, сколько локомотивов, все они ремонтировались бы независимо друг от друга. В этом случае интенсивности перехода состояний λ_1 и λ_2 были бы постоянными величинами и не зависели от численности состояний и система уравнений динамики средних имела бы вид [63]

$$\begin{aligned} & \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 = \dots \\ & \Gamma \Pi \dots \end{aligned} \quad (5.22)$$

В предположении, что имеются только три ремонтные бригады или три стойла интенсивности переходов из исправного, в неисправное состояние уже не является постоянной величиной, а зависит только от числа ремонтируемых элементов. Обозначим эту переменную интенсивность как λ_2 .

Для того чтобы определить интенсивность λ_2 , приходящуюся на один элемент, определим вначале зависимость суммарной интенсивности переходов элементов из x_2 в x_1 от X_2 — численности состояния x_2 . При $\lambda_2 = 3$ интенсивность ремонтов достигает наибольшего значения — работают все три бригады. При дальнейшем увеличении X_2 интенсивность ремонта возрасти уже не может.

Теперь определим, какая интенсивность ремонта приходится на один элемент. Для этого суммарную интенсивность $\lambda(X_2)$ надо разделить на X_2 — численность состояния ремонта; т.е.

$$\lambda_2 = \dots \ll \quad (5.23)$$

Применяя принцип квазирегулярности, т.е. считая что интенсивность перевода элемента из x_2 в x_1 зависит не от численностей состояний, а от их средних значений, сделаем замену

X_2 на m_2 — математическое ожидание численности состояния ремонта

$$J_0 = \dots \quad (5.24)$$

Теперь уравнения- динамики средних имеют вид

$$\dots < \frac{217771 = 1(7772)}{777] + 7772 = 1} \dots \quad (5.25)$$

, Точность зависит от числа элементов N и вида зависимости $f(X_2)$. Чем ближе функция к линейной, тем больше точность. Что касается общего числа элементов, то точность возрастает с увеличением их числа N ; В разных задачах эта зависимость различна. Но на основании практического опыта можно сказать, что погрешность будет очень мала/ если число элементов равно нескольким сотням. Если число элементов — несколько десятков, погрешность, как правило, тоже будет находиться в допустимых пределах.. Иногда, когда функции близки к линейным, достаточно, чтобы $N=10, \dots$

Поэтому при практическом -использовании метода динамики средних часто ' даже . не. проводят . статистического исследования работы элементов для выяснения характера распределений, а сразу пишут уравнения так, как'будто все распределения показательные.

К сожалению, .применение- метода, динамики средних нами рассматривалось .для систем,, состоящих из. однородных элементов. Даже в нашем случае — моделировании функционирования работы ПЖД .магистральных тепловозов (грузовых 2ТЭ 1,16 . и пассажирских ТЭП70) возникает необходимость ' применения метода динамики средних..к системам, состоящим из неоднородных элементов.разных категорий.. Рассмотрим функционирование ПЖД и участков ТО-3, и ТР-1 на примере локомотивного-депо Основа Южной ж. д. '• -

Среднесуточный парк депо составляет N^r грузовых тепловозов 2ТЭ116 и N^n пассажирских тепловозов ТЭП70. При этом каждый грузовой тепловоз может быть в одном из следующих состояний:

Γ_1 - находится в ожидании выезда под поезд,

Γ_2 — совершает выезд под поезд и ожидает с ним отправления,

Γ_3 — совершает поездку с поездом,

Γ_4 — совершает заезд в депо из под поезда, .

Γ_5 - проходит технический осмотр, .

Γ_6 — находится на ремонте, *• ’

В аналогичных, ’ состояниях Находятся и пассажирские тепловозы ТЭП70: . . . • . :

Π_1 — находится в ожидании и выезжает под поезд,

Π_2 - совершает поездку с поездом, ■

■

Π_3 — проходит технический осмотр, - ’

Π_4 - находится на ремонте. .

Принято, что в депо поступают пуассоновские потоки заявок на грузовые и пассажирские тепловозы, интенсивности которых λ^g и λ^n не зависят от числа имеющихся локомотивов в депо. Пришедшие заявки распределяются равномерно между всеми тепловозами данной категории, ожидающими вызова под поезд.

На технический’ осмотр ставятся только тепловозы, находящиеся в состояниях Д., Пр Средняя интенсивность потока Технических. . осмотров грузового . тепловоза равна .

пассажирского • : Технические • осмотры . проводятся специализированной¹: • бригадой. ’ Суммарный . поток’ технических осмотров имеет интенсивность [227].

$$J / \dots A\% = a(1 - e^{-\lambda}), \quad (5.26)$$

где λ — число (тепловозов (грузовых и пассажирских вместе)

Средняя длительность технического осмотра грузового и пассажирского локомотива одинакова и равна t_{ro} . Средняя длительность выезда под поезд и ожидания с ним отправления равна $t_{хол}$. Средняя длительность рейса с поездом равна $t_{оезд}$. Средняя длительность рейса с пассажирским поездом равна t^n .

■ После технического осмотра грузовой тепловоз с вероятностью p^2 идет в ремонт, а с вероятностью $1 - p^2$ - обратное состояние Г. Аналогичные вероятности для пассажирских тепловозов равны p^n .

Текущий ремонт как грузовых, так и пассажирских тепловозов производится ремонтной бригадой. Суммарный поток ремонтов, производимый бригадой; имеет интенсивность [227] •

$$\lambda = B(1 - e^{-X}), \quad (5.27)$$

где X - число тепловозов (грузовых и пассажирских вместе), одновременно находящихся в ремонте.

Кроме состояния технического осмотра, тепловозы, могут поступать на неплановый ремонт ■ непосредственно из поездки. Интенсивность потока неисправностей одного грузового тепловоза в состоянии выезда под поезд или заезда в депо равна $\lambda_{л}$, • в состоянии поездки с поездом - $\lambda_{оезд}$. Интенсивность потока неисправностей пассажирского тепловоза, находящегося в поездке с поездом; равна λ^n .

Исходя из начальных условий введем обозначения: ■ m - среднее число грузовых, тепловозов, ожидающих выезда под поезд; ■ $m_{р}$ - среднее число грузовых тепловозов совершающих выезд под поезд и ожидающих с ним отправления; - >

- среднее число грузовых тепловозов, совершающих поездку с поездом;

- среднее число грузовых тепловозов, заезжающих в депо после поездки;

m_f - среднее число грузовых тепловозов, проходящих технический осмотр;

$m_{\mathcal{L}}$ - среднее число ремонтируемых грузовых тепловозов;

m^{\wedge} — среднее число пассажирских тепловозов, ожидающих выезда под поезд;

$\blacksquare m^{\wedge}$ — среднее число пассажирских тепловозов, находящихся в поездке с поездом;

' среднее 'число пассажирских тепловозов, .'проходящих технический осмотр;

- среднее число пассажирских тепловозов, = находящихся на ремонте.'

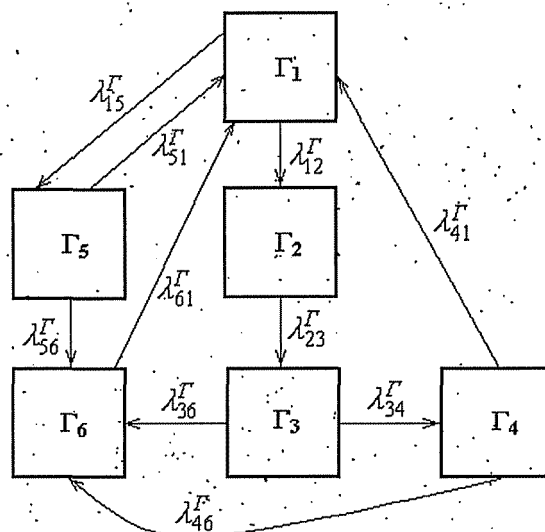


Рис.5.8. Граф состояний грузовых тепловозов 2ТЭ116

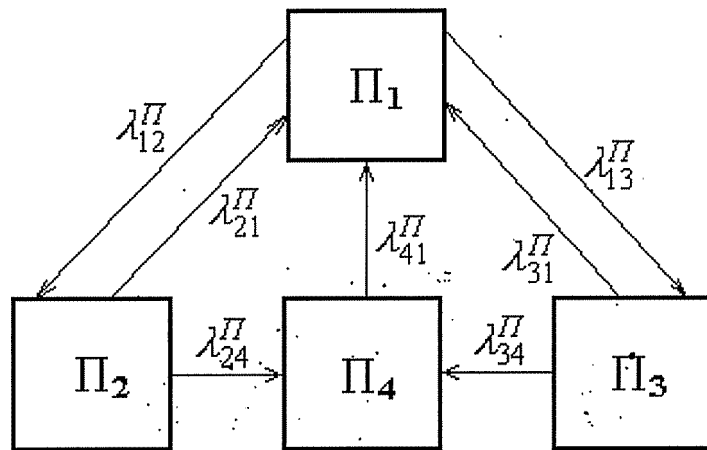


Рис.5.9. Граф состояний пассажирских тепловозов ТЭП70'

Интенсивности λ_{ij}^{Γ} , λ_{ij}^{Π} .. потоков ..событий, переводящих элементы (грузовые и пассажирские тепловозы) из состояния i в состояние j определены как ..

$$\lambda_{ij}^{\Gamma} = \dots \quad \blacksquare \quad (5.28).$$

$$\lambda_{ij}^{\Gamma} = \dots + \lambda_{ij}^{\text{хол}} \dots \quad (5.29)$$

$$\lambda_{ij}^{\Gamma} = \dots \quad (5.30)$$

$$\lambda_{ij}^{\Gamma} = \dots \quad (5.31)$$

$$\lambda_{15}^{\Gamma} = \lambda_{15}^{\Gamma},$$

$$\lambda_{51}^{\Gamma} = \frac{a(1-p^{\Gamma})[1 - e^{-(X_5^{\Gamma} + X_3^{\Pi})}]}{X_5^{\Gamma} + X_3^{\Pi}} \quad (5.34)$$

$$\lambda_{64}^{\Gamma} = \dots \quad (5.35)$$

$$\lambda_{ij}^{\Gamma} = \dots \quad (5.36)$$

$$\lambda^3 \text{ поезд} \tag{5.37}$$

$$\lambda^3 = Y_{хол} \tag{5.38} ?$$

$$= \lambda^{\Pi} p(x_I^{\Pi}), \tag{5.39}$$

$$\lambda^2 I \tag{5.40}$$

$$\lambda^3 = \tag{5.41}$$

$$\begin{aligned} & \text{„ Ді - И I I - И Д + Т ')} \\ & \text{я} = \frac{\lambda^{\Pi} p(x_I^{\Pi})}{\lambda^3} \tag{5.42} \\ & \frac{\lambda^{\Pi} p(x_I^{\Pi})}{\lambda^3} = \frac{I p^{\Pi} - X^{\lambda x \lambda}}{y z, y \Pi} \tag{5.43} \end{aligned}$$

$$\lambda = Y^{\Pi}, \tag{5.44}$$

$$\lambda^4 < \frac{4 \sim e \sim \wedge \text{бГ} \wedge}{X [+ X P ' ']} \tag{5.45}$$

В данных выражениях приняты следующие обозначения: •

λ - интенсивность потока заявок на грузовые и пассажирские тепловозы;

X_f - количество грузовых тепловозов находящихся в состоянии ожиданий выезда под поезд; y

X_f - количество пассажирских тепловозов' находящихся в состоянии ожидания выезда под поезд

X_y - количество пассажирских тепловозов проходящих технический осмотр у . . •

X_l - количество грузовых тепловозов проходящих технический осмотр

X_l - количество грузовых тепловозов находящихся на ремонте;

' - количество пассажирских тепловозов находящихся на ремонте.

Заменяя в данных выражениях численности состояний средними численностями, записываем систему дифференциальных уравнений динамики средних в следующем виде

$$\frac{d(Imp)}{dt} = -A^o m[+ \frac{-^{\wedge} ЛПП}{I хол} m^{5+m_3} \quad (5.46)$$

$$\frac{dm^{\wedge}}{dt} хол + A^e R^{\wedge} m \quad (5.47)$$

$$\frac{dm^{\wedge}}{dt} поезд \quad (5.48)$$

$$\frac{dm^{\wedge}}{dt} хол \quad (5.49)$$

$$\frac{dm[}{dt} \quad (5.50)$$

$$\frac{dm\$.}{dt} \quad (5.51)$$

$$\frac{d}{dt} = -Atk(m^{\wedge} - Xpomy 4 - m\% 4) \quad (5.52)$$

$$\frac{dLX}{dt} \quad (5.53)$$

$$\frac{dm^{\wedge}}{dt} \tag{5-54}$$

$$\frac{dm\%}{dt} = \frac{b1 - \langle A^m 6 + m4 \rangle m^? \cdot v n_m n, a P^n}{\frac{\Gamma}{777g + 7774} \quad \frac{\Gamma}{m5 + m3} \quad \frac{\Gamma}{T7}} \frac{I - \epsilon(m5 + m3) m^?}{\Gamma}$$

В результате решения системы данных дифференциальных уравнений исходя из условия

$$\cdot fn[+ m[+ m^{\wedge} + m\pounds + m\$ + m^{\wedge} = N^r, \tag{5..,56}$$

$$\backslash m'' + m'' + m'' + m'' = N^n, \tag{5.57}$$

были получены, численности грузовых и пассажирских тепловозов находящихся в соответствующих состояниях (табл.5.1 и 5.2).

Таблица 5.1
 Расчетные значения среднесуточного количества грузовых тепловозов 2ТЭ116 по состояниям

Количество тепловозов находящихся в состоянии:	Обозначение состояния	Значение
Ожидания выезда под поезд	Tj	. 0,65 .
Выезда под поезд и ожидания с ним отправления	• Γ2' ' .	• " 1,4
Поездки с поездом ; .	' ■ Γз ' • ' .	.8,2- •
■ Заезда в депо из под поезда	■ Γ4' _	0,8 ..
Прохождения технического осмотра	■ ■ . Б ■ ' .	■ 4,3
Нахождения на ремонте		.1,6

образом. Коммивояжер должен выехать из исходного пункта, побывать в каждом из остальных $(n-1)$ пунктов ровно один раз и вернуться в исходный пункт. Задача заключается в определении последовательности объезда пунктов, при которой коммивояжеру требуется минимизировать некоторый критерий эффективности. В качестве его может быть стоимость, проезда, время в пути, суммарное расстояние и т.д. В задаче требуется выбрать один или несколько оптимальных маршрутов из $(n-1)$ возможных. Если некоторые пункты для коммивояжера недоступны, то минимальное значение целевой функции должно быть бесконечно. большим [211,242].

Задача коммивояжера формулируется следующим образом. Имеется n городов и, задана матрица $(t_{ij})_{n \times n}$ времени переезда из пункта i в пункт j . Коммивояжер, должен выехать из одного пункта и объехать все пункты. при условии, что, посетив каждый, из них только раз (согласно этому условию со), он вернется к- исходному пункту. Расстояние между, пунктами неодинаково, поэтому каждая последовательность пунктов, дает разное суммарное время их обхода. Необходимо из всех последовательностей обхода выбрать такую, при которой эта сумма минимальна. Или, в. понятиях теорий графов,, требуется найти гамильтонов -цикл-минимальной длины. Здесь и в дальнейшем под длиной цикла будем подразумевать время обхода всех.его дуг.

Задача, интересна простотой постановки и трудностью решения? Трудности имеют чисто вычислительный характер, ибо существование решения- очевидно. Имеется $(n-4)$ возможных циклов, один/или несколько, из которых дают минимум.времени.

Наиболее эффективным, методом решения задачи о коммивояжере, является алгоритм, предложенный в- 19'63-г.'группой авторов (Дж. Литл, К. Мурти? Д. Суини, К. Карол) и известный, под названием "метод ветвей и границ". [242].

Схема алгоритма такова [211]. Вначале рассматривается множество всех гамильтоновых циклов на графе задачи, и для него определяется некоторая оценка снизу длины маршрута коммивояжера $\varphi(R)$. Затем множество R разбивается на два подмножества циклов R_1 и R_2 , одно из которых включает некоторую дугу, а другое - нет. Для каждого из подмножеств R_i и R_2 определяется нижняя граница длины цикла $V(R_i)$ и $\varphi(R_i)$. Каждая новая граница оказывается не меньше нижней границы для всего множества R . Сравнивая нижние границы $\varphi(R_i)$ и $\varphi(R_2)$ можно выделить подмножество, в котором с большей вероятностью содержится оптимальный цикл. Таким будет подмножество с меньшей нижней оценкой. Это подмножество опять разбивается на два, снова определяются их нижние границы, и так поступают до тех пор, пока не будет выделено множество, например R_p , содержащее один цикл длиной $\varphi(R_p)$. Процесс разбиения на подмножества (ветвление) в общем случае изображается в виде дерева (рис. 5.10).

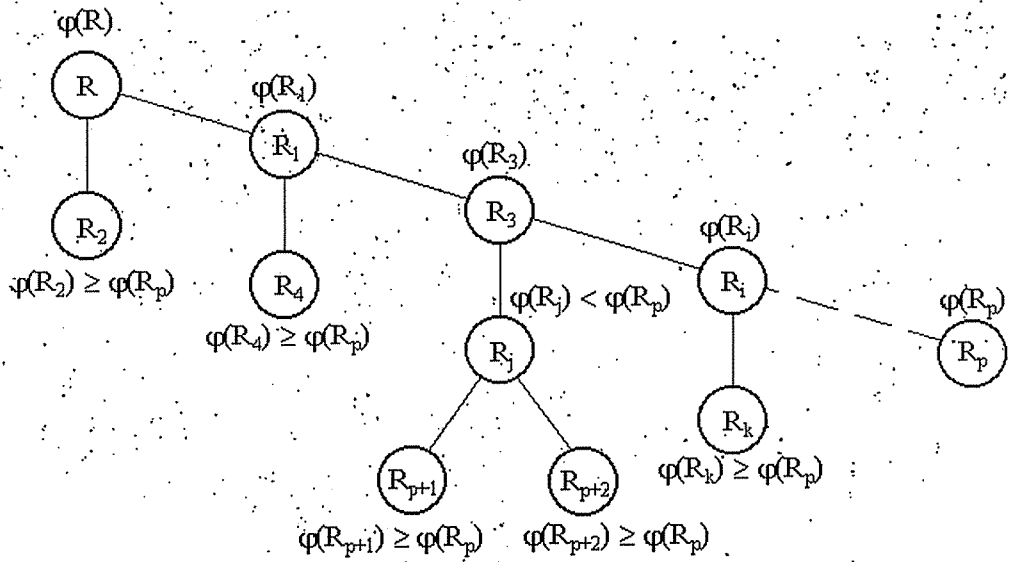


Рис. 5.10. Граф ветвления маршрута

После того как выделен некоторый гамильтонов цикл, просматривают оборванные ветви дерева, и если среди них найдутся ветви с нижними границами, меньшими, чем длина найденного

цикла $\langle p(R_p) \rangle$, то их развивают по тем же правилам. Это относится к подмножеству R_j на рис.5.10. Процесс продолжается, пока нижние границы новых подмножеств остаются меньше длины выделенного цикла

В ходе ветвления либо будет построен новый цикл меньшей длины, либо, (как на рис.5.10) обнаружится, что среди новых подмножеств он не существует, (оценки снизу для каждого из них не меньше $\wedge(R_p)$). Для полноты описания следует указать способ вычисления нижней границы для соответствующих подмножеств и способ выбора дуги, включение или не включение которой, в цикл разбивает рассматриваемое множество гамильтоновых циклов на подмножества.

Очень простой способ расчета нижних границ основан на следующем, соображении. Если решить задачу коммивояжера с некоторой матрицей, расстояний, а затем из всех элементов какой-либо строки или столбца этой матрицы вычесть произвольное число и решить задачу с новой Матрицей, то цикл останется тем же, а его длина изменится на величину, этого числа. Действительно, так как в решении „всегда находится по одному элементу от каждой строки и каждого столбца, то изменение всех элементов столбца или строки на одну и ту же величину не скажется на решении. Если же эту операцию проделать для других строк и столбцов, то длина маршрута будет отличаться на сумму всех чисел, вычитаемых из строк и столбцов.

На этом основании при расчете нижних границ выполняется так называемое приведение матрицы (редукция). Для этого в каждом столбце матрицы находят минимальный элемент /

$$r_j = \min_{i \in N} c_{ij} \quad (5.58)$$

и вычитают его из всех элементов данного столбца. В результате, по крайней мере, один из элементов столбца обратится в нуль. Поступая так со всеми столбцами, получаем матрицу, приведенную по столбцам.

Затем в полученной матрице в каждой строке находим минимальный элемент u_i (некоторые из них будут нулями) и приводим ее по строкам. Величины n_i и v_z называются константами приведения.

Приведенная по строкам и столбцам матрица содержит, по крайней мере, один нуль в каждой строке и каждом столбце. Так как длина L^* оптимального цикла в задаче с приведенной матрицей отличается от длины L цикла в задаче с не приведенной матрицей на сумму Констант приведения

$$L^* - L = \sum_{i=1}^n n_i - \sum_{j=1}^n v_j \tag{5.59}$$

то -

$$L^* - L = \sum_{i=1}^n n_i - \sum_{j=1}^n v_j \tag{5.60}$$

В приведенной матрице все элементы неотрицательны, поэтому $L^* \geq L$, а сумма констант приведения $\sum n_i - \sum v_j$ может служить нижней границей длины гамильтонова цикла.

Разберем теперь вопрос о выборе дуги (i, j) , используемой при разбиении Множества гамильтоновых циклов на подмножества.

Наиболее вероятно, что в оптимальный маршрут входят, дуги, для которых, в приведенной матрице $a_{ij} = 0$. Если в цикл будет включена какая-нибудь дуга с $a_{ij} > 0$, то нижняя оценка длины цикла возрастет. При этом чем больше будет возрастание нижней оценки, тем меньше вероятность того, что эта дуга будет включена в оптимальный цикл вместо соответствующей дуги с $a_{ij} = 0$. Исходя из этого, дугу (i, j) можно выбрать следующим образом'

Возьмем в приведенной матрице элемент a_{ij} . Условно заменим его на 0. Это соответствует тому, что данная дуга (z, y) исключается из всех, возможных, циклов). Определим сумму констант, приведения вновь полученной матрицы. Для этого, достаточно сложить минимальный элемент, u_i строки i с минимальным элементом v_j столбца j , поскольку остальные строки и столбцы, остались, без

изменения. Запишем это, обозначив сумму констант через $\sum_{i \in \Gamma} c_i$, тогда

$$L(\Gamma) = \sum_{i \in \Gamma} c_i \quad (5.61)$$

Проделаем этот расчет для всех остальных нулевых элементов матрицы.

■ В качестве дуги для разбиения множества циклов выберем ту, для которой сумма констант приведения максимальна. Пусть это будет дуга (k, l) ,

$$h_{kl} = \max_{(k,l) \in \Gamma} \sum_{i \in \Gamma} c_i \quad (5.62)$$

Тогда получим два подмножества, в одно из которых эта дуга входит, обозначим, его условно через (k, l) , и другое, в которое она не входит, обозначим его Γ_{kl} . Нижняя оценка множества (k, l) определяется сразу из выражения

$$h_{kl} \geq \sum_{i \in \Gamma_{kl}} c_i \quad (5.63)$$

где h_{kl} - сумма констант приведения предыдущей матрицы (Γ_{kl}) .

Включение некоторой дуги (k, l) в цикл автоматически сокращает размеры матрицы, так как в дальнейших расчетах нет необходимости учитывать строку l и столбец k . Кроме этого, следует запретить возврат из пункта l в пункт k , для чего достаточно положить $c_{lk} = 0$. В результате нижнюю оценку множества (k, l) получим, приводя эту-сокращенную матрицу по строкам и столбцам

$$h_{kl} \geq \sum_{i \in \Gamma_{kl}} c_i \quad (5.64)$$

где h_{kl} - сумма констант приведения сокращенной матрицы.

Сравнивая значения $\sum_{i \in \Gamma} c_i$ и $(p(k, l))$ выбираем подмножество для дальнейшего ветвления и т.д., пока не придем к матрице размерами 2×2 : Этим будут определены некоторый цикл и его длина. Далее остается сравнить эту длину с оценками остальных

подмножеств вариантов и либо перейти к ветвлению некоторого из подмножеств с нижней оценкой, меньшей длины полученного цикла, либо считать задачу решенной (если таких подмножеств нет).

Рассмотрим на основании этого метода организацию маршрутов передвижения передвижной станции ТО и диагностирования маневровых и вывозных тепловозов. В качестве начального пункта выберем исходный пункт отправления передвижной станции — локомотивное депо Харьков-сортировочный. Схема расположения пунктов обслуживания и взаимосвязи между ними показаны на рис.5.11.

Матрица относительных затрат на перемещение передвижной станции ТО и диагностирования (грн./км.) представлена таблицей 5.3.

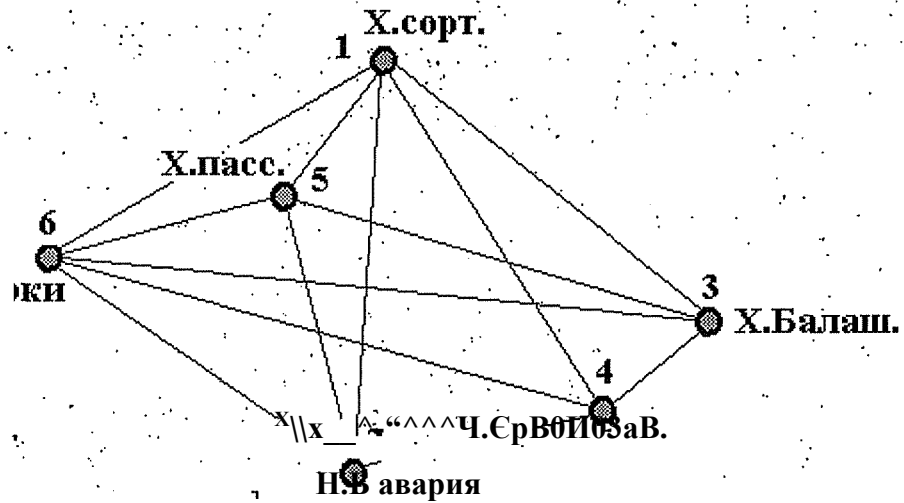


Рис.5.11. Схема расположения пунктов обслуживаемых Передвижной станцией ТО. и диагностирования.

• Таблица 5.3.

Матрица относительных затрат на перемещение передвижной станции ТО и диагностирования

*		1	2	3	4	5	6
		и о о о и	Червонозав.	i § и и	Н.Бавария	О В С И	Подворки
1	Х.сорт.	со	9	10	В Г	2'	4
2	Червонозав.	1	СО	6	8, '	3	4
3	Х.Балаш.	6	4..	со	•5	4	7
4	Н.Б авария	2'	з;	4	СО	5-	8
5	Х.пасс.	5'	3	'2'	6	СО	'2
6	Подкорки	6	1	5	■ ⁷	4•	ОО
vj	".*	i	1.	■2	5-	2	•2',

Для получения нижней границы множества всех маршрутов $\langle P(R) \rangle$ осуществим приведение этой матрицы. В дополнительной строке V_j табл.5,3 указаны константы приведения по столбцам. После приведения по столбцам матрица принимает вид табл.5.4, в дополнительном столбце u_L которой выписаны константы приведения по строкам.

Таблица 5.4

	1-	■2	3	..4	5'	6	u _i
'i	со	8	8	.3	0'-	■'2	б
2■	.0-	00	*4	3	1	.2	■0'
'3	5'.	3.	00	•o	2	5	б
4	1	■2	2	со	3	6.	1
'5/	4	2	0	1	со	0	0
.6	5	0	3.	2	'2'	■00	■0

Выполняя приведение по строкам, получаем матрицу (таблица 5.5), приведенную по столбцам и строкам. , < .

Таблица 5.5

	1	2	3	4	5	6
1	00	8	8	3	0 ⁰	2
2	0 ⁰	00	4	3	1	2
3	5	3	00	0 ⁰	2	5
4	0 ⁰	1	1	00	2	5
5	4	2	0 ⁰	1	00	⁽²⁾ 0
6	5	0 ⁰	3	2	2	00

Сумма констант приведения по формуле (5.59)

$$h_6 = 1 + 13 = 14$$

дает нижнюю границу .

$$h_6 = 1 + 13 = 14$$

Теперь выполним следующий; этап алгоритма и найдем дугу, исключение которой максимально увеличило бы нижнюю оценку. Для этого просмотрим все нулевые элементы приведенной матрицы (табл.5.5) и подсчитаем- сумму. констант ее приведения в предположений,, что каждый. из нулевых "элементов поочередно заменяется на 00.

Рассмотрим, например, элемент (3, 4)..Если положить ≤ 00 , то матрица-, может быть приведена, приведем константа приведения по столбцу- 4 равна его минимальному' элементу. 1, а по строке. 3 - минимальному элементу 2. Сумма констант приведения равна 3 и помещена в скобках'в клетке (3, 4). Над остальными, нулевыми элементами матрицу (таблица 5.6) также указаны суммы-констант приведения, полученные аналогичным способом:' Максимальная йз этих сумм равна'3. и достигается на трех дугах: (1;5), (3,4) и (6,2). Выберем .любую из .них,-например, дугу (6,2),-и-разобьем множество Л на два подмножества (6,2) и (6,2) (рис.5.-12).

Переходим к оценке нижних границ подмножеств, одно из которых'.образуют все циклы, ^включающие дугу (6,2), а другое - все

циклы, не включающие ее. Оценка нижней границы множества (6,2) может быть получена сразу

$$h_s(6,2) = \langle p(L) + \dots \rangle \tag{5.65}$$

$$h_s(6,2) = 14 + 3 = 17$$

Для нахождения нижней оценки множества (6,2) перейдем к сокращенной матрице, (табл.5.6), в которой удалены строка 6 и столбец 2, а элемент $h_{22} = 0$.

Таблица 5.6

	i	3	4	5	6	u_i
1	co	8	3	0	2	0
2	0	4	3	1		0
3	5	co	0	2	5	0
4	0 ⁽¹⁾	1	co	2	5	0
5	4	0 ⁽¹⁾	1	co	0	0
6	0	0	0	0	0	

В дополнительных строке u_j и столбце u_j , таблицы записаны константы ее приведения, по столбцам и строкам. Поскольку все константы приведения равны, нулю, то $h_s = 0$. Тогда

$$h_s(6,2) = \langle p(L) + D_s \rangle = 14 - \dots$$

Сравнивая оценки $\langle d(6,2) \rangle$ и $\langle h_s(6,2) \rangle$, видим, что дальнейшему ветвлению подлежит множество (6,2), имеющее меньшую НИЖНЮЮ оценку.

Для определения дуги, имеющей наибольшую вероятность попасть в оптимальный цикл, проставим над каждым нулевым элементом табл.5.6 сумму констант приведения, которая получится, если условно заменить его на co. Видим, что наибольшее увеличение нижней оценки будет, если исключить из всех циклов дугу (3 Д) ИЛИ (1,5). Выбираем, любую, например (3,4), и разбиваем множество (6,2)

на два подмножества (рис.5.12), одно из которых включает, а другое не включает дугу (3,4). Нижняя оценка подмножества (3, 4) может быть определена сразу из выражения

$$L^*(3,4) = \langle D(6,2) + h^* \rangle, \tag{5.66}$$

$$L^*(3,4) = 14 + 3 = 17.$$

Для оценки нижней границы множества (3,4) строим сокращенную матрицу (табл.5.7), в которой исключены строка 3 и столбец 4, а элемент $L_{43} = 0$.

	i	1	3	5	6	j
1		00	8	0	2	0
2		0	4	i	co	0
4		0	co	2	5	0
5		4	0 < 4	co	0	0
		0	0	0	0	0

Таблица 5.7

Находим ее константы приведения. Поскольку все они равны нулю, то $L^* = 0$. Тогда..

$$L^*(3,4) = \langle D(3,4) + h^* \rangle = \langle D(3,4) \rangle = 14. \tag{5.67}$$

Сравнивая нижние оценки, видим, что дальнейшему разбиению подлежит множество (3,4); Для выбора Дуги, имеющей наибольшую вероятность-попасть в оптимальный цикл, запишем над каждым-нулевым элементом табл.5.7. сумму: констант приведения, которая получится; если условно -заменить $L^* = 0$ на. Как видно, не включение дуги (5,3). Дает наибольший прирост нижней границы длины маршрута. Следовательно, разбиваем, подмножество (3,4) на два: (5,3) и (3,5). Для второго из них нижняя оценка равна

$$\lambda^{(5,3)} = \lambda^{(3,4)} +, \tag{5.68}$$

$$\dim(5D) = 14 + 4 = 18.$$

Для оценки нижней границы множества (5,3) строим сокращенную матрицу (табл.5.8), удалив строку 5 и столбец 3 и положив элемент $14,5^{co}$ Для запрещения цикла(5,3,4,5).

■'

Таблица 5.8 _ •

Γ √ 1	1	•5:	6	чi
1	00	0	2	0
д-	.0 ч	1	oo :	0
-√д, ,	6	/00	5.	o ..
. √J- '	0	.0	2.	

■ Найдя константы приведения этой .сокращенной матрицы, определяем их сумму ■ ' ■' .•

$$\lambda^3 = S4 + S^{\Lambda} \Gamma = .\textcircled{R}4^2 = 2: '-$$

а затем и нижнюю границу множества (5,3)

$$\lambda^{(5,3)} = \lambda^{(3,4)} + \lambda^3, \tag{5.69}$$

$$\dim(5^3, 3) = 14 + 2 = 16. \quad \text{■}' \quad \text{'}$$

Сравнивая нижние границы $\lambda^{(5^3)}$ и $\lambda^{(5,3)}$, выберем для дальнейшего., ветвления множество (5,3).. Чтобы определить новую дугу для включения или не. включения в очередное подмножество, рассмотрим- табл.5.9, в которой рассчитаны суммы для' оценки приращения нижней границы множества вариантов.

Как видно, можно взять любую из дуг (1,6) или (4,1). Выберем, например, дугу (1,6). Тогда нижняя ' оценка множества (1,6) . будет равна .

$$\lambda^{(1D)} = \lambda^{(5,3)} + 1i_{(1,6)}, \tag{5.70}$$

$$\wedge(1,6) = 16 + 3 = 19.$$

Таблица 5.9

J+L	1	5	б	ч _i
1	00.	0 [®]	0 [®]	0
'2 ■	•o ⁽¹⁾	1	co	0
4 ■	0©	00	3	0
•v_{i..}	. °.	o	. o	

Нижняя оценка множества (1,6) определится на сокращенной матрице (табл.5.9), при построении которой удалены строка' 1 и столбец б, а элемент $t_{2,i}$ для запрещения цикла (1,6,2,1) равен oo; Как видно из матрицы, сумма констант-ее приведения..

$$. \text{И}2 \sim \text{I}2,5 = 1,$$

откуда нижняя оценка длины цикла для множества (1,6)

$$. \bullet < p(1,6) - \wedge(5,3) + A_2, \blacksquare . \tag{5.71}$$

$$: \bullet \phi(1,6) = Wl = 17: . 7 \quad ' -$$

Выбирая для дальнейшего ветвления множество (1,6), непосредственно из табл.5.10 видим, что в искомый. цикл надо включить, дуги (2,5) и (4,1)7

. ' ■ ■ ' Таблица 5.10

	■ • I	5
■ ■ 2-7	CO	1
• 4	' 0	• .oo

Поскольку элемент $t_{2,5}$ уже учтен при рассмотрении множества (1,6), а остальные равны нулю, то нижняя оценка длины цикла на подмножестве (1,6) есть одновременно точная оценка длины полученного цикла.

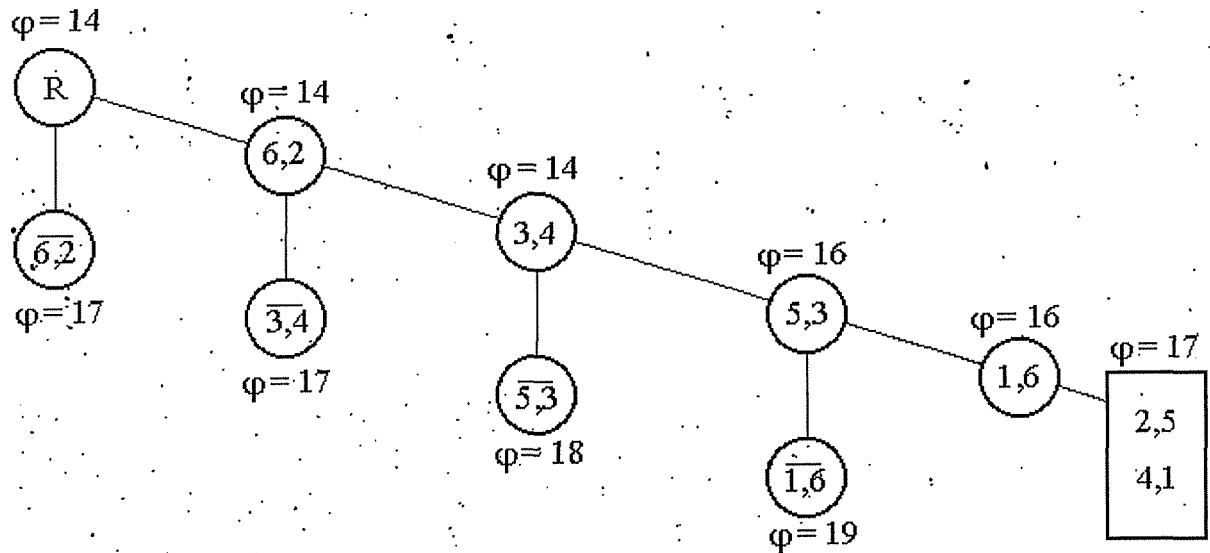


Рис. 5.12. Граф маршрута передвижной станции ТО и диагностирования .

Таким образом., цикл, выделенный М соответствии с деревом ветвлений рис.5.12, состоит из дуг (6,2), (3,4),- (5,3), (1,6), (2,5), (4,1). Располагая эти дуги так, чтобы, конец одной служил началом другой, получаем следующую, последовательность обхода вершин: Г6,2,5,3,4;1.;-

Рассмотрим : теперь оборванные ветви дерева . ветвлений рис.5.12 и проверим, нет ли для какого-нибудь из вариантов меньшей оценки. Поскольку оценки остальных- вариайтов не меньше, чем ср-17, то выделенный маршрут оптимален. .

• Таким „ббразом, получен следующий маршрут движения передвижной станций ТО и диагностирования: •

. с 1-го пункта в. 6,-й;

• ■ с 6-го пункта во 2-й;

. со.второго пункта в 5-й;

- с 5-го пункта в 3-й;
- с 3-го пункта в 4-й;
- с 4-го пункта в 1 -й.

Критический путь равен $L=4+4+3+2+4+4+8=29\text{км}$.

5.6.Выводы

Анализ технологии ТО с контролем, диагностированием и материально-техническим обеспечением показал необходимость совершенствования методики организации и определения дислокации ПКД. При этом установлено, что существующие методики оценки предельного расстояния для пересылки локомотивов в депо, Оснащенных ПКД, дает лишь приблизительное представление о зоне его эффективности. Исходя из этого в настоящем разделе проведены исследования, пр которым можно сделать следующие, выводы. / • . ;

1.Проведен анализ обоснования' . размещения ЛТКД , . в локомотивных депо дороги. Рассмотрены, существующие подходы к размещению объектов и их математическое обеспечение. При этом установлено, что решение таких задач относится к определению взаимодействия между новыми и существующими объектами. В ряде случаев степень этого, взаимодействия зависит от размещения совершенно новых¹ объектов, причем характер взаимодействия может быть статическим или динамическим, • детерминированным, или стохастическим. Исходя из этого ' сделана классификация. задач размещения новых и существующих объектов,.определены связи по взаимодействиям между ними, проведен анализ выбора пространства решений, Меры .расстояния, а также определены конечные цели при их размещении.-. . ,

2 .Выполнен анализ подобной задачи размещения предприятий, которая учитывает определение их числа, места расположения и мощности. Причем в такой постановке данная задача по размещению предприятий с дискретным пространством решений сформулирована как задача смешанного целочисленного программирования. ' На основании этого выражена целевая функций и предложены конкретные ограничения, учитывающие производительность объекта (мощность), стоимость транспортировки к нему или из него, объем поставок с различных • мест, количественные показатели (время, скорость и др.),-а также функции постоянных и переменных затрат для. предполагаемого, размещаемого объекта. Определено, что точное решение данной задачи может быть получено с помощью методов динамического программирования, метода, ветвей и границ- и двойственных методов^ которые в ряде случаев просто не. приемлемы с вычислительной, точки зрения и. требуют значительного машинного времени, объемов памяти и просто рутинных операций. . • .

,3.На основании вышесказанного предложена . методика, разработанная на кафедре ЭРИС ХГАЖТ, в которой предполагается, что информация о потребности локомотивов, в проведении ТО с контролем, диагностированием V" и.; . материально-техническим, обеспечением считается известной. Критерием выбора оптимального варианта предложен минимум, суммы затрат на проведение всех видов ТО и ТР тепловозов с использованием средств и методов диагностики и затрат на • транспортировку. подвижного • состава. Определены составляющие этих затрат и .предложен алгоритм расчета конечных значений.- В качестве примера, приведен расчет в табличной форме ...выделение, локомотивных депо Южной ж.д., где. предполагается разместить ПКД. . • . --. • ■

4 .На-основании метода динамики средних с-использованием принципа квазирегулярности составлена и решена на" ПЭВМ в среде "Mathcad 2000. Professional" система Дифференциальных уравнений,

в результате чего определены основные параметры функционирования ПКД грузовых и пассажирских тепловозов.

5. Для проведения ТО маневровым и вывозным локомотива, работающих на удаленных от основного депо станциях предложено использовать передвижные станции. Используя разновидность метода ветвей, и границ (задача "коммивояжера") определен оптимальный маршрут следования передвижной станции. ТО и диагностирования. На примере, локомотивного депо Харьк-сортировочный составлен граф возможных маршрутов и матрица расстояний, между пунктами обслуживания, проведен расчет и получен оптимальный маршрут следования, а также численное значение критического пути. ...

РАЗДЕЛ 6

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТО ЛОКОМОТИВОВ

•••••

6.1. Организация системы Т.О с контролем, диагностированием и применением автоматизированных рабочих мест (АРМ)

В результате проведения регулярного контроля и диагностирования множества локомотивов при ведении учёта (протоколирования) итогов накапливается значительных массив информации о техническом состоянии парка. Для снижения трудоёмкости, повышения оперативности обработки такой информации необходима организация автоматизированного рабочего места диагноста (АРМ) [177]. С целью оценки роли такого АРМ в системе технического содержания локомотивов необходимо уточнить ряд положений, определяющих его назначение. Для этого обратимся к основным составляющим АРМ - информационному, алгоритмическому, организационному и техническому, его обеспечению. Сведения о техническом состоянии контролируемых узлов локомотива могут поступать в АРМ, основу которого составляет персональный компьютер, путем ввода:

- через клавиатуру (консоль);
- непосредственно с диагностических устройств (через интерфейс);
- с переносных приборов, входящих в состав бортовых систем диагностики;
- по специальным каналам связи;

В первом случае показатели диагностических приборов регистрируются диагностом в первичной форме учета непосредственно на месте производства контрольных измерений, и проверок. В дальнейшем эта информация, вводится с помощью клавиатуры в компьютер АРМа. Аналогично вводится в него данные с других депо-первичных форм

учета (ТУ-27; ТУ-28, ТУ-29 и т.д.) для решения на АРМ различных задач, необходимых для реализации системы содержания локомотивов.

Во втором случае диагностическая информация поступает в АРМ непосредственно либо со стационарных диагностических устройств (в реальном масштабе времени), либо из памяти специальных переносных диагностических приборов, позволяющих накапливать данные о результатах последовательно выполняемых проверок узлов нескольких локомотивов. ;. -

* • • • ,

В третьем случае диагностическая информация вводится в АРМ из переносной памяти бортовых систем диагностики. В этой памяти.- накапливается информация о;. техническом состоянии локомотива за определенный период времени его,-эксплуатации. Ввод осуществляется через-.. стенд .. дешифрации, .выполняющий предварительную обработку. информации, ее. переформатирование и ввод непосредственно в АРМ.. . ' ■■■■ "-

Четвертый способ ввода предусматривается для оперативного ввода важной информации подлежащей немедленной' обработке, например, об аварийной ■ ситуации⁷ на прибывающем ■ локомотиве для. оперативной организаций, его. обслуживания ' и- ремонта.-. В . этом случае ввод осуществляется через каналы связи (радиоканал, оптоволоконные и др.), выход в которые-обеспечивается непосредственно с бортовых устройств в Процессе движения;-'

- ..Обычно данные.о технических параметрах, получаемые с помощью диагностических устройств, используются . для оперативных, решений и для-создания..базы данных,.на основе которых'более редко и с.различной периодичностью ^решаются задачи неоперативного характера. К числу оперативных - относятся ' задачи , определения ' наличия неисправности локомотива,, выявление 'ее ■ места, й .-'организацию ее быстрого -восстановления.. С использованием - же-. постепенно накапливаемой .базы

технических параметров / системных данных локомотивов (для

планирования сроков очередного ремонта или диагностической проверки), корректируется нормативная база системы планового содержания электровозов,- периодически уточняются браковочные значения контрольных параметров, оценивается достоверность диагностических решений, эффективность диагностики, выявляются узлы, лимитирующие нормативную наработку ло'комотива до ТО, ТР и КР.

. Оперативные решения по восстановлению исправности локомотива в большинстве случаев применяется и без использования АРМ, поскольку диагностические устройства, вырабатывают информацию о техническом.

• * • •

состоянии ' проверяемых ...узлов в виде,' позволяющем- сопоставить фактическое значение контролируемых параметров со значением ■ браковочным. В этом, случае роль АРМ ' сводится только, к распечатке протоколов диагностирования,' и. к. пополнению .-базы данных с последующим. хранением и/использованием в' качестве одного из элементов/ статистического -массива; необходимого для решения неоперативных задач, важнейшей из которых является оценка остаточного ресурса узлов/ Алгоритмическое 'обеспечение.- АРМ позволяет аппроксимировать . .соответствующие статистические . зависимости параметров оборудования от его наработки, определять их характеристики, а, следовательно, и вероятности оценки, прогноза. ', . • •

.' - .Таким . образом,. /выявляется ...состав-., «сверхцикловых»., дополнительных работ на ТО или ТР-1/ которые-должны быть выполнены-, * Чтобы предупредить возникновение отказа'в.нут.следования. Возможно и другое изменение состава. операций на ТО или ТР-1: ряд «цикловых» (обязательных) работ-по осмотру узлов со снятием, крышек, люков может быть заменён'трудоёмкой и более действенной, проверкой их. состояния с помощью диагностических устройств. ■. .-

На . рисунке .6.1 ■ представлен . алгоритм .корректировки- • перечня необходимых'онёраций на'ТО-3. = • '■ • • • •'

На АРМ ведутся диагностические паспорта (досье) каждого локомотива приписного парка депо. В базе данных ЭВМ информация о всех предыдущих диагностических проверках сгруппирована по отдельности для каждого локомотива. Это позволяет не только прогнозировать остаточный ресурс его узлов, но и перед каждым ТО или ТР получать с помощью АРМ справки, содержащие следующую необходимую информацию): даты ТО, ТР и диагностирований за предыдущие периоды, наработку локомотива к этой дате, перечень устраненных на ТО и ТР неисправностей, изменение значений контролируемых параметров, прогнозирование срока истечения ресурса основных контролируемых узлов, рекомендации по сроку и объему очередной диагностической проверки, эксплуатационные ... показатели работы данного локомотива за последний период времени и т.д.:

■ К. другим задачам, решаемым на АРМ с достаточно большой периодичностью... относятся; корректировка браковочных * значений Контролируемых (при диагностических проверках) узлов локомотива) параметров. -... ;

• ' . На АРМ. < решаются' также , -задачи оценки экономической эффективности применения того или иного диагностического устройства м новой системы текущего ремонта ® технического- обслуживания -в целом.. При этом используются деповская информация о надежности локомотивов, эксплуатационных-и ремонтных показателях.. .

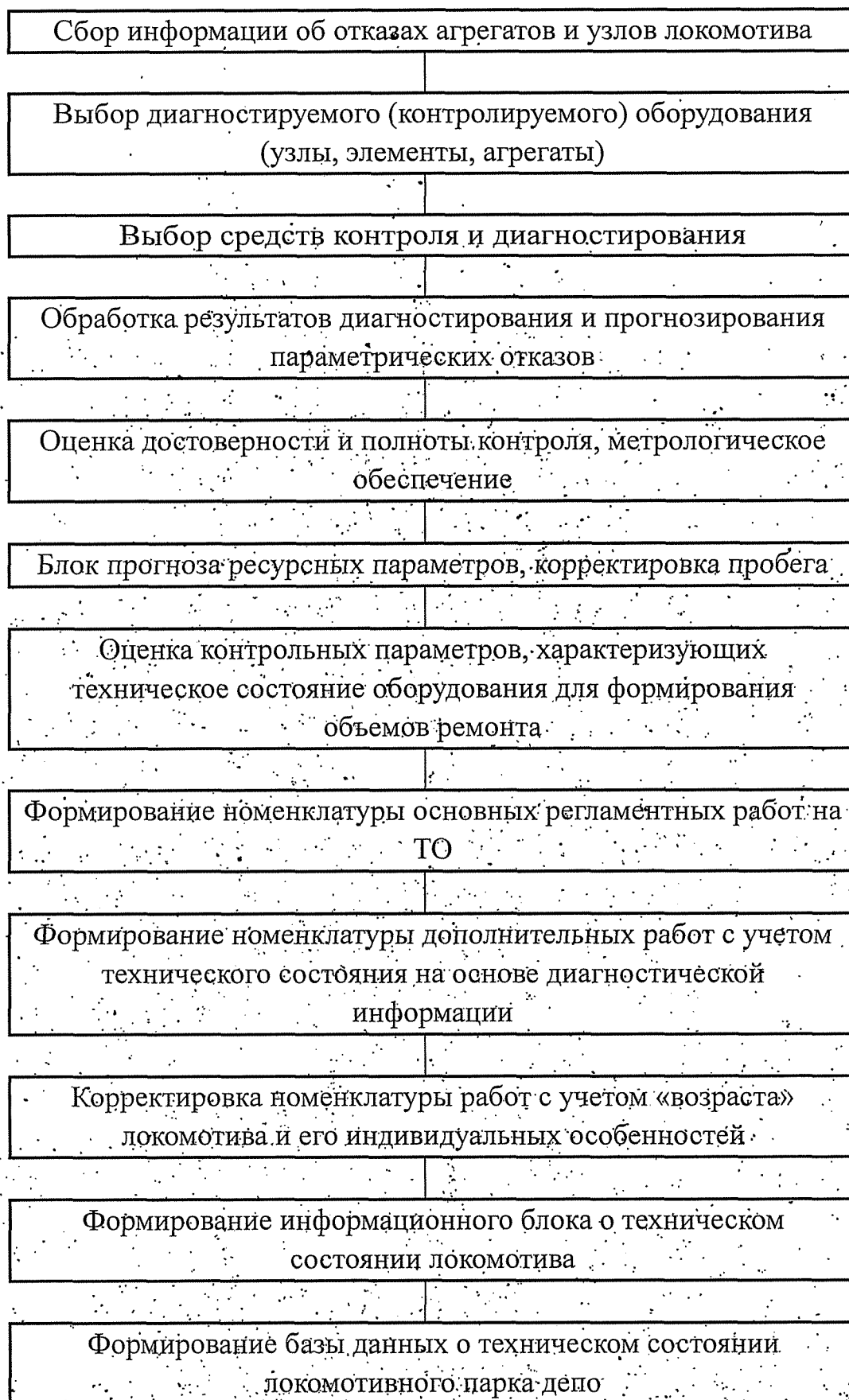


Рис. 6.1. Алгоритм корректировки перечня необходимых операций на ТО-3

На рисунке 6.2 представлена схема, характеризующая основные потоки информации для функционирования АРМ, на основе внедрения средств контроля и диагностирования, т.е. мониторинга технического состояния оборудования. В соответствии с этим определены задачи контроля и диагностирования оборудования. ТПС, которые должны решаться с помощью следующих функциональных подсистем:

- - стационарная система диагностирования для локального контроля, углубленного-диагностирования (до уровня элементов), анализа дефектов, а также прогнозирования остаточного ресурса и уровня безопасности основных узлов и агрегатов оборудования локомотива; ••

- бортовая (встроенная) автоматизированная система диагностирования, для оперативного контроля и диагностирования основных узлов оборудования, контроля готовности оборудования, к работе, ввода в оперативную память характеристик развивающегося дефекта, индикации, технического состояния контролируемых узлов и агрегатов, работы в диалоговом режиме с экспертной системой, до предотвращения отказа, угрожающего безопасности движения поездов;

- автономная система диагностирования для контроля; выбранных параметров с целью оценки работоспособности узла или аппаратуры ТПС, сравнение их с браковочным значением; архивирования данных контроля в оперативном запоминающем устройстве, для последующей передачи в ЭВМ; ■' . -■... . ' ' . ,. ■' . ' ' . ■' . • • ■' . ' ' .

Следует отметить, что оснащение локомотивов бортовыми диагностическими устройствами (о состоянии узлов локомотива) по сравнению с устройствами наземными - переносными, автономными или стационарными дает Несомненно более полную и точную информацию, однако может оказаться более дорогим. ■ Это обусловлено тем, что сумма цен бортовых устройств, число которых равно количеству локомотивов в депо; как правило, может превышать стоимость малочисленных переносных приборов или стационарной диагностической установки,-

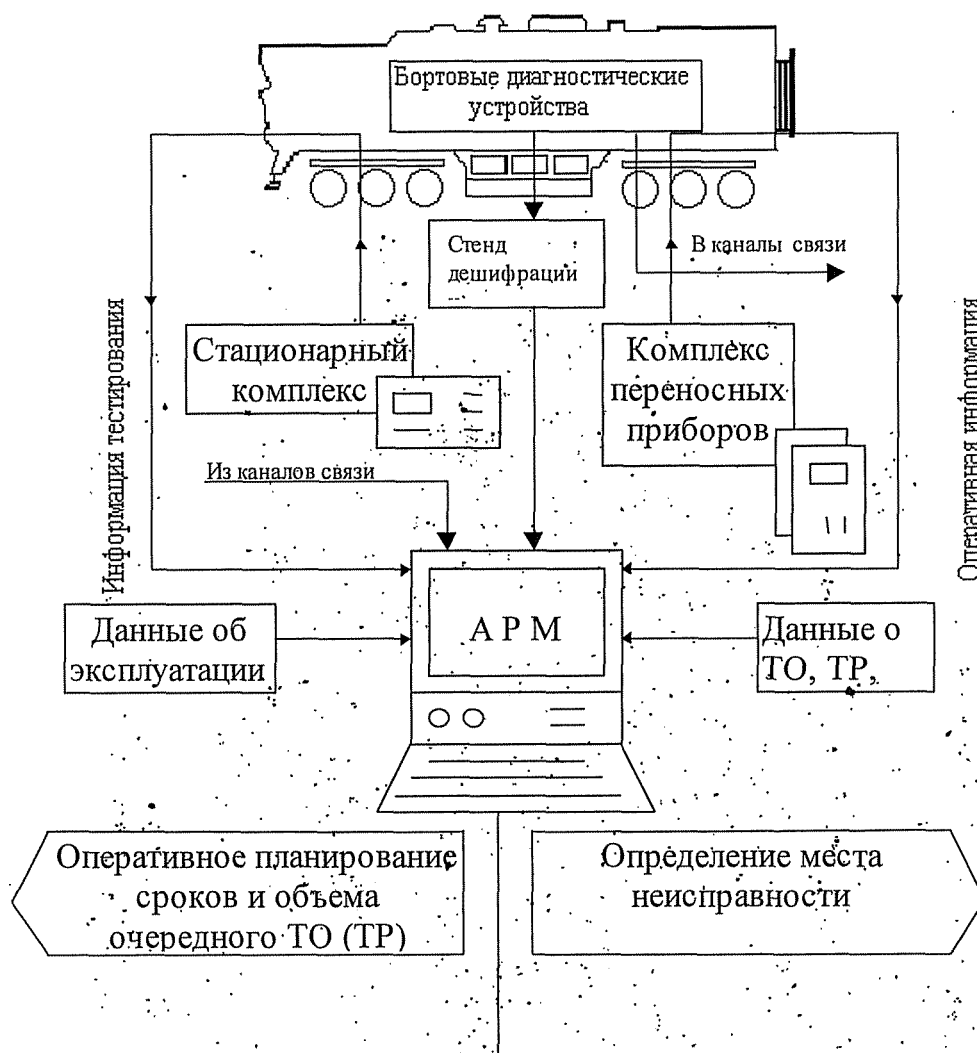
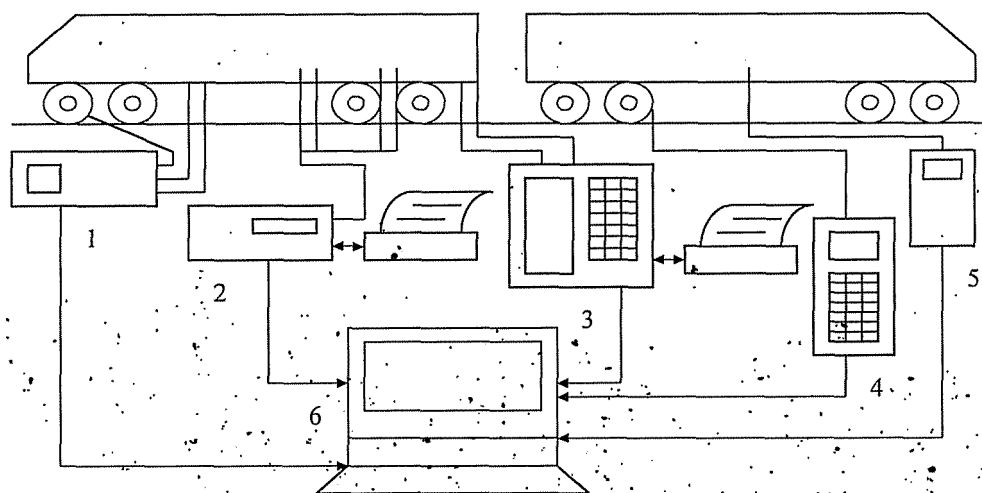


Рис. 6.2. Схема информационных потоков при контроле и диагностировании при помощи АРМ

Опыт создания / систем диагностики для Украинских электровозов-ДЭ-1 показывает, что до 80% всех датчиков, бортовой системы диагностики (датчики, тока, напряжения, температуры, давления, дискретные, датчики состояния агрегатов) являются одновременно датчиками системы управления локомотивом. Остальные 20% датчиков отнюдь, не пропорционально увеличивают стоимость бортовой системы диагностики, так как в ней есть еще контроллер, дисплей, пульт управления, бдбки питания и т. д.



1 - устройство контроля подшипниковых узлов; 2 г' устройство контроля силовых и низковольтных цепей локомотива (ТЕСТЕР); 3 - автоматизированная система контроля, и диагностики электрооборудования локомотива ..(АСКД); 4 - устройство контроля геометрических параметров, колеса; 5 -■ устройство. контроля уровня Вибрации механического оборудования; 6 автоматизированное рабочее место по контролю диагностической информации. . .

Бортовая ■система диагностики контролирует работу устройств локомотива , в реальных условиях: работы. - при.' повышенных и пониженных температурах, при ^реальных нагрузках, при колебаниях напряжений в контактной цепи, при смене, режимов работы.,- при различных скоростях вращения, в условиях вибраций **и** т.п. '

- Бортовые. системы, осуществляют постоянный, мониторинг работы систем локомотива, позволяют в реальном масштабе времени выявить предаварийное состояние той или иной системы локомотива и предотвратить её аварию.: •. , ' .

■ Бортовые системы могут поставлять оперативную информацию в .АРМ диагностики по каналам связи ,в^ процессе движения - обеспечивая возможность проведения подготовительных работ для необходимого ремонта без. потерь времени, на ТО и диагностику в депо.' : ' ; ■ •, .

6.2. Организация методического обеспечения выбора электронных деталей импортного производства для тепловозов ЧМЭЗ и электровозов ЧС.

Значительную часть локомотивного парка железных дорог Украины составляют тепловозы и электровозы, закупленные по импорту в Чехословакии. На этих локомотивах широко применены разнообразные электронные узлы, выполненные на элементной базе завода-изготовителя. При обслуживании и ремонте таких узлов, а также при возникновении в них отказов перед обслуживающим персоналом локомотивного депо и, ремонтных заводов возникает задача по анализу электронных схем регулировки и замены вышедших из строя импортных электронных деталей аналогами отечественного производства. Решение этих вопросов затруднено тем, что заводы-изготовители в технической документации, поставляемой вместе с локомотивами не приводят основных технических характеристик, параметров и схемных особенностей работы каждого элемента. Поэтому обслуживающему персоналу очень затруднительно ремонтировать и устранять возникшие неполадки, не имея данных по импортным деталям и соответствия их аналогам отечественного производства, которыми их можно заменить. Кроме того, техническим работникам подчас трудно разобраться с имеющимся описанием работы этих устройств, так как перевод технических выражений и терминов описанный в этой литературе иногда не соответствует принятым понятиям среди обслуживающего персонала. Эти обстоятельства затрудняют качественное выполнение регламентных и ремонтных работ. В отдельных случаях, электронные устройства просто выключаются из работы, что сводит на нет затраченные средства, вызывая дополнительный расход средств и материалов, а также вызывает угрозу безопасности движения поездов (например, отключением управления

электродинамическим тормозом на маневровых тепловозах и пассажирских электровозах).

Вопросы, связанные с взаимозаменяемостью отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов, возникают при необходимости замены вышедшего из строя прибора в конкретной аппаратуре, а также при определении возможности воспроизведения интересующего устройства (схемы). Полная, аналогичность (эквивалентность) отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов предполагает совпадение их функционального назначения, электрических параметров и характеристик, конструктивного оформления; габаритных и присоединительных размеров, массы, формы и расположения выводов, методов герметизации, электрической; связи выводов с корпусом, надежности и стабильности. Однако полного совпадения.- получить ..практически невозможно, так как 'процесс-создания, полупроводниковых приборов .- это технологический комплекс, характерный для каждой фирмы-изготовителя... • ■ .

■ Принципы и методы определения наиболее вероятных- значений и установления норм и допусков электрических параметров, принятые в различных странах-, неодинаковы. Очевидно, , что в ряде, случаев нормы, устанавливаемые .на параметры, Могут значительно отличаться от. их реальных значений, Режимы, условия, методы определения .различных видов-электрических, механических и климатических испытаний,: нормы на параметры;? критерий годности при испытаниях, методы измерений, от которых,' в. общем, зависят устанавливаемые' параметры; многообразны, принципиально -различны и не. универсальны.' Кроме того, значения параметров приборов зависят не только от режимов работы и температуры, но и изменяются ср временем.(дрейф-параметров во время работы -и при хранении). . . . ■... ' ' •

• . В-, 'настоящее .- время: существуют .-международные . стандарты ' : и рекомендаций'. различных международных комиссий^ способствующие регламентированию . - терминологий, . технических . - .требований,

классификации, методов измерения и других свойств приборов. Однако в отдельных странах имеются свои особенности в стандартизации параметров и свойств приборов. Эксплуатационные свойства транзисторов описываются большим числом параметров, поэтому можно считать, что практически полная тождественность отечественных и импортных транзисторов - недостижима и не во всех случаях, необходима. Целесообразнее говорить о частичной (неполной) или приближенной их эквивалентности. Подбор аналогов, должен проводиться с учетом конкретной электрической схемы, а не только путем формального сравнения всех параметров приборов (показателей функционирования) в совпадающем - или, близком режиме измерений. При воспроизведении технических показателей схемы (узла, каскада) должны удовлетворяться, прежде всего, требования к выходным параметрам. Поэтому не все параметры микросхем, транзисторов, диодов, стабилизаторов, тиристоров и т.д. будут одинаково важными, а только те, по которым должна быть обеспечена взаимозаменяемость. Таким образом, наличие конкретной схемы приводит к сокращению числа рассматриваемых параметров и упрощению решения задачи при подбору эквивалентных приборов за счет выявленных требований к выходным параметрам и определения реального режима работы, приборов: При анализе комплекса выходных параметров их условно можно разделить на основные, для которых требуется наилучшее сочетание их значений и второстепенные, которые могут меняться в достаточно широких пределах;

■ -Взаимозаменяемость отечественных и зарубежных приборов -зависит не только от их свойств, условий эксплуатации и режимов применения, но и от рационально разработанной схемы, учитывающей номинальный разброс параметров и не требующей специального подбора приборов. При замене зарубежного прибора отечественным, даже лучшим по параметрам, может потребоваться подстройка схемы, чтобы не ухудшилась работа каскада и не возникла паразитная генерация. Подбор аналогов должен

осуществляться сравнением электрических параметров (показателей функционирования) отечественных и зарубежных приборов из справочников, стандартов или технических условий на эти приборы, где указывается основное (целевое) назначение приборов, технология изготовления, структура (*p-n-p* или *n-p-n*) предельные (предельно допустимые) параметры, данные об электрических параметрах и их изменения от режима и температуры, тип корпуса и другие сведения,-

Некоторые фирмы выпускают свой приборы по лицензиям других фирм или стран, присваивают им новые номера, иногда меняя формы на некоторые параметры. Следует отметить, что взаимозаменяемость, по присоединительным и габаритным размерам отечественных и зарубежных приборов, которая определяет возможность замены приборов при соблюдении условий сопряжения "с панельками, теплоотводами, изоляционными прокладками, экранами, с отверстиями в шасси-(плате), может не выполняться (в основном для приборов, не отвечающих по габаритным, размерам требованиям МЭК). ; ; •,-/•

Исходя из этого на кафедре ЭРПС было разработано. Методическое обеспечение по выбору электронных деталей импортного производства для тепловозов ЧМЭЗТ и электровозов типа ЧС [19]. ставит своей целью оказание помощи работникам локомотивного хозяйства по качественному обслуживанию, ремонту и настройке электронных блоков, установленных на тяговом подвижном составе. С этой целью в нем собраны технические характеристики и описания работы электронных изделий импортного производства, использующихся на локомотивах (микросхемы, транзисторы; диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы, резисторы и конденсаторы) и даются рекомендации по замене этих деталей полными или приблизительными аналогами отечественного производства привходя их из строя. • " /

6.3 .Технические средства контроля и диагностирования ТПС

6.4 .1.Электронный стетоскоп

Электронный стетоскоп предназначен для акустического стереофонического прослушивания в обычном режиме и в двух частотных диапазонах с фильтрацией прослушиваемых сигналов. Отличительной особенностью данного прибора является то, что звуковые сигналы прослушиваются при помощи высококачественных, стереофонических наушников. Это позволяет оператору более качественно оценивать весь спектр сигнала [80,128,254,353].

Прибор имеет возможность оценивать уровень этих сигналов по показаниям стрелочного индикатора.

-Электронный стетоскоп обеспечивает:

- регистрацию шумовых и, вибрационных сигналов с выдачей их на специальное акустическое устройство, позволяющее с минимальными искажениями прослушивать эти сигналы;

прослушивание • полного/. спектральных сигналов и

прослушивание'этих сигналов через .два фильтрационных канала; • •

- частотный диапазон прямого канала составляет от 5 до 20000Гц;

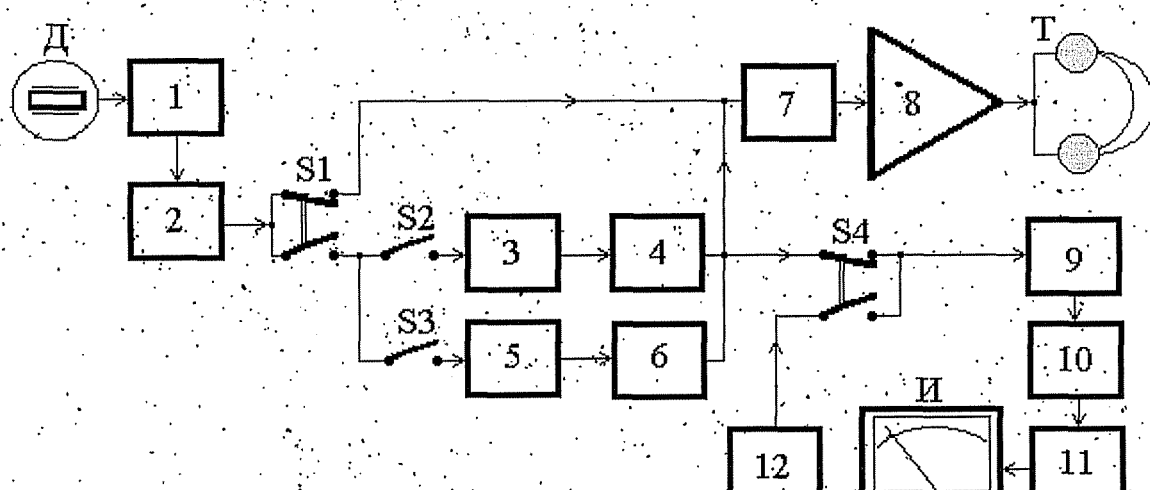


Рис. 6.4, Структурная схема электронного стетоскопа • • ,,

- частотный диапазон низкочастотного канала от 5 до 400 Гц;
- частотный диапазон среднечастотного канала от 600 до 20000 Гц;
- - визуальную индикацию уровня сигнала, в дБ, с дискретной регулировкой ослабления через каждые 2 дБ;
- плавную регулировку уровня сигнала от нуля до максимального значения;
- - акустическое прослушивание сигнала на стереофонические наушники, позволяющие воспроизводить уровень в большом частотном диапазоне - от 10 до 20000 Гц. Питание прибора осуществляется от бортовой сети подвижного состава.

Электронный стетоскоп представляет собой переносной прибор, выполненный в малогабаритном корпусе.

Структурная схема одного канала электронного стетоскопа (рис.6.4) состоит из следующих составных частей: датчика сигнала (Д); узла согласования (1); предварительного усилителя (2); формирователей НЧ (3) и СЧ (5) сигналов; активных фильтров НЧ (4) и СЧ (6) сигналов; узла согласования и регулировки уровня сигнала (7); оконечного усилителя мощности (8); формирователя пикового значения сигнала (9); детектора (10); усилителя (1.1) и стрелочного индикатора (И); преобразователя и

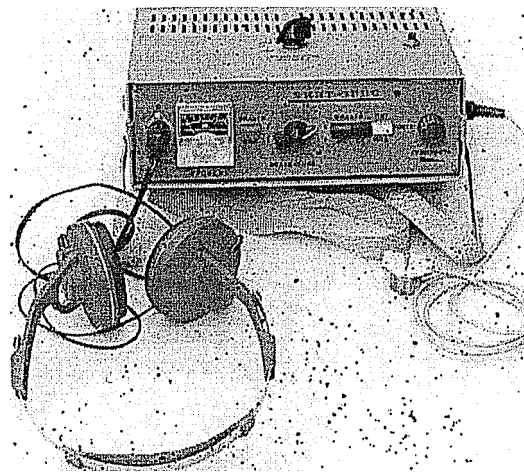


Рис. 6.5. Общий вид электронного стетоскопа

" Сигнал, вырабатываемый датчиком, поступает на узел согласования' (1) с усилителем (2), который согласовывает его с последующими электронными блоками и усиливается до .уровня, необходимого с работой схемы. Согласованный и усиленный сигнал поступает на коммутационное устройство (S1), • которое по выбору оператора позволяет пропускать полученный' • сигнал- непосредственно в. усилитель мощности или направлять его для фильтрации. В последнем случае сигнал поступает на активные фильтры НЧ (3,4): или СЧ (5,6), и. после прохождения коммутирующего устройства, направляется в •• окончное усилительное устройство (7,8). • ■ :

-■ • С выхода, коммутирующего,устройства сигнал..(как прямой, так й отфильтрованный) одновременно поступает на согласующее устройство (9), где преобразовывается ,.ц.о входному .сопротивлению и поступает на узел; выделения его цикового значения (10). Полученное таким образом значение. выпрямляется . в детекторе-(11) и поступает на . стрелочный индикатор (И), При этом индикатор может работать .в двух режимах: режим индикаций "текущих значений сигнала и контроль, значения питающего напряжения .сети. Выполнение-этих режимов обеспечивается при помощи коммутирующего, устройства,-на переключателе S4. • ■ -.'
.... О.бщий вид электронного стетоскопа показан на рис.6.5. -'

6.3.2.Устройство для визуального диагностирования

• •• Эндоскопы .. предназначены для.. .осмотра и фотографирования труднодоступных мест..ч^рез специальные смотровые 'окна или-, другие технологические отверстия [135,136,309]. Волоконно-оптический эндоскоп представляет собой. равномерно . уложенный • волоконно.-оптиче'ский' .жгут с. высокой' .разрешающей способностью (диаметр одиночного Подокна 14-5 мкм), состоящий из двух частей - центральной и периферийной. Общий вид волоконно-оптического .эндоскопа представлен на рисунке 6.6. •
... ■ .-

Центральная часть предназначена для передачи изображения от объектива до экрана, а периферийная часть волокон служит для освещения обследуемого объекта с помощью источника света. Обе части жгута заключены в эластичную оболочку и металлическую оплетку. Плотность укладки волокон в жгуте эндоскопа достигает 1млн. на 1см^2 . Для проектирования изображения на торец жгута наконечник имеет призму и объектив. Для обеспечения визуального наблюдения внутренних полостей свет от источника по периферийным волокнам направляется на обследуемый объект. Отраженный от объекта свет-транспортирует изображение- по центральным волокнам до выходного торца, где оно и рассматривается на экране', ... ■ •'



Рис. 6.6: Общий вид волоконно-оптического эндоскопа

В случае необходимости фото и киносъемку можно осуществлять непосредственно с экрана. Сам прибор состоит из трубок смотровой и подсвечивающей, блока питания, рабочей и окулярной части, смотровой трубки, гайки диоптрийной-настройки и наглазника.

. 6.3.3. Пирометры частичного излучения типа «СМОТРИЧ».

Пирометры частичного, излучения; переносные, типа «Смотрин» предназначены для бесконтактного дистанционного измерения

температуры тел в диапазоне от 0 до 3500°C [82,141]. Работа этих приборов основана на улавливании инфракрасного излучения, которое испускает нагретое тело с дальнейшим преобразованием его в электрический сигнал.

Конструкция пирометров выполнена в виде пистолетного- типа. В передней части, прибора имеется специальное фокусирующее отверстие для улавливания инфракрасного излучения.- На тыльной., стороне, обращенной 'к . оператору, расположен ■ -цифровой. индикатор, отображающий:-фактическое значение измеряемой' температуры-. На рукоятке прибора - сделана, кнопка куркового типа для- фиксации измеренного значения темцературы...

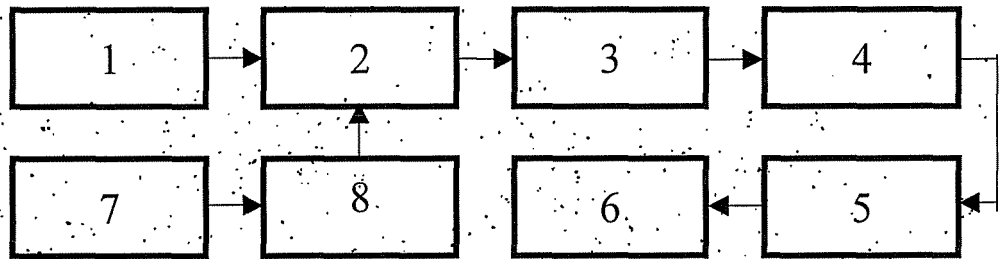


Рис. 6.7. Структурная схема пирометра «Смотрич –4П»

Структурная схема.-пирометра приведена на- рис.6.7.'В состав пирометра -входят. следующие узлы: Оптическая-., система (Г), приемник излучения. (2), функциональный преобразователь .(3).,- усилитель постоянного тока (4),'аналого-цифровой преобразователь (5), цифровое .табло (6)-, блок, питания (7) и преобразователь напряжения '(8).

. Предел Среднего квадратичного . отклонения . случайной составляющей, основной погрешности, пирометров не. превышает 0,5 предела допускаемой основной погрешности.'

Для измерения температуры ..необходимо включить дирометр при помощи.- специального тумблера, установленного .на корпусе- прибора, направить прибор. 'на измеряемый объект, и на тыльной . стороне на

цифровом индикаторе прочесть значение температуры в градусах. Общий вид пирометра «Смотрин - 4П» показан на рисунке 6.8.

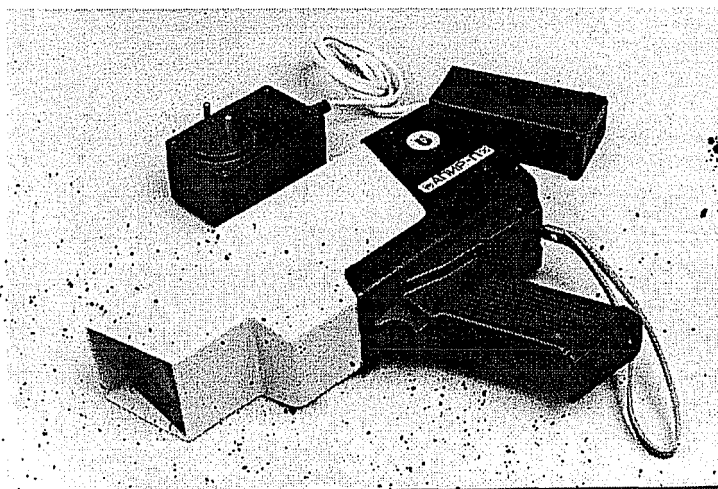


Рис. 6.8; Общий вид пирометра «Смотрин - 4П»

Информация по измеренным значениям температуры может накапливаться в приборе, считываться через-интерфейс и обрабатываться на ПЭВМ по специальной программе.

6.3.4. Прибор для оценки скоростных характеристик ТЭД

Прибор предназначен для оценки разности скоростных характеристик тяговых электродвигателей [152,154,164,210]. Он состоит из вольтметра (V), тумблеров S1-S7, кнопки K1 и соединительных проводов с зажимами на концах (рис.6.9). Прибор работает следующим образом. Провода 1-IV подключают „соответственно„ к проводам катушек реле боксования РБ1-РБ3 и попарно, соединяют с вольтметром для измерения разности потенциалов между двумя тяговыми двигателями через тумблера S1-S7. Для исключения возможности одновременного включения двух тумблеров предусмотрена механическая блокировка. Полярность и разность потенциалов между двигателями определяют с помощью вольтметра (V) с пределами измерения 75мВ.; 9В.; 15В. и 150В;. При отклонении стрелки вольтметра в сторону противоположную.. нормальным

измерениям, тумблер S6 переключается. Положение тумблера S6 указывает также на большой потенциал в двигателе. В зависимости от надобности пределы измерения устанавливают тумблером S7 и кнопкой K1.

Прибор используют при периодических контрольных поездках на ПС, склонному к повышенному буксованию и имеющему следы перегрева тяговых двигателей. В результате поездок выявляют причины неравномерности нагрузки двигателей. ■

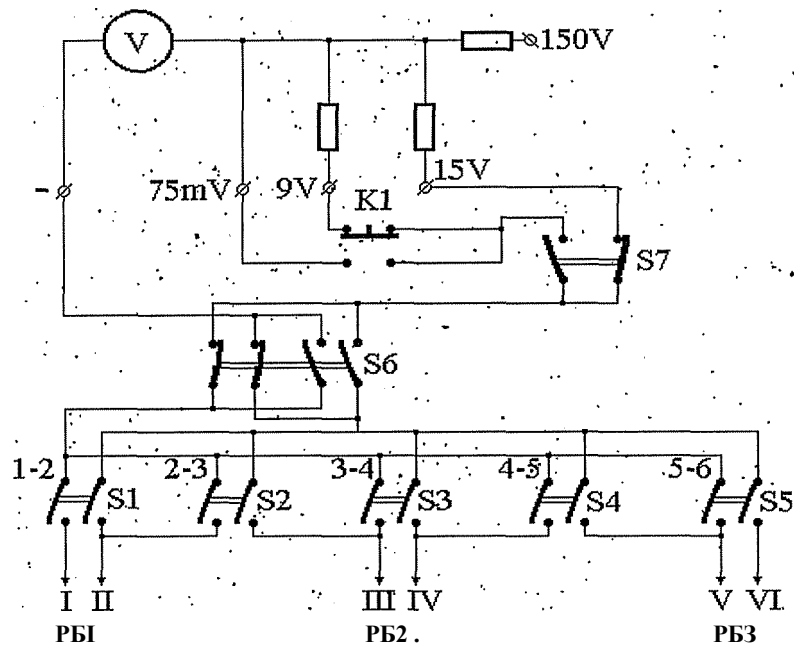


Рис. 6.9 Принципиальная-схема прибора для оценки разности скоростных, характеристик тяговых двигателей ■.

Опыт эксплуатации показал, что допустимые значения разности токов в номинальном режиме находятся в пределах 5.0-70А для всех тяговых двигателей, одного вагона. При больших значениях причинами завышения разности .. . токов ' являются расхождения скоростных характеристик ' (завышенная разность диаметров колес • или нарушение •коммутации).- При включенном ■шунтировании завышенное расхождение токов нагрузки- чаще всего, наблюдается из-зг\$'• нарущения .силовых

контактов контакторов ослабления возбуждения или значительного разброса величины шунтирующих резисторов.

, «

* •

• 6.4. Организация работы передвижной станции обслуживания и диагностирования

Процесс технического обслуживания и замены запчастей на локомотивах можно рассматривать как систему, предназначенную для обслуживания конечного (и: притом практически постоянного) числа требований. Как только требования обслужены, они возвращаются в источник. Кроме того, предполагается, что источник этот имеет интенсивность, пропорциональную числу, содержащихся в нем требований. Таким образом, формулировку задачи можно представить следующим образом [45].

Пусть имеется m локомотивов, постоянно эксплуатируемых; и n бригад, занимающихся обслуживанием, ремонтом и наладкой оборудования. Предположим, что любой локомотив, исправный, к моменту t , может выйти из строя с вероятностью λdt в течение интервала $(t, t+dt)$ и локомотив, находящийся на ТО в момент t , может быть отремонтирован с вероятностью μdt в течение этого же интервала. Если в некоторый момент число локмотивов, ожидающих ТО или обслуживаемых, равно k , то число исправных равно: $(m-k)$ и тогда вероятность отказа, хотя бы одного из них в интервале $(t, t+dt)$ равна $(m-k)\lambda dt$.

Таким образом, интенсивность потока изменяется скачкообразно всякий раз, когда локомотивы выходят из строя или подлежат плановому ремонту, т.е. данные задачи можно отнести к процессу гибели и

размножения для замкнутых систем с ожиданием или систем массового обслуживания с ограниченным потоком заявок.

Для нашего случая (наличие ПТО и складов топлива, запчастей и материалов) с учетом анализа технического состояния парка и организации материально-технического обеспечения формализуем * задачу. Пусть имеется , три пункта ПТО и наличия запчастей для $mn=10$ основного оборудования, распределенного- ■ по '-этим пунктам,' Кроме того, обслуживание и ■ замену отдельных запчастей можно организовать силами передвижных мастерских с учетом проведения диагностики, контроля, и наладки оборудования.

Суммарное время,, необходимое для обслуживания t_p будет-состоять из времени $t_{еблз}$,,- требуемого для' вызова ..мастерской, ее движения к определенному Месту td_e , времени осмотра $t_{осм}$ и собственно ремонта с заменой, регулировкой и контролем $t_{рем}$. ■ ■

» 4 • * ' * . ■

■ Полагаем, ■ что время обслуживания -- случайная'величина с показательным законом распределения и параметром D где $p=l/t_p$.

А

■ При этом

$$tp \sim \sim \wedge eiii3 \wedge \sim (de \wedge \sim t_0(M \sim \wedge t_{рем}. \dots)$$

По статистической информации установлено, что среднее значение $//=5$ отказов/месяц, '-поток ■ поступающих заявдк пуассоновский с $L=7$ отказ/месяц. '

Проведем оценку ■ технической эффективности ..обслуживания локомотивов передвижными мастерскими..

Определим относительную пропускную.способность [63]. ■

$$D - \Delta / \Pi C - \Omega ? \quad \blacksquare \quad \blacksquare (6.1)$$

Далее определим вероятность того, что в системе находится k требований ($k=n$) как [170]

$$\frac{ml P_0}{nl(m-k)! n^{k-n}} \quad (6-2)$$

где P_0 - вероятность того, что все каналы обслуживания свободны.

Результаты вычислений на ПЭВМ сводим в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

k	P_k/P_0	P_k	kP_k	$(k-n)P_k$	$(n-k)P_k$
0	0,1548	0,1548	0	-	0,466
1	0,3096	0,3096	0,3096	-	0,6192
2	0,2786	0,2786	0,5572		0,2786
3	0,1486	0,1486	0,4458		0
4	0,0693	0,0693	0,2772	0,0693	
5	0,0277	0,0277	0,1385	0,0554	
6	0,0087	0,0087	0,0522	0,0261	*
7	0,0018	0,0018	0,0126	0,0072	
8	0,0004	0,0004	0,0032	0,0020	
9	0,0001	0,0001	0,0009	0,0006	
Ю	0	0		0	
\sum	6,4579	0,9996		0,1606	1,3622

Значение вероятности равное $P_Q=0,155$ означает, что 4-5 дней в месяц ПТО и склады могут быть свободными при наличии неснижаемого технологического запаса.

- Среднее число локомотивов, ожидающих обслуживания (ремонта)

Ю

4=4

Отсюда средний процент подвижного состава, ожидающий обслуживания в очереди 'у'

$$K_{,,v} = *r \cdot 100\% = ^100\% = 1,6\% \text{ У}$$

Из таблицы также находим, что 'с'

$$Y(n \kappa) > / > 1,3622,$$

а коэффициент простоя достигает

$$K_{,,v} = < 100\% = ^100\% = 46\%.$$

Среднее число узлов и агрегатов локомотивов, находящихся на ТО и в очереди, составляет

$$M = \overset{ю}{4=0'} = 1,79 \text{- локомотива в месяц.}$$

Общий коэффициент простоя передвижных мастерских может достигнуть

$$\kappa = 100\% = 17,9\%.$$

6.5. Оценка экономической эффективности внедрения новой технологий обслуживания.

⁵ Полученные данные эксплуатации локомотивного парка на Южной и Юго-Западной железных дорогах, обслуживание которых осуществлялось

с применением методов и средств технической диагностики, свидетельствуют с возможности снижения эксплуатационного расхода дизельного топлива на 1,8%, снижения сменяемости ответственных деталей локомотивов на 4,2% и улучшении экологических показателей на 5,2%.

При этом стоимость дополнительного оборудования на опытную эксплуатацию составила порядка 60,0 тыс. грн. Источники инвестиций: собственные средства (20%) и внутренние кредиты других служб (80%) с годовой ставкой 110%. Погашение долга осуществляется согласно договору/ равномерно в течение 5 лет. Годовой прирост чистой прибыли железных Дорог после внедрения прогнозируется в разм. ере 6,0 тыс. грн. на один локомотив.

Для установления нормы дисконта E , соответствующей приемлемой для инвестора - норме дохода r на капитал, определим "цену"

авансированного капитала $[227,229,23.0]$ •••

$$r = 0,016416^{17} D \%,$$

где Γ - доля ежегодного погашения кредита в стоимости создания и закупки средств диагностики Для локомотивных депо в размере 9,6 тыс. грн. •••

"Цена" авансированного капитала соответствует минимальному значению, приемлемой нормы дохода. В соответствии с полученным значением "цены" авансированного капитала и результатами инвестиционной деятельности локомотивных служб железных: дорог.

За предшествующий период инвестор принимает норму дохода на капитал $r = 25\%$ что регламентирует норму дисконта $\lambda = 0,25$.

Тогда интегральный эффект инвестиций - •

$$r = 0,016416^{17} D \%, \quad r = 25\% \quad (\leq 6^{-3})$$

$$I_{\text{ИНТ}} = \frac{19,0}{0,25} = 76, \quad U, (9,6 - 2,1)_{-sn} \\ \frac{12,0}{1 + 0,25} = 9,6 \quad \frac{76,0}{1 + 0,25} = 60,8 \text{ тыс. грн.} \quad \blacksquare$$

Индекс рентабельности инвестиций

$$E_p = \frac{12,0}{K, \times V} = 7,75 \quad (6.4)$$

Норма рентабельности инвестиций E_p была приближенно вычислена по формуле [227]

$$E_p = R/K_0 = 12,0/60,0 = 0,2$$

Срок окупаемости инвестиций T_0 определился по зависимостям, взятым из [227], и составил примерно 5 лет.

Так как \blacksquare

\blacksquare -

\blacksquare

$$Z_{\text{инт}} > 0, \quad \Delta_k > 1; \quad E_p > C_u,$$

то считаем, что внедрение новой технологии обслуживания с диагностированием экономически оправданным и эффективным при выбранных источниках финансирования.

6.6. Оценка окупаемости ПКД. - " .

- ПКД можно рассматривать, как «канальную СМО с отказами/ в которую поступает простейший поток заявок с интенсивностью λ . Производительность каждого канала, μ . Обслуживание одной заявки приносит средний относительный доход C_1 [63,170,227]. Создание одного канала обслуживания требует средних относительных издержек C_2 . Эксплуатация одного канала в единицу времени требует средних относительных издержек: $<7 j$, На основании этих данных необходимо

определить время t через которое ПКД начнет приносить прибыль. -
 Предположим, что случайный процесс, протекающий в ПКД (в
 дальнейшем СМО), уже перешел в предельный стационарный режим
 [63,170,227].

Система массового обслуживания сможет со временем приносить
 доход только в том случае, если средний относительный доход от
 обслуживания заявок одним каналом в единицу времени больше средних
 относительных издержек эксплуатации одного канала в единицу времени.-

■ Так как один канал обслуживает за t_i единицу времени в среднем λ_i
 заявок, а обслуживание одной заявки приносит средний относительный
 доход C_{15} то средний относительный доход от обслуживания // заявок
 одним каналом в единицу-времени будет равен [63,170/227]

$$\lambda_i C_{15} \quad (6.5)$$

Средние относительной издержки эксплуатации одного канала в
 единицу времени по условию равны C_3 , поэтому, чтобы СМО приносила
 со временем доход, необходимо выполнение условия [227]

$$C_x(\lambda) > C_3 \quad (6.6)$$

Средний-относительный, доход, который может принести система за
 время t ее эксплуатации в предельном режиме, можно определить как
 [227]

$$\lambda A C_{15} t - C_3 \lambda t \quad (6.7)$$

где A - абсолютная пропускная способность СМО, т.е. среднее число
 заявок, обслуживаемых в единицу времени.-

Следовательно" среднее число заявок, обслуживаемых за время t
 будет равно [170]

$$\lambda A t \quad (6.8)$$

С другой стороны абсолютная пропускная способность СМО определяется как [170]

$$A = \lambda / K, \quad (6.9)'$$

где K - среднее число занятых каналов.

Поэтому средний доход за время m будет равен

$$I(m) = \dots \quad (6.10)$$

График $I(m)$ представляет собой линейную-возрастающую функцию от m . Этим графиком является прямая, проходящая через начало координат

и образующая с положительным направлением оси От угол α (рис. 6.10)

$$\tan \alpha = \dots \quad (6.11.)$$

Средние относительные издержки $C(t)$, за это же время m , состоят из относительных издержек $C_2 n$ на создание n каналов -и средних относительных издержек $C_3 K m$ на их эксплуатацию-за время t

$$C(t) = C_2 n + C_3 K m; \quad (6.12)'$$

Зависимость $C(t)$ представляет собой, линейную возрастающую функцию от m , график которой - прямая, образующая с положительным направлением оси От угол β для которого;

$$\tan \beta = \dots \quad (6.13) \blacksquare$$

Из соотношений (6.6), (6.11) и (6.12) имеем

$$\tan \beta < \tan \alpha. \quad (6.14)$$

Откуда :

$$\dots \quad (6.15)$$

Поэтому прямые среднего относительного дохода и средних относительных издержек пересекутся в первой положительной четверти (рис. 6.10).

Абсцисса T_0 точки пересечения, в которой средний-относительный доход равен средним издержкам, определяется из равенства

$$C_3 K T_0 = C_2 n, \tag{6.16}$$

или

$$T_0 = \frac{C_2 n}{C_3 K} \tag{6.17}$$

Из выражения (6.17) находим, что

$$T_0 \sim \frac{C_2 n}{C_3 K} \tag{6.18}$$

Начиная с этого момента, т.е. через время T_0 , СМО начнет приносить среднюю прибыль P , равную

$$P = (C_3 K T_0 - C_2 n) \tag{6.19}$$

$$\tag{6.20}$$

Если прямая средней прибыли пересекается в 1-й четверти с прямой средних издержек, то абсцисса T_1 этой точки пересечения находится из равенства

$$C_3 K T_1 - C_2 n = C_3 K T_1 - C_2 n \tag{6.21}$$

или

$$C_3 K T_1 - C_2 n = C_3 K T_1 - C_2 n \tag{6.22}$$

Из данного выражения следует, что

$$T_1 = \frac{C_2 n}{C_3 K} \tag{6.23}$$

Так как $\gamma > 0$, то из формулы (6.23) следует, что

$$\gamma C_1 - 2C_3 > 0. \quad (6.24)$$

Это приводит к условию

$$C_1 > 2C_3. \quad (6.25)$$

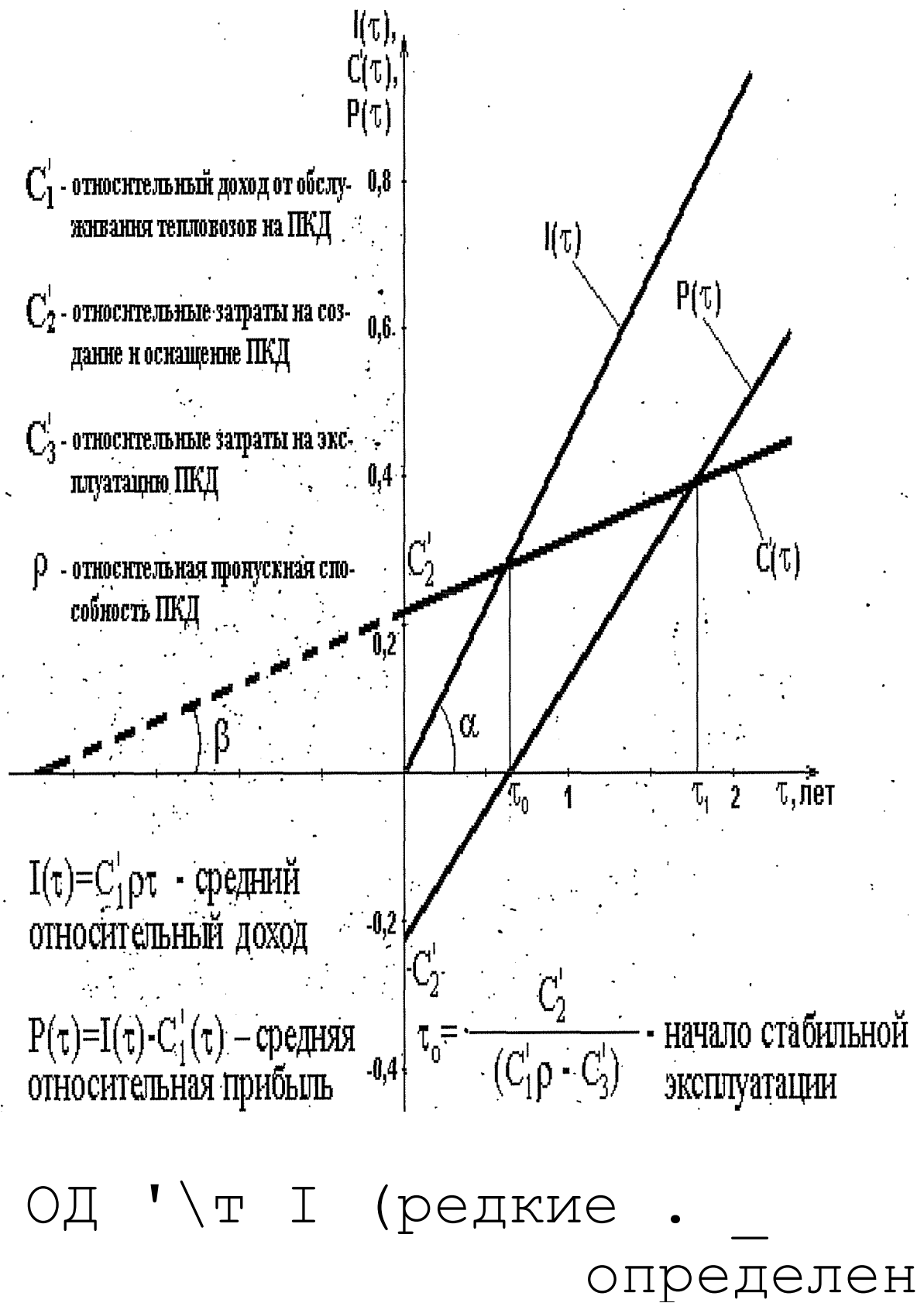


Рис. 6.10 Графические зависимости для определения окупаемости ПКД

При выполнении неравенства (6.25), которое влечет за собой условие (6.6) прямые средней относительной прибыли и средних относительных издержек пересекаются в точке с абсциссой m_x , определяемой формулой (6.6), в которой средняя относительная прибыль равна средним относительным издержкам, т.е. в момент времени средний доход в два раза больше средних издержек.

Если условие (6.25) не выполняется, т.е. \dots , то прямые средней прибыли и средних издержек в 1-й четверти не пересекаются.

$$\dots \quad (6.26)$$

В частности, при \dots , \dots ; \dots

Легко видеть, что эти прямые параллельны, поскольку равны их угловые коэффициенты.

$$\dots \quad (6.27)$$

На основании проведенного расчета были получены следующие зависимости:

Средняя относительная прибыль,

$$P(t) = 0,28t - 0,21 \quad (6.28)$$

Средние относительные затраты

$$C(t) = 0,088t + 0,21 \quad (6.29)$$

Средний относительный ДОХОД

$$D(t) = 0,407t \quad (6.30)$$

После совместного решения зависимостей (6.28), (6.29) и (6.30) было определено, что начало стабильной эксплуатации ПКД должно наступить через 0,7 года, а его окупаемость произойдет через 1,56 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе комплексно решена научно-техническая проблема совершенствования технологии контроля, диагностирования и материально-технического обеспечения при ТО локомотивов, обеспечивающая уменьшение эксплуатационных затрат и улучшение технического состояния локомотивного парка.

Созданные расчетные модели позволяют комплексно решать задачи определения количественных показателей материальных запасов для обеспечения стабильной эксплуатации локомотивов, разрабатывать • периодичность их пополнения, принимать экономически обоснованные решения по корректировке регламента работ на ТО, корректировать, настройку лимитирующих систем и обеспечивать постоянный мониторинг их технического состояния, разрабатывать с применением ПЭВМ комплекты технической документации на технологические процессы ТО и ТР. Теоретические и методические разработки диссертационной работы могут быть использованы, для создания методического обеспечения учебных планов ИППК и ФПК. ' ' ■ • .

На основании проведенных в диссертационной работе исследований можно сделать следующие заключения: ' ■

1. Исследованы факторы, влияющие на организацию технического содержания ТПС и получены выводы/что с ростом старения парка локомотивов на железных дорогах Украины особую актуальность вызывает преждевременная замена изношенных деталей не только при проведении, крупных ремонтов, но и при выполнении локомотивам .. ТО, чего ранее несколько - лет тому- назад не наблюдалось'. Исследована система материально-технического обеспечения в локомотивном хозяйстве железных Дорог Украины, СНГ и стран -дальнего зарубежья. При этом установлено особое внимание этому вопросу в России и других развитых странах, а также развитию сервисного .. обслуживания, ■' позволяющего гибко и оперативно влиять на техническое состояние локомотивного парка.

2.. Формализована задача расчета интервалов пополнения материальными ресурсами (топливом', смазкой, материалами й

запасными частями), позволяющая определять реальные периоды пополнения этих запасов для ПТО локомотивов. Для базовых локомотивных депо получено, что в зависимости от условий эксплуатации относительный годовой период пополнения ПТО топливом составляет 0,05-0,07, маслом и смазочными материалами 0,1-0,42. Рассмотрен состав и назначение ЗИП, выделены основные признаки его классификации по назначению, безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости. Предложено формирование ЗИП для различных структурных подразделений локомотивного депо и выделены, семь основных вариантов обеспечения запасными элементами, с учетом пополнения от внешних источников, а также соответствующих ремонтных подразделений. ВЫПОЛНЯЮЩИХ восстановление узлов и деталей локомотивов. Определена, общая достаточность сформированных вариантов ЗИП, которая составляет для ПТО - 0,76, а для ремонтных, подразделений 0,54 от времени, их годового расхода. На основании этого получены количественные значения нормативных запасов на ПТО для тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70.

3. На основе теории принятия решений выявлены характерные особенности формирования ЗИП и выделены семь информационных ситуаций позволяющие обслуживающему персоналу строить нормативные процедуры, формализовать эти предпочтения и в каждом конкретном случае принимать оптимальные решения по комплектации и пополнению, материальных ресурсов. По критерию Байеса с вероятностью 0,78-0,96 определено влияние внешних факторов на процесс формирования ЗИП.

4. Определены вероятностные признаки, несущие информацию, об отклонениях от норм параметров при проведении ТО с контролем и диагностированием, позволяющие распознавать техническое состояние проверяемого узла. На основании этого получены количественные результаты диагностической ценности обследования локомотивов/ которые с вероятностью 0,75-0,86 учитывают все возможные реализации признаков и представляют собой математическое ожидание, величины информации, вносимой отдельными реализациями. Определена характеристика структурных

Д' . i ■ t

параметров, отражена зависимость этих параметров от вида технического состояния локомотивов'. Определены предельные значения структурных параметров локомотивов тополого-вероятностным методом. Используя ориентированный граф объекта, отражающий структуру локомотива или его узла, определена разность отклонений выходных данных от изменения структурных параметров тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70, которая составляет 8-12%. Предложены алгоритмы контроля и диагностирования, раскрыты особенности каждого из них, определены их достоинства и недостатки, а также предложена соответствующая реализация с учетом конструктивных особенностей локомотива, его функционального состава и технологии проведения ТО.

5. Раскрыто значение -й определена : степень влияния статистического контроля на точность и оперативность проведения ТО? Раскрыты основные цели контроля локомотивов и их узлов. На оснований анализа, основных методов контроля качества-предложено для технологического процесса ТQ локомотивов применять метод выборочного контроля, по альтернативному признаку. Получено; что последовательный метод: с применением ПЭВМ является наиболее быстрые, экономичным и позволяет сравнивать действительную с, ранее накопленной, параметрической информацией, выявленной в результате проведения контроля работоспособности локомотива или его узла. ..

6? В результате формализации математического описания технологического процесса ТО с организацией" Контроля-, диагностирования и- МТО получены регрессионные зависимости, которые позволяют оценивать й регулировать факторы влияющие на ТО. Значимость , факторов и. оценка влияния на ТО технологических операций и контролируемых параметров определялась на основе ошибок, которые составили: для систем- электрооборудования локомотивов 5,4-7,2%/ эйергосилового оборудования 6.,8-I 2,3%, прочих систем 6,3-15,4%. Нд основании ..этого " для всех систем локомотива'быйо определено влияние наиболее значимых факторов, которые характеризуют:' стаж работы обслуживающегр персонала

(43-56%); разряд работы обслуживающего персонала (27-33%); наработка от последнего ТО или ТР (21-28%).

7. Используя критерий минимума затрат на проведение локомотивам всех видов ТО с применением диагностирования и транспортирования в другие депо определена дислокация ПКД в локомотивных депо дороги, которая позволяет на 5-8% сократить время непроизводительных простоев и повысить уровень надежности ТПС.

8. Разработаны научные основы технологии функционирования передвижных и стационарных пунктов ТО и диагностирования с использованием принципов теории массового обслуживания и решения сетевых задач*. Использование этой модели дает возможность оптимизировать маршрут передвижной станции и на 7-9% сократить его критический путь.

9. Произведена оценка режимов эксплуатации локомотивов и предложены теоретические предпосылки по организации мониторинга при встроенных, и внешних средствах-контроля технического состояния узлов ТПС. Предложен вариант структурной схемы автоматизированной системы, сбора и обработки информации (АССОИ) с учетом последних достижений вычислительной и электронной техники.

10. Разработана концепция содержания локомотивов, которая обобщает и развивает взаимосвязь МТО с методами контроля и диагностирования при проведении ТО; Предложена методика оценки экономической эффективности внедрения ПКД, которая подтвердила возможность получения окупаемости за 1,8-2,0 года. Эксплуатация локомотивов в соответствии с предложенной технологией позволила снизить эксплуатационный расход дизельного топлива, на 1,8%, снизить сменяемость ответственных деталей локомотивов на 4,2% и улучшить экологические показатели на 5,2%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЬЕМ источников

1. Абелевич Л.А., Попов В.Я., «Теплов А.Г. Средства механизации и автоматизации капитального ремонта колесных и гусеничных машин. - М.: Машгиз, 1963. - 236с.
2. Авакян В.А. Исследование качества монтажа подшипников электрических машин, путем вибррдиагностики // Электротехника. - 1980.. №8.- С. 29-33..- . • ' .
3. Агулов А.Ф., Бабанін О.Б. Модернізація тепловозів. 2ТЕ116-І ЧМЕЗ. // Матеріали 57 науково-технічної конференції кафедр академії та-спеціалістів залізничного транспорту за'міжнародною участю. - Харків.:ХарДАЗТ, 199-5.-С.7.
- 4'. Адельсо́я-Вельскій. Г.М., Диниц Е.А., Карзанов А.Б. Потокóвые'алгрритмыц- М.: Наука, 1975. - 236с.
5. Аксельрод С.Б' -Бондаренко А,Н. Учет запасных частей судового дизеля и определение их потребности // Тр. ПДИИМФ, 1979. - Вып. 249. - С.27 - 42. ' • . . ? ' ,
- 1.1. Аксенова. ГЛ-, Логомонян Е.С.,'Построение самопроверяемых схем встроенного-контроля. // Автоматика и телемеханика. - 1975. - № 7.- С.132 - 138. ... '■
7. ■ Акулиничев'. В.М.,- .Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. Математические -методы в эксплуатации железных дорог. - М.: Транспорт, 1981.- 253 с. -. • ■
8. . Александров В.Г., Глазков Ю.А;, Александров А.Г. Контроль технической исправности самолетов и вертолетов. - М.: Транспорт, 1976. -360 с. ' • ■■ ,
9. ;. Алексеенко . . А.Я.з . Адерихин- И.В. Эксплуатация радиотехнических систем. - М.: Сов. радио,' 1980. - 245с.

10. Андриенко В.Г. Снижение потребности в дизельных запасных частях с внедрением средств технической диагностики. // Техническая диагностика двигателей внутреннего сгорания. Сб. науч. тр. - М.: НИИинформтяжмаш, 1977. - С. 1 - 4.
11. Андрусенко С.І. Фірмове обслуговування і його задачі на ринку, автотранспортних засобів та сервісу. // Автошляховик України. - 2000.- №1. =-С.15-18. .
12. . Аникин • Н.В., Назаров. Ю.В. Техническая эксплуатация самолетов. - М.: Транспорт, 1984. - 198с.
13. Аронов И.З., Бурдасов Е.И. . Методы обработки цензурированных данных о надежности..-М.-,: Знание,-1983. - 107с.
14. А.с. 1.433176 СССР / . Устройство для определения фаз газораспределения двигателя внутреннего сгорания.. / Бабинский И.И., ■ Бабанин А.Б.; Бойчук В.Б., Каганский .О.С., Колотий В.П., Матяш . В.А., ÷ Тартаковский Э.Д. Заявка №3.993408. Зарегистрировано 22.0.6.1-988. ■; , • ■ .
- Г5. А.С. . 1599693 СССР. / Устройство для- диагностирования цилиндропоршнёвой группы..двигателя с электрическим запуском. / Тартаковский Э.Д., Климов' Г.Е., Каганский О.С., Бабанин А.Б., Мальцев А.Н., Пузырь .В.Г. Заявка №4605888. Зарегистрировано 15.06.1990. ÷ ' . :-
16. Афифи Ф.; Эйзен'. С. Статистический диализ. . Подход с использованием ЭВМ."-М.: Мир/1982.. . .
17. Ахо А., Хопкрофт Дж;,. Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. - М.: Мир, 1979.-280с.
18. - Бабанин А.Б: . Автоматизация регистрации, параметров локомотивов // .Підвищення ефективності технології та техніки для виконання- вантажно-розвантажувальних, будівельних і колійних

робіт на залізничному транспорті: 36. наук. пр. - Харків.: ХарДАЗТ, 1999. - Вип.36. - С.155-159.

19. Бабанин А.Б. Методическое обеспечение выбора электронных деталей импортного производства для тепловозов ЧМЭЗ и электровозов типа ЧС: Монография. - Харьков.: ХГАЖТ, 1996. - 215 с.

20. Бабанин А.Б. Микропроцессорное устройство для диагностирования регулятора частоты вращения тепловозных дизелей. // Совершенствование конструкции, эксплуатации и ремонта локомотивов /.'Межвуз./сб, йауч. тр. - Харьков.: ХИИТ, 1993.- Вып.22л-; С.64-68. - ■

21. - Бабанин(А.Б., Бабинский ■ И.И;, Цымбалов Э.Р. Аналогов цифровой метод диагностирования • топливной аппаратуры тепловозных дизелей -./' Совершенствование' .' конструкции, эксплуатации й ремонта, локомотивов-/■ Межвуз. • сб. науч. тр. - Харьков. :-ХИИТ, 1993. - Вып.22: - С.47-49.', •'

22. Бабанин. А.Б., Касьянов И.Н., Судаков В.А. Интенсивная технология технического обслуживания и диагностирования •тепловозов ЧМЭЗ // М.: 1991. т 10с. Дей . в ЦНИИ . ТЭИ -МПС .31.01.9,1г. №53.63. ■

23. -, Бабаній А.Б./ Пузырь В.Г. Диагностирование, ответственных узлов тепловозов при помощи . микропроцессорных приборов // Труды ■ 53 научно-технической конференции кафедр института и специалистов Железнодорожного, транспорта.. - Харьков.-:- ХИИТ, Об. -. • .' ■ •'; ' ■ . . у 7

24. Бабанин' А.Б., , Резник-. В.М. • Объемный., метод -измерения расхода- топлива . на локомотивах // Управление технической эксплуатацией' локомотивов /..Межвуз? сб. науч. тр. -.-Харьков.: ХГАЖТ, 1997. -Вып.29. . С.57-60. . ' . - . ■ ■

25. Бабанін О.Б. Прийняття рішень в умовах невизначності у локомотивному господарстві // 36. наук. пр. - Харків.: ХарДАЗТ, 2000. - Вип.42. -С. 19-22. •
26. Бабанін О.Б. Розробка теоретичних' основ експлуатаційної технологічності локомотивів // 36. наук. пр. - Харків.: ХарДАЗТ, 1999. - Випі.39. -С.88-91 - •
27. Бабанін О.Б., Білоус Ю.А, Наслідки досліджень і висновки по заміні ' та ' модернізації електронного обладнання імпортованих локомотивів ^МЕЗ.т та. ЧС // Тези 58 науково-технічної конференції кафедр •-академії та. ■ спеціалістів залізничного транспорту, . за міжнародною участю. - Харків.:ХарДАЗТ,. 1997. - С.5.
- 2.8.,' Бабанін' О.Б', Резнік В;М. ' Переносний : електродний реєструючий комплекс //..Міжвуз. зб. наук: пр. .'Харків.; ХарДАЗТ, 1998. - Вип.34 С.57-59. . . •
29. Бабел М; Повышение' ефективності роботи тепловозов, в експлуатації путем оптимізації режимов, роботи ..дизеля с использованием електронного регулятора оборотів и мощности // Автоматизация работы дизелей. - Познань.: АУТО-МАСИЛ, 1993..
- 1.1. Бакаев А.А., Костина' Н.И., Яровицкий Н.В. Имитационные модели в экономике. - К.: Наукова думка, 1978. - 304с. •
31. -. Балицкий Ф.Я;, Иванова М.А., Соколова . А.Г. и . др. Виброакустическая диагностика зарождающихся' дефектов. - М.: Машиностроение, 19'84:А 176 с. . . :• ••
32. Барабаш ТО,Л. Вопросы статистической теории распознавания. - М.: Сов. радио, 1967. - 170с.'... • •
33. -' Барзилович • Е.Ю. Модели технического / обслуживания сложных систем. - М.:Высшая школа, 1982. - 231с/' •

34. Барзилович Е.Ю., Беляев Ю.К., Каштанов В.А. и др. Вопросы математической теории надежности. / Под ред. Б.В. Гнеденко. - М.: Радио и связь, 1983. - 524с.
35. Барзилович Е.Ю., Воскобоев В.Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию. - М.: Транспорт, 1981. - 197с.
36. Барзилович Е.Ю., Мезенцев В.Г., Савинков М.В. Надежность авиационных систем. -М.: Транспорт, 1982. - 182с. '
37. Барзилович Е.Ю., Савинков. М.В. Статистические методы оценки состояния авиационной'техники. - М.: Транспорт, 1987. - 240с. ; .. ,
38. Барлоу Р, Прошан Ф.. Статистическая теория надежности-и испытания на безотказность / Пер. с англ. И.А.- Ушакова. - М.: Наука, 1985.'- 328с. ' . ' ■ ■
39. «Барндорф-Нильсен, Оле.Е., Кокс Давид Р. Асимптотические методы в математической статистике. - М.: Вымпел, 1999. - 255с. .
40. Белан' . А.П. ■ ' .Оптимальные . режимы эксплуатации промышленных, тепловозов 7/ Промышленный транспорт. - 1984. - №• 12. - С.18-. 21. .■ • • -
41. Беллман Р.-Введение в теорию матриц. - М.: Наука, 1969. - 367с?' .. .-?.■■■■■...••
42. 'Бело.стоцкий А.-А-', Вальденберг \-Ю.С. Статистическое моделирование работы транспортного участка, металлургического комбината. - Известия АН СССР. Техническая кибернетика - 19'64, - № 6. т С.38 - 64. - ?
43. Белюнбв А.Н., Солодихин Г.М., Солодовников В.А. и др. Натурный .. эксперимент: . Информационное ;. обеспечение экспериментальных исследований. - М>: Радио.и связь, 1982. - 304с.
- 1.1. .Беляев Ю.К; • Приемочный- контроль по. альтернативному признаку. - М. г Знание, 1979,-Вып. 1..-52с.; Вып. 2. - 56с. • . • . ■

45. Берж К. Теория графов и ее применения. - М.: Изд-во иностр[^] лит., 1962. - 260с.
46. Беспалов В.И. О некоторых моделях определения количества сменно-запасных частей в навигационный период // Тр. ГИИВТ. - М.:1979. -№ 165. -С.111 - 120. . * -
47. Бешелев С.Д., Гуревич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - М.': Статистика, 1980. - 264с.
48. Бешелев' . С.Д., МорозоваА.А.' Экономика эксплуатации самолетов США. /.Экон, полит, идёол. -.1980. •<№9. - С.75 - 85.
49. Биргер .; : И.А. Определение. ' диагностической ценности признаков.//Кибернетика.'- 1-968. - № 3.- С.80 - 85. '
50. • Биргер И.А. Применение формулы Байеса в задачах технической, диагностики. // Вестник машиностроения. - 1964.. - № 10. - С.1.5- 17.- ■' • ; <■ • ...
51. Биргер'И.А; Техническая диагностика. <М.: Машиностроение,
52. 78. - 240 с. ' ' / . \ J •
- 52. Боровик Р.М., -Мозжухин Г.М. Бортовые системы регистрации полетной информации. - К.: КНИГА, .1984. --84с.,
53. • Бородюк. В.П. . Статистическое . описание промышленных объектов:-М.: Энергия,4971. - 111с... •
- 5.4. Бородюк.- В.П. Экспериментально-статистическиметоды получения математического описания сложных, технологических процессов. - М.: Изд. АН СССР, 1962. - 5,7с.
- 55.. . Браун. С., Датнер Б Анализ вибрации-роликовых и шариковых подшипников // Конструирование и технология машиностроения. - 1979..-№1.-С.65-72, ' ./ ... "
- 56.-. Букан. Д., Кеннинсберг Э. Научное управление запасами. - М.: Наука, 1*967-.. - 427с.. ' . ■

57. Бусленко, Н.П., Голенко Д.И., Соболев И.М. и др. Метод статистических испытаний (Метод Монте-Карло). - М.: Физматгиз, 1962. - 332с.
58. Бутько Т.В. Совершенствование методов расчета параметров системы технического содержания локомотивов: Дис... докт. техн. наук. 05.22.07. - Харьков, 1996. - 32.1с.
59. Быкадоров А.К., Кульбак Л.И., Лавриенко В.Ю. и др. Основы эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Сов. радио, 1978. - 286с.
60. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. - М.: Св. радио, 1972. - 743с;
61. Вагиник В.Н., Червойёнкис А.Я. Теория распознавания образов. - М.: Наука, 1974. - 416с.
62. Васильев Б.В., Кофман Д.И., Эренбург С.Г., Диагностика технического состояния судовых дизелей. - М.: Транспорт, 1982. - 44 с.
63. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Физматгиз, 1962. - 564с.
64. Верзаков Г.Ф., Кишт Н.В., Рабинович В.И. и др. Введение в техническую диагностику. - М.: Энергия, 1968. - 224с.
65. Вещкельский С.А., Лукьянченко Б.С. Техническая эксплуатация двигателей внутреннего сгорания. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1986. - 136 с.
66. Виноградская С.В., Железнов Г.В., Радюкова Н.Г. Методические указания по расчету комплекта ЗИП устройств тепловой автоматики и измерений электростанций. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1984. - 102с.
67. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. - М.: Высшая школа-1981. - 368с.

68. Володин А.И. Моделирование на ЭВМ режимов работы тепловозных дизелей. - М.: Транспорт, 1985. - 216с.
69. Володин А.И., Фофанов Г.А. Топливная экономичность силовых установок тепловозов. - М.: Транспорт, 1979. - 126с.
70. Воробьев ВТ., Глухов В.В./ Козлов Ю.В. и др. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования ./ Под. ред. И.М. Синдеева. - М.: Транспорт, 1984. - 191с.
71. Воробьев ВТ., Константинов В.Д. Техническая эксплуатация авиационного оборудования. - М.: МИИГА, 1987. - 96с.
72. Габасрв Р.К. Конструктивные методы, оптимизации инженерных задач: Сетевые задачи. - Минск.: Университетское, 1986. - 126с.
73. Гаврилюк Л.В. Применение, экономико-математических Методов в управлении материальными- ресурсами на промышленных предприятиях // Механизация и автоматизация, пр-ва. - 1991. - №9. - С129-31.
74. Галкин ВТ., Парамзин В.П., Четвергов В.А. -Надёжность тягового подвижного состава. - М.: Транспорт^ 1981. - 184с-.
75. Талкин ВТ., Челобанов П.С. Испытание тяговых двигателей // Электрическая и тепловозная тяга. - 1988. - №12. - С.27.
76. Гальчук В.Я., Соловьев А.П. 'Техника научного эксперимента., - Л.: Судостроение, 1.982. - 256с.
77. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., 'Мозгалеvский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. - М': Сов. радио, 1974. - 223с.
78. Геворкян. А;М. Методы и модели в' управлении опытным производством. - Мл Машиностроение, 1980. - 224с.

79. Генаджиев Г. Определение сменяемости ответственных узлов и деталей подвижного состава // Железные дороги мира. - 1997. - №6.-С.5-6.
80. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. - М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.
81. Герасимова Е.Д. Методическое обеспечение технического обслуживания функциональной системы самолета по состоянию со статистическим- регулированием уровня надежности // Научн. основы построения, и реализации программы техн, обслуж. и ремонта летат. аппаратов. - М.: МИИГА, 1981. т.С.65 70. ■
82. Геращенко О.А., Гордо-в ' А.Н., . Еремина АЖ. и др. Температурные' измерения:. Справочник. - К.: Наук.думка, I 989. - ,704 с.-, . - А . . ■ ■ . .
83. Германские', железные • дороги. . Реферативный сборник // ЦНИИТЭИ МПС. М. 1-994. . ■ . . f .
84. Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б. Модели отказов. -М.-: Сов.радио, 19.66.- 166 С .
85. Гиберт А.И. Логические устройства;, для технической диагностики: 36. науч. тр.Сиб.ВИМ.: 1964. - Вып.2. - С. 136-156.
86. Глаголев-НМ., Тепловозы. - М.: Гос. трансп. ж.д. изд-во, 1948. .- 388с. . . ' ■ ■ ' ;
87. Глазунов Л.П, Смирнов А.Н. Проектирование технических систем диагностирования. - Л.: Энергоатомиздат, 1982. - 168с.
88. • Гмурман. В.Ё. Теория вероятностей и математическая статистика;-М.гВысшая школа, 1977.-479 с. • . .
89. Гнеденко Б.Ву, .Беляев Ю.К>, Соловьев А.Д. Математические меюды в теории надежности. - М.: Наука, 1965. - 524с.
90. Голенко Д.И. Статистические модели в управлении производством. - М.: Статистика,. 1973. - 368с. •,,

91. Головатый А.Т., Лебедев Ю.А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом. - М.: Транспорт, 1973. - 112 с.
92. Головатый А.Т., Четвергов В.А. Влияние параметров системы технического обслуживания и ремонта локомотивов на ее технико-экономическую эффективность // Вестник ВНИИЖТ. - 1974. - №3. 7 С.1-8... . ■■ .-• .
93. Головин Й.Н.; Чуварыгин Б.В., ШурагБура А.Э. Расчет и оптимизация комплектов запасных элементов радиоэлектронных систем. - М.: Радио и связь, 1984. - 204 с. • .
94. Головин С.Ф. Приближенный метод определения среднего расхода запасных-частей. // Тр. МАДИ. -1978. - Вып. 152. С.61-63.
95. Голубенко А.Л., Кушнарев Е.В., Носко П.Л. и др. Способы совершенствования подвески виброактивных агрегатов локомотивов // 36-й научный труд СУДУ: У 2ч. 4.1. машинобудування, промисловий транспорт, інформатика, економіка. Луганськ.: Вид-во СУДУ, 1998. С.64-67;. ■/ ,
96. Горелик В.А., Ушакбв И.А; ■ Исследование операций, - М.: Машиностроение, 1986-- 288 с. ■
97. Горелова А-А; О проблеме моделирования системы технического обслуживания судов речного флота. - К.: -Техніка, 1986. -22с. ;. • .
98. , Горелова А.А., Кутыркин В.А. Запасные части для речных судов: Планирование, производство, распределение і ; М.: Транспорт, 1991. - 87с. • . . . ’
99. Горленко А.В.;j Донской А.Л.-, Лакин И.К. др. Техническое диагностирование .. электронного оборудования электровозов переменного тока, - М.: Транспорт, 1992, - 112с,- .

100. Горский А.В., Воробьев А.А., Агапов М.М. Особенности эксплуатации и надежность оборудования вагонов метрополитена // Электрическая и тепловозная тяга. - №6. - 1992. - С.33-34.

101. Горский А.В., Воробьев А.А., Агапов М.М. Оценка показателей непараметрической надежности электроподвижного состава//Вестник ВНИИЖТ, - 1991. - №5. - С. 21-24. .

102. ГОСТ 18242-72 Статистический приемочный контроль .по альтернативному признаку. Планы контроля. / . '

103. ГОСТ: 18321-73' Статистический контроль, качества.. Методы случайного отбора выборок штучной продукции.:.-

104. ГОСТ. 1.8322-78. Система .технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. . • ' . ' .

105. ГОСТ 20736-75 Качество, продукции. . Статистический приемочный. . контроль /• по . количественному. признаку при нормальном распределении Параметра. ' ' . ■

106. ГОСТ : 20759-90.. Дизели тепловозов.. Техническое диагностирование и .прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла. Общие требования.

107. ГОСТ 2091П89. Техническая .диагностика. Термины, и определения. : ..

108. ГОСТ-.. 21623-76 Система технического обслуживания и ремонта техники. Показатели для оценки ремонтпригодности.

109. ГОСТ 21758-81 Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники: Методы определения показателей эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности при испытаниях. • .. ; . • ' .

110. . ГОСТ 24660-81 Статистический приемочный' контроль пр альтернативному признаку на основе экономических показателей..

111. ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения.
112. ГОСТ 26656-85 Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования.
113. ГОСТ 27.410-87 Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность.
114. ГОСТ 27503-87. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование-наблюдений.
115. ГОСТ 28.001-83 Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения.
116. Грищенко С.Г., „Бабанин А.Б.; Запись, накопление и расшифровка ... параметров локомотивов в эксплуатации. // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте, - 1997. - №2.- С.40-4Г.
117. Грундспенькис Я.А., Маркович З.П., О'сис Я.Я Построение топологической модели объекта. // Кибернетика и диагностика. - Рига.-: Зинатне, 1;972."- Выш.5..-.С.19:'35-' :
118. - Гуляев В.А. Техническая диагностика управляющих систем. - К.: Наукова думка, 1983. - 207с/.
119. Данилевский В.И., Бабанин А.Б., Теслик А.Г. Построение специальной информационной системы обеспечения решений. 41. Формирование состава и структуры. // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1998. - №5.-075^~77.. '
120. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации-сложных систем. - М.: Высш, шк., 1976. - ,406с. ...
121. Демиденко Е.З. . Линейная и нелинейная.- регрессия. - - М.: Финансы и статистика, 1980. - 302с. '

122. Деркач О.Я. Формирование систем технического обслуживания самолетов при их создании. - М.: Машиностроение, 1993.-223с.
123. Диагностика автотракторных двигателей / Под ред. Н.С. Ждановского. - Л.: Колос, 1977. - 165с.
124. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования 7' Под ред. И.М. Синдеева. - М.: Транспорт, 1984. - 191сч; '
- 125'. -Диверсификация на железных ■ дорогах зарубежных стран
Реферативный сборник // 1ДТИИТЭИ МПС. М, 1997-.
1. б., Диковенко О.М.,'. Ліньков В.В; Використання експертних систем для удосконалення технології ТО і ПР 'локомотивів // Міжвуз. зб. наук, праць- Харків.: ХарДАЗТ, 1998. - Вип.34. - С.8.8-90... ■ • • '• .'
127. /Донован Дж., Системное программирование; - М.: Мир, 1975..-286с. Т '■ А; .
128. Дорошко .С;М. Контроль и . Диагностирование технического состояния газотурбинных -двигателей по вибрационным параметрам. - М.:Транспорт, 1984, - 167с. ■'
129. Доценко . Б.И. . Определение ' эффективности • проверки технического состояния систем //' Самолетостр. .техн', возд. флота. - 1982 - №49. - С.83 - 86. .. • ■ .
130. Дэниэл К. Применение статистики в . промышленном эксперименте. / Пер' с англ. - М.: Мир, 1979. - 299с. ' • .'
131. Ермольев Ю.М., Ястрёмский А.И. Стохастические модели и методы в'экономическом планировании, г- М.: Наука, 1979. - 239с., 13.2; Есин Б.И.;Теоретические основы ремонтпригодности машин. -Мл. Знание; 1986,-206. с. • _

133. Ефремов В.В. Ремонт автомобилей, - М.: Транспорт, 1995. - 312с.
134. Жалкин С.Г., Тартаковский Э.Д., А.Б., Бабанин А.Б. и др. Повышение топливной экономичности тепловоза путем совершенствования технологии контрольно-диагностических операций // Труды научно-технической конф. НТО жел. дор. тр-та. - М.: 1988. - С.62. •
135. Ждановский Н.С.♦, Диагностика дизелей автотракторных двигателей с использованием электронных приборов. - Л.: ЛСХИ, 1973. -.218 с. .. .'•' ■ ■ ■ .. ' .
136. Ждановский Н.С., Мануков Н.П., Улитовский Б.А. и др. Безразборное определение технического состояния тракторных двигателей. - М.: Колос, 1987. - 174 с. . . .'•.
- .137. • Ждановский Н.С., Улитовский , Б.А. Аллилуев. 'В.А. Диагностика дизелей автотракторного типа. - М.: Колос, 1970. - 192 с. . : - ■ ' ■ . ' ' ' . . .
- . ч *• * . • * *■
138. Железнодорожный транспорт за рубежом. Обзорная реферативная информация .Сер. ,1-1У.. ЭИ / ЦНИИТЭИ МПС. 199Г-1997, . . .
139. Железные дороги. КНР в 1995-1996 гг.'Реферативный-сборник //ЦНИИТЭИМПС. М.:, 1997.
140. Заикин Г.И., Семенов ТЕМ. Повреждаемость подшипниковых узлов тягбвух. редукторов электропоездов ■ // В сб. "Работоспособность подшипников качения в узлах локомотивов".. - М.: Транспорт, 1975:,-с. 107-113.. .. ' .
141. Засименко В.М., Самченко Т.П. Цифровые пирометры «Смотрич-4П». и «Смотрич 5П>>- агрегатного .комплекса АПЙР-1Т // Приборы и системы управления. - 1987. - №2. - С.20-21. . ' ;

142. Зданович И.А. Оптимизация операционного и выходного контроля изделий. - Л.: ЛДНТП, 1990. - 29с.
143. Зубко Н.Ф. Надежность и оптимизация запасов деталей портовых машин. - М.: Транспорт, 1992. - 144 с.
144. Зуховицкий С.И., Радник И.А. Математические методы сетевого планирования. - М.: Наука, 1965.- 190с.
145. Иванов Л.В. Методика расчета норм расхода запасных частей судовых ДВС // Судостроение. - 1967. -№ 1. - С.53 - 55/
146. ■Ивахнецко А.Т.Юрачковский. Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. - МЛ Радио и связь, 1987. - 120с. ; . - .. ' - ..
147. Ив донецко. А.Г., Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами.-.К.; Техніка,-1975'.•-312с. ' .
148. Ивахненко . .. А.Г. Принятие решений на основе самоорганизации. - М.: Сов. радио, 1986. - 280с'. :
149. .Ивченко Г.И., -Каштанов. В.А., Коваленко И.Н. . Теория массового обслуживания. - М.Высш, шк., 1973. - 184 с.
150. Игнатов В.А., Меньший Г.Г., Константиновский , В.В. Элементы теории . оптимального ' обслуживания технических Изделий.Минск.: Наука и техника, !974.- 190с. ..
151. Исаев И.П. -..Стабильность характеристик, электрических локомотивов.- - М?: Трансжелдориздат,-1-956. - 118.с. •
152. Исаев И.П., Горский А.В., Воробьев А.А. Методика анализа влияния 'условий эксплуатации на использование ресурса тяговых двигателей электровозов. // Тр.МИИТ. - 1983. - Вып.738. - С.75-80..
153. Исаев Й.П., Горский А.В., Козырев В.А. и Др. Требования к проведению эксперимента по определению оптимальной структуры ремонтного- цикла электроподвижного состава. -7/ Тр,МИИТ. - 1978. - фып.605, - С.93-10Q. ■ ■ ' • ' :

154. Исаев: И.П., Горский А.В., Хлопков С.М. От чего зависит ресурс тяговых двигателей // Электрическая и тепловозная тяга. - 1982. - №6,-С. 20-21.
155. Исаев И.П., Матвеевичев А.П., Козлов Л.Г. Ускоренные испытания и прогнозирование надежности электрооборудования локомотивов...- М,: Транспорт, 1984. - 246 с.
156. Ицкович' А.А Обоснование программ технического обслуживания и ремонта машин. - М.: Знание, 1983. - 78с.
- 157> Ицкович А.А. Основные принципы построения .комплексной программы технического- обслуживания и ремонта самолетов // Научные основы построения и реализации программ технического обслуживания и ремонта летательных аппаратов. Сб. науч.;тр. г М.: МИИГА,. 1982. -СЛ1-22. . ' . ' ' А -
158. Ицкович А.А.; Повышение эффективности технической эксплуатации самолетов // Обзор по 'материалам отечественной и зарубежной печати. - Мл.ЦНТИ ГА; 1982. - 48с.' .
159. Казарцев. В.И. Ремонт машин. - М. ■ Машгиз,,1961. - 174с..
160. Калиновский . В.К., ■ Ямпольский В.И. Основные принципы построения системы контроля перспективных, самолетов ' и устранения отказов, и. неисправностей 'в эксплуатации. //- . Тр ГОСНИИГА. - 1985.-Вып.238,-С.5-12. .. у' ■ . ..
- 161.. Калявйн . .В.П., Малышев- А.М.,' Мозгалевский. АТ. Организация систем диагностирования судового оборудования. - Л.: Судостроение,Л 991. - 168с. ,.
162. Калявйн В.П.-, Мозгалевский. А.В. Технические средства диагностирования:.- Л.: Судостроение, 1984. - 274с> .' .
- 1.1. .. Каменев ВТ.', Андриенко ВТ. Определение количества дизелей в.обменном фонде при организации их ремонта // Судоремонт флота рыбной промышленности. - 1981. - №.46. - С.28 - 30. .

164. Каменецкий Б.Г., Егоров А.Я. Условия возникновения кругового огня на коллекторе тягового электродвигателя. // Электротехника. - 1967. - №5. - С.21-24.
165. Канадские национальные железные дороги. Реферативный сборник // ЦНИИТЭИ МПС. М. 1995.
- 1.66. Капранов Н.Н. Расчет межремонтных пробегов электровозов для конкретных условий эксплуатации // Тр. ВЗЙИТ. - ВыпЛ17. - С.155-161.
167. -Карпов Л.И. Инженерные методы оценки и контроля качества в-серийном производстве. - М.: Изд. стандартов, 1984. - 216с.-
. ' ' ' »
168. Карр Ч., Хоув Ч. Количественные методы принятия решений в управлении и экономике, - М.: Мир, 1966. - 464с.
169. Кини Р.,-Райфа-Х_r Принятие, решений/при многих критериях предпочтения и замещения; -М.:Радио и...связь,' -1981. - 274с.
- 1.7.0. Клейнррк'.Л. Теория¹ массового обслуживания. Пер, с англ, канд. техн., наук И.И. Грушко: Под :ред. д-ра техн.,; наук В.И. Неймана. - М.: Мир, 1979.- 315с. ;
171. Кобозев В-В., Назаренко А.И. Математическое моделирование работы, сортопрокатного .'стана. - .Известия АН'СССР. Техническая кибернетика, 1964,,-'№ 2, - С. 12- 23. •■-. - . • ••
172. Козлов Б,А., Ушаков И.А: Справочник по расчету надежности аппаратуры, радиоэлектроники и автоматики.- М.: Сов.радио, 1975.. 472с; '. ■ /у .. ' ■ у . . •
173. Кокс Д., Смит .В., Теория .восстановления.-- М.: Сов.радио, 1967. - 300с. . ; ?
174. Колегаёв. Р.П. Экономическая оценка надежности машин. - Харьков.: Прапор, 1969.'-78с. ' .
175. Коллакот Р.А. Диагностирование, механического оборудования. - Л.: Судостроение,. 1980.. - 236с. ' .

176. Колясинский З.С., Кононович А.В., Сархошьян Г.Н. Механизация и автоматизация авторемонтного производства. - М.: Автотрансиздат, 1963. - 222с.
177. Комплексная система технического обслуживания и текущего ремонта магистральных локомотивов. Общие требования. - М.: ВНИИЖТ, 1996. - 15с.
178. Компьютерное обеспечение систем управления поездами. // Railway Technology International. И995.-р. 115-118.
179. Константинов В.Д. Количественная оценка характеристик готовности авиационного оборудования в процессе эксплуатации. - М.: МИИГА, 1984-52с.
180. Константинов В.Д.; -Гладухов В.В., Куликов Г.А. Методы контроля технического состояния авиационного оборудования. - М.: МИИГА, 1986:-96с.
- 181/ Константинов В.Д., Куликов Г.А. Средства контроля технического состояния авиационного оборудования. - Мл МИИГА, 1987. -:96с.
182. Конюхов Б.М., Ахмедзянов А.М., Шпилевский Э.К. Диагностика состояния ГТД по моделям, отражающим динамику изменения контролируемых параметров. // Изв. - вузов. Сер. Авиационная техника. - 1983. - №1. -С.33-42.
183. Королев Н.И. Регулирование судовых дизелей. - М.: Транспорт, 19832 - 144с.
184. Королюк В.С., Портенко В.И., Скороход А.В. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. - М.: Наука, 1985. w 640с.
185. Крротченков А.М... Оптимальная комплектация сложных систем запасными элементами //Тр. ЦНИИМФ,. 1969. - Выш.ПЗ; - с.83 - 93.

186. Коссов Е. Е., Поварков И.Л. Исследование соответствия некоторых характеристик дизелей с высоким наддувом требованиям тепловозной тяги // Вестник ВНИИЖТ. - 1975. - № 3. - С.23 - 28.
187. Коссов Е.Е. Оценка возможности применения тепловозной тяги на участках с протяженными тоннелями. // Тр.МИИТ. - 1979. - Вып.627.-С.94-109. . - ■
188. Коссов Е.Е. Экспериментальное исследование динамических качеств тепловозного дизель-генератора.// Труды МИИТ. - М.: Транспорт, 1980, - Вып.663. С.147 - 158. . ,
189. . Коссов. ..Ё.Е., Копыленко .: В.А. Вдйянцё . . технических характеристик тепловозов . на эффективность работы железнодорожной линии • // Труды.. МИИТ. - М.: Транспорт, 1.982.. - Вып.715. - С.116 - 127. ;' •
190. .. Костыркин А.И. Логический контроль' релейно-контактных схем, - М.: СВязь, 1970.- - 88с.-. А •' . ■-
191. L Коудэн, Дадли' Дж. Статистические методы контроля качества. /Пер; сингл.-М.: Физматгйз, 1961'.'--280с. ' ,
192. Кофман . А. Методы и модели исследования ,, операций. - М.: Мир, 1966. - 524с. ■ • . .'
193. ' Краскрвская С.Н., Ридель Э.Э., Черепашенец Р.Г. Текущий ремонт и . техническое обслуживание электровозов постоянного тока-. - М.: Транспорт, 1989. . - -408с. ' \ ■
- .194. Кугель Р.В. Испытания на надежность машин и их элементов.- М.: Машиностроение,. 1982.- 180с. •
- 1'95. Кудинов В;С. Проблемы нормирования и расчета потребности в запасных частях тепловозов. // Тр. ВНИТЙ. - Коломна. - 1987. - Вып.66. -С.64-71. • . . .
196. Кудрицкий В.Ф. Автоматизация контроля радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Энергия; 1977. - 174с. ■ Д

197. Кудряш А.П. Надежность и рабочий процесс транспортного дизеля. - К.: Наукова думка, 1981. - 136с.
198. Кудряш А.П. Резервы повышения экономичности тепловозов. - М.: Транспорт, 1975. - 275с.
199. Кудряш А.П., Заславский Е.Г.,Тартаковский Э.Д. Резервы повышения экономичности тепловозов 2ТЭ10Л, - М.: Транспорт, 1975.-65с. .
200. Кузмич В.Д.. Анализ характеристик различных типов воздухоочистителей и возможностей их применения в системах охлаждения тяговых электрических машин тепловозов. // Тр.МИИТ. - 1978. - Вып.603.- С.167-171.
201. Кузмич В.Д. Исследование эксплуатационного состояния тяговых-электрических машин тепловозов и их систем охлаждения. /Тр.МИИТ. - 1978.-Вып.611.С.110-118..
- 202: Кузмич -В.Д. Методика испытаний воздухоочистителей для тяговых электрических машин тепловозов И Тр. МИИТ. - 1977. - Вып.558. - С.82-89. "
- 203; Кузмич В.Д, .. О , возможности регулирования режимов охлаждения тяговых электрических машин тепловозов.: /Тр.МИИТ. - 1979. - Вып.627. - С.119-127
204. Кузмич В.Д. Технические требования к воздухоочистителям систем' охлаждения тяговых электрических машин тепловозов. /Тр.МИИТ - 1978. - Вып.611. - С. 136-142..'
205. Кузнецов Е.С. ' Исследование эксплуатационной надежности автомобилей. - М.: Транспорт, 1969: - 136 с, ' . •
206. Кузнецов Е.С. Рациональные режимы- технического обслуживания. И методика их корректирования. - М.: Автотрансиздат, 1960.-100С;. . . • .

216. Линьков В.В. Основы формирования запаса запасных частей для подвижного состава метрополитена // Міжвуз. зб. наук. пр. - Харків.: ХарДАЗТ, 1998. - Вип.34. - С.19-21.
217. Линьков В.В. Оценка возможности применения передвижных мастерских на метрополитене // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1999. -№ 1. - С.33-39,'
- 218:Лінькбв В.В. ..Удосконалення технології обслуговування і діагностування обладнання вагонів метрополітену: Дис... канд. техн. наук'. 05.22.07..- Харків, 1999. - 155с.
219. Лозицкий Л.П., Янко А.К., Лапинов В.Ф. Оценка технического состояния авиационных ГТД. - М.: Транспорт, 1982. - 160с.
220. Локомотивное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д/трансп./ Под ред. С.Я.Айзинбуда.-- М.: Транспорт,-1986. - 263 с.-
221. Лугинин Н.Г.,Технология ремонта.тепловозов. - М.: Транспорт, 1972, '-264с.-' .Л"' ;'.У Д ■ : '•■ ■ ■ ■ . Д . ' , ' .
- 222. Мазорчук : Р.К.,-.Шаройко А;В.,- Берлин В.И. Нормирование расхода материалов и запасных частей на железнодорожном транспорте. - М.:Транспорт, 1984; - 272с. ' .
223. .Малоз.емоВ •. Й.А. Организация -и . планирование тецловозоремонтногб производства. - М.: Транспорт,. 1-986.' - 267с. .
224. Мандрик. ' В.В. Математические -методы планирования потребности Пароходства . в. сменно-запасных частях 7/. Тр. ЦНИИМФ, 1976^-Вып. 153-С.22-24. ..
225. Марков А.А.!', Нагорный. Н.И. Теория алгоритмов. - М,: Наука, 1984. - 230с: 7 : • : . А ; • ?
226. , ' Матюшин В.А., Королев ' А.И. Ремонтпригодность вагонов метрополитена // Вестник ВНИИЖТ. 1990. - №4. - С. 11-14.
227. Матяш . .В.О. Вдосконалення■. методики • організації. . та визначення, дислокації, пунктів комплексного діагностування

магістральних тепловозів: Дис... канд. техн. наук. - 05.22.07. - Харків, 2000. - 147с.

228. Машкинський І.Е. Основні задачі контролю і діагностування технічного стану авіаційної техніки в експлуатації. // Тр. ГОСНІИ ГА. - 1984. - Вип. 227. - С.3-6.

229. Методика визначення економічної ефективності маневрових і промислових тепловозів: РТМ 24.040.016 - 81. - М.: Мцн.тяж, і тран. машиностр., 1981, - 193с.

230. ..Методическі рекомендації по визначенню економічної ефективності заходів НТП на залізничному транспорті. ВНИИЖТ, .1991.-156с.

231. Методическі вказання по нормуванню витрат і .рахову потреби запасних частин на технічне обслуговування і .ремонт тепловозів. - Коломна.: ВПИТИ, 1984, - '14.4 с..

232. Мирошников Л.В., Болдін А.П., Пал В.И. Діагностування технічного ' стану автомобілів * ' На . автотранспортних підприємствах. - М.; Транспорт, 1.977. - 263с. ..;'... . ./.

233. Михайлов А.В. Експлуатаційні Допуски і надійність , в радіоелектронній апаратурі.' - М.: Сов. радио, 1.970.. - 216с,

1.1. . Михлін В,М.. - Прогнозування технічного стану машин, т М.: Колос, 1976. - 186с.. •

235. Михлін В.М., Дікцв К.И.,'Стариков В.М. Експлуатаційна технологічність конструкцій тракторів'. - М.: Машиностроение, 1982; - 256 с. ? ..! ■

236. Моддер Дж.,,, Элмаграби С. Исследование операций: Пер. с англ.- М.: Мир, 1981. - Ті, Т2. - 712с. '

237. Мбзгалевський А.В.;' Гаскаров Д.В. Техніческа діагностика: Непрерывные объекты. -М.; Высш. Школа, 1975. - 208с. .

238. Мозгалевский А.В., Гаскаров, В.Д., Глазунов Л.П., Ерастов Д.Л. Автоматический поиск неисправностей - Л.: Машиностроение, 1967.-262с.
239. Мозгалевский А.В., Калявин В.П., Костанда • Г.Г. Диагностирование электронных систем. - Л.: Энергия, 1984. - 246с. •
240. Моисеев Г.А. Секционная.. мощность тепловозов и проблемы надежности. - М.: Транспорт,, 1978. - 112с.
241. Мониторинг технического состояния подвижного состава. // Railway Gazette International.-1997.-N 4.-р.232 - 23'3, 236 - 238.
242. Мудров'В.И. Задача о.коммивояжере. - М.: Знание, 1969,'.- 62с.
243. Мущик ' Э., Мюллер ' П. Методы'; Принятия технических решений: Пер. с' нем .М.: Мир, 1990. - 208с. ”
- .244. Надежность .и.эффективность -В технике: Справочник: В. 10т. Т2: Математические методы в теории надежности и эффективности / Под ред/Б.В. Гнеденко. - М.: Машиностроение? 1987. - 2,80с.
245. Надежность и эффективность в Технике: .Справочник: В Ют. Т.9:.. Техническая' диагностика /iПод.'ред. В.В. Клюева, ПЛ. Пархоменко. - М.:,Машиностроение, 1987. - 350с. . •
- ... * . . . / * \ \
246. Надежность технических; систем: Справочник / Ю.К. Бедяев, В.А.- Богатырев, В.В. Болотин и. др. Под ред.' Й.А. Ушакова. - М.: Радио.й связь, 198'5.;-608с. ■ ■ ■ ‘
247. Научные ‘основы. ’ 'построения и . реализации • программ технического обслуживания й ремонта летательных аппаратов. / Межвуз. сб. научц. тр. - М.; МИИГА, 1981. Вып.14.2. -100с. •
248. Находкин В.М., Черепашенец Р.Г. Технология ремонта тягового подвижного, со става..- М.: Транспорт; 1998. - 461с;
249. Оре О. Теория,графов. - М.: Наука,;..!9.6.8: - 236с.
- 250'. Орловский С.А.. Проблемы принятия решений при нечеткой Исходной информации.-М.: Наука, .1981.-191с. • .

251. Основы эксплуатации средств измерений / Под ред. Р.П. Покровского. - М.: Радио и связь, 1984. - 283с.

252. Осяев А.Т., Бабанин А.Б., Бортновский Д.М.'

Автоматизированное рабочее место инженера-технолога (АРМ-ИТ) в структуре информационно-управляющей системы, ремонта локомотивов // Вопросы совершенствования системы ремонта электроподвижного состава при применении средств и методов технического диагностирования / Сб\ науч-, тр., - М.: Транспорт.- - 1991. - С.12-15. .

253. Павленко... К:И. Основы эксплуатации радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов. - М.: Воениздат, 1.987. - 168с.

254. . Павлов Б.В. Акустическая диагностика Механизмов. - М.-.: Машиностроение, 1971..-224 с.

1.1. . Павлов И.В.. Статистические методы • оценки надежности сложных систем , по -результатам 'испытаний. - М.: Радио и связь, 1-9-82. - 168с. ' . . ' . • . . .

256. Павлович Е.С., Четвергов' В.А. Определение оптимальных пробегов между ремонтами 7/ Омск. - ТрЮМИИТ. .- 1968. - Вып.87.

- 4.1. . : .. ■,•.■■■■■ ' .. 'у. . ' .

257. Павлович Е.О. Основы., расчета надежности и технико-экономической эффективности' тепловозных дизелей // Омск. Тр.ОМИИТ. - 1968. - Вып.87. - 4.2.

258. -Павлович Е.С., Агошко О.П., Архангельский С.В. и др. Проблемы создания автоматизированных систем диагностики узлов Подвижного состава. // Тр.МИИТ. <1982..- Вып.703. - С. 19-23.

259. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. - М:-Г Мир, 1985. - 512с. ■ '

260. Пацченков С.И. Локомотивное хозяйство.: Пособие по дипломному проектированию. - М.: Транспорт^1-988. - 1'91 с.

261. Пархоменко Н.Н., Согомонян Е.С. „Основы технической диагностики. - М.: Энергия, 1981. - 512с.
262. Пахомов Э.А. Методы диагностики при эксплуатации тепловозов.-М.: Транспорт, 1974.-48с.
263. Пашковский Г.С. Задачи оптимального обнаружения и поиска отказов в РЭ А. / Под ред. И.А.Ушакова. - М.: Радио и связь, 1981. - 280с. ' .. . ;
264. Первые результаты7 реорганизации железных дорог в Германии. Обзорная реферативная информация // ЦНИИТЭИ МПС, М, 1996. . ' ■ .
265. Первые результаты структурной реорганизации . железных дорог Швеции. Реферативный сборник //ЦНИИТЭИМПС. М. 1996, 266\ Перельман Д.Я. Комплексная механизация; и ' автоматизация ремонта подвижного состава. -М. : Транспорт, 1977. 19.9 с.
267. Петухов С.И., Новиков О.А. К вопросу обоснования потребного количества запасных частей Ч Стандарты и качество.' - 1967,-/№2.-С,40'-.44. . . • /д', : \ J ' ; . ' •
268. Подшивалов А.Б.. Техническое обслуживание тепловозов при изменений, 'периодичности профилактических осмотров. // Тр. ВНИИЖТ - 1973. - Вып.504,- G3-21. ' ' .
269. 'Пославский О.Ф. Методы расчета числа запасных частей..- М,: Знание, 1977.- 48 с:... ' ' •.
270. Поспелов - Г.С.-, Ириков В.А., Программно-целевое планирование. - М,: Сов. радио, 1916..- 440с. ' .
271. Прабху'. Н.. ' Методы теории массового обслуживания и управления запасами. - М.: Машиностроение, 1969. - 356 с.. ..
272. Правила, заводского ремонта тепловозов типа. ТЭЗ и.ТЭЮ. - М.: Транспорт,. 1972.: - 287с.-

- 273. Правила технического обслуживания и текущего ремонта тепловозов типов ТЭЗ и ТЭЮ. - М.: Транспорт, 1988. - 255с.
- 274. Проблема реформирования железных дорог Франции. Реферативный сборник И ЦНИИТЭИ МПС. М. 1997.
- 275. Пушкарев И.Ф., Пахомов Э.А. Контроль и оценка технического состояния тепловозов. - М.: Транспорт, 1985. - 160с.
- 276. Равич Ц.С., Ахмедов М.Х. Оптимизация производственных запасов материалов на дороге- И Железнодорожный транспорт. - 1992. - №5,- С.63-65: . - ' ' . -
- 277. Развитие локомотивной тяги / Под ред.-Н. А. Фурьянского и А. Н. Бевзенко. -М.: Транспорт; 1982. - 303с. . ■ ;
- 278. Рахматулин М.Д. Технология ремонта • тепловозов. - М.: -Транспорт,. 1983. - 319с. ' .
- 279. Реорганизация и ' приватизация Британских железных дорог. Реферативный сборник//ЦНИИТЭИ МПС. М; 1995^
- 280. ' Розен В.В. Цель - оптимальность - решение: .Математические модели принятия Оптимальных решений. - М.: Радио и связь, 1982. - 169с.-., - .. • ' ••
- 281. Розенберг .В.Я..Прохоров А;И. Что такое- теория массового обслуживания. - М.: Сов. радио, 1962. - 254с.
- 282. '. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления: - М.: Наука, 1981. - 464с.
- 283. Руа Б. Вопросы анализа и. процедуры принятия решений-. - М.: Мир, 1976.-260б.-
- 284. Рубальский Г.Б., Управление запасами при .случайном спросе (модели с непрерывным временем)/ -Под ред. И.А.Ушакова. - М.: Сов.радио, 19.77: - 160 с.-
- 285. Румшикий. • Л.З. - Математическая - обработка'.. результатов эксперимента. - М.: Наука, 1971. -192с.:

286. Савоськин А.Н., Бурчак Г.П., Матвеевичев А.П. и др. Прочность и безотказность подвижного состава железных дорог - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.
287. Садырхв Г.С. Показатели остаточной долговечности и их оценки - в задачах продления сроков эксплуатации технических объектов. - М.: Знание, 1986. - С.3 - 55.
- 288. Саломатин Н.А., • Беляев Г.В., Петроченко В.Ф. и др. Имитационное моделирование ' в ' оперативном управлении производством...- М,-: Машиностроение, 1984. - 208с.
- 289; "Сердаков .А. С Автоматический контроль, и техническая диагностика, - К.: Техніка; .1971... - 244с.
290. 'Серов- А.В? Оптимальное управление качеством и эффективностью работы машин в эксплуатации. - М.: Знание, 1979. -52с:....-' .. ; . ■
291. Система технического обслуживания и ремонта на лондонском метрополитене // Железные дрогои мира. - 1997. - №3.---С.42-45.
292. Смирной Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по-состоянию. - М.: Транспорт, 1980. -.229р.
293. Смирнов .Л.Н., у Чинючин . Ю.М. •Эксплуатационная технологичность летательных' аппаратов:. Учебное пособие . для вузов. - М.: Транспорт; 1994..- 256с. ■ .-
- 294, Смирнов . П.А. Техническое обслуживание автомобилей в США. //Автомоб. траисп.- 1993.-№Т. - С.34-35;. ■ -
295. . Соловьев ■ Б.И. •; Теплотехнические испытания и эксплуатация /судовых дизелей; - М.: Транспорт, 11973. -240с, •
296. ' Сосенский Л.Н. Повышение качества испытаний тяговых двигателей электроподвижного состава 7/ . Сб, науч. тр. .“Вопросы совершенствования • системы ремонта электроподвижного . состава

при применении . ■ средств й методов технического диагностирования” - М.: Транспорт, 1991. - 117с.

297. Справочник по вероятностным расчетам / Под ред. Г.Г. Абезгауза, А.П. Тронь, Ю.М. Коленкина, И. А. Коровина. - М.: Воениздат, 1970. - 536с.

298. Степанов Э.Н., Степанов В.Н. Выбор комплекта ЗИП при оптимальных, заменах // Основные вопросы теории и практики надежности. - М.: Сов. радио, 1980. - С.403 - 405.

’299. Стрекопытов В.В. Оптимизация энергетических установок тепловозов с электрическими передачами мощности на основе параметрической надежности // Автореф. дисс. докт. тех.’наук. - 1978,-3.9с.,•• . • ’ j . . ! г . у

299. Сухарев' А-Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. '. Курс методов оптимизаций. - М.: Наука, 1986. - 3.26с.

301. Сытник В.Ф., Рогач. И.Ф., ' Тихонова И.А. Имитационно-динамическая модель управления запасами при ’ случайных поставках и детерминированном спросе. //’ В кн.: Исследование операций .и АСУ. - К.: Вища школа,: 1975. - (3.51 - 61. ’ •

302. , Тагунцёв С.Д.у Шароцкp А-В., Хибриков Е.А’. .Материально-техническое снабжение железнодорожного транспорта. .-. М.: Транспорт,. 1985. - 380с.

303. 'Тараканов К.В.,- Овчаров Л.А, .Тырышкин Р.Й. Аналитические методы исследования систем. - М.: Сов< радио,. 1976. - 238с.

304. Тартаковский. О-Д. Исследование контрольно-диагностических работ на поточной линии диагностики тепловозов 7/ Межвуз. сб. науч, тр.:, “Оптимизация управления и совершенствование• узлов локомо’гйвов”. - Гомель.гБелИИЖТ,’ 1981. - с’84-86. . . . ’

305. 5. Тартаковский Э.Д. .. Качество. . ремонта и надежность тепловозов. - Мд Транспорт,-1973. - 134с.

306. Тартаковский Э.Д. Маршрутная технология технического обслуживания локомотивов с применением диагностики. // Тр.МИИТ. - 1982. - Вып.703. - С.30-33.
307. Тартаковский Э.Д. Предпосылки автоматизации проектирования технологических процессов обслуживания и ремонта локомотивов. // Тр: МИИТ. -,1987. - Вып.795. - С.8-12.
1. 8. Тартаковский Э.Д., Бабанин А.Б., Крашенинин А.С. Определение технического состояния локомотивов и диагностической ценности информации по статистическим данным депо: Учебное, пособие' для студентов специальности 1709 "Локомотивы", и слушателей ФПК: - Харьков.: ХИИТ, 1990. - 57с.
309. Тартаковский- Э.Д., Бабинский И.И., Бабанин А.Б. и др. Совершенствований технологий Технического обслуживания тепловозов. //Электрическая и тепловозная тяга. - №1'2. - 1991. - СЛО-із:.. ■ , ; ' Б ' •
310. Тартаковский Э.Д., ' 'Бабийский ' .Й-И-, - Бабанин • А.Б. Совершенствование ' технологии технического \ обслуживания тепловозов.://. Электрическая и • тепловозная • тяга. - №1. - 1992'. - С.24-26. ,
311. Тартаковский Э.Д., Бартоновский А.М., Бабанин А.Б. и др. Основные' направления-НИИР ХИИТа- по диагностированию ТПС в эксплуатации .//■. . Моделирование процессов обслуживания, диагностирования' и. ремонта' подвижного состава / Межвуз. сб. ■ науч. тр.-Харьков.: ХИИТ, 1989. - Вып.8.-С.3-7. =
312. -Тартаковский Э.Д.,. Ефименко; В.И.,\ Бабанин А.Б. и др. Развитие математических' моделей технологии -обслуживания и ремонта • локомотивов И.' Совершенствование конструкции, технологии,- эксплуатации и ремонта подвижного состава. / Межвуз. сб. -науч. тр. - Харьков.: ХИИТ, 1987. - Вып.№2. - С.65-70.

313. Тартаковський Е.Д., Бабанін О.Б. Визначення середніх чисельностей станів вузлів тепловоза методом динаміки середніх // 36. наук, праць / ХарДАЗТ. - 2000. - Вип.44. - С.43-47.
314. Тартаковський Е.Д. Наукове обґрунтування концепцій розвитку локомотивного, господарства 7/ Міжвуз. зб. наук., праць / ХарДАЗТ, 1998.7 Вип.34." - С.3-4,
..*
315. Тепловозы. Правила определения предельных значений параметров технического состояния. РТМ 24.040.62-81. М.: Минтяжмаш, 1981. - 13с. .'.“ ..
316. Тепловозы. Техническая диагностика. Методики выбора диагностических параметров. РТМ 24.04.0.56-79. - М.: Минтяжмаш, 1979. -45с. ‘ ?• . ■ : •
317. Тепловозы. Техническое обслуживание и ремонт с применением методов, -и ’ средств, технического. диагностирования. ‘ ОСТ 24,040.52-78. -М,: Минтяжмаш,.. 1978, - 16с.
318. Теслик - А.Г., Бабанин Д.Б.,; Дерняк Ю.В. и др. Разработка программного- обеспечения- расчетов ..экологических показателей работы транспортных энергоустановок // Управление технической эксплуатацией 'локомотивов •/"Межвуз, сб. науч. тр. '-Харьков,: ХГАЖТ, 1997. - Вып.29,-С.2'8-30. •' - •-
319. . Теслик А.Г., Бабанін О.Б., Білоус К>.А. Встановлення- рівня викідів . Шкідливих- речовин тепловозами різних серій і методи їх зменшення.. засобами . технічної ■ діагностики. // Матеріали' 56 • Науково-технічної, конференції кафедр академії .та спеціалістів залізничного, транспорту .'за міжнародною участю. - Харків.: ХарДАЗТ, 1994, - С.5. - . ?
320. Теслик А.Г., Черняк Ю.Є., Бабанин. А.Б. и др. Определение й учет ■ показателей --выбросов вредных . веществ дйзельными

эксплуатации и ремонта локомотивов / Межвуз. сб. науч. тр. - Харьков.: ХИИТ, 1993. - Вып.22. - С. 16-21.

321. Техническая диагностика электроподвижного состава // Серия "Локомотивы и локомотивное хозяйство". - М.ЦНИИТЭИ МПС. - 1971. 7 №60. -С. 1-44. ■ ■;

322. Техническое диагностирование электронного оборудования электровозов переменного тока / Д.В.Горленко-, . А. Л. Донской, .к- . • • - И.К.Лакин. .7.М.: Транспорт, 1992. 112с.

323. . ТимаШев ?С.А., Надежность .механических систем, снабженных мониторингом // Расчет и,, управление надежностью больших механических систем. - Свердловск.: УНЦ АН СССР, 1986. ,, -С.51-54,- ■ . "' ' ' • . . ■ \ .

.324.. Типовые методические, положения по нормированию расхода запасных •.частей на. технические. обслуживание и ремонт машин, оборудования и приборов. - М.?: Стандарты, 1985. - 49с.

325. Тихонов В.И., Миронов М-А. Марковские' процессы. - М-.: Сов. радио, 1977.-488с, ■ \ ;

326. Трудношин В.А., Пивоварова Н,В. Математические модели технических объектов. - М.: Высш, шк., 1986. - 268с. .

327. Туренко. АН., Гогайзель. А:В. Нетрадиционный подход, концепция и модели устойчивого развития автосервисной системы. // Вестник Харьк. гос. политехи, ун-та. - Харьков.: 1999.' - Вып,74. - с.3-16. ■■ ■ • ' ' у' ■ • . • .". ■ . ■ •

328. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А: Статистический анализ данных на компьютере / Под ред. В.Э.Фигурнова. - М.: Инфра-М, 1998. - 146 с:

329; Усовершенствование' устройств электрической тяги поездов метрополитенов. // Тр. ВНИИЖТ - 1979. -.Вып. 615.' -. 144 с.

330. Учет особенностей эксплуатации метровагонов в расчетах долговечности // Надежность подвижного состава. Сб. науч. тр. ВНИИЖТ. - 1989. - Вып.782. - С.14-24.
331. Фасоляк Н.Д., Материально-техническое снабжение на предприятии. - М.: Экономика, 1978. - 72с.
332. . Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. - М.: Мир, 1967. - 752с. '•'
333. Филиппе Д., Гарей Диас А. Методы анализа сетей. - М.: Мир, 1984. - 496с. ■ ■ .
334. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. 7 М.: Сов. радио, 1,970-727с'. ' •.
335. Фирменный автосервис ВАЗа // Автомоб. пром-сть. - 1996.- - №11. - С.26-28.' ■ • ■/ . •
- 33'6.- Форд Л.Р., Фалкерсон Д. Поток в сетях.-- М.: Мир, 1966. - 186с.' • ; ■' '.'
- ''• ••*• . •
337. Фофанов \ Г.А., Силин С.И. Влияние эксплуатационных факторов, на экономичность тепловозного дизеля 1 ОД 100 // Вестник ВНИИЖТ.' - 1975:- № 1.- С.-24 - 27.
338. Хомич А.З., Жалкин С.Г., Симсон А.Э., Тартаковский Э.Д. Диагностика и регулировка' тепловозов. - М.: Транспорт, 1977. - •222с... _ ■ ... • - ' ■' •/: ■'
339. Хэнсмённ Ф. Применение математических • методов в управлении производством и запасами. - М.:Прогресс, 1966. - 280с.
340. Чепелова В.А. Информационно-справочная служба материально-технического обеспечения . // Железнодорожный транспорт.^ 1993. г №1Г. ? С.65-68. ... •• .. у .
341. .Чумаков ДД? Коэффициент готовности, стоимость эксплуатации. ' ..технического . 'устройства . при \ комбинированном контроле и различной интенсивности ■ восстановления ■ его

350. Юденков В.А. Дисперсионный анализ. - Минск.: Высшая школа, 1982. - 95с.
351. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. - М.: Сов.радио, 1974. - 399с.
352. Якиманский Н.А., Гринберг П.В., Апокорин Д.В. и др. Потребление и нормирование запасов ремкомплектов. *И Автомобильный транспорт*. - 1983. - №11. т.С.42-45.
- . * .
353. Янг. С., Эллисон А. Измерение шума машин: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1988.. 144с,
354. Vandeguin F, Rochelle P. Some Scavenging Models For Two-Stroke Engines. *Mechanical*. 1980. - №. 9. - S.203 - 210. .
- 355'. Bruel & Kjaer.-Application T69-80 7 Machin®. Health Monitoring Using an FFT Frequency Analyzer Type 2031 Or . 2031 with Desk-top Calculator. ■ ■ ■ .
356. Bruel & Kjaer. Application Note 106-8Г / Analysis Techniques for Gearbox Diagnosis Using the High Resolution FFT Analyzer.
357. Bruell S.C., Balbo G. Computational Algorithm for Closed Queuing Networks?- New York: North - Holland, 1980, - p.190. ■
358. Flinn F., Mizusawa.M.', Uyehara O. and Myers P. An Experimental Determination of the Instantaneous Potential-. Radiant Heat Transfer Within an Operating Diesel Engine. SAE Trans, 1972, №.81, SAE Paper 720022.- ' ■⁵ . ' ' ' - . ; ' ..
359. Johnson N. Kotz S, Distributions . in Statistics: Continues Multivariate-distributions '-New York, Wiley, 1972.- 333'.p. . •
360. Leadbetter M., Lindgretn J., Rootzen H. Extremes and related properties of random sequences and processes - Berlin. Heidebberg, 1983./336p. . ' . . .
361. Nelson W Theory of .applications of hazard plotting for censored failure data. - Technometrits, 1972, v. 14, p.945- 966 p.f • .

- ..
362. Proschan P. Optimum system supply. Nav. Res. Log. Quart., 1960, №4, v.7,p.117.
363. Shima E. Optimal Inspection Policy for a Protective Device. Reliability Engineering, №7, 1984, p.123 - 132.
364. Wallace F. ' Vergleich des Gleichdruck- und Stoss-Aufladeverfahren bei Abgasturbo-ung von Dieselmotoren mit hohen Aufladedruck. MTZ, H. 25,196.4. - S.198 - 201.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение III

Таблица III.1

Распределение времени (в %) на виды работ по системам
тепловоза 2ТЭ116

Системы . тепловоза	Вид работы				
	уборочные	контроль- но- диагнос- тические	регули- ровочные	крепежные	смазочные
Дризель	8	42	16	27	7
Вспомог'ат. оборуд.	14	■ 28	11	24	23 •
Эл. машины и аппараты •	;1	■ ' 27 •'	■ 38.	31	3
Экипаж	26	' 32 '	' 18	16	8 .
Прочие ' ■ •	.21 ;	24	• •Д8\	■ 35,	2 • ■

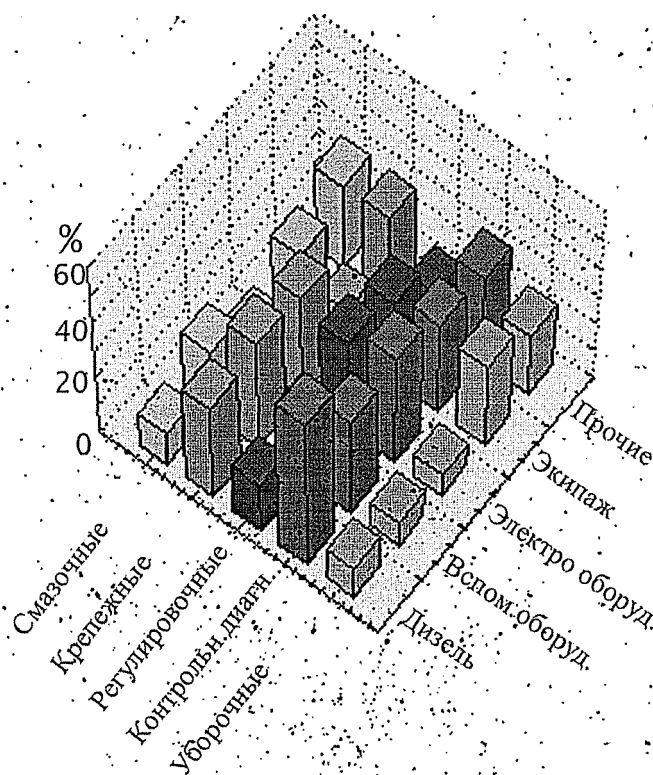


Рис. III.1. Распределение затрат времени (в %) по видам работ выполняемых на тепловозе 2ТЭ11 б при проведении ТО-2

Распределение времени (в %) на виды работ по системам
тепловоза ТЭП70

Системы тепловоза	Вид работы				
	уборочные	контроль- но- диагнос- тические	регулиру- емые	крепежные	смазочные
Дизель	6	47	12	28	7
Вспомогат. оборуд.	4	29	16	33	18
Эл. машины и аппараты	3	33	27	31	6
Экипаж	24	27	23	9	17
Прочие.	17	26	9	24	24

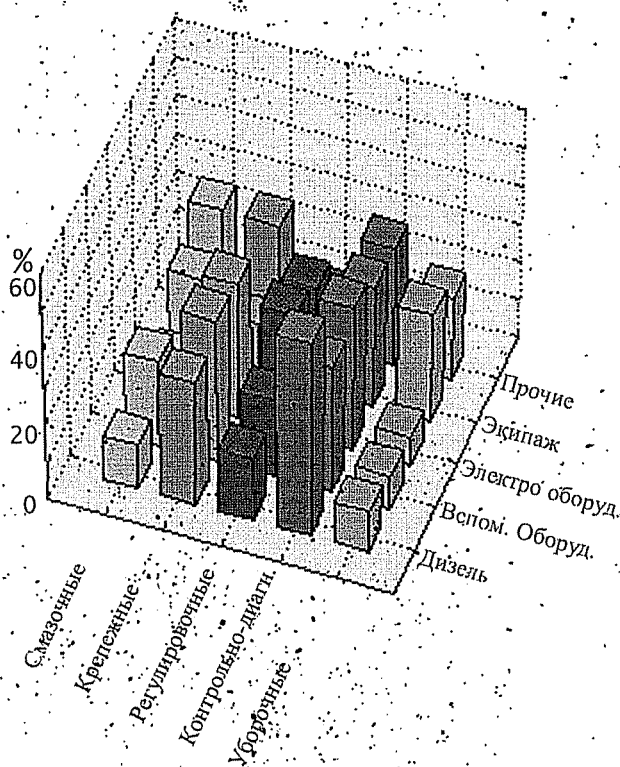


рис. 11.2. распределение затрат времени, (в %) по видам работ

выполняемых на тепловозе ТЭП70; при проведении ТО-2

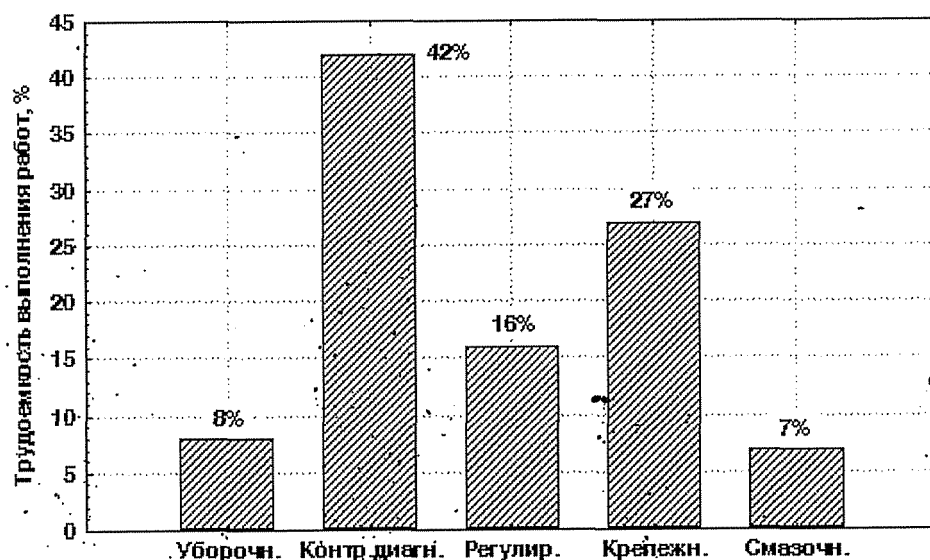


Рисунок Ш.3. Распределение затрат времени (%) на виды работ выполняемых по дизелк) тепловоз^ 2ТЭ 1.1 биб'прц проведении ТО-2

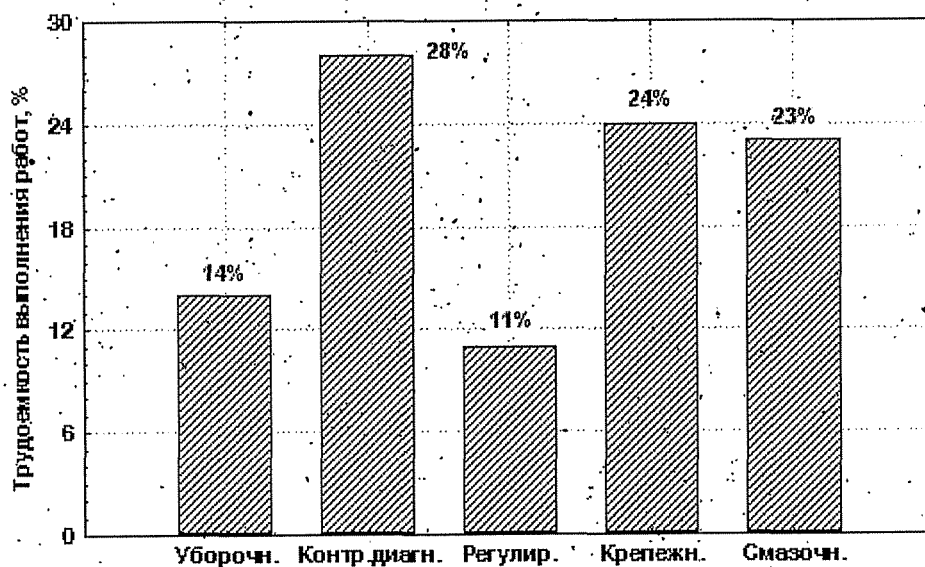
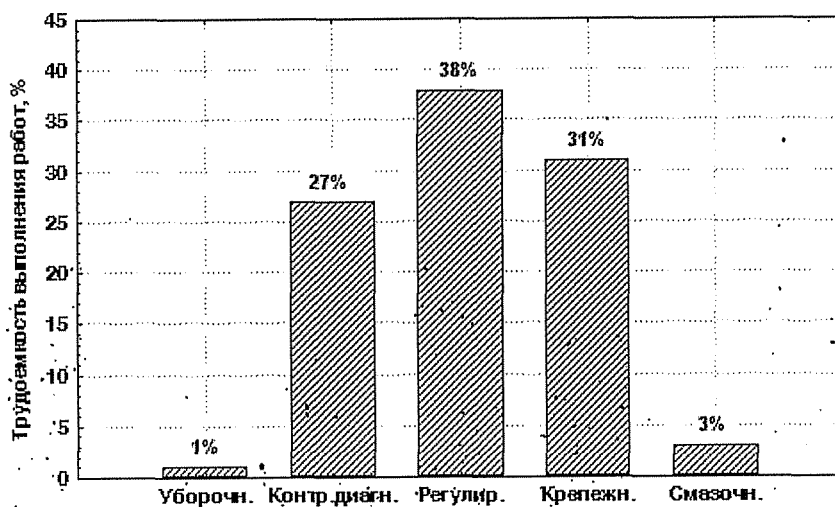


Рисунок Ш.4. Распределение затрат времени (%) .на виды работ выполняемых по вспомогаельному оборудованию тепловоза '2ТЭ1166 при проведениях .ТО-2



Рисунок; П. 5. Распределение ваурат;-времени (%) на виды работ выполняемых по электрооборудованию 'тепловоза 2ТЭ1166 при проведении ТО-2

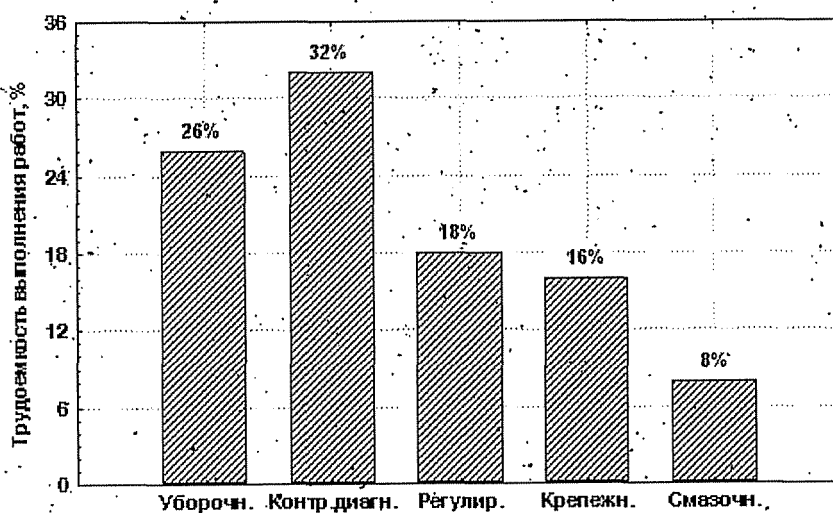


Рисунок Ш-б. Распределение затрат времени (%) на виды работ выполняемых по экипажной части тепловоза 2ТЭ1166 при проведении ТО-2

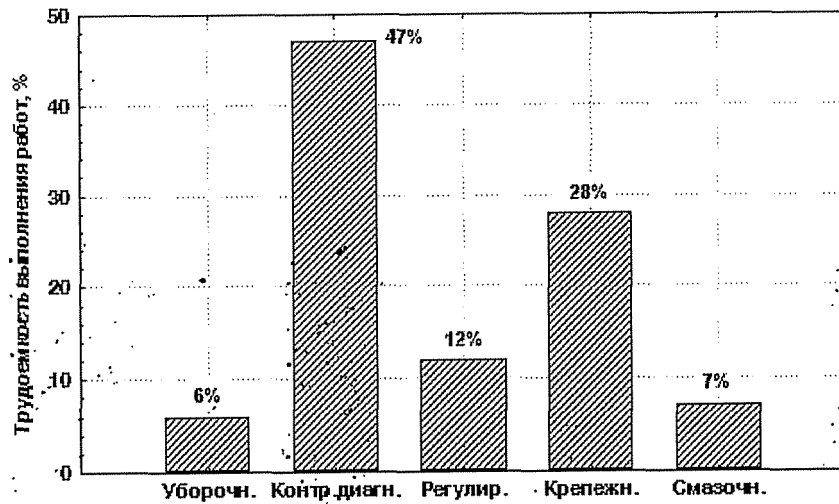


Рисунок П 1.7. Распределение затрат времени (%) на виды работ выполняемых по дизелр,тепловоза ТЭП70 при проведении ТО-2

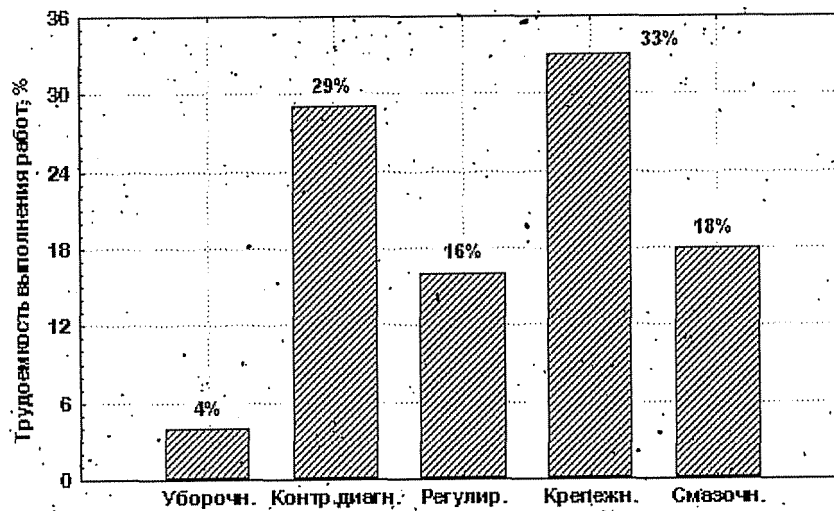


Рисунок П1.8. Распределение затрат времени (%) на виды работ выполняемых по вспомогательному оборудованию) тепловоза ТЭП70 при проведении ТО-2 .

Приложение П2

Результаты факторного анализа-технологического процесса контроля топливной системы дизеля и ее узлов тепловозов ТЭП70, выполненного на ПЭВМ в среде "Statistica"

Model: $Y=a_0+a_1*x_1+a_2*x_2+a_3*x_3+a_4*x_4+a_5*x_5+a_6*x_6+a_7*x_7+a_8*x_8+a_9*x_9+a_{10}*x_{10}+a_{11}*x_{11}+a_{12}*x_{12}+a_{13}*x_{13}+a_{14}*x_{14}+a_{15}*x_{15}+a_{16}*x_{16}+a_{17}*x_{17}+a_{18}*x_{18}+a_{19}*x_{19}+a_{20}*x_{20}$							
Continue... Dep. var: Y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: 663.33971260 R=,79769 Variance explained: 63.632%							
N=40	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Estimate	38,35680	,018560	-,051066	-,151254	,118067	-,093161	-,061560
Model: $Y=a_0+a_1*x_1+a_2*x_2+a_3*x_3+a_4*x_4+a_5*x_5+a_6*x_6+a_7*x_7+a_8*x_8+a_9*x_9+a_{10}*x_{10}+a_{11}*x_{11}+a_{12}*x_{12}+a_{13}*x_{13}+a_{14}*x_{14}+a_{15}*x_{15}+a_{16}*x_{16}+a_{17}*x_{17}+a_{18}*x_{18}+a_{19}*x_{19}+a_{20}*x_{20}$							
Continue... Dep. var: Y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: 663.33971260 R=,79769 Variance explained: 63.632%							
N=40	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Estimate	,059992	-,016410	-,107499	,145252	-,073464	-,014883	,034837
Model: $Y=a_0+a_1*x_1+a_2*x_2+a_3*x_3+a_4*x_4+a_5*x_5+a_6*x_6+a_7*x_7+a_8*x_8+a_9*x_9+a_{10}*x_{10}+a_{11}*x_{11}+a_{12}*x_{12}+a_{13}*x_{13}+a_{14}*x_{14}+a_{15}*x_{15}+a_{16}*x_{16}+a_{17}*x_{17}+a_{18}*x_{18}+a_{19}*x_{19}+a_{20}*x_{20}$							
Continue... Dep. var: Y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: 663.33971260 R=,79769 Variance explained: 63.632%							
N=40	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
Estimate	-,029910	,004542	,112196	-,125226	-,005321	,019122	-,006016

Рис. П2.1: Значение коэффициентов уравнения регрессии

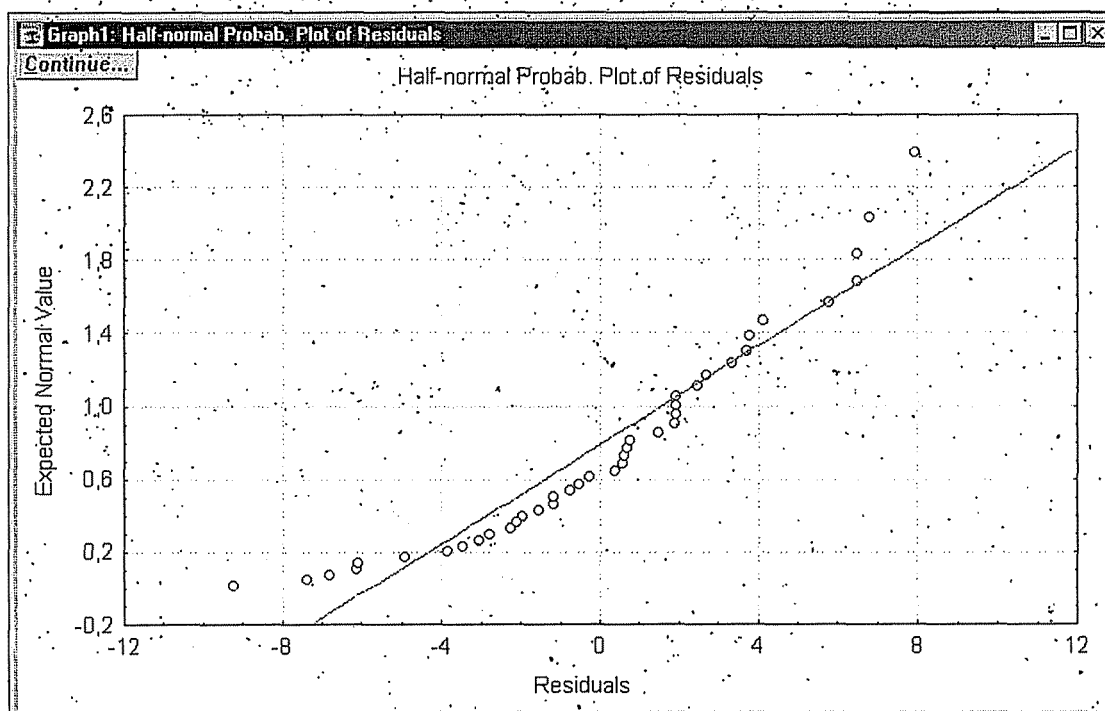
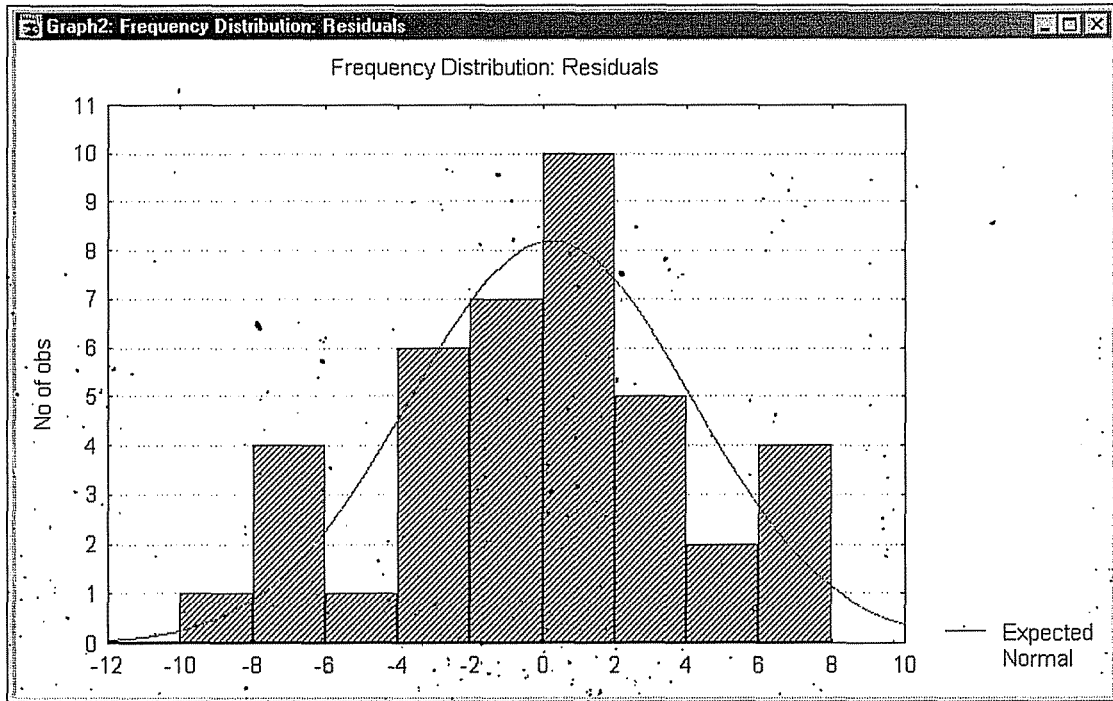


Рис. П2.2. График распределения отклонений от средних значений



Вис. П2.3. Гистограмма, распределения отклонений от средних значений

Residual Values (tab 3.sta)	BR	Д
Continue,..	Residual	!
3,32651	3,71603	
-6,82436	-2,11728	
,77323	-9,23574	
1,47313	-7,7003	
56198	-2,45605	
15909	-2,25555	
-1,17217	-6,13318	
-52809	-3,85076	
-7,-39430	-3,08115	
-6,46425	1,91804	
,58820	-1,94861	
,38291	-2,79764	
-3,49068	-6,09750	
260'58	5,78133	
2,69'661	9'3'079	
-1',98010	-4,91355	
7,92-766	6,46947	
-1.55502	4,1-3.043	
,66503	1,89'268	
6,78'53'6	3,76943	

•Рис. П2.4. Таблица остатков массива отклонений от средних значений

• -Г знаеййц • 4' ■ • , :

Item Means and Standard Deviations (tab 3.s)		Item Statistics		
Item	mean	st. dev.	Minimum	Maximum
X1	5,2700	3,03317	,6000	11,1000
X2	9,1900	6,29382	1,5000	29,6000
X3	13,4750	7,00911	1,0000	25,0000
X4	-5,0100	3,67213	1,0000	17,0000
X5	26,9000	10,40907	11,0000	56,0000
X6	106,9385	4,72157	100,2300	110,5000
X7	88,12228	6,72228	-74,0000	112,0000
Y	19,4875	6,83870	10,1000	36,8000

Рис: П2.5. Таблица числовых характеристик факторов

Factor Loadings (Unrelated) (tab 3.sta)

Variable	Extraction: Principal components (Marked loadings are > .700000)						
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
X1	-.411762	.742969	-.007061	.019266	-.211673	-.036643	-.359366
X2	-.161446	-.450856	.008431	-.754899	.268003	-.286658	-.156680
X3	-.691246	.196256	.240777	-.121399	-.264720	-.122687	-.531177
X4	.540335	-.218102	.209921	.536994	-.038301	.522053	-.045157
X5	.499629	.483165	-.008000	-.349806	-.448760	.023836	.361953
X6	-.070788	.080045	.910195	-.090493	.225408	-.215642	.228888
X7	-.616467	.239930	.295515	-.166009	-.286487	.552288	.031767
X7	-.515815	.507433	.118869	-.004668	-.541318	-.222831	-.177538
Expl. Var	1) 866132	2) 9620	3) 1068250	4) 1031479	5) 815468	6) 772706	7) 652898
Prp.Tctl	233-266	.174534	.133531	.128935	.101934	.081612	.081612

Рис/П2.6. Таблица итогового факторного: анализа

Приложение ПЗ

Состояние блока на холостом ходу (диагноз D1)

№ проверки	ki .	1<2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	1	0	0	0	1	0
3	0	1	0	0	0	1 .	o	0-	0
4 •	1	0.. •	0 ‘	0 .	0 ■	0 ■	0	0	0
• 5	:б	0	1	i	•0	0	1	• 1	0
•6	' .0 •	o .	1	0	б	■ o .	0	0	.0
7	0	0 .	o	0	0	'o	0	■р	1
В ■■	0	.0	0	1	.0	0	1	■' б	.0 .
9	0	1	0 •	1 -	0 .	1	0	'0	0
Ю‘	0	o .	1	0	0	.1	6	0	0
• 11	.1	0	■ 0	.0	o	.0	0	0	.0 ‘
•’ 1-2	0	■o .	0 .	0	0 ■	■0 ■	0	0	■ o
13’	0	. г.	1	0 .	• 1	0	0	0	0
■ 14	0	0,-	0	1	0 .	.0	0 .	0	0
15	0 ‘	0 .	0 ■	•1	0	0-	0	1	:0
.16 ■	0	• 0	0	0:	б .	1	1	1 ■	.1
.17- ‘	o .	. 0	0	0	1	• .0	. б	0	0 .
18 .	0	o •	0	0	0	1	0	0	0
19’ ■	г	0	1 .	■ -1	o	0	0	. Ю	> o
20 ‘	o . •	:0	0- ■	0	0	■ ?o	0	0 •	0
21	• Г	•’ 1	0	1 .	0	0	0	0	0 •
22	0	•o .	. 1 ■	• 0	0	- o	г	0-	0
- 23	0’ .	0	0	1 .	. 0 .	0	0	0	o :
24	0 •	. o .	0	0 .	0	0	0	0	. o .
25	0 ■	1	0 .	0	■ .0	0	■ .0	0 .	0 •
:Et1=25	4	/ 5 ■-	.7-	9	3	-5	•5	4	/2 ‘.

■ Состояние блока в режиме тяги (диагноз B2).

№ проверки	ki	KГ	. K3	K4	K5	• K6	K7	-1\$8	K9
Et2=35	. 6	2	4	5	7	11	8	9	3

Состояние блока в режиме рекуперации (диагноз D3).

№ проверки	1<1	KГ	K3	KД	K5 .	kg .	K7	kg .	K9
Et3=30	3	■ 2	6 .	3 ‘	.1 .	. o •	0	0	0

Продолжение приложения

Система диагнозов D1					
Признак	P_{Cki}/DO	$Z_{Di}(kj)$	$Z_{Di}(ki)-$	$Z'Di(ki)$	
к1	0,1600	0,1476	-0,2515	0,0014	
к2	0,2000	1-,0000	-0,3219	0,0641	
к3	' 0-,2800	0,5679;	-0,4739-	0,0352 '	
	•0,3600	' 0,930'5.	-0',6439	∴•	
к5; •	' 0,1200 '	• *0,0265	-0,1844	' 0,0000	
к6 ■	■ 0,2000	•0,1699	-0,3219 •	<i>p,bl)24 '</i>	
к7 ■	- 0,2000 '	•0,4695 .	-0,3219 '	0,0164	
к8 ■	0,1600 :	0,1476	-0,2515	0,0014	
' . . к9'	0,0800 •	0,5261.	-0,1203	■0,0073	
				/	
■ ' ■ ■ ; . ■ . '					
Система диагнозов D2					
Признак-	$P(k/B_2)$	$\wedge D2(ki) •$	$ZD2(ki) -$	$Z'bA)$	
' к10,1714 '	•0,2471	-0,2713	• 0,0040 '	
• ■ к2 ■	• 0,0571	-0,8074	' -0,0849	' 0,0171 .	».
к3 . '	0,1143 ■'	40,7249		' -	
•к4	; 0,1-429	4),4030	' -0,2224 :	0,0107 '	
к5 :	' 0,2000	0,7105.	• -0,3219	0,0350'	
•' . к6 •	' 0,3143	• 0,8220	• ■	0,0787	
■ ' к7 ' :	■ 0,2286	0^6621	-0,-3744	0,0361	
• к8 •	' 0,2571 ..	0,8321''.	■ -0,4288-	0,0626 '	
к9	■ 0,0857	■ 0,6256	<i>gp, 1293</i>	0,0108	
			* '		

Окончание приложения П4

Система диагнозов D3					
Признак	$P(k_i/D_3)$	$Z_{p3}(k_i)$	$Z_{oz}(k_i)$	$Z'_{D3}(k_i)$	
к1-	0,1000	-0,5305	-0,1520	0,0127	
к2	0,0.667	-0,5850	-0,0995	0,0100	
' к3	0,2000	0,0825	-0,3219.	0,0006 '	
к4:	■; 0,10005	■ -0,9175 ,	- Д1520 .	0,0433	
■ к5	0,033.3/.	Г 1,8745	■ -0,0489 -	.0,0720	
кб '	5 0,0000 ■	■ 0,0000	. •0,0000	:-0;0000	
	• 0,0000.		.0,0000	■-0,0000 ■	
к8 ' ;	0,0000	0,0000	.0,0000	; 0,000'0	
,к9	0,-0000	0,0000.	. • 0,0000 •	. :0,0000	
	•/•.			•	
Общая, диагностическая ценность обследования					
■ ' Признак	■ /. P(ki) . .		Z йобщ.(ki)		
к1	0,1444 ■		0,0062		
к2	. 0,1000 . '		: ' .0,0278 •''		
■ к3'	о; 188'9		•0,0215' . "		
к4 \ 0,188.9		• 0,0509		
■ '■ к5 ■	•0Д222 '•		. 0,0376		
кб- .	■0,1778		. .■ 0,0313 .		
- к7 /	:0,1444 ' ■		0,0186 .		
к8 .	: 0,1444: ' •		0,0247		
. к9 . ' '	■ 0,0556 . . ■.		0,0062 .		
■*					
к • ' . • ' ч					

'. Приложение 5

ПРОГРАММА

решения задачи линейного программирования по размещению ПКД

```

. 10 CLS:VEEP:PRINT "РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ"      Г
20 PRINT :PRINT.
30 INPUT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ДЕПО ОТПРАВЛЕНИЯ",M
40 PRINT '
50 INPUT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ДЕПО ПОЛУЧЕНИЯ",N
60 DIM A(M),DA(M),B(N),DB(N),IR(M),IC(N),TR(M),TC(N),
U(M),V(N),IU(M),IV(N)
70 DIM RT(M+N),CT(M+N),C(M,N),X(M,N),IX(M,N),
D(M,N),MM(M,N)
.80 CLS 'Г' A .      'Г/ '
90 FOR I=1 TO M .      .      '
1.00 FOR J=1 TO N      .      :
1 IOI^UNT-"ВВЕДИТЕ СТОИМОСТЬ ПЕРЕСЫЛКИ ТЕПЛОВОЗА ИЗ ДЕПО"
120 PRINT* "ОТПРАВЛЕНИЯ "I" В ДЕПО ПОЛУЧЕНИЯ "J
130 PRINT ' ' ' A'
140 INPUT C(i;j):CLS
150 NEXT J
•160 NEXT I-      :      .
170 FOR I=1 TO M      ■      ..
180 PRINT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ В ДЕПО"
190 PRINT "ОТПРАВЛЕНИЯ "I
200 PRINT ' ' ' ' ■      '
2.10.1 NPUT A(1); .
■ 220 DA(I)=A(I):CLS '      Г..      '
230 NEXT I:CLS-A ; .. -••■■■"
240 FOR F=1 TO N ' :      ■      .      ■
250 PRINT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ КОТОРЫЕ"
260 PRINT "ДОЛЖНЫ ПОСТУПИТЬ "J" В ДЕПО ПОЛУЧЕНИЯ"
270-PRINT . .      .      '
28.0 INPUT B(J) .
290 DB(J).=B(J):CLS      '
300 NEXT J:CL$ '      A •      . A '
310 LPRINT "РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ" .
320 LPRINT :LPRINT ' :
330 LPRINT "ВАШИ ДАННЫЕ"      '
340 LPRINT '
350 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ДЕПО ОТПРАВЛЕНИЯ ",M - '
360 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ДЕПОПО ЛУЧЕНИЯ ■      ",N
370-LPRINT : LPRINT      .
380 FOR I=1 TO M ■
390 LPRINT "СТОИМОСТЬ ПЕРЕСЫЛКИ ТЕПЛОВОЗА ИЗ. ДЕПО"
400 LPRINT "ОТПРАВЛЕНИЯ AI '      >      - A
410 FOR J=1 TO N

```

```

420 LPRINT "В ДЕПО ПОЛУЧЕНИЯ "J" -"C(I,J)
430 NEXT J
440 NEXT I
450 LPRINT
460 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ"
470 FOR I=1 TO M
480 LPRINT "В "I" ДЕПО ОТПРАВЛЕНИЯ -"A(I)
490 NEXT I
500 LPRINT
510 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ КОТОРОЕ ДОЛЖНО"
520 FOR J=1 TO N
530 LPRINT "ПОЛУЧИТЬ "J" ДЕПО -"B(J)
540 NEXT J
550 INPUT "ЕСТЬ ЛИ ОШИБКИ ПРИ ВВОДЕ ЗНАЧЕНИЙ ? (Y/N)",US$
560 IF US$="Y" THEN RUN
570 LPRINT ; ..... "
580 LPRINT "РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ"
590 LPRINT . .
600 REM*****
610 C=0:-CT=0:CRf=0 . .
620 RI=0:CJ=0:Y=1E+10 '
630 FOR I=1 TO M . . ,
640 IF TR(I)=1 THEN GOTO 700
650 FOR J=1 TO N .
660 IF IC(J)=1 THEN GOTO 690 ' .
670 IF C(I,I)>Y THEN GOTO 690"
680 Y=4G(I,J):RI=r-:CJ=J< .. • \
690 NEXT J . ■
700 NEXT I ■ .
710 J=0:RR1VT* *
720 IF DA(RI)<DB(CJ)-THEN GOTO 780 •
730 X(RI,CJ)=DB(CI). ■ '
• 740 IX(RJ,CJ)=1 •
750 DA(RI)=DA(RI)-DB(CJ):DB(CI)=O- .
760 IC(CJ)=1:C0=C0+1:CT=CT+i
770 GOTO 830 ■ ■ . ■ ' •
780 IF DA(RI)=DB(CJ) AND CR=M-1 THEN GOTO 730
•790 X(RI,CJ)=DA(RI)
.800 IX(RI,CJ)=1 ' ' - - • . •
810 DB(CJ)=DB(CI)>DA(RI):DA(RI)=0
820 IR(RI)>L-C0=C0+1:CR=CR+i
830 TR(RI)=TR(RI)+1:TC(CI)=fc'(CI)+1 .
840 IF CQ<M+N-1 THEN GOTO- 620 ....
850 CR=CR+1

870 FOR I=1 TO M:IU(I)>0:U(I)=0:NEXT I . . •
88.0 FOR J=1 TO N:IV(J)=0:V(I)=0:NEXT J
890 REM s}c 5j< sfeSf:
900 T=O:L=0' ■ .
910 FOR i=i TOM: '
920 IF TR(I)<T THEN GOTO 940 \

```



```

1440 PRINT :PRINT "C'KL="T"K="K"L="L:PRINT
1450 LPRINT :LPRINT "C'KL="T"K="K"L="L:LPRINT
1460 PRINT
1470 LPRINT :GOSUB 2200
1480 REM
1490 FOR I=1 TO M:IU(I)=0:NEXT I
1500 FOR J=1 TO N:IV(J)=0:NEXT J
1510 FOR I=1 TO M+N:RT(I)=0:CT(I)=0:NEXT I
1520 FOR I=1 TO M:FOR J=1 TO N
1530 D(M)=0:MM(I,J)=0
1540 NEXT J:NEXT I
1550 T=1:IP=0.
1560 KT(T)=K:CT(T)=T-
1570. D.(K,L)=1 :MM(K,.L)=1 :IU(k)=1
1580 PRIN.T,T,K;E
1590 LPRINT T,K;L-
1600 FR=0:FC.=0.:RI'=RT(T):GJ=0
1610 FOR J=1 TO N
1620 IF FC=T THEN GOTO 1690
1630 IF IX(Ri,J)=0 THEN GOTO 1690
1640 IF IV(J)=1 THEN GOTO 1690. ' '
1650 IF MM(RI,J)=1- THEN GOTO 1690
1660 IF TC(J)=1 AND J-L THEN GOTO 1680, .
1670 IF TC(J)=i THEN IP^LGOTO. 1690
1680 FC-1 :CJ=J:IV(J)=1,;J=N '? - ' :
1690 NEXT J ' ' ' • • ■
1700 IF CJ<>0 THEN GOTO 1740
1710 IF IP >0 THEN IP=0 - . .
1720 D(RT(T),CT(T))=0:T=T-1
1730 GOTO 1780
1740 T=T+1 ' ■ " '
1750 RT<T)=R1:CT(T)=CJ / ' ' .
1760 D(RI,CJ)=-1;MM(Ri,CJ)=1.:PRINT.T,RI;CJ '
1770 IF GT(T)=L AND.T>2 THEN GOTO 2000 *
1780 FR=b;FC=0:RI=0:CI=CT(T)..
1790 FOR I=T TO M ■ ■
1800 IF FR=1 THEN. GOTO I860
1810 IF IX(I,CJ)=0 THEN .GOTO I860
1820 IF IU(I)= 1 THEN GOTO 1860
1830 IF MM(I,CJ)=1 THEN. GOTO 1860 .
1840 IF TR(I)=.1 AND IP=0 THEN IP=1 :GOTO 1860
1850 FR=1 :R1=I:IU(I)=1 :I=M
1860 NEXT I
1870 IF RI=0 THEN.GOTO 1950 • . -
1880 IF IP>0 THEN IP=0 .
1890 D(RT(T),CT(T))=Q:T=T-1
1900 GOTO. 1600..
1910 T=T+1:IP=0 . . ' ' .
1920 RT(T-j)=RI:CT(T)>CJ ... ' • ... !
1930 D(RT(T),CT(T))=i :MM(Ri,GJ)=1 :PRINT T,RI;CJ
1940 LPRINT T,RI;G J J.

```

```

1950 T=T+1:IP=0
1960 RT(T)=RI:CT(T)=CJ
1970 D(RT(T),CT(T))=1:MM(RI,CJ)=1:PRINT T,RI;CJ
1980 LPRINT T,RI;CJ
1990 GOTO 1600
2000 W=IE+10:LL=0:KK=0
2010 FOR I=2 TO T STEP 2
2020 IF ^(RT(I),CT(I))>=W THEN GOTO 2040
2030 W=X(RT(I),CT(I)):KK=RT(I):LL=CT(I)
. 204.0 NEXT I
2050 FOR I=1 TO T
  2060X(RT(I);CT(I))^X(RT(I),CT(I))+W*D(RT(I),CT(I))
2070NEXTI ■ >.'
2080 IX(K:L)T-LIX(KK,LL)=O-
2090 TR(K)=TR(K)+1 ;TR(KK)=TR(KK)-1
2..10Q,TC(L)=TC(L)+1:TC(LL)=TC(LE)-1 '
2110 PRINT "W="W"KK="KK"LL="LL
2120 LPRINT " W=" W"KK="KK"LL="LL
2130-PRINT "ПРЕОБРАЗОВАНИЕ'ЗАКОНЧЕНО УСПЕШНО".BEEP
Й.40 LPRINT "ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗАКОНЧЕНО УСПЕШНО" ' ■
215Q GOTO 870 <' . J - - • . ;
2160 PRINT "ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ".-BEEP
2170 LPRINT "ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ"
2180 GOSUB 2200 1
2190 BEEP :END
2200-cc=0 7 ' ■ .:• .
22.10 PRINT " I j.. XII - .'СИJ ' СТОИМОСТЬ"
' 2220 LPRINT "Отправитель .^Получатель ' Количество' Цена транспортировки
1ед. 'Обитстоимость пересылки". '
2230 FOR I=1 TOM . . . . ••
.2240 FOR I=1 TO N . . . .
2250 IF IX(I,J)>=0 THEN 2340 ■ '
2260 PP=*C(I,J)*X(J J) . . .
2270 C,C=CC*PP
.2280 PRINT I;J; ...
2290 LPRINT.I;J; ' .
2300 PB=430:P.A=X(I,J):GOSUB.2380-. ,,•'
2310 PA-C(I,J):GO'SUB 2380:PA=PP:GOSUB 2380'
2320 PRINT. . / '■••• .,1 ' ■
2330 LPRINT
2340 NEXT J:NEXTI ' ■ .•
2350 PRINT "ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ РАВНА "CC
2360 LPRINT "ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ РАВНА. = "CC
.2370 RETURN ' .
2380.PC=1NT(PB/100).
2390 P$="
24.0.0TF PC=6 THEN PRINT
' 2410 IF PC=0 THEN LPRINT :GOTO 2440 ;
2420 PRINT LEFT$(P$,PC);
2430 LPRINT LEFT$(P$,PC);
Z440.PC=PB-100*PC

```

```

2451 PD=INT(PC/10):PC=PC-10*PD
2460 IF PD=0 THEN PD=1
2470 IF PA0 THEN P$=P$+"-"
2480 PE=ABS(PA)
2490 PE=PE+5*10^(-1-PC)
2500 IF PE>=10^APD THEN PRINT PA;
2510 IF PE>=10^APE>- THEN LPRINT PA;.-RETURN
2520 P$=P$+MID$(STR$(INT(PE)),2,PP)
2530 PRINT RIGHT$(P$,PD+1);
2540 LPRINT RIGilT$(P$,PD+1);
2550 IF PC=0 THEN RETURN .
2560 PRINT-"."; - . • ' p
2570-LPR1NT
.2580 PE=INT((PE-INT(PE))* 10^APC)
2590 P$="000000000" ; z ■ -
2600 P$=P$+M1B$^(^TK$(PE),2,PC)
2640 PRINT RIGHT$(P$,PC);:RETURN .
2620. LPRINT RIGHT$(P$,PC); :RETURN

```

Приложение 6

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Перший заступник міністра
транспорту України -
Генеральний директор
Державної адміністрації
залізничного транспорту

_____ ' О.ВгСЛОБОДЯН
- 15.02.1999р.

КОНЦЕПЦІЯ . /.

РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ У
ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ ЗАЛІЗНИЦЬ
УКРАЇНИ

У З Г О Д Ж Е Н О :

Заступник Генерального

директора

Державної адміністрації
Залізничного транспорту
; _____ * _____ А.Д.Лашко

Голова науково-технічної
комісії, зав. кафедрою
“Експлуатація та ремонт
рухомого складу” ХДАЗТ .
професор, академік ТАУ
_____ ■' Е. Д.Тартаковський

Начальник Головного управління
локомотивного господарства
Державної адміністрації
залізничного транспорту України

_____ ■' j В.П.Кулешов

ПРИЙНЯТО:

На засіданні науково-технічної
комісії
16 Жовтня 1998р.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Концепцією реструктуризації залізничного транспорту України передбачено як один з пріоритетних напрямків адаптації його до роботи в умовах ринкової економіки приведення технічних, кадрових і матеріальних ресурсів у відповідність з обсягом роботи. По локомотивному господарству передбачається:

- привести у відповідність, виходячи з обсягу роботи і його прогнозування, - кількість локомотивів, в першу чергу, вантажних тепловозів, з урахуванням значного скорочення роботи, яку вони виконують;

- на період до 2005 року забезпечити перевезення - в основному за рахунок існуючого тягового рухомого складу. Зконцентрувати наявні ресурси на збереженні і продовженні його дієздатності.

Окрім цього, перехід на: ресурсозберігаючі, технології по утриманню і ремонту локомотивного парку передбачає комплекс заходів по економії трудових, паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів при покращенні якості утримання та ремонту цих технічних засобів, підвищення рівня їх технічного стану і надійності. В тому числі:

- Оптимізація розташування ремонтних баз локомотивів зі спеціалізацією ремонтних підприємств по типах, видах з концентрацією ремонту на підприємствах з найменшою його собівартістю;

- поступовий перехід від ремонту в певні строки до забезпечення ремонту рухомого складу до його технічному стану з використанням автоматизованих систем керування (АСК);

- розробка і впровадження досконалих засобів технічного діагностування рухомого складу стаціонарних приладів;

- поетапна заміна закордонного обладнання, деталей і матеріалів імпортного рухомого складу на ті, що виробляються підприємствами України;

- створення системи повернення і реновації вузлів і деталей з рухомого складу; який виключається В.інвентаря;

- формування раціональної структури парку локомотивів, що експлуатується, обмеження експлуатації локомотивів з низьким рівнем економічності, використання енергозощаджувальних, оптимізованих режимів ВОДІННЯ ПОЇЗДІВ.

Підвищення конкурентоспроможності залізниць України нерозривно пов'язане з переходом на впровадження та експлуатацію нового покоління рухомого складу.

Повинна активно проводитися розробка нових типів рухомого складу і та досліджень; в тому числі по створенню нового покоління дизель- і електричних поїздів, пасажирських і маневрових тепловозів, магістральних електровозів. Новий тяговий рухомий склад повинен бути максимально уніфікованим, більш економічним в експлуатації і обслуговуванні, ремонтоздатним, припускати гнучку зміну його Потужності в залежності від умов експлуатації.

Система технічного діагностування (СТД) це сукупність об'єктів, методів і засобів, а також виконавців, що дозволяють здійснити визначення технічного стану і виконати прогнозування по цпрай-лам,

встановленим відповідною документацією. СТД повинна бути (на даному етапі) обов'язковою складовою частиною системи планово-запобігаючого ремонту рухомого складу залізниць України.

Система технічного діагностування локомотивів призначається для вирішення наступних задач:

- перевірки справності;
- визначення дієздатності;
- пошуку дефектів.

Встановлюються наступні галузі застосування системи діагностування локомотивів:

- при випробуванні і налагоджуванні в процесі виробництва;
- при технічному обслуговуванні в процесі експлуатації;
- при ремонті.

Вибір виду системи діагностування повинен здійснюватися на основі техніко-економічних розрахунків і технічних ВИМОГ, що відображають специфіку процесу діагностування локомотивів в процесі виробництва, експлуатації і ремонту.

В основу організації ремонту локомотивів покладений принцип планово-запобігаючого-виконання робіт. Вдосконалення системи ремонту здійснюється на підставі: наукового обґрунтування обсягів, періодичності, пробігів між ремонтами, закономірностей розвитку поступових і раптових відмов обладнанню, Накопичення знань про причини відмов, методи об'єктивного контролю за станом деталей, і складових одиниць. Що гарантують їх безвідмовну роботу за певний, термін служби, неминуче призведуть до якісної зміни системи ремонту, яка визначала б планову організацію його початку з ремонтом по фактичному-стану. Впровадження засобів ремонту по фактичному стану пов'язане з вдосконаленням методики і створенням засобів технічного діагностування.

Практичною: визначені наступні Види технічного діагностування локомотивів:

- по призначенню - технічне. Діагностування має бути спеціалізованим і пов'язаним з плановими обслуговуваннями і ремонтами (проведення окремих обстежень і комплексна оцінка стану при планових ремонтах);

- по технологічному обладнанню - діагноз проводиться спеціалізованими приладами або з допомогою основного-обладнання;

- по режиму проведення ; діагностування, планове і по Необхідності;

- по місцю - в системі технічного обслуговування комплексне технічне діагностування при визначенні стану або заключна перевірка після виконання ремонту;

- по типу застосування засобів діагностування - на стаціонарних пунктах, з допомогою бортових систем; з допомогою портативних засобів.

Для одержання інформації про стан тієї або іншої частини елементів або процесів, що протікають, може вивчатися будь-яка частина, цих елементів. Тепловоз, наприклад, має декілька основних параметрів, що характеризують якість його функціонування. Такими параметрами, в

контролю тільки цих функціональних параметрів. У випадках відхилення функціональних параметрів від їх нормальних значень необхідно проконтролювати функціональні параметри підсистем і оцінити їх технічний стан.

Під технологією діагностування і технічного обслуговування слід розуміти сукупність науково-обґрунтованих засобів і прийомів, що забезпечують стабільні показники якості ТРС в експлуатації.

Однією з причин, що стримують впровадження засобів діагностування, є відсутність єдиних принципів організації виробництва, методів розрахунку і технологічного проектування цехів, ліній і постів діагностування, відповідності з їх основними характеристиками; створення і впровадження засобів діагностування, відповідної нормативно-технічної документації. При цьому технологія діагностування і обслуговування локомотивів повинна розглядатися як елемент управління технічним станом, і її вдосконалення дає змогу покращити математичне, інформаційне, технічне і організаційне забезпечення. З такої точки зору питання технології діагностування, технічного обслуговування і ремонту ТРС не розглядалися, що не дозволяло досягати очікуваної ефективності від впровадження окремих методів і засобів діагностики.

Наказом Укрзалізниці; №:187-Ц від 19.12.1995г. "Про покращення технічного утримання і використання тягового рухомого складу", в числі заходів відзначалося: "вважати найбільш важливим впровадження засобів безрозбірної діагностики, механізації і автоматизації технологічних процесів, науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок вищих навчальних закладів, і ПКТЬ, забезпечити виконання ТО і ПР локомотивів у відповідності з технологічною документацією, що відповідає діючим ДСТУ (ГОСТам).

- По мірі впровадження засобів діагностування, і передової технології ремонту, дозволити ; начальникам служб залізниць, за погодженням з Головним управлінням локомотивного господарства, вносити зміни в типові технологічні процеси і обсяг регламентних робіт, передбачені правилами, інструкціями і технологічною документацією для кожного виду ТО і ПР в бік їхнього скорочення.

Стимулювати розробку і впровадження механізованих і автоматизованих робочих місць для персоналу депо, приладів діагностики комплексного і часткового застосування, передових методів скорочення тривалості його виконання. Виділити необхідні кошти для організації в базових депо технологій обслуговування і ремонту ТРС із застосуванням приладів безрозмірного діагностування та подальшою обробкою результатів діагностування на ПЕОМ з прогнозуванням залишкового ресурсу вузлів і деталей".

Розробка цієї концепції є логічним продовженням робіт по вдосконаленню методів і засобів технічного утримання ТРС в локомотивному господарстві з урахуванням перспектив розвитку і реструктуризації залізниць; і сучасного світового досвіду.

2 СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТРС

Реструктуризація локомотивного господарства щільно пов'язана з методичним забезпеченням однієї з задач - створення оптимальної адаптивної системи обслуговування і ремонту. Це, в свою чергу, припускає розробку регламентів (програм) обслуговування і ремонту, заснованих на виконанні обсягів відновлювальних робіт у відповідності з фактичним технічним станом. Велика різноманітність можливих стратегій технічних обслуговувань і поточних ремонтів (ТО і ПР) за станом умовно можна по'єднати в дві основні групи: з контролем рівня надійності і контролем параметрів в експлуатації.. '!' ■

В першій групі обслуговування зводиться до управління рівнем надійності певної сукупності' однотипних- виробів,, а в другій - до управління технічним станом кожного конкретного локомотива. ■ ■

Технічне обслуговування з контролем рівня надійності, включає' в себе збирання, обробку і аналіз даних про надійність і ефективність : в експлуатації ■.сукупності локомотивів або їх вузлів-та прийняття рішень про необхідний обсяг'• профілактичних- робіт для ' усього ' парку. Заміна локомотива. абе: його вузла -здійснюється, як правило, після безпечної для функціональної-системи (депо) відмови. •' \ ...' -

В свою чергу, „обслуговування-і ремонт- з контролем параметрів передбачає безперервний або нерідничий контроль зміни параметрів, які визначають технічний -стан., локомотивів, Рішення' про заміну або Відновлення, дієдатності приймається тоді, коли контрольні параметри локомотивів до сягають, п'ередвідмовного. рівня!-. . . ' ...j ' ..

' . ' .Слід розрізнити два. поняття:“експлуатація' за станом”¹ і “технічне обслуговування і ремонт -за станом”.' В першому випадку йдеться по суті про задачу використання справних і дієдатних локомотивів і правильного функціонування парку,, в другому..; про задачу підготовки-до--використання та забезпечення дієдатності .'і справності' кожного локомотива. Іншими словами,-ми маємо діло або із специфічною технологічною системою, що складається з-однотипних елементів (парку/локомотивів), або з технічною системою, яка складається, з різноманітних елементів в /залежності від конструктивних особливостей. При '-', цьому .'локомотивне господарство можна.увявити у вигляді транспортної системи. . ■ . ' ' ••

', Мінімальною організаційною структурною одиницею, що' зберігає всі основні властивості і функції - галузі в .'цілому, є, локомотивне депо. Транспортну систему можна представити, -як сукупність спільно, діючих - локомотивів, комплексу засобів, і. обладнання для ТО і ПР, машиністів.'і ремонтників, інженерно-технічних працівників (ІТП.) і систему управління експлуатацією. Метою системи ТО'і ПР у відповідності з ГОСТ28.001-83 є управління технічним'станом локомотивів', забезпечення їх задаього рівня готовності-. до використання ” по призначенню,' -Дієдатність в ' процесі експлуатації, мінімальні витрати на-пррведення ТО і ПР.. - . ' .

/Різноманітність.' випадковий- . характер експлуатаційних факторів ' .приводять до .того, що при одному і-тому ж н-апрацюванню або тривалості експлуатації, локомотиви мають .різноманітний' фактичний технічний, стан.

зв'язку з ..цим. .напрацювання або -. календарний, термін .'служби не характеризують однозначно технічний стан кожного локомотива у'процесі експлуатації. Стратегія технічної- експлуатації локомотива багатр в" чому -визначається прийнятими режимами" ТО, експлуатаційною .технологічністю і, ' . ■ зокрема/ ' • показниками . .контрдлегіридатн'рсті, доступності,

легкозйомності, ремонтпридатності і взаємозамінності. Як метод дослідження можна прийняти статистичний аналіз технічного стану та його перехід до інших фаз у реальному процесі технічної експлуатації. У відповідності з ГОСТ24.212-80 стратегія ТО і ПР являє собою систему правил по управлінню технічним станом в процесі ТО локомотива. Стандартизовані наступні стратегії:

ТО за напрацюванням, при якому перелік і періодичність виконання операцій визначаються виходячи із'-' величини напрацювання з початку експлуатації або після КР;

ТО -"за станом, при якому перелік і періодичність, виконання операцій визначаються фактичним технічним станом локомотива в момент початку технічного.обслуговування; .

' . ремонт-з-а напрацюванням;. при якому обсяг "роз-бирання і дефектації призначається, .едй.ним. ^ля - усього парку', однотипних локомотивів в залежності від напрацювання. з початку експлуатації, або -після КР, а перелік б'пераЦій відновлення в.изначається з урахуванням результатів дефектації вузлів і деталей;

ремонт за. станом-,' при якому перелік.-операцій, в тому' числі і разбирдння локомотива, визначається, згідно результатів діагностування, що'--здійснюється .перед початком ремонту^ 'а також "за- даними про його надійність: •- У.-.

•Основним принципом стратегій ТО і.ПР за станом можна вважати сувору, плавність- при проведенні форм- ' технічного обслуговування і .ремонту. • Однак 'планованими повинні бути лише частина "стандартних .регламентних операцій по напрацюванню, роботи. по. Технічному діагностуванню -та контролю і періодичність'-їх виконання.: Регулювальні, демонтажно-монтажні, відновлюваль-ьні ' роботи, повинні, виконуватися тільки за результатами діагностування і контролю. •. у

Інший важливий' принцип обслуговувань .'за станом - своєчасне попередження відмов ' вузлів-■ і - агрегатів, виходячи із забезпечення максимально, можливого напрацювання їх що заміни .

Наступний-;■ .важливий принцип... - забезпечення економічності технічної експлуатації, шляхом; застосування оптимальних стратегій ТО і ПР за рахунок найбільш повного використання дієздатності кожної .деталі, маючи на увазі стратегії експлуатації до випрацьовування (строку служби), до'відмови., до передв'дмовногб стану.- ' . ?• .

• -.Очевидно, що окремі, вузли. ;і. агрегати . локомотивів можна експлуатувати.,, обслуговувати і ремонтувати, як правило, тільки, по одній з означених ..стратегій. Для функцібнальних.'систем і локомотивів в .цілому найбільш імовірно застосування всіх означених стратегій або змішаної стратегії.. Досвід'.створення такої системи ТО і ПР для локомотивів вже існує/. Важливо, на .даному етапі' визначитися .вконцепціях розробки технічних вимог- на нові локомотиви з урахуванням значного підвищення якості, конструктивного і технологічного забезпечення в цілому;.створення вбудованих : і 'зовнішніх . засобів - діагностування;- експлуатаційної технологічності; розробки для. кожної серії, локомотивів стратегії і тактики ТО.-і ПР після побудови; після КР і в експлуатації..'

Враховуючи такий підхід, .у деяких наукових-підрозділах країн СНД розпочалися роботи,' які ... передбачають' .створення на. ..'підставі експлуатаційної інформації- варіантів-' адаптивного ' оптимального

регламенту ТО і ПР для опорних депо. У цих розробках ТО розглядається з позиції теорії масового обслуговування: діагностування - технологічний елемент ТО; результат діагностування - призначення категорії терміновості вимог і визначення дисципліни обслуговування; стратегія управління парком - на основі дифузійних моделей надійності систем, які складаються з однотипних елементів; процес діагностування - технологічний процес здійснення контрольно-діагностичних операцій.

Технічні вимоги на створення н'ових локомотивів повинні передбачати можливість широкого застосування цих стратегій при експлуатації ТО і ПР за станом з урахуванням наступних умов:

- - конструкція локомотива повинна бути контролепридатною і забезпечувати проведення дискретного або безперервного контролю параметрів технічного стану (моніторинг);

- конструкція систем і вузлів, локомотива повинна мати високий рівень експлуатаційної технологічності;

- повинні бути визначені параметри і режими діагностування, їх граничний рівень і періодичність; розроблені ефективні заходи і засоби діагностування, засоби збирання і обробки статистичної інформації про технічний стан із застосуванням ЕОМ;

- встановлена періодичність і обсяг контролю технічного стану локомотива в цілому;

Вимоги до конструкції ТРС по виконанню, змащувальних, контрольно-регулювальних робіт повинні зводитися до того, щоб мінімізувати їх кількість і уніфікувати типи мастил, що будуть застосовуватись; Забезпечити легкий доступ до різьбових сполучень, які вимагають перевірку зусилля затягнення; скоротити число типорозмірів кріпильних Деталей; уніфікувати розміри Під ключі головок болтів і гайок; забезпечити встановлення вбудованих, датчиків і вивідних пристроїв для вимірювання параметрів, при ТО без демонтажу вузлів з локомотива; уніфікувати грієднувальні місця (штуцера, рбзйоми та іц.) для під'єднання до локомотива контрольно-вимірювальної апаратури. Конструктивне виконання і розташування систем і обладнання на ТРС повинно виконуватися з урахуванням доступності, легкості і взаємозамінності. Основні вимоги експлуатаційної технологічності (швидке відшукування несправностей, заміна вузлів і агрегатів, перевірка дієздатності і ін.) повинні поєднуватися з параметричним резервуванням по основних параметрах і пристосованістю до "немиттєвого" усунення несправностей, що виникають. Повний обсяг контрольно-діагностичних операцій передбачається виконувати, коли локомотив готують до зміни сезону експлуатації. Потрібні також розробки технічних вимог на оснащення пунктів технічного діагностування, а для обслуговування маневрових тепловозів - на пересувні станції технічного діагностування: В кожному, опорному депо ПОВ.ІН.СН ВИДІЛЯТИСЯ ДОСЛІДНИЙ парк, локомотивів

для здійснення варіантів ТО по технічному стану. . .

З СВІТОВИЙ ДОСВІД ПО ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРС НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

З 1980 р. в. Германії застосовується система "Micas", призначена для

визначені експлуатаційні дані і порівнює їх з відповідними нормативними величинами. При наявності відхилень - у робочих процесах від норми, система записує основні параметри й найважливіші побочні дані в спеціальний запам'ятовуючий пристрій. До побочних даних, діагностування у цій системі належать: порушення в роботі трьохфазного тягового привода, миттєве значення потужності, струм .Двигунів, напруга в контактній мережі та ін. У дійсний час „система “Micas” використовується на електровозах E120 (Германія), .EA3000 .і EA7000 (Данія), EJ7 (Норвегія), E.іб'б3 (Австрія), тепловози CP4744. (Канада).

Фірма “SIEMENS” (Германія) у 1979р.: розпочала випробування системи “Sibas-16”. Систему можна використовувати на ТРС різних типів. Система проводить комплексне виконання, задач, в числі котрих є контроль протигазного захисту, - регулювання струму через ТЕД, - захист ТЕД від надмірного струму, контроль роботи - силової-електроніки і комутації ТЕД, регулювання; режиму, тяги. і, гальмування, оперативне діагностування - і пошук несправностей... Система “Sibas-16” може виявити і визначити порядком 100 різноманітних несправностей наступною їхньою класифікацією.

На електропоїздах-X2 (Швеція)-застосовується система-управління і контролю “TRACS” фірми АВВ. Підсистема- діагностування рухомого складу Цієї системи складається з трьох рівнів:

перший, рівень включений; постійно і знаходиться під контролем. Дані по несправностям, а також рекомендації по їх усуненню передаються машиністу на дисплей;

другий рівень це експлуатаційна перевірка, коли машиніст приймає поїзд;

третій рівень здійснюється при планових ревізіях електропоїзда, які проводиться, один або два рази на рік.

Перевірки здійснюються -ремонтним персоналом і виконуються в формі діалога з поїздом ЕОМ. Для цього використовується невеликий стандартний термінал. Аналізуються несправності, записані в пам'яті ЕОМ;-функціонально перевіряються окремі вузли і агрегати електропоїзда.

Ряд зовнішніх і вбудованих систем діагностування розроблені і використовуються в; США, Японії, Англії, Канаді, Франції. Вони мають приблизно однакові функції з системою “TRACS”. З систем діагностування, що експлуатуються на залізницях Росії,-можна відзначити зовнішню систему- діагностування для електровозів ВЛ80Р, ВЛ85 в локомотивному депо Бототол. Красноярської залізниці, систему діагностування механічного обладнання в локомотивному депо Горький. - сортувальний. Горьковської залізниці; Систему діагностування-електровозів ВЛ10 - в локомотивному депо М.осковка Західно-Сибірської залізниці.

Найбільш перспективні ідеї закладені в систему АСУБ, яка реалізує принципи управління і діагностування. Система АСУБ реально підготовляє локомотив до організації системи Т.О і П.З-урахуванням технічного стану обладнання, технологічному процесі діагностування локомотива виконуються три основних функції: одержання; інформації про Технічний стан конкретного обладнання або деталі методом вимірювання контрольованого параметру, котрий вибирається системою АСУБ, обробка і

аналіз отриманої інформації на ЕОМ, оцінка стану діагностичних елементів і прогнозування залишкового ресурсу.

НДЦ-ЕЛ-ВНДІЗТ МШС РФ розробив і впровадив у деяких депо ряд діагностичних засобів для локомотивів та моторвагонного рухомого складу. Спеціалісти ставили перед собою задачу створити уніфікований комплекс для оцінки технічного стану обладнання рухомого складу. При цьому було використане єдине структурне рішення щодо проектування автономних і переносних мікропроцесорних контролерів для збирання

інформації. Основу структури цих приладів складає плата центрального процесора на базі мікропроцесорного комплексу серії 181,0. Мікропроцесорний контролер, виконує функції вимірювання запам'ятовування інформації, відображення результатів на спеціальному індикаторі, передачі накопиченої інформації на дифродрук або персональний комп'ютер. На базі цієї мікропроцесорної плати і уніфікований допоміжних блоків, які перетворюють аналогові та дискретні сигнали; побудована єдина архітектура портативних засобів для технічного діагностування рухомого складу. На основі цих уніфікованих вузлів створений ряд діагностичних приладів серії "ТЕСТЕР".

Прилад для контролю силових, та низьковольтних мереж електровоза та електропоїзда "ТЕСТЕР-Ем" призначений для оперативного визначення технічного стану вузлів і агрегатів електрообладнання локомотива відповідності з заданим алгоритмом вимірювання. Він забезпечує контроль і оцінку електричних параметрів допоміжних машин і мереж управління. Вбудований індикатор дозволяє відображати результати перевірки на екрані не тільки в цифровій, але і в графічній формі. Можливості вбудованої пам'яті дозволяють провести вимірювання параметрів на локомотивах і зберігати цю інформацію в приладі протягом 24 годин. Прилад має послідовний порт RS-232, по якому дані вимірювань можна вивести на цифродрук або на персональний комп'ютер. Прилад дозволяє вимірювати величину струму, напруги, опору в силових і низьковольтних мережах локомотива відповідності; з заданим алгоритмом. Таким чином, цей прилад являє собою автономний, переносний контролер для збирання інформації про технічний стан електрообладнання з подальшою передачею на автоматизоване робоче місце (АРМ) по аналізу діагностичної інформації.

Другий варіант, уніфікованого діагностичного засобу "ТЕСТЕР-Кп". Він являє собою прилад для вимірювання і контролю геометричних розмірів колісної пари, товщини і діаметра бандажа. Структурно прилад складається з уніфікованого контролера, який виконує функції вимірювання, запам'ятовування, відображення на спеціальному індикаторі і передачі інформації на персональний комп'ютер або цифродрук.

На рисунку 1 зображена блок-схема коректування переліку необхідних операцій на ТО-3, ПР-1.

Стосовно до ремонтів ПР-2 і ПР-3 ТРС ефект діагностування, може виявлятися не стільки у зміні складу регламентних робіт скільки в індивідуальній, чисто локомотивній характеристиці термінів виконання цих ремонтів;

Так, виключення з переліку ремонтних операцій ПР-2 (ПР-3) роботи по ремонту якогось вузла, одного локомотива може бути виправданим лише в тому випадку, якщо величина розрахованого з допомогою АРМ

.залишкового ресурса цього вузла перевищує його нормативне напрацювання до наступного, чергового ПР-3 або КР.

При обґрунтованому доказі норм періодичності ПР-2 і ПР-3 таке велике значення залишкового ресурса мало ймовірно. Індивідуальне ж коректування термінів відставлення локомотивів в плановий ремонт можливе - по інформації про залишковий ресурс вузлів, які лімітують напрацювання до такого, ремонту. В даному випадку, в зв'язку з імовірностним характером спрогнозованої величини залишкового ресурсу 'Лімітуючих /вузлів, вони підлягають' регулярному - діагностуванню у експлуатації із збільшенням пробігу (для уточнення прогнозу),.

■ . ' АРМ повинен, бути, пристосований до його використання в складі АСУТЧ; тобто являти собою частину локальної мережі АРМ в депо, щоб зменшити обсяг Введеної в АРМ інформації- за рахунок "перекачування" її (шляхом межмашинного обміну) з інших АРМ (наприклад, групи обліку), а також для того, щоб відомості, що містяться в АРМ-, могли бути в свою чергу використані на інших АРМ (наприклад, технолога, ремонтного диспетчера/заступника начальника депо по ремонту та ін.).'

..... У відповідності з цим-задачі/діагностування тягового рухомого складу повинні вирішуватися з допомогою функціональних підсистем, що мають наступне призначення;-У

■ - стаціонарна система діагностування для локального контролю, поглибленого діагностування (до рівня елементів), аналізи і дефектів, а також прогнозування, залишкового ресурсу і рівня безпеки основних вузлів і агрегатів обладнання локомотива (за результатами аналізу діагностичної інформації-, призначаються регламентні роботи; по технічному обслуговуванню і гіточному-ремонту)-;.

. . - бортова (вбудована), автоматизована система діагностування для оперативного контролю і діагностування основних вузлів обладнання; контролю готовності обладнання до роботи; введення в оперативну пам'ять характеристик-дефекта; що розвивається; індикації технічного стану підконтрольних вузлів, робота в діалоговому режимі з експертною системою для запобігання відмов, що загрожують безпеці руху поїздів; •-

• автономна система діагностування для контролю вибраних параметрів з метою; оцінки/працездатності вузла - або апарату- ТРС, порівняння їх з браковочним значенням, архівація даних контролю в оперативному запам'ятовуючому пристрою для наступної передачі в ЕОМ.

• Слід відзначити, що оснащення локомотивів бортовими діагностичними приладами, які контролюють стан його вузлів під час руху у порівнянні з приладами наземними, (переносними, автономними або стаціонарними) дає можливість отримувати більш повну і, точну інформацію, але може опинитися більш-дорогим?

'Це обумовлено тим, що сума цін бортових, приладів, число яких дорівнює кількості, локомотивів в депо, як правило, значно перевищує вартість мал-очисельних переносних приладів, або стаціонарного діагностичного устаткування. Тому прийнято одержувати інформацію з борту і від приладів, що виконують, головним чином, функцію автоматичного управління докомотивом. Цьому випадку бортові прилади суміщують функцію управління і Діагностування. в одночас, що скорочує термін їх окупності.

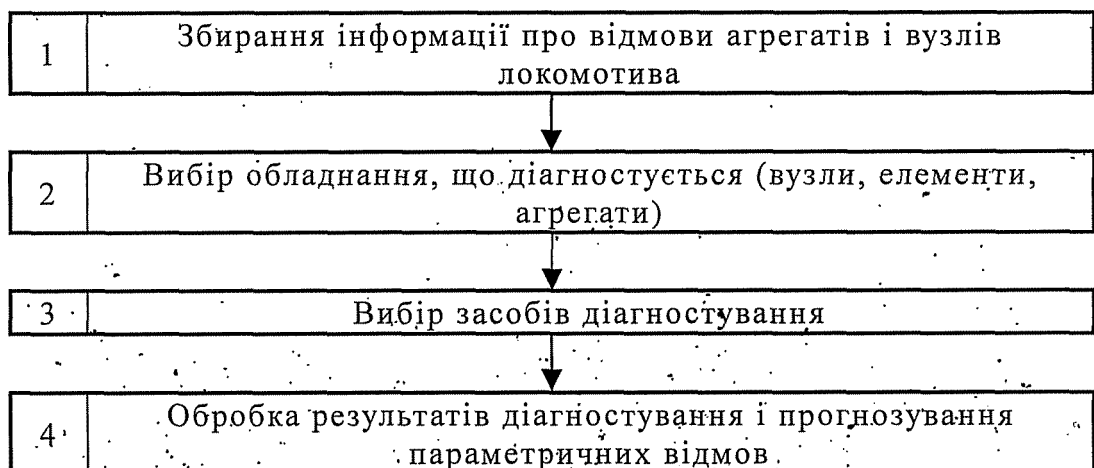




Рис. 1,- Схема'коректування переліку необхідних операцій, на ТО-3 і ПР-1

4 ПЕРЕЛІК ПРИЛАДІВ, ЯКІ МОЖУТЬ БУТИ ЗАСТОСОВАНІ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ ТРС

Аналіз пристроїв технічної' діагностики, розроблених на Україні, і в країнах СНД, показав' можливість першочергового застосування' наступних з них:'

№ П/п "-	• • . Найменування приладу	■ ■ . Місце застосування	Примітка
' 1 .	Створені: ..		
' 1-I-	Електронний мегомметр для перевірки/ стану • . " ізоляції	Локомотиви всіх ' . серій	

	електричних мереж.		
1.2	Мікропроцесорний прилад для діагностування РЧО дизеля	2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, ЧМЕЗ	
1-3	Прилад для діагностування схеми., збудження • тепловозів без	2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, ЧМЕЗ ;•	
1.4	■ навантаження використання 'на < стойлі реостатних випробувань	2ТЭ10 в/і,' ' '	
1.4	Прилад ' • для* . діагностування" паливної апаратури дизелів . "	■. 2ТЭ-116, ЧМЕЗ, мб2 ;	
1.5	Електронний ; багато-функціональний стетоскоп	Локомотиви всіх ■ серій	
1.6		' 2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, М'62 '	
1.7	Мікропроцесорний- прилад ; • для діагностування турбокомпресорів	Локомотиви, всіх .серій	
1-8	Прилад для визначення' ■ стану вологості бункерного піску	Тепловози. ВСІХ' серій	
1.9 -	Пристрій • для перевірки ЩІЛЬНОСТІ' циліндро-поршневої групи дизеля	Тепловози всіх серій	
1.10	Прилад 'для визначення місця, замикання, на корпус у електричній мережі локомотива без', розбирання клемних рейок	• ' *» Локомоти-ви ВСІХ ' • серій - ■	
■І. И	Прилад' для визначення статичного напору повітря в ' . тягових-ейс^т-родвигунах.. • . .	ВЛ11 ' :	
1.12	Переносний прилад . для перевірки на електровозі датчиків боксовання ДКБ-019 ” '. протибксовоч'ного захисту	... - ЧС в/і	
1ЛЗ	Прилад для оцінки стану буксових • підшипників ' , . колісних - . . пар'-пасажирських, електровозів	Електровози усіх серій	
1.14	Прилад' для визначення', /стану підшипників, електричних • машин електровозів. ' ■ '	- // -	
	Електронний прилад.' . для		

	електричних машин електровозів	- II -	
1.15	Прилад для визначення цілісності силових кабелів електровозів	- II -	
1.16	Прилад для перевірки якості дугогашення в . рилових електричних апаратах електровозів (електромагнітних і , електропневматичних)	- II -	
■ 2	<u>Вимагають розробки:</u>		
2.1	Волокно-оптичний ендоскоп для огляду деталей, розташованих у в'ажкодосіупних місцях.	Локомотиви всіх серій	
2.2	Комплексний пристрій контролю стану підшипників . .	- // -	
" 2.3	Пристрій для контролю силових і низьковольтних мереж локомотива (ТЕСТЕР-Е). / . . .	- ■ II -	
2.4	Автоматизована система контролю і діагностування електрообладнання локомотива (АОКД-Л)	- II -	
.. 2.5	Пристрій для контролю геометричних параметрів колісної пари : ' . .	- II -	

5 НАПРЯМКИ НАУКОВИХ РОБІТ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

Основними напрямками наукових розробок, враховуючи специфіку роботи локомотивного господарства залізниць України, слід вважати:

розробку • • програмних комплексів оцінки ■ експлуатаційної ефективності нового і модернізованого ТРС із створенням моделей і алгоритмів діагностування; ‘ ’

- розробку і впровадження автоматизованих систем діризначених для збирання, Обробки, і накопичення інформації для оцінки реалізації основних параметрів локомотивів в експлуатації; •

створення теоретичних передумов і-' програм розрахунку • технологічних, процесів -ТО і -ПР із застосуванням оїстем технічного "діагностування; ■

- розробку бортових (вбудованих) систем діагностування нового і модернізованого ТРС;

розробку і впровадження переносних портативних мікропроцесорних приладів експрес-аналізу для хімічних лабораторій, створення центру по координації і керівництву роботами хімічних лабораторій; ■ •

створення стаціонарних і пересувних пунктів технічної діагностики і ; екологічного контролю ТРС, оснащених сучасними приладами діагностики і моніторингу; •

■. - розробку нормативно-технічної.. документації, стандартизацію, метрологічне' (забезпечення - ..і ' сертифікацію систем технічного діагностування. - ' .•.

6 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ СТАНДАРТИЗАЦІЄЮ, МЕТРОЛОГІЄЮ І СЕРТИФІКАЦІЄЮ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ

Виконання робіт, пов'язаних із: стандартизацією, метрологічним забезпеченням і сертифікацією методів і засобів діагностування рухомого складу, повинно базуватися на ■ основних . положеннях слідуючих нормативних документів: •

ДСТУ 1.0-93 Державна система стандартизації. України. Основні положення.;

ДСТУ 1.2-93' Державна система стандартизації України. Порядок розроблення, державних стандартів.; ... • ■

. ДСТУ 1.4-93 . Державна - система стандартизації 'України. Стандарти підприємства. Основні положення.; У ■ . ■ .

ДСТУ 2682-94 Метрологія. Метрологічне забезпечення. Основні положення.;

ДСТУ 2708-94 Метрологія. Повірка-засобів Вимірювань. Організація і порядок проведення.;

ДСТУ 3412-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій та порядок їх акредитації.;

ДСТУ 3413-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції.;

ДСТУ 3414-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок здійснення.;

Роботи по стандартизації, метрології і сертифікації засобів діагностування повинні виконуватися одночасно по таким напрямкам:

- створення нормативної бази, тобто затверджених і зареєстрованих встановленим порядком документів, що мають державний або галузевий рівень, і забезпечують правову основу методів діагностування;

- розробка і затвердження методик повірки розроблюваних засобів діагностування, оцінки достовірності і точності методів діагностування;

■ розробка галузевого Нормативного документа на засоби технічного діагностування з основними вимогами до таких виробів; ■

.. - підготовка і акредитація у системі УкрСЕПРО лабораторій сертифікаційних випробувань засобів діагностування рухомого складу.

7 ПІДГОТОВКА КАДРІВ

Розробка, впровадження і експлуатація засобів технічного діагностування пов'язана з рівнем підготовки і кваліфікацією розробників, проектувальників, виготовлювачів апаратури, а також обслуговуючого персоналу.

З цією метою необхідно: ■

- внести зміни в навчальні плани і програми підготовки фахівців всіх рівнів від молодшого фахівця до магістра пб спеціальності “Рухомий склад та спеціальна техніка залізниць”;

- підготувати і видати відповідну навчальну, методичну і наукову літературу;
- покращити- матеріальну базу кафедр вищих. наукових закладів , (ВНЗ), що випускають фахівців для розробки і експлуатації систем технічного діагностування, оснастити їх і опорні депо сучасним лабораторним обладнанням.; мікропроцесорною технікою, ПЕОМ;
- зразки розроблених приладів і комплексів з відповідною документацією передавати- в ВНЗ для навчання студентів і підвищення кваліфікації викладачів;
- проводити перепідготов-ку кадрів через інститути- і факультети підвищення кваліфікації;
- максимально залучати до розробок -систем технічного діагностування, студентів, .що' після'закінчення. ВНЗ будуть експлуатувати нові системи -і' прилади;
- спрямовувати студентів залізничних ВНЗ в більшості на виробничу практику і роботу в опорні.базові депо;
- організувати статкування ведучих фахівців по створенню систем технічного, діагностування-в*закордоні^ фірмах;
- г збільшити, прийом в аспірантуру і, докторантуру по наукових напрямках, пов'язаних з розробкою і, впровадженням' систем технічного діагностування ТРС

Приложение 7

Перечень
ЗИП для ПТО тепловозов 2ТЭ10(в.и.) и период их пополнения

Наименование	Количество в ЗИП ПТО, шт.	Период пополнения, мес.
1 .Адаптер форсунки	2 .	6
2.Форсунки топливные.	4 ' ,	6
3'.Адаптер индикаторного крана ' ■	' 2. '	6
4'.Кран индикаторный	4 ' • .	•. 6-
5.Маховичо.к индикаторного крана	. 4	/12 ,
6.Люк дизеля смотровой НИЖНИЙ.	•4 ■' ■■	12
7. Люк дизеля смотровой верхний	' 2	12
8.Трубка топливная высокого давления сливная от топливного насоса..	• 1Q	6 .
9.Трубка от фильтра тонкой очистки топлива к топливному коллектору ■ .	■ .. 2	, 6
10,Прокладки регулировочное к-топливному наосу ■	. 10	6
11 .Прокладки медные под адаптеры форсунки . И. индикаторного крана ' .	ю	6
12.Ко льда уплотнительные под адаптеры форсунки и индикаторного крана	10	6
13 .Уплотнительное кольцо резиновое '■ •переходного патрубка '	10 ' .	6
14.Прокладки верхнего смотрового люка рессивёр.а	■ 5	6
15.Прокладки нижнего-.смотрового люка рессивера ' . •	10	6
16.Труба соединительная глушите ля	2	12
17.Трубки к злекіропневматическим вентилям	:2	6
18.Уплотнение брезентовое между фильтром и	'4-	6

патрубком турбокомпрессора	2	12
19.Фильтр турбокомпрессора	10	12
20.Уплотнение маслоподводящего . наконечника к турбокомпрессору (резиновое); • ■ . I. ■	0,5кГ	3
21.Сальниковая набивка водяного насоса	■2	12
22.Рычаг сальника основного насоса	4	6
23.Шланг (дюритовый рукав) водяной системы	■2	12
24.Шланг (дюритовый рукав) масляной системы	2	.24
25.Щланг к водяной трубе под. расширительным баком	2	12
26.Шланг к трубе воздухоохладителя	25м.	6
27.Шланг дюритовый 032мм.	25 м.	.6
28-Шланг дюритовый 038мм..	■5	12
29.Стекло водомерное	2-	12
30.Соединительная трубка между глушителями •'	2	12
31 .Вал карданный привода вентилятора ■холодильника	2	12
,32.Вал карданный привода вентилятора главного. генератора .. • • • •	. -30 ■ 4	6- 12
33.Заглушки секции холодильника.. *		
34.Амортизатор .муфты топливоподкачивающего насоса	.5 .10	12 6
35.Прокладка фильтра грубой очистки топлива ■	5м ² .	6
36.Прокладка топливного насоса • • ,	10м.	12
37.Паронитлистовой (толщина 14-2,5мм) ... ' .	25	6
38.Асбест шнуровой . . '	*	
39,Салфетки технические (200x400мм.) ■	250	6
40.Болтыгрязных.размеров' : ■ -	250 200	6 6

41 .Гайки разных размеров	50	.12	
42.Шайбы разные разрезные	1	12	
43.Шпильки разных размеров	10	6	
44.Клапан редуционный гидроредуктора	5	6	
45.Вентиль дренажной трубы	10	6	
46.Болты пластинчатых муфт с гайками ■« *	10	12	•
. 47.Болты полужёстких муфт с гайками	5	12	•
48.Манометры разные . ■	-		•
49.Кольца резиновые уплотнительные переходного патрубка воздухоохладителя	1	24	•
50.Трубка дифманометра .	2	24	
. 51 .Колодка контактная дифманометра'	5	6	
52.Секции холодильника i .	5	12	
53 .Муфты соединения карданных валов	2	12	
5.4.'Прокладка под. фланец электропневматического вентиля	5	12,	
• . .	ю	.12	
.55.Прокладка фильтра тонкой очистки масла	10	12	•
56.Прокладка фильтра.грубой очистки масла	50	3	
.57.Прокладки под секцию холодильника			
5 8 .Щетки для тяговых двигателей ЭД-118А (ЭГ-61) 2(12,5X40X64); • • .	75	3	
.5'9.Щетки для главного генератора ГП-311Б. (ЭГ-14 или ЭГ-74). .	25	6	
60.Щетки для вспом*. машин (ЭГ-14) (12,5X44X40) - ■	5	12	•
61 .Щеткодержатели для двигателей ЭД-118А	2	12	•
62.Кронштейны щеткодержателей Для • двигателей ЭД-11,8А5	12	•
.63 .Изоляторы фторопластовые для. двигателей			»

ЭД-118А	2	24
64.Крышки коллекторных люков двигателей	2	24
ЭД-118А:	2	24
- верхняя		
- нижняя	2	24
- боковая		
65-Болт БВ10х16/1 (пробка-патрубок для тюдаци смазки, в якорные подшипники)	10	6'
	5	12
66.Перемычки для аккумуляторных батарей		
67.Пробка с уплотнительной прокладкой для аккумуляторных батарей	200	3-
	50	6
68. Электро лампы: ' •	100	12, '
т СЦ-21 (110В, 40Вт) '	100	6.'
. ■ ' • --Ж80.-60- (80В, 60Вт) ■' -	50	■ 6
. -'СМ-26-25. (26В, 25Вт)	100	6
. -Ц-Г27-25Л (Г27В, 25Вт) ■		
■ - РН-ПО-50 (11.0В, 50Вт)	20	'''6
- прожекторная ПЖ-50-500 '		
69.Патроны и плавкие вставки на 125А и 160А к панели типа ПП-4035 .	20	6
70.Патроны -и плавкие вставки на 10А и 15А к панели ПШ-3А-4	20	6
71.Патроны и плавкие вставки-на 25А, 15А и -10А к панелгг ПП.1-11А-1 • 7	.1	6*
	1	6*
72. Регулятор напряжения БРН-3В		-
	1	12*
73.Панель реле обратного тока ПР-26А2 '	•1.	3*
74:Панедь с выпрямителем ПВК-8011 .	' 10	6* •
75.Реле давления масла КРД4 . ' . * . * . • ♦ '		
76.Электропневматические вентили типов ВВ- ■1000 ' .	■2	6*'
77. Электропневматический. контактор ПК- 763Б3 й ПК-7.54 (2ТЭ10Л) ' • / .	2	6*
■7 8.Контактор электропневматический типа ПКГ-565 • • . ' . " . • • ' ' .	■2 2	12* 6*
79.Контактор электромагнитный типа ТКПМ- 121 . ■ ■ ' .	2	12*

80.Контактор электромагнитный типа ТКПМ-11,1	5	6*
81.Контактор электромагнитный пуска дизеля типа КПВ-604	1	12*
82.Реле управления ТРПУ	1	.12*
82.Реле управления ТРПУ	2	6*
■ "83 .Реле заземления Р-45Г2-1Г 1	1	12*
84.Блок боксования ББ-303	1 -.	1'2* . . .
85.Реле времени электронное ВЛ-52	.10	.3
86.Рёле времени .электромагнитное РЭВ-812 .	10 ' .	■-3-
87Теле перехода Р-42Б-3	2	12
88.Контакт подвижной реверсора ППК-8601	2	12
89.Контакт неподвижный реверсора ППК-8601	2	12
90.Вольтметр'0- 1000В, М42100 J	2	12
91.Вольтметр-0-150В, М42100 ". ,	50	6
92. Амперметр' 150-0-150А, М42100 '	5	12
' 93 .Амперметр 0-6000А, М42100	' 5	'12 :
94.Выключатель (тумблер) ТВ' 1-2, ТВ 1-4 •	1	24
95.Кнопки КЕО 11 v ,	1	24
96.Палец контактный и контакт неподвижный контроллера машиниста • • ■	5.	■ , 12
■97.Электромагнит дизеля .ЭТ-52, ЭТ-54	'5	12
98.Выключатель концевой ВПК2110	'1 ■	24
^ .Указатели и датчики электроманометров	1	24
100-Указатели-и датчики электротермометров	1 '.	6*
,101.Индуктивный датчик ИД-10	2	'■3*
102.Панель выпрямителей, амплистата ПВК-6040-и' ДВГ-7080	5	3

103.Кран машиниста усл. №394	1	6
.104.Кран вспомогательного тоомоза усл. №254	4	3*
105.Рукава концевые	4	3*
Юб.РелеРДК	5	12
107.Редуктор Скоростемера	5	12
108.Привод скоростемера .	15	6
109.Клапан'нагнетательный компрессора	5'	6'
*110.Клапан всасывающий компрессора	5	12
' 111 .Диафрагма (мембрана) тифона ■	.4	6*
112.Комплект фитилей в.сборе с коробкой ■ польстерного устройства тягового двигателя ЭД-ИЗА' ■	4	6*
11-3.Фитинги .стальные или полиэтиленовые для смазки шарниров рессорного подвешивания . . . >.	4	6*
11.4.Болты крепления шапок'тяговых электродвигателей ЭД-118А ' •	4	6*
115.Болты крепления крышек букс тяговых электродвигателей ЭД-118А • '	2	12
■116.Болты крепления кожухОв зубчатой передачи тяговыхэлектродвйгателей ЭД-118А	2	12
117.Крышки заправочной горловины букс (шапок) моторно-осевых .подшипников в . сборе'спружинной'осью и. шплинтом .	2	12
118.Пробки букс (шапок) мбторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей	2	12
119.Крышки горловин кожухов зубчатой Передачи в сборе с осью и шплинтом	2	.12
120'Запррная ручка с пружиной, втулкой и штифтом для крьхщки горловины, кожуха* . зубчатой передачи : .■ ■. ■■ ■-' _'	2	6
.121;Пробки (контрольных отверстий) кожухов, зубчатой передачи ' .	100	2

•122.Пружина цилиндрическая рессорного подвешивания	10	6
123.Колодки тормозные	5	12
124.Чека тормозной колодки	25	6
125.Башмдки тормозной колодки	20	■ £>
126.Пружина подвески тягового электродвигателя ЭД.-118А	2	.12 .•.
Г27.Болты- с гайками трамвайной подвески тяговых электродвигателей	•2	12
128.Валики (оси) тормозной рычажной передачи	•...4	24
129.Шпилька.подвески тормозных колодок	■ 2	24
130.Валики рессорного.подвешивания	2-	12
131 .Скобы предохранительные (в сборе с гайками) рессорного подвешивания	5	12
132.Скобы предохранительные (в сборе с крепящими болтами.и- гайками винтовой стяжки тормозной рычажной передачи)	10	' 3
133.Б.болты с гайками крепления подбуксовых струнок	5	6
Г34.Хомуты пескопроводных-труб	4	6
135 .Маятниковые пбдвескй автосцепки		
136.Форсунка песочницы		

.Примечание.. Знаком (*) . отмечен период пополнения ЗИП из ремонтных подразделений' ■ : ■ . ;

Приложение 8



МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
 ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

252034, м. Київ, вул. Лисенка, 6

Тел. 223-63-05, факс 227-65-96

kfi/UZ/S 199 fp.

НАЙ А З

Про утворення науково-технічної комісії для вирішення питання впровадження засобів діагностики в локомотивному господарстві

За останні роки зменшення кількості порч та відказів тягового рухомого складу відбувається відносно, повільними темпами. Це пов'язано, в першу чергу, неможливістю своєчасної заміни старіючого парку та відсутності чіткої системи прогнозування технічного стану тягового рухомого складу в цілому та його складових вузлів.

З боку галузевих, інститутів припинені наукові, розробки в галузі діагностики, що є невід'ємною, складовою частиною технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту Тяго'в.ого рухомого 'складу.

Де роботи по розробці та впровадженню систем діагностики іє залучені достатній мірі-науково-дослідні інститути, провідні вчені та спеціалісти галузі, відсутня науково обґрунтована концепція з цього питання.

З метою забезпечення необхідного, рівня експлуатаційної надійності локомотивного парку

• НАКАЗУЮ:-< ■' -.'

1,- Створити при' Головному управлінні локомотивного, господарства {науково-технічну комісію, по; вирішенню питання -розробки та впровадження засобів'діагностики, залучивши до неї провідних- спеціалістів. різних галузей науки та техніки за їх згодою. •.. ■ ■ ■ ■ ■

2. Покласти на дану комісію Організацію розробки науково-технічної

до наказу

від

.

СКЛАД .
науково-технічної комісії по розробці та впровадженню
систем діагностування тягового рухомого складу (ТРС)

Голова комісії:

■
 Тартаковський Є. Д. - д/т. н., проф., завідувач кафедри
 “Експлуатація та ремонт рухомого складу” ХарДАЗТ

Заступники голови комісії:

. Снітко М. П. - заступник начальника Головного
 . у правління, локомотивного господарства
 Укрзалізниці ■’
 , Чистяк В. Г. - заступник головного інженера Головного
 управління локомотивного господарства Укрзалізниці

Секретар комісії: -

Бабанін О. Б. - к. т. н./доцент ХарДАЗТ . :

Члени комісії:

М. атяш В. А. - заступник начальника Лівденної залізниці
 Міщенко К. П. - / ■’ головний конструктор
 ДХК “Лугапськтепловоз”
 Браташ В. О. - д. т. н., проф., директор УЕЛНДІ .
 Гетьман Г. К. - к. т. н., проф., завідувач кафедри
 ■ ДДТУЗТ
 • Панасенко М. В. - д. т. н., проф., завідувач кафедри
 ■ “Системи електричної тяги” ХарДАЗТ

Робочі групи, по наступним напрямкам:

- створення бортових систем діагностування для нового ТРС
 (керівник робочої групи - директор НДІ “Квант-транспорт”, д. т. н., проф.
 Черевко В. Л.);

- розробка, та впровадження, ефективних, технологічних процесів
 технічного обслуговування і поточних ремонтів із застосуванням засобів
 діагностування і сучасних інформаційних технологій (керівник робочої

групи - головний технолог Головного управління локомотивного господарства, Курченко М. М.);

- оснащення і організація роботи стаціонарних і пересувних пунктів комплексного діагностування ТРС (керівник робочої групи - завідуючий кафедрою “Локомотиви” ДДТУЗТ - д. т. н., доц. Федорець В. А.);

- розробка, та впровадження технічних засобів психофізіологічного стану локомотивних бригад (керівник робочої групи - заступник начальника Головного управління, начальник відділу експлуатації - Д'обровольський Л; Й.); ■

- впровадження -у локомотивному господарстві систем-діагностування (робочу групу складають усі. головні -інженери служб* локомотивного господарства залізниць України);

- вирішення питань із стандартизації, метрології та сертифікації методів /засобів діагностування ТРС (керівник робочої групи - заступник директора Харківського органу із сертифікації залізничного транспорту - Пузир В. Е); :

- розробка технічних умов та оснащення пунктів: екологічного контролю^сумісних з .пунктами технічного 'діагностування (керівник робочої групи завідуючий кафедрою. “Теплотехніка та теплові двигуни, д.т.н., проф. Єроценко&С. А.). ;•

Керівникам робочих'груп надається право залучати до виконання завдань .'працівників локомотивних -депо, '. служб, . локомотивного господарства та навчальних закладів/- ■ ...

Начальник Головного , ■ ч .
управління локомотивного /; У?

Додаток № 2
до наказу № 110-л/в від

ПОЛОЖЕННЯ про науково-технічну комісію по розробці та впровадженню системи діагностики в локомотивному господарстві “Укрзалізниця”

Загальні положення:

1. Науково-технічна комісія (далі комісія) по розробці та впровадженню системи діагностики створена з провідних фахівців залізничного транспорту та машинобудівних підприємств України..
2. Участь в роботі комісії здійснюється на громадських засадах.
3. В практичній діяльності комісія може залучати до своєї роботи фахівців з інших галузей науки та техніки, шляхом укладення з ними договорів на виконання певних обсягів робіт. ..

Мета роботи комісії:

- 1, Розробка науково Обґрунтованої концепції побудови комплексної системи діагностики-в локомотивному господарстві Укрзалізниця.
- 2, Визначення її "функціональних можливостей, та Пріоритетних напрямків розвитку, координація робіт по створенню і впровадженню такої системи." ■ " ■ , .. • ■ ■ . ■ ...

Основні задачі, комісії:

- 1, Вивчення, аналіз та узагальнення-досвіду експлуатації існуючих систем, діагностики на залізницях України та за кордоном, тенденцій їх подальшого розвитку; . • •?
- 2. Забезпечення високого науково-технічного рівня розробки систем діагностики. "
- 3 . Визначення ведучих виконавців розробки системи діагностики. • ’
- 4 . ’ Сприяння розвитку конкуренції серед розробників та виробників системи технічної діагностики. . - 7 - ...
- 5 .-. Проведення політики оптимального вибору; між новими розробками та Можливістю придбання їх за кордоном. .

Основні функції:

1. Розробка та затвердження технічних вимог до системи діагностики.

4. Організація проведення експертизи основних технічних рішень па всіх стадіях розробки системи діагностики на відповідність вимогам нормативно-технічних, документів та міжнародних стандартів по забезпеченню достовірності отриманої інформації.

5. Науково-методичне керівництво . роботами по створенню нормативно-технічної документації стосовно технічних вимог та методів випробувань систем діагностики.

6. Дає пропозиції щодо об'ємів фінансування розробки систем діагностики та її впровадження.

Комісія несе відповідальність:

1. За наукову повноту досліджень тенденцій розвитку існуючих систем діагностики з урахування¹ світових тенденцій розвитку науки та техніки, розробку науково обгрунтованої концепції системи діагностики для залізниць України та пріоритетних напрямків її розвитку.

2. За технічний рівень розробки системи діагностики.

3. За якість та повноту експертизи науково-технічних документів (нормативи, технічні завдання, технічні проекти та ін.):

Відповідно до покладених на неї задач і функцій комісія готує проекти нормативних документів та рекомендації, які впроваджуються наказами Укрзалізниці. Комісія розглядає та готує для внесення до плану фінансування у встановленому порядку перелік тем по НДДКР, а також пропозиції пр об'ємам необхідних капіталовкладень для впровадження системи діагностики; Без погодження з комісією питання щодо фінансування робіт, пов'язаних з системами діагностики, не повинні розглядатися.

Начальник Головного управління локомотивного господарства. Укрзалізниці

В.П.Кулешов

Утверждаю:

Начальник службы локомотивного
хозяйства Юго-Западной ж.д.



Ю.А.Белоус

2000г.

МАТЕРИАЛЫ

о внедрении результатов диссертационной работы Бабанина А.Б. "Научные основы совершенствования технологии контроля, диагностирования и материально-технического обеспечения при техническом обслуживании локомотивов" в локомотивных депо Юго-Западной ж.д.

На протяжении нескольких последних лет доцентом Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта А.Б.Бабаниным были разработаны и внедрены мероприятия по совершенствованию контроля, диагностирования, и материально-технического обеспечения при техническом обслуживании локомотивов.

При этом, был предложен и используется комплекс программ для ПЭВМ, позволяющий производить расчет и определять периоды формирования запасов топлива, смазочных материалов, а также наиболее дефицитных запасных частей для пунктов технического обслуживания локомотивов.' Кроме того, предложены и внедрены технологии прогрессивного обслуживания и диагностирования тепловозов при помощи передвижных станций ТО, позволившие повысить коэффициент готовности локомотивов на 0,1; сократить время их непроизводительного простоя на 6%; повысить безотказность в эксплуатации на 10%.

К числу внедренных разработок следует также отнести методику формирования и использования алгоритмов контроля и диагностирования

узлов локомотивов, которая позволяет определять самые информативные параметры, по которым за? минимальное время можно однозначно оценивать-техническое состояние контролируемых узлов локомотивов.-

Новая технология предусматривает; прежде всего, экспресс контроль и' диагностирование узлов локомотивов при помощи современных ■ микропроцессорных устройств. Контроль и диагностирование по заходу - • локомотива на техническое обслуживание температуры нагрева букс, подшипников . тяговых электродвигателей .. и вспомогательного оборудования предполагается проводить.не на ощупь, а с применением дистанционных инфракрасных пирометров "Смотрин". Оценку состояния узлов в труднодоступном' месте проводить при -помощи. волоконно-оптических преобразователей (эндоскопов), : для этих целей адаптированных . под условия применения на локомотивах. Виброакустический контроль проводить при ■ помощи электронного многофункционального стетоскопа, позволяющего селективно выделять составляющие полезного сигнала из всего частотного спектра.

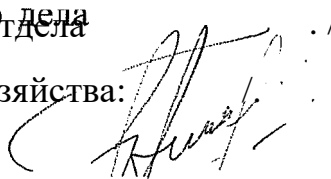
К заслугам автора следует отнести разработанную оригинальную методику. определения маршрута передвижения станции ТО и • диагностирования, позволяющую производить планирование ее работы на предполагаемый период применительно для местных условий каждого локомотивного депо. Кроме того, необходимо отметить важность разработок по оснащённости этой станции необходимым оборудованием и средствами оперативного контроля для проведения технического обслуживания в пунктах отдаленных от основного локомотивного депо.

Разработанные в диссертации технические требования легли в основу создания и внедрения автоматизированной системы сбора й обработки . информации по эксплуатационным режимам локомотивов. • Применение этой системы позволяет определять динамику изменения основных- параметров при движении локомотива и использовать их в

дальнейшем для корректировки технологических операций технического обслуживания, а также составлять по ним режимные карты для вождения поездов. ...

Разработанные автором рекомендации внедрены на опытных парках локомотивных депо Юго-Западной ж.д. и положены в основу перспективных мероприятий по повышению надежности тягового подвижного состава.

Начальник технического отдела
службы локомотивного хозяйства:
Юго-Западной ж.д.

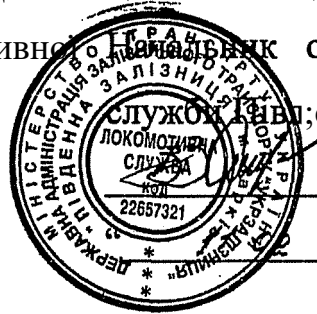


А.В.Подкопалов

(f(L

ЗАТВЕРДЖУЮ ЗАТВЕРДЖУЮ

ЛОКОМОТИВНО-ТЕХНІЧНО-РЕМОНТНО-ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНО-ІНЖЕНЕРНО-НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР



Підпис: В.А.Залозних

В.А.Залозних

” 2001р.

Матеріали

впровадження результатів дисертаційної роботи Бабаніна О.Б. на тему “Наукові основи вдосконалення технології контролю, діагностування і матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів”.

Дисертаційна робота Бабаніна А.Б. виконувалася згідно планів науково-дослідних робіт, що здійснюються в рамках галузевих програм Міністерства транспорту України й Укрзалізниці.

Відповідно до цього автором був запропонований для практичного впровадження в локомотивних депо Південної залізниці комплекс програм, які можна умовно розподілити на три напрямки:

- вдосконалення методів матеріально-технічного забезпечення локомотивів при ТО;
- розробка і впровадження прогресивних технологій і апаратних засобів для контролю і діагностування вузлів при ТО;
- розробка організаційно-технічних заходів для вдосконалення технологічного процесу ТО.

До першого напрямку можна віднести запропоновані автором розрахункові нормативні періоди поповнення запасів для забезпечення ТО основними матеріалами і запасними частинами. Впровадження цих пропозицій в опорних локомотивних депо в дослідних умовах дозволило знизити на 3-8% коливання і нерівномірність забезпеченості пунктів технічного обслуговування тепловозів. Крім того, для базових

локомотивних депо отримано, що в залежності від умов експлуатації відносний річний період поповнення ПТО паливом складає 0,05-0,07, маслом і мастильними матеріалами 0,1-0,42. Запропоновані варіанти формування ЗШ для структурних підрозділів локомотивних депо Основа і Полтава дозволили забезпечити стабільну дослідну експлуатацію локомотивів, скоротити на 0,5-1,5% непродуктивні витрати. При цьому дослідна експлуатація підтвердила гарну узгодженість розрахункових значень з експериментальними даними обсягів ЗШ (розбіжність при порівнянні розрахункових значень і практичних даних складає не більше 4-5%). Отримана загальна достатність сформованих варіантів ЗШ склала для ПТО - 0,76, а для ремонтних підрозділів 0,54 відносно часу їхньої річної витрати на проведення ТО.

Запропонована і впроваджена методика оцінки дій обслуговуючого персоналу в різних конфліктних ситуаціях, яка показала наступне:

- отримуючи дослідні результати контролю технічного стану вузлів локомотивів на 15-20% скорочувались непродуктивні витрати на виконання другорядних робіт при проведенні ТО-3;

- при наявності готових відремонтованих за рахунок сформованого ремонтного ЗШу на 4-5% скорочується час непродуктивного простою локомотивів;

- встановлено і підтверджено дослідними перевірками, що істотний вплив на розмір ЗШу робить не тільки обмінний фонд відремонтованих вузлів і деталей, але й їх гарантовані постачання за рахунок чіткої організації матеріально-технічного постачання.

У процесі проведення випробувань було експериментально встановлено, що особливістю дій обслуговуючого персоналу при формуванні ЗШ для проведення ТО локомотивам є досягнення визначених цілей на підставі заданих переваг (достатність матеріалів і запасних частин, періоди їхнього поповнення, вимоги до відповідності

характеристикам і ін.). Запропоновані автором ситуації цілком адекватні експериментальним даним, що отримані в опорних локомотивних депо і з розбіжністю до 4-9% підтвердили, що якість процесу прийняття рішень знаходиться в прямої залежності від повноти обліку всебічних факторів, важливих для наслідків від прийнятих рішень.

До заслуг автора по другому напрямку варто віднести розробку на основі відомих методів універсальних алгоритмів контролю, діагностування і пошуку несправностей у вузлах і системах локомотивів. Необхідно також відзначити важливість практичного застосування цих алгоритмів для технології ТО, що дозволило обслуговуючому персоналу значно поліпшити якість обслуговування таких складних тепловозів як 2ТЕ116 і ТЕП70. Крім того, запропонована автором нова технологія передбачає експрес-контроль і діагностування вузлів локомотивів за допомогою сучасних мікропроцесорних пристроїв. Контроль і діагностування після заходу локомотива на ТО температури нагрівання букс, підшипників тягових електродвигунів і допоміжного устаткування запропоновано проводити не обмацуванням, а із застосуванням дистанційних інфрачервоних пірометрів "Смотріч". Стан вузлів у важкодоступних місцях проводити за допомогою волоконно-оптичних перетворювачів (ендоскопів). Віброакустичний контроль виконувати з допомогою електронного багатофункціонального стетофонендоскопа, що дозволяє селективно виділяти корисний сигнал з усього спектру коливань. Автором запропонований і впроваджений у локомотивних депо Полтава і Гребінка цілий ряд специфічних для тепловозів 2ТЕ116 і ТЕП70 діагностичних засобів, що дозволяють значно поліпшити проведення ТО. При цьому методика формування і використання алгоритмів контролю і діагностування дозволяє на підставі отриманої діагностичної цінності інформації визначати головні інформативні параметри, по яких за мінімальний час можна однозначно оцінювати технічний стан

контролюємих вузлів тепловозів. Для встановлення залежності впливання різноманітних факторів на технологію проведення ТО автором запропонована методика їх оцінки. Для цього в опорних локомотивних депо через визначені періоди часу з урахуванням усіх факторів реєструвалися значення контролюємих параметрів локомотивів. Експериментально підтверджено, що значний вплив на технологію проведення ТО здійснює стаж роботи обслуговуючого персоналу (до 43%), його рівень кваліфікації (до 27%), наробіток від останнього виду ТО чи ПР (до 21%), а також ряд факторів пов'язаних з матеріально-технічним забезпеченням. Розроблені автором технічні вимоги лягли в основу створення і впровадження автоматизованої системи збирання і обробки інформації відповідних експлуатаційних режимів локомотивів. Застосування цієї системи дозволяє визначати динаміку зміни основних параметрів під час руху локомотива і використовуючи їх надалі коректувати технологічні операції ТО, а також складати по них режимні карти для водіння поїздів.

До третього напрямку варто віднести наукове і методичне забезпечення вирішення задач розміщення (дислокації) пунктів комплексної діагностики тепловозів, що мають актуальне значення для всіх доріг України. Методика оцінки пропускну здатності пунктів ТО і діагностування на підставі методу динаміки середніх показала її повну працездатність (розбіжність між розрахунковими й експериментальними значеннями не перевищує 3-5%) і має велике практичне значення для планування й організації ритмічної роботи підрозділів локомотивного депо. До заслуг автора варто віднести також розроблену оригінальну методику визначення маршруту пересування станції ТО і діагностування, що дозволяє на 7-9% скоротити її критичний шлях, а також планувати її роботу на передбачесий період стосовно для місцевих умов кожного локомотивного . депо. Крім того, необхідно відзначити важливість

розробок щодо оснащення цієї станції необхідним устаткуванням і засобами оперативного контролю для проведення ТО в пунктах віддалених від основного локомотивного депо.

Експлуатація дослідного парку локомотивів відповідно до запропонованої технології згідно даних депо Основа Південної залізниці дозволила знизити експлуатаційну витрату дизельного палива на 1,8%, зменшити змінюємість відповідальних деталей локомотивів на 4,2% і поліпшити екологічні показники на 5,2%.

Результати дисертаційної роботи Бабаніна А.Б. були використані і знайшли відображення в затвердженій першим Зам. Міністра транспорту - генеральним директором Укрзалізниці Слободяном А.В. у лютому 1999р. “Концепції створення систем діагностики в локомотивному господарстві залізниць України”.

Матеріал докторської дисертації розглядався на техніко-економічній раді Південної залізниці 03.02.2001р., де було прийняте рішення про впровадження ряду розробок і, насамперед пересувного пункту діагностування тепловозів.

Перший зам. начальника
локомотивної служби Південної
залізниці

Уманець