

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

На правах рукописи

Матяш Виктор Александрович

УДК 629.4.083:621.014.24

**Совершенствование методики организации и определения
дислокации пунктов комплексного диагностирования
магистральных тепловозов**

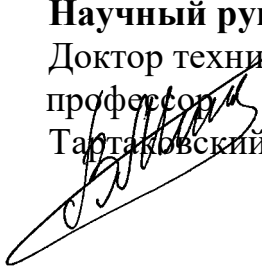
05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

Доктор технических наук,
профессор

Тартаковский Эдуард Давидович



Харьков - 2000

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Раздел 1 АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО	
ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЕПЛОВОЗОВ.....	14
1.1. Развитие системы обслуживания и ремонта локомотивов	14
1.2. Стратегии управления техническим состоянием локомотивов в эксплуатации	18
1.3. Анализ регламента и интенсивности работ, выполняемых на ТО-3 и ТР-1	24
1.4. Определение сочетаний дополнительных работ на ТО-3 и ТР-1 тепловозов.....	26
1.5. Формирование типовых сочетаний работ в технологические маршруты.....	29
1.6. Цель и задачи исследования.....	35
Раздел 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ	
ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ УЧАСТКОВ ТО И ТР	
ТЕПЛОВОЗОВ	37
1.7. Влияние эксплуатационных факторов на формирование программы ТО-3 и ТР-1 тепловозов..	37
2.2. Аналитическая модель работы участка ТО-3 и ТР-1 тепловозов.....	48
2.3. Выводы	56
Раздел 3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ	
ДИСЛОКАЦИИ ПУНКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ	
ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВОЗОВ	60
2.4. Обоснование размещения ПКД в локомотивном хозяйстве	60

3.2. Задача размещения предприятий	74
3.3. Методика оптимальной дислокации ПКД тепловозов	78
3.4. Выводы и полученные результаты	87
Раздел 4 РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ	
3.5. ОВАНИЙ НА ПКД ТЕПЛОВОЗОВ.....	89
4.1. Архитектурно-строительные решения ПКД тепловозов	89
4.2. Планировка ПКД и его элементов	92
4.3. Техничко-экономические показатели ПКД.....	97
4.4. Варианты ПКД для локомотивных депо.....	99
4.5. Оснащение ПКД	101
4.6. Оценка функционирования ПКД по методу динамики средних	105
4.7. Оценка приоритетов обслуживания на ПКД.....	116
4.8. Оценка окупаемости ПКД.....	119
ВЫВОДЫ	126
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	128
ПРИЛОЖЕНИЯ	139

ВВЕДЕНИЕ

Основные задачи технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава (ТПС) заключаются в научном обосновании сроков их проведения, определении объемов работ и организации выполнения. При этом должны учитываться индивидуальные качества каждого локомотива, что вызывает необходимость повышения качества информации о его техническом состоянии. Возникает целый ряд задач управления в условиях неопределенности и неполной информации, а также необходимость создания моделей управления состоянием ТПС в эксплуатации. Это затруднено тем, что связи между причинами появляющихся неисправностей, контролируемыми параметрами и характеристиками работоспособности не являются “в чистом виде” детерминированными или стохастическими. Для управления организацией технического обслуживания тепловозов необходимо создание моделей их функционирования в эксплуатации.

Организация техобслуживания тепловозов должна рассматриваться как элемент управления техническим состоянием, а ее совершенствование предполагать улучшение математического, информационного, технического и организационного обеспечения. В такой постановке вопроса организация техобслуживания тепловозов не рассматривалась, что не позволяло достигать ожидаемой эффективности от внедрения отдельных мероприятий.

Концепцией реструктуризации на железнодорожном транспорте Украины в локомотивном хозяйстве предусмотрена передислокация локомотивного парка, корректировка его потребности и специализация ремонтной базы. Кроме того, считается целесообразным постепенный переход от ремонтов по сроку службы на ремонт по фактическому состоянию с использованием автоматизированных систем управления,

разработкой и усовершенствованием современных средств технического диагностирования. Поскольку на ближайшие 5-10 лет перевозки будут обеспечиваться существующим ТПС (в частности магистральными тепловозами) то возникает потребность продления их ресурса в эксплуатации и как самостоятельная научно-техническая задача - совершенствование методики организации работы и оптимизации дислокации пунктов комплексного диагностирования (ПКД) магистральных тепловозов.

Актуальность темы.

Приказом Укрзалізничці №110-Ц от 30.04.1998р. была организована научно-техническая комиссия для определения состояния и выработки предложений по внедрению средств диагностики, которой разработана Концепция создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины.

В Концепции одним из приоритетных направлений внедрения систем диагностирования магистральных тепловозов определена разработка и внедрение в отдельных локомотивных депо ПКД тепловозов. Это вызывает необходимость создания научного и методического обеспечения расчетов их дислокации на железной дороге, математического и программного обеспечения; разработки вариантов ПКД и их оснащения; внедрение опытных образцов ПКД, отдельных приспособлений и технико-экономическую оценку эффективности предлагаемых мероприятий. При решении данных задач подразумевается создание современной методики организации работ на ПКД, оптимальную дислокацию ПКД в локомотивном хозяйстве железной дороги, варианты компоновки и оснащения. Ранее эти задачи решались без достаточного научного обоснования, использования современных экономико-математических методик моделирования, типизации, принятия

инженерных решений и экономических оценок. Исследования проводились в локомотивном хозяйстве Южной железной дороги.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Диссертационная работа является частью научных исследований, которые проводятся кафедрой “Эксплуатация и ремонт подвижного состава” (ЭРПС) ХарГАЖТ совместно с Южной железной дорогой и локомотивным главком Укрзализныци. Материалы диссертации использованы при разработке “Концепции создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины”, которая утверждена первым заместителем Министра транспорта Украины Генеральным директором Укрзализныци А.В.Слободяном 15.02. 1998р.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является разработка усовершенствованной современной методики организации работы и оптимизации дислокации ПКД магистральных тепловозов, которая базируется на применении моделирования типичных сочетаний работ по диагностированию в технологические маршруты, аналитическом и имитационном моделировании организации работ участков технического обслуживания ТО-3 и текущего ремонта ТР-1, технико-экономических расчетов дислокации ПКД на железной дороге.

Для достижения указанной цели необходимо провести:

- анализ развития систем ТО и ТР с диагностированием;
- разработку методики, анализ и формирование регламента с маршрутами основных и дополнительных работ на ТО-3 и ТР-1;
- разработать методику и провести аналитическое и имитационное моделирование работы участков ТО-3 и ТР-1 с учетом различных эксплуатационных факторов;
- определить приоритеты обслуживания на ПКД , и разработать методику их оптимальной дислокации на дороге;

разработать технические требования к архитектурно-строительным, планировочным решениям и оснащению ПКД;

- практически реализовать выполненные исследования, провести опытную эксплуатацию и апробировать их с технико-экономическими расчетами.

Методы исследования.

Выполненные исследования базируются на теории вероятностей, теории массового обслуживания, математической статистики, теории надежности, теории случайных процессов; методов математического и имитационного моделирования с использованием ПЭВМ, методов линейного программирования для решения транспортных задач.

Научная новизна полученных результатов.

Обоснована необходимость определения и расчетов сочетаний основных и вспомогательных работ на ТО-3 и ТР-1 магистральных тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70, сформированы типичные сочетания в технологические маршруты.

Разработана методика аналитического и имитационного моделирования работ на участках ТО-3 и ТР-1, получены зависимости выполнения программы обслуживания и ремонтов от неравномерностей поступления и количества ремонтных стойл, задержек с поступлением и общих затрат.

Определены аналитические приоритеты обслуживания магистральных тепловозов на ПКД как систем массового обслуживания.

Разработана методика оптимальной дислокации ПКД с использованием линейного программирования и решения задач размещения предприятий.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Использование статистических методов определения взаимосвязей и корреляционно-регрессионного анализа позволило рассчитать сочетания основных и вспомогательных работ на ТО-3 и ТР-1 на основании информации за несколько лет в 4 локомотивных депо.

Полученные зависимости программ обслуживания от неравномерностей поступления и количества стойл аналитическим и имитационным моделированием не отличаются больше чем на 5%.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена полученным экономическим эффектом при эксплуатации опытного парка за счет уменьшения расхода топлива и повышения надежности.

Научное значение работы.

Предложена методика формирования типичных сочетаний основных и вспомогательных работ на ТО-3 и ТР-1 магистральных тепловозов в технологические маршруты с выполнением контрольно-диагностических операций.

Разработанные аналитические и имитационные модели позволяют рассчитать программы работ цехов и ПКД с учетом многих эксплуатационных факторов.

Методика определения оптимальной дислокации ПКД магистральных тепловозов позволяет выполнять технико-экономические расчеты для железных дорог Украины.

В целом диссертационная работа является вкладом в развитие вероятностных методов расчетов, проектирования и реструктуризации предприятий локомотивного хозяйства железных дорог Украины.

Практическое значение полученных результатов.

Решены задачи усовершенствования расчетов формирования маршрутной технологии организации работ на ПКД при ТО-3 и ТР-1 магистральных тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70. Проведены расчеты оптимальной дислокации ПКД для локомотивного хозяйства Южной железной дороги. Результаты работы использованы научно-технической комиссией Укрзалізници при создании и утверждении “Концепции создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины”.

Разработанные технические требования к компоновке, строительству и оснащению ПКД внедрены и используются на Южной железной дороге. На тепловозах, которые проходили ПКД, в сравнении с другими получено уменьшение эксплуатационного расхода дизельного топлива на 1.8%, сменяемости запасных частей на 5-7%, улучшения экологических показателей на 3-5%.

Личный вклад соискателя.

В соавторстве опубликованы две статьи, где автору принадлежит выполнение моделирования и исследований зависимости целевой функции затрат от пробега между ТО-3 и ТР-1 тепловозов ТЭП70:

1. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Матяш В.А., Остапчук В.Н. Моделирование и оптимизация системы ТО и ТР локомотивов по суммарным удельным затратам // Межвуз. сб. науч. тр. / ДГУИТ, Днепропетровск, 1996. - С.87-91.

2. Матяш В.А., Диковенко А.М. Интенсивная технология диагностирования для прогноза технического состояния локомотивов в депо // Межвуз. сб. науч. тр. / ХарГАЖТ, 1997. - Вып. 29. - С. 18-20.

В работах приведенных ниже автору принадлежит постановка задачи и ее методическое обеспечение:

1. Матяш В.А. Совершенствование организации и технологии работы пунктов технической диагностики тепловозов на дороге **И** Міжвуз. зб. наук, праць / ХарДАЗТ, 1998. - Вип. 34. - С.9-11.

2. Матяш В.А. Концепция организации пунктов комплексного диагностирования тепловозов // Міжвуз. зб. наук, праць / ХарДАЗТ, 1999. -Вип. 37. - С.37-43.

3. А.с. 1168814 СССР / Способ оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания / Бойчук В.Б., Дунаевский Л.М., Каганский О.С., Колотий В.П., Матяш В.А., Бабинский И.И. Заявка №3666044. Зарегистрировано 22.03.1985. Оpubл. 23.07.85. Бюл. №27. - 6с.: 5 ил.

В приведенных ниже авторских свидетельствах автору принадлежит научное и методическое обеспечение задач диагностирования, внедрение результатов в производство:

1. А.с. 1433176 СССР / Устройство для определения фаз газораспределения двигателя внутреннего сгорания. / Бабинский И.И., Бабич И.Н., Бойчук В.Б., Каганский О.С., Колотий В.А., Тартаковский Э.Д., Матяш В.А. Заявка №3993408. Зарегистрировано 22.06.1988.

2. А.с. 1760809 СССР / Устройство для облегчения запуска двигателя внутреннего сгорания. / Номеровский А.И., Матяш В.А., Подольский А.М., Дунаевский Л.М., Бойчук В.Б. Заявка №4837647. Зарегистрировано 8.05.1992г.

3. А.с. СССР / Устройство для диагностирования предельных отклонений на выпускных окнах двигателя внутреннего сгорания. Бойчук В.Б., Дунаевский Л.М., Каганский О.С., Колотий В.П., Климов Г.Е., Жалкин С.Г., Бабинский И.И., Матяш В. А. Заявка №3631918. Зарегистрировано 1.11.1984. Оpubл. Бюл. №8, 1985.

4. А.с. 1495659 СССР / Устройство для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания / Климов Г.Е., Бойчук В.Б.,

Дунаевский Л.М., Каганский О.С., Матяш В.А. Заявка №4325852. Зарегистрировано 22.03.1989. Оpubл. Бюл. №27, 1989.

5. А.с. 1539569 СССР / Устройство для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания / Дубровский В.В., Бойчук В.Б., Дунаевский Л.М., Матяш В.А., Каганский О.С., Низов Н.Н. Заявка №4403259. Зарегистрировано 1.10.1989. Оpubл. Бюл. №4, 1990.

6. А.с. 1173055 СССР / Устройство для определения угла начала подачи топлива в цилиндр двигателя внутреннего сгорания. / Бабинский И.И., Бабич И.Н., Каганский О.С., Климов Г.Е., Бойчук В.Б., Матяш В.А., Жалкин Д.С. Заявка №3716408. Зарегистрировано 15.04.1985. Оpubл. Бюл. №30, 1985.

Апробация результатов диссертации.

Основные положения диссертации докладывались, обсуждены и одобрены на:

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

- IX Международной научно-технической конференции “Проблемы развития рельсового транспорта” (Крым, Алушта, 1999г.);

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

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

- научно-технических конференциях кафедр ХарДАЗТ и работников предприятий железнодорожного транспорта в 1994-1999 годах.

Полностью диссертационная работа докладывалась на расширенном заседании кафедры “Эксплуатация и ремонт подвижного состава

ХарГАЗТ с участием членов специализированного ученого совета, 1999-2000г.г.

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 5 научных работ в изданиях, которые утверждены ВАК Украины. Кроме того, результаты исследований и внедрений по теме содержатся в 6 авторских свидетельствах.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников и приложений.

Работа содержит 178 страниц. Из них 24 иллюстрации, 9 таблиц, список использованных источников из 120 наименований и 40 страниц приложений.

Структурная схема диссертации представлена на рис. 1.

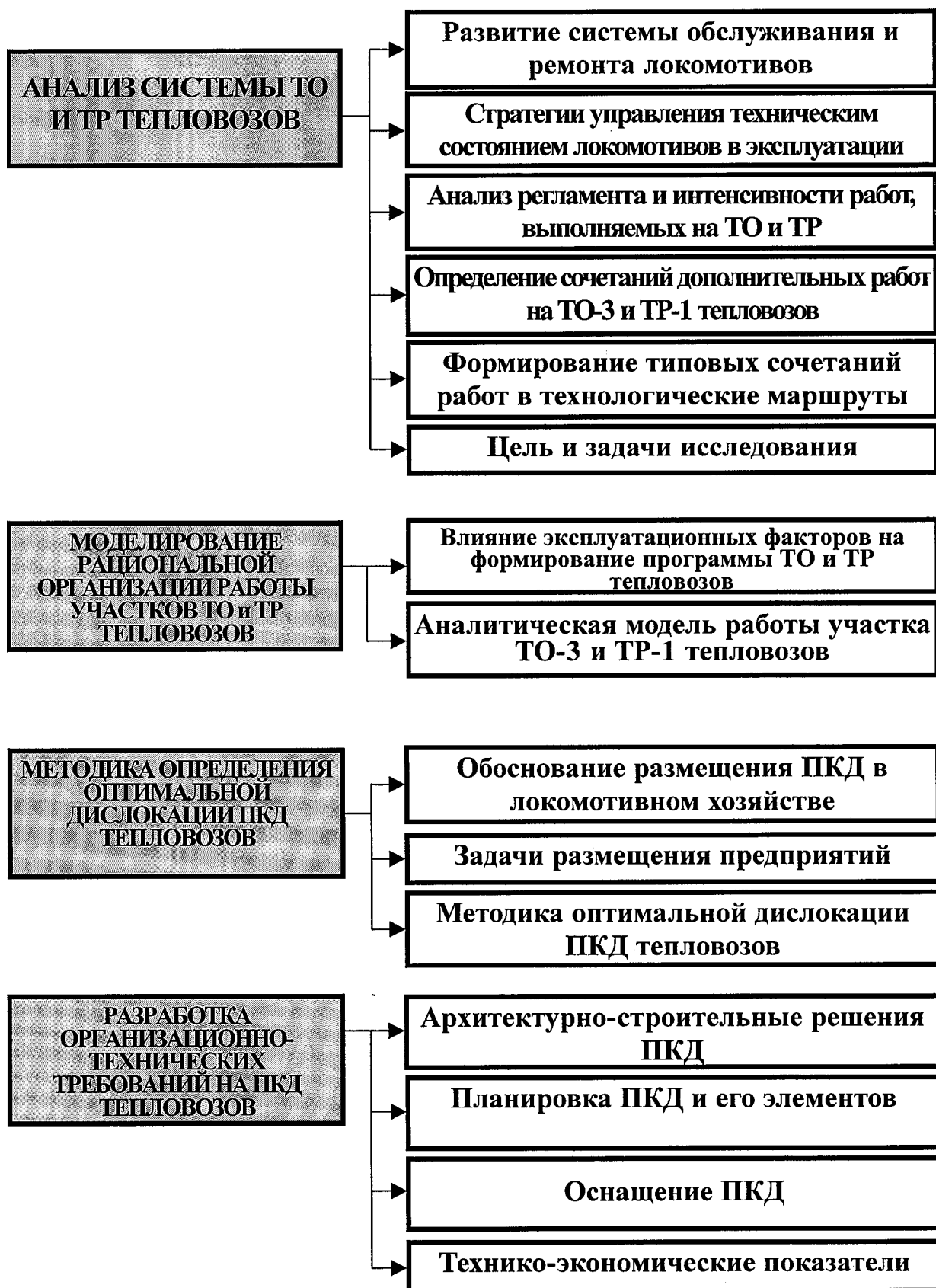


Рис. 1 - Структурная схема диссертации

РАЗДЕЛ 1

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЕПЛОВОЗОВ

1.1. Развитие системы обслуживания и ремонта локомотивов.

Совершенствование системы ремонта происходило и происходит, в основном за счет изменения цикличности и периодичности обслуживаний и ремонтов, не затрагивая по существу технологию технических обслуживаний. В последние годы в научно-исследовательских организациях, ВУЗах и на дорогах выполнен ряд исследований, направленных на повышение надежности локомотивов за счет совершенствования системы ремонта [44]. 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 [35]. 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 [21,81,87].

Исследования, проведенные под руководством проф. Н.А.Малоземова в РИИЖТе показали, что знание фактических величин безотказности и долговечности является необходимым условием для правильного определения величин межремонтных пробегов [63]. Как показали исследования А.В.Серова появления внезапных отказов локомотивов может привести к очереди на непланный ремонт (НР) при единственном канале

обслуживания и гиперпуассоновскому потоку, 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 [91].

Система текущего ремонта как было обосновано И.Б.Герцбахом и др. авторами будет наиболее эффективной, если ремонт предсказывается по измерительным и статистическим прогнозирующим параметрам [14]. 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.Павловича и В.А.Четвергова [11,73]. 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 ремонта тепловозов. Данные исследования базировались, 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 [96]. В.В.Стрекопытовым доказано, что увеличение эффективности тепловозов может быть достигнуто лучшим использованием

их энергетических установок.

На повышение надежности и топливной экономичности тепловозов направлен ряд исследований по разработке и внедрению методов и средств технической диагностики. К ним относятся работы, выполняемые под руководством: в МИИТе проф. В. Д.Кузьмича, в ЛИИЖТе проф. В.В.Стрекопытова, в ДГТУЖТе проф. Кузнецова Т.Ф. и Боднаря Б.Е., в ОМИИТе проф. В.А.Четвергова, во ВНИИЖТе проф. Е.Е.Косова, в ХИИТе проф. Э.Д.Тартаковского и др [20,46,56,57,60,94].

Большой вклад в решение проблемы вносят работы РИИЖТа, МИИТа, ОМИИТа и др. по метрологическому обеспечению средств диагностики [88]. Ряд исследований и внедрение методов диагностики выполняется непосредственно на дорогах. Анализ показывает, что основные работы направляются на создание средств диагностики без достаточного обоснования роли и места диагностики в системе технического обслуживания, корректировки технологических процессов, увязки с организацией поточных линий техобслуживания и создания нормативно-технической документации. Это, в свою очередь, требует проведения отдельных разработок по корректировке и обоснованию технологии техобслуживания, выбору оптимального варианта технологического процесса обслуживания с диагностикой.

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.Говорущенко, М.М.Михлина и др [67]. Указанные работы подтверждают необходимость совершенствования тактики управления техническим состоянием 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 (надежность и топливную экономичность).

Проведенный автором 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 организуют 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 технические обслуживания, 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 технических обслуживаниях и ремонтах;
- осуществлять диагностическую оценку силами мастеров и слесарей средней квалификации

1.2. 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 технических обслуживаний и текущих ремонтов (ТО и ТР) по состоянию условно можно объединить в две основные группы: с контролем уровня надежности и контролем параметров в эксплуатации.

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

Техническое обслуживание с контролем уровня надежности заключается в определенном 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 функциональной 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.

Следует различать два понятия: «эксплуатация по состоянию» и техническое обслуживание и ремонт 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 обеспечении 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 и обустройств для ТО и ТР, машинистов и ремонтников, ИТР и систему управления эксплуатацией. Целью системы ТО и ТР в соответствии с ГОСТ 28.001-83 [26] 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 они (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, легкоъемности, ремонтпригодности и взаимозаменяемости. В качестве метода исследования можно принять статистический анализ состояний и переходов реального процесса технической эксплуатации (ТЭ). В соответствии с ГОСТ 25.866-83 [24] 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 наработки с начала эксплуатации или после КР;

ТО по состоянию, при которой перечень и периодичность выполнения операций определяются фактическим техническим состоянием локомотива в

момент начала технического 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 и ремонта по состоянию можно считать строгую плавность при проведении форм технического обслуживания и ремонта. Однако планируемыми должны быть лишь часть стандартных регламентных операций по наработке, работы по техническому диагностированию и контролю и сама периодичность их выполнения. Регулировочные, демонтажно-монтажные, восстановительные работы выполняются только по результатам диагностирования и контроля.

Другой важный принцип обслуживанию по состоянию - своевременное предупреждение отказов систем при условии обеспечения максимально возможной наработки до замены [98].

Следующий важный принцип - обеспечение экономичности технической эксплуатации путем применения оптимальных стратегий ТО и ТР за счет наиболее полного использования работоспособности каждой детали, имея в виду стратегии эксплуатации до выработки (срока службы), до отказа, до предотказового 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. Уже накоплен определенный опыт создания такой системы ТО и ТР локомотивов. Важно на данном этапе определиться в концепциях разработки технических требований на новые локомотивы с учетом резкого повышения качества, конструктивного и технологического обеспечения в целом; создания встроенных и внешних средств диагностирования; эксплуатационной технологичности; разработки для каждой серии локомотивов стратегии и тактики ТО и ТР после постройки, после КР и в эксплуатации.

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 [43]. При этом ТО рассматривается с позиций теории массового обслуживания (ТМО): 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 - технологический процесс осуществления контрольно-диагностических операций. Технические требования на создание новых локомотивов должны предусматривать возможность широкого применения при эксплуатации ТО и ТР по состоянию с учетом следующих условий:

конструкция локомотива контролепригодна и обеспечивает проведение дискретного или непрерывного контроля параметров технического состояния;

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

- определены параметры и режимы диагностирования, их предельные уровни и 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, контрольно-регулирующих работ должны сводиться 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, легкосъемности 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 «несиюминутному» 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.

1.3. Анализ регламента и интенсивности работ, выполняемых на ТО-3 и ТР-1.

В процессе эксплуатации, технического обслуживания и текущего ремонта тепловозов проявляется неоднородность в их техническом состоянии, которая характеризуется наличием на агрегатах системах и узлах тепловозов большого числа различных сочетаний работ по ТО и ремонту. При этом каждое сочетание работ имеет определенную вероятность появления. Работы, входящие в сочетания характеризуются кроме вероятности появления корреляционной связью, определенной технологической сложностью, трудоемкостью и т.д., что вызывает потребность в различных средствах технологического оснащения и порождает многообразие организационных форм и методов проведения ТО и ТР, чего не предусматривают существующие технологии. Интенсивные технологии ТО и ТР, базирующиеся на использовании маршрутов ТО и ТР тепловозов, позволяют, исходя из технического состояния тепловозов, обеспечить оптимальный объем работ по ТО и ТР.

Прогрессивным направлением совершенствования организации производства является переход к технологическим процессам ТО и ремонта базирующимся на интенсивных технологиях соответствующих тенденциям концентрации и специализации производства.

Интенсивная технология ТО-3 и ТР-1 и агрегатов тепловоза

предусматривает группировку сверхцикловых работ на ТО-3 и ТР-1 по их сочетаниям и сочетаниям отказов на неплановых ремонтах по маршрутам. Исходными данными при разработке технологических маршрутов являются сведения о содержании и количестве сочетаний отказов, а также о количестве и номенклатуре способов их устранения. На основе выбранных способов разрабатываются технологические этапы обслуживания, а затем определяются необходимое количество и содержание вариантов технологических маршрутов. В пределах технологического этапа используются одинаковые, однотипные или легко совместимые способы обслуживания. В состав каждого маршрута входит один или несколько технологических этапов, которые могут повторяться в различных маршрутах.

Согласно разработкам ВНИИЖТа [48] качественное проведение ТО-3 способствует снижению количества неплановых ремонтов тепловозов. Поэтому наряду с анализом работ на неплановых ТО-3 и ТР-1 для разработки интенсивной технологии ТО-3 был произведен анализ работ на неплановых ремонтах. При этом выявлялись группы работ, требующие корректировки при выполнении их на плановых ТО-3 и ТР-1. Наибольшее количество неплановых ремонтов и наибольшее время простоев на неплановых ремонтах пришлось на группы работ по дизелю и вспомогательному оборудованию, электрооборудованию, электроходовой части и аккумуляторной батарее. Группы работ по автоматическому тормозу и пневматическому оборудованию, а также радиостанции и автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН) составляют незначительное количество причин неплановых ремонтов.

Анализ неплановых ремонтов с разбиением работ по месяцам выявил колебания суммарного количества неплановых ремонтов и суммарных времен простоя на неплановых ремонтах в зависимости от времени года. Так,

например, летом и в конце года наблюдается тенденция к снижению количества unplanned ремонтов и времени простоя на них. Основываясь на этих данных в дальнейших исследованиях учитывался сезонный фактор, с целью определения его влияния на объем и номенклатуру дополнительных работ и с целью учета его при разборке интенсивной технологии ТО-3 и ТР-1.

Наряду с этим был проанализирован объем трудоемкости и стоимости дополнительных работ, выполняемых на ТО-3. Расчет, произведенный на ПЭВМ выявил колебания трудоемкости и стоимости в зависимости от номера ТО-3, что потребовало учитывать номер ТО-3 в ремонтном цикле.

Таким образом, для расчета интенсивной технологии ТО-3 и ТР-1 учитывались 3 фактора:

1. Группы работ: дизель и вспомогательное оборудование; электрооборудование; электроходовое оборудование; аккумуляторная батарея; топливная система; автоматический тормоз и пневматическое оборудование,
2. Влияние сезонного фактора.
3. Учет номера ТО-3 в ремонтном цикле между ТР-1,

1.4. Определение сочетаний дополнительных работ на ТО-3 и ТР-1 тепловозов.

Для исследования динамики дополнительных работ была использована геометрическая интерпретация статистических данных [34]. При этом каждой группе работ присваивался определенный символ (геометрический знак). Аналогичным образом были обозначены ТО-3 и ТР-1. После этого статистические данные были нанесены на координатное поле (месяц, номер

тепловоза). Причем дополнительные работы, назначаемые на определенном ТО-3 или ТР-1, заносятся внутрь знака, изображающего ТО-3 или ТР-1. Для удобства выявления сочетаний работ различных видов в каждой группе, кроме геометрического знака, присваивалась цифра. Цифровое и геометрическое изображение групп работ приведено в таблице 1.1.

При этом число возможных сочетаний параметрических отказов определяется из соотношения [34]

$$C = 2^{\Pi} - 1, \quad (1.1)$$

где Π - количество сочетаний.

Таблица 1.1.

Наименование групп работ	Геометр, обозначение	Цифровое обозначение
Дизель и вспомогательное оборудование		1
Электрооборудование	0	4
Электроходовая группа	Q	5
Топливное оборудование		2
Автоматический тормоз и пневматическое оборудование		3
Аккумуляторная батарея		6

Для $\Pi = 6$ число возможных сочетаний будет равно

$$C = 2^6 - 1 = 63.$$

Каждое сочетание характеризуется вероятностью появления на определенном номере ТО-3 в определенный сезон года [34]

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

где N_1 - количество сочетаний, выявленных на определенном номере ТО-3 за исследуемый период;

N - количество всех ТО-3 данного номера за этот же период.

Работы, входящие в каждое сочетание, характеризуются также корреляционной связью. Коэффициент корреляции можно определить из соотношения [50]

$$r = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}, \tag{13}$$

где a - число ТО-3, на которых встречались оба отказа;

b - число ТО-3, имеющих один из исследуемых отказов;

c - число ТО-3, имеющих второй из исследуемых отказов;

d - число ТО-3, не имеющих первого и второго отказов.

Здесь отказ интерпретируется как неисправность, для устранения которой назначаются дополнительные работы. Исходные данные для коэффициента корреляции оформляются в виде корреляционных матриц для каждого номера ТО-3.

Ошибку коэффициента корреляции можно определить из выражения [50]

$$\frac{1}{m} r = \frac{-r^2}{1-r^2} \tag{1-4}$$

где r - коэффициент корреляции;

N-количество исследуемых ТО-3.

1.5. Формирование типовых сочетаний работ в технологические маршруты.

Задача формирования типовых сочетаний работ в технологические маршруты относится к задачам классификации для решения, которых могут быть использованы две группы классических методов: экономико-статистические, корреляционный анализ и методы распознавания образов [90].

При использовании методов комбинационной группировки (экономико-статистические методы) классификация осуществляется путем последовательного логического разделения исследуемых реализаций (в данном случае сочетаний работ) по отдельным признакам. В результате такого логического разделения формируемые группы реализаций характеризуются тем, что все реализации каждой группы обладают одинаковыми значениями комплекса признаков группировки.

Для формирования маршрутов был принят алгоритм многомерной таксономии, предусматривающий разбиение заданной совокупности типовых сочетаний на непересекающиеся гиперсферические области. Сущность метода состоит в том, что признаковое пространство разбивается предварительно на несколько сферических областей, которые являются наиболее целесообразными многомерными характеристиками групп, а затем определяется принадлежность исследуемой реализации к какой-либо из областей.

В случае формирования технологических маршрутов ТО-3 и ТР-1 была выбрана двумерная таксономия [91]. По оси ординат были отложены значения вероятности появления сочетаний на определенном номере ТО-3, по оси абсцисс - значения коэффициента корреляции для работ, входящих в

исследуемое сочетание. При попадании сочетания в область, характеризующую данную реализацию, определялась целесообразность включения сочетания в данный технологический маршрут.

Данные исследований сведены в таблицы, где знаком плюс отмечается включение сочетания работ в маршрут. Так из 15 исследуемых сочетаний работ целесообразными для формирования маршрута на первом номере ГО-3 зимнего периода оказались только четыре сочетания.

Аналогичным образом были проведены расчеты для остальных сочетаний (см. табл 1.2).

Следующим этапом формирования маршрутов являлось определение составляющих (работ) каждого сочетания. При этом первоначально были определены номенклатура работ и вероятности появления каждой из работ. Формирование маршрутов на этом этапе осуществлялось путем логического сопоставления данных таблиц и вероятностей появления каждой из работ на определенном номере ГО-3 и ТР-1.

Результаты сопоставления сведены в табл. 1.3 с обозначениями, аналогичными в табл. 1.2. Каждое сочетание работ может быть представлено точкой в m -мерном «признаковом пространстве». Тогда задача классификации будет сводиться к выведению сгущений точек в таком пространстве. Возможность группировки реализаций одновременно по всем признакам является основным преимуществом методов распознавания образов перед методами комбинационной группировки. Кроме того, к методам распознавания образов не предъявляется требование однородности исследуемых совокупностей реализаций в отличие от корреляционно-регрессионного анализа. Эти методы рассчитаны на выявление и формирование групп, характеризуемых как количественными, так и качественными критериями.

При формировании типовых сочетаний работ в технологические маршруты под объектами группировки понимались реальные сочетания (реализации) работ на техническом обслуживании и диагностировании в моменты проведения ТО-3, а под маршрутами (группами) сформированные сочетания (наиболее часто повторяемые).

В качестве классификационных признаков для решения задачи классификации комплекса работ по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию при применении методов распознавания образов были приняты следующие наименования параметров:

- вероятность появления работ на определенном номере ТО-3;
- корреляционная связь между работами;
- технологическая сложность работ;
- номенклатура работ;
- трудоемкость работ;
- технико-экономическая целесообразность работ.

Из предоставленной совокупности параметров на первом этапе формирования технологических маршрутов наиболее целесообразными признаками выбраны такие, в которых проявились вероятности появления работ на определенном номере ТО-3 и корреляционная связь между ними.

Таким образом, в результате расчетов, определяемых перечнем обязательных работ и маршрутов сформированных из сверхцикловых работ, зависящих от номера ТО-3 в ремонтном цикле и сезона эксплуатации была сформирована таблица 1.4. Эта таблица представляет собой концентрированное описание маршрутов интенсивной технологии ТО-3, один из вариантов которой по сезонам для четырех тепловозов ТЭП70 прошел эксплуатационную проверку в локомотивном депо Основа.

Таблица 1.3

Формирование типовых сочетаний в маршруты

Сочетания работ	Зима				Весна				Лето				Осень			
	Р, %				Р, %				Р, %				Р, %			
	ГО-3	ГОЗ	ГО-3	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ	ГОЗ
1,2	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-
1,3	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
1,4	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+
1,5	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
1,6	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
2,5	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	—	-	-	-	-
3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
4,6	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
5,6	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-

Таблица 1.4

Вероятности появления сочетаний работ

Сочетания работ	Зима				Весна				Лето				Осень			
	P, %				P, %				P, %				P, %			
	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ	ТОЗ
1,2	23	17,6	16,7	0	18	18	20	9	10	26	15	25	16,7	8,2	26	8
1,3	17	20	26,7	21	18	-	30	45	20	-	7,7	12,5	8,3	21	22	8
1,4	43	23,5	18	45	63	54	40	54	55	12	-	31	25	16,7	13	28
1,5	34	35	30	27	63	18	30	54	30	26	31	12,5	41,7	33	30	24
1,6	14	15	3,3	-	36	-	-	18	10	26	15	25	12,5	12,5	17,4	24
2,3	-	3	6,7	-	27	-	-	-	-	16	-	19	-	4	8,7	-
2,4	12	6	6,7	6	27	9	-	18	10	-	23	-	8,3	-	4,3	-
2,5	14	3	-	6	■ 27	-	10	-	10	-	-	31	4	4	21,7	2
2,6	9	3	3,3	3	18	-	20	-	-	-	7,7	-	-	-	17,4	4
3,4	3	9	10	12	-	9	20	18	20	-	15	19	4	-	7,3	2
3,5	6	2	10	12	9	18	10	9	5	-	7,7	12,5	4	12,5	13	-
3,6	-	3	-	-	-	-	10	-	10	-	-	6,2	-	-	4,3	4
4,5	12	9	13,3	9	72	27	20	36	20	6,6	23	25	8,3	-	8,7	8
4,6	9	-	6,7	-	36	-	10	9	15	-	7,7	25	-	8,3	8,7	8
5,6	9	9	3,3	3	36	-	-	18	-	6,6	-	-	12,5	4	13	6

Приведенная методика расчета интенсивной технологии ТО-3 и ТР-1 тепловозов позволяет корректировать эти технологии с учетом информации, получаемой с ПКД тепловозов.

1.6. Цель и задачи исследования.

На основании выполненного анализа системы технического обслуживания и текущего ремонта тепловозов, материалов по развитию этой системы на различных этапах, анализа стратегий управления техническим состоянием локомотивов, выбранного регламента и интенсивности работ, которые выполняются на ТО-3 и ТР-1, определения сочетаний дополнительных работ и формирования типовых сочетаний в технологические маршруты можно сформулировать следующую цель и задачи исследования.

Целью настоящей работы является разработка прогрессивной усовершенствованной технологии по организации работы ПКД магистральных тепловозов и их оптимальной дислокации на дороге. Эта технология должна базироваться на основе выбранных типовых сочетаний работ с диагностированием на ПКД и технологических маршрутов их проведения на ТО-3 и ТР-1, моделирования организации работ на участках ТО и ТР с выбором наиболее рационального варианта, а также их экономического обоснования.

Для достижения данной цели предлагается решение следующих задач:

1. Разработать методику и провести аналитическое и имитационное моделирование работ с диагностированием выполняемых на участках ТО-3 и ТР-1 с учетом влияния на них эксплуатационных факторов;

2. Определить приоритеты в обслуживании магистральных тепловозов на ПКД и разработать методику оптимальной дислокации ПКД на дороге;

3. Разработать технические требования к архитектурно-строительным и планировочным решениям ПКД, а также их оснащению стационарными и переносными средствами диагностирования;

4. Практически реализовать предлагаемые мероприятия, провести опытную эксплуатацию и апробировать их с последующей технико-экономической оценкой.

Данные исследования проводились на базе локомотивных депо Южной железной дороги совместно со специалистами кафедры "Эксплуатация и ремонт подвижного состава" Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта.

РАЗДЕЛ 2

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ УЧАСТКОВ ТО И ТР ТЕПЛОВЗОВ

1.1. Влияние эксплуатационных факторов на формирование программы ТО-3 и ТР-1 тепловозов.

Сложный характер организации движения поездов и локомотивов на железной дороге приводит к тому, что суточный пробег отдельных тепловозов изменяется в широких пределах. При этом за равные промежутки времени локомотивы осуществляют различный пробег, или, что тоже самое, одинаковый пробег осуществляют, за разное время. Постановка локомотивов на ремонт осуществляется по достижению нормативный пробегах между ТО и ТР (с учетом ограничения на период времени между проведением ТР-1 - 2 месяца). Следовательно, периоды, через которые следует проводить плановые ремонты, также носят случайный характер. Эти теоретические рассуждения подтверждаются проведенным статистическим анализом работы ряда депо. Гистограммы распределений периодов достижения нормативных пробегах между ТО-3 и ТР-1 для некоторых из них представлены на рис. 2.1. Для построения этих гистограмм были использованы данные книг регистрации ремонтов, технического обслуживания и учета потребности локомотивов и секций электро- и дизель-поездов между всеми видами ремонтов (форма ТУ-27), в которых фиксируются пробеги тепловозов от последних ТР-1 за каждые сутки с нарастающим итогом. Кроме того, в них отмечаются даты проведения ТО-3 и последних ТР-2, ТР-3 и капитальных ремонтов (КР), а также пробеги от них на начало каждого месяца. На основании этих данных определялись даты достижения нормативных пробегах до ТО-3 и ТР-1.

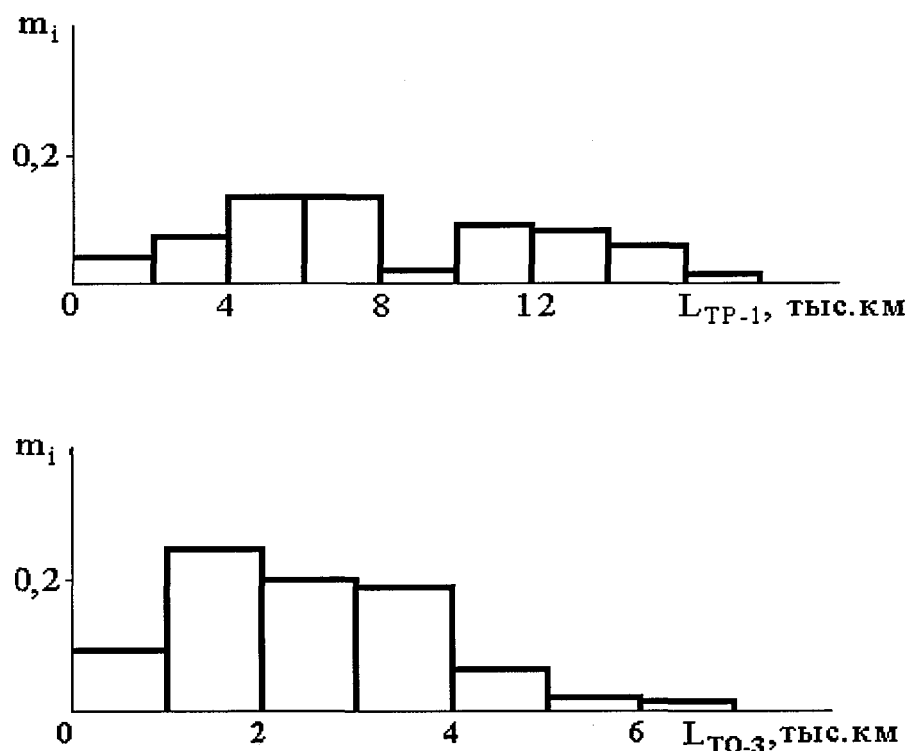


Рис. 2.1 - Распределение отклонений пробегов магистральных тепловозов между ТО-3 и ТР-1

Случайный характер этих периодов времени приводит к тому, что в отдельные сутки количество локомотивов на ремонт различно. Стремление выполнять все ремонты точно по достижению нормативного пробега привело бы к необходимости содержать количество ремонтных позиций, обеспечивающих максимально возможное число обслуживаемых локомотивов. Если число ремонтных позиций меньше, то часть локомотивов не может быть своевременно поставлена на обслуживание. Поскольку возможностей для ремонта этих локомотивов в течение данных суток нет, то нецелесообразно отвлекать их из эксплуатационной работы. Продолжая участвовать в перевозочном процессе, тепловозы увеличивают свой пробег от предыдущих ремонтов. Обстоятельства могут сложиться так, что отдельные локомотивы не смогут быть обслужены не только в данные, но и на следующие сутки, а также в течение нескольких суток. Поскольку пробег их между ремонтами

при этом постоянно увеличивается, он может превысить установленную величину допустимого отклонения межремонтного пробега от нормативного (+10%), что нежелательно, поскольку приводит к резкому ухудшению технического состояния локомотивного парка.

Вероятность превышения этих отклонений будет наименьшей в случае, если локомотивы будут ставиться на ремонт в порядке величины их фактических межремонтных пробегов. Следовательно, можно утверждать, что если перепробег локомотивов неизбежен при такой последовательности постановки на ремонт, то его нельзя избежать и ни при какой другой. В реальных условиях из-за некачественного диспетчерского управления постановкой локомотивов на ремонт, занятости ремонтных позиций выполнением неплановых ремонтов и других причин перепробеги возникают и при далеко не полной загрузке ремонтных позиций.

Основной задачей данного раздела является выявление условий, при которых из-за нехватки ремонтных позиций (при реальном распределении периодов времени достижения нормативных пробегов между ремонтами) и вне зависимости от всех остальных объективных и субъективных факторов, осуществление ремонта локомотивов без перепробега невозможно.

Для решения поставленной задачи воспользуемся теорией массового обслуживания (ТМО). С точки зрения рассматриваемой теории все описанные процессы можно представить протекающими в двухфазной СМО [16]. Одна из них - фаза ремонта тепловозов, а другая - фаза их эксплуатации. Выходной поток фазы эксплуатации является входным в фазу ремонта. Перед фазой ремонта может образовываться очередь. Будем полагать, что все заявки, находящиеся в этой очереди, остаются в эксплуатируемом парке тепловозов. Дисциплина обслуживания этой очереди - «в порядке поступления». Входной поток фазы ремонта является

входным в фазу эксплуатации. Очереди для поступления в фазу эксплуатации не возникают, поскольку число каналов в ней не меньше, чем число возможных заявок.

Распределение продолжительности нахождения заявки в фазе эксплуатации подчинено нормальному закону распределения и характеризует период времени достижения нижней допустимой границы пробега тепловозов между ремонтами. На данном этапе исследования, с целью выполнения влияния только стохастического характера периодов достижения нормативных пробегов на использование ремонтной базы, будем рассматривать случайный характер таких показателей, как продолжительность ремонта, опоздания локомотивов к графическим моментам постановки на ремонт и др. Стохастический характер этих параметров будет рассмотрен далее. Поэтому продолжительность обслуживания в фазе ремонта в этой задаче будем рассматривать как детерминированную, численно равную графическому периоду между постановками тепловозов на одно стойло.

Нормальный закон распределения периода достижения нормативных пробегов между ремонтами не позволяет воспользоваться для решения данной задачи аналитическими формулами ТМО. Поэтому, для решения данной задачи была построена имитационная модель, основной задачей которой является определение зависимости максимально возможной программы ремонта (без перепробегов) участка ТО-3, ТР-1 от характеристик участка и распределений периодов времени достижения нормативных пробегов.

Алгоритм моделирования состоит в следующем. Объектом моделирования являются процессы эксплуатации тепловозов, составляющих инвентарный парк данного основного депо, а также постановки их на ремонтные позиции участка ТО-3 и ТР-1.

Ремонтная база моделируется как многоканальная СМО, имеющая n взаимосвязанных каналов, на которых выполняются ТО-3 и ТР-1. Неплановые ремонты в модели не рассматриваются (предполагается, что они выполняются на отдельных специализированных ремонтных позициях). Имитируются случайные величины периодов времени достижения нормативных пробегов между ТО-3, ТР-1 и ТР-2 для каждого локомотива.

Информационное обеспечение модели, кроме параметров законов распределения случайных величин, включает число ремонтных позиций на участке, численность парка тепловозов в распоряжении депо, количество ТО-3 и ТР-1, которое за сутки может быть выполнено на участке, величину среднесуточного пробега одного тепловоза и нормативы между ТО-3, ТР-1 и ТР-2.

После ввода исходной информации происходит начальная настройка программы моделирования. Она включает задание каждому локомотиву периодов времени до очередных ТО-3, ТР-1 и ТР-2. Для этого был использован датчик равномерно распределенных псевдослучайных чисел. Затем программа выбирает локомотив, период достижения нормативного пробега ТО-3 или ТР-1 которого удовлетворяет двум условиям: во-первых

$$T < \frac{-\sigma}{y_5} \quad (2Д)$$

где Ty - период до достижения y -м локомотивом нормативного пробега до y -го вида ремонт сут.;

d - допустимое отклонение пробегов между ремонтами от нормативного значения. Выбирается в пределах от 0 до 0,1;

LHJ - нормативный пробег между y -м видом ТО или ТР, км;

S - среднесуточный пробег одного тепловоза, км/сут.;

во-вторых:

относительный пробег до достижения нормативного значения

$$\frac{T_{ij} \cdot S}{L \cdot \Pi} \quad (2.2)$$

данного локомотива должен быть наименьшим.

Если ремонтная база не загружена, то значительная часть локомотивов может быть поставлена на обслуживание с пробегом меньше нормативного. Это может привести к тому, что и средний пробег между ремонтами окажется меньше нормы. Это недопустимо, поскольку привело бы к необоснованному увеличению программы ремонта. Для того чтобы этого избежать величина α в формуле (2.1) изменяется в пределах от 0 до 0,1. При этом, чем меньше ее значение, тем ближе минимальный пробег тепловозов, поступающих на обслуживание к нормативному. Изменением этого показателя в модели (если это в принципе возможно) достигается средний пробег между ремонтами равный нормативному.

Выбранный в соответствии с указанными условиями локомотив является очередным кандидатом для постановки соответственно на ТО-3 или ТР-1. Если в данные сутки еще имеются незанятые ремонтные позиции, то имитируется постановка локомотивов на ремонт, и занятие ремонтной позиции на время, необходимое для его проведения. В противном случае, ремонт переносится на следующие сутки. Если кандидатов на ремонт, удовлетворяющих описанным выше условиям нет, то, независимо от того, заняты ли в данные сутки все стойла или нет, моделирование текущих суток прекращается и переносится на следующий рабочий день. Для этого период времени до очередных ремонтов всех локомотивов уменьшается на единицу (если следующий день рабочий) или еще дополнительно на число выходных дней, а ремонтная база к началу очередных суток считается полностью свободной, После этого

процесс выбора очередных кандидатов на ремонт и их постановки на ремонтные позиции повторяется снова.

После очередного ТР-1 с помощью датчика нормально распределенных случайных чисел определяются периоды до очередных ТО-3 и ТР-1. В реальных условиях кроме ТО-3 и ТР-1 выполняются и другие ремонты. Поскольку при достижении нормативных пробегов сразу нескольких видов ремонта выполняется лишь наиболее крупный из них, то программа ТР-1 меньше, чем получилась бы с помощью описанного выше алгоритма. С целью внесения соответствующей корректировки в модели имитируются пробеги между ТР-2. В случае если очередным ремонтом является ТР-2 (или любой другой более крупный ремонт), выполнение очередных ТО-3 или ТР-1 отменяется. Структурная схема алгоритма моделирования представлена на рис.2.2.

В результате моделирования накапливаются статистические данные об использовании ремонтных позиций для производства ТО-3 и ТР-1, а также об отличиях фактических периодов между ремонтами и теми, при которых достигался нормативный пробег. Фактические пробеги между ремонтами $B_{фц}$ определялись по формуле:

$$B_{фц} = L_{ц} - T_{ц} S \quad (2.3)$$

Изменения условий моделирования производилось путем увеличения величины парка локомотивов в распоряжении депо, что приводило к увеличению программы ремонта и уровня использования ремонтных позиций. При неизменном расчетном фонде времени работы всех ремонтных позиций участка это вызывает затруднения с обеспечением всех локомотивов своевременной постановкой на ремонт.

На рис.2.3 приведены примеры полученных с помощью модели распределений пробегов между ремонтами при количестве ремонтных позиций в депо, равном 3, при различном уровне их использования (соответственно 0,726 и 0.984).

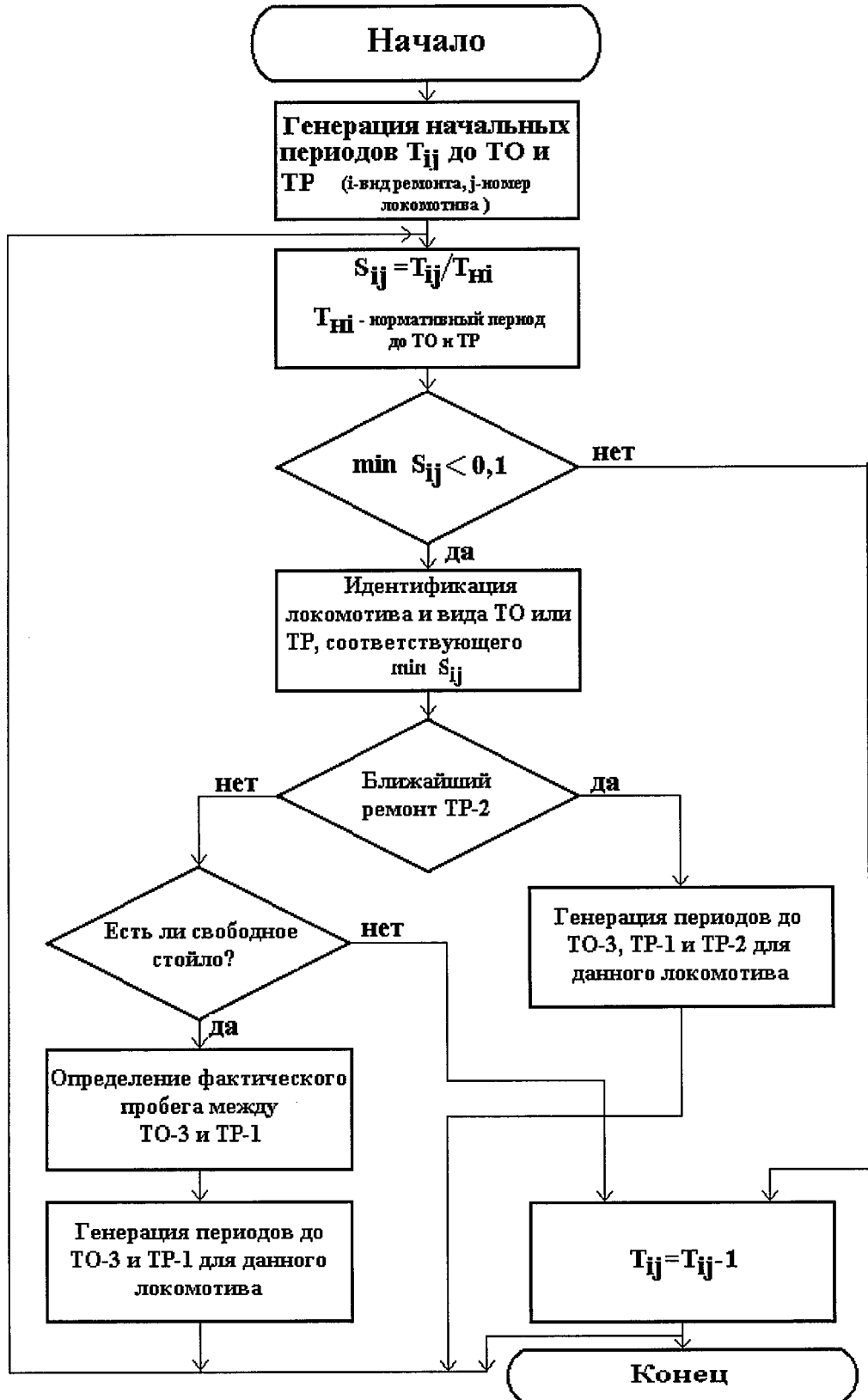
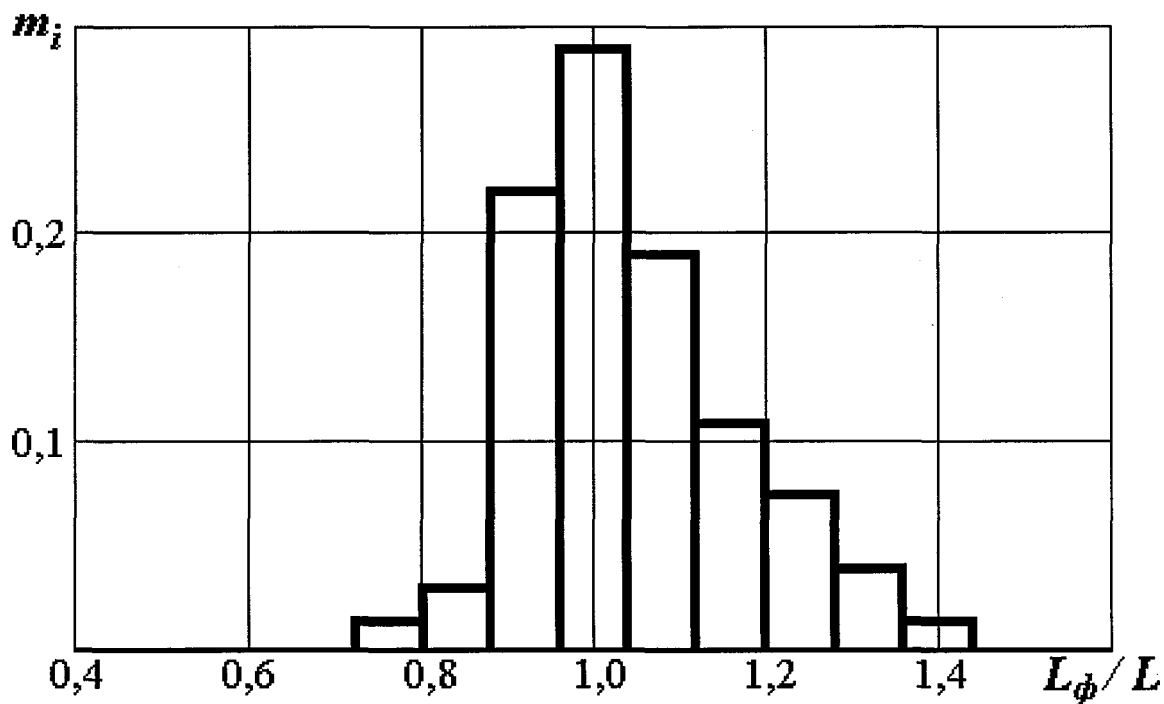
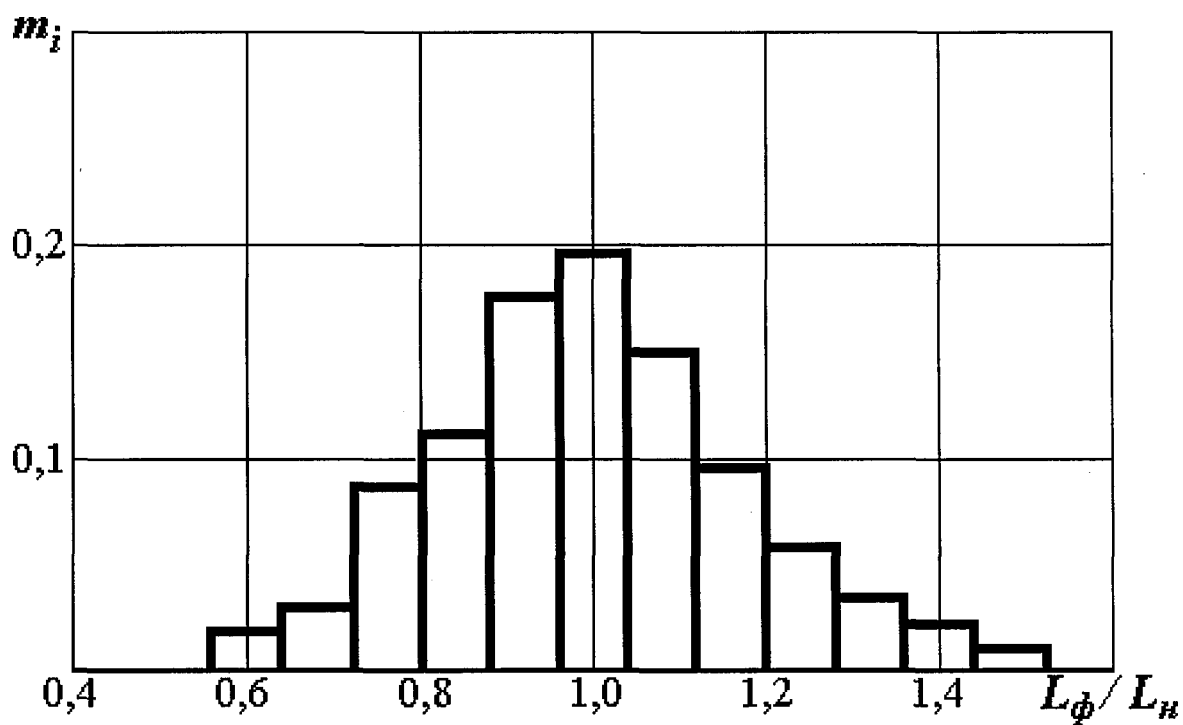


Рис. 2.2 - Схема алгоритма моделирующего пробега между ТО-3 и ТР-1



а. - уровень использования ремонтных позиций 0,726



б. - уровень использования ремонтных позиций 0,984

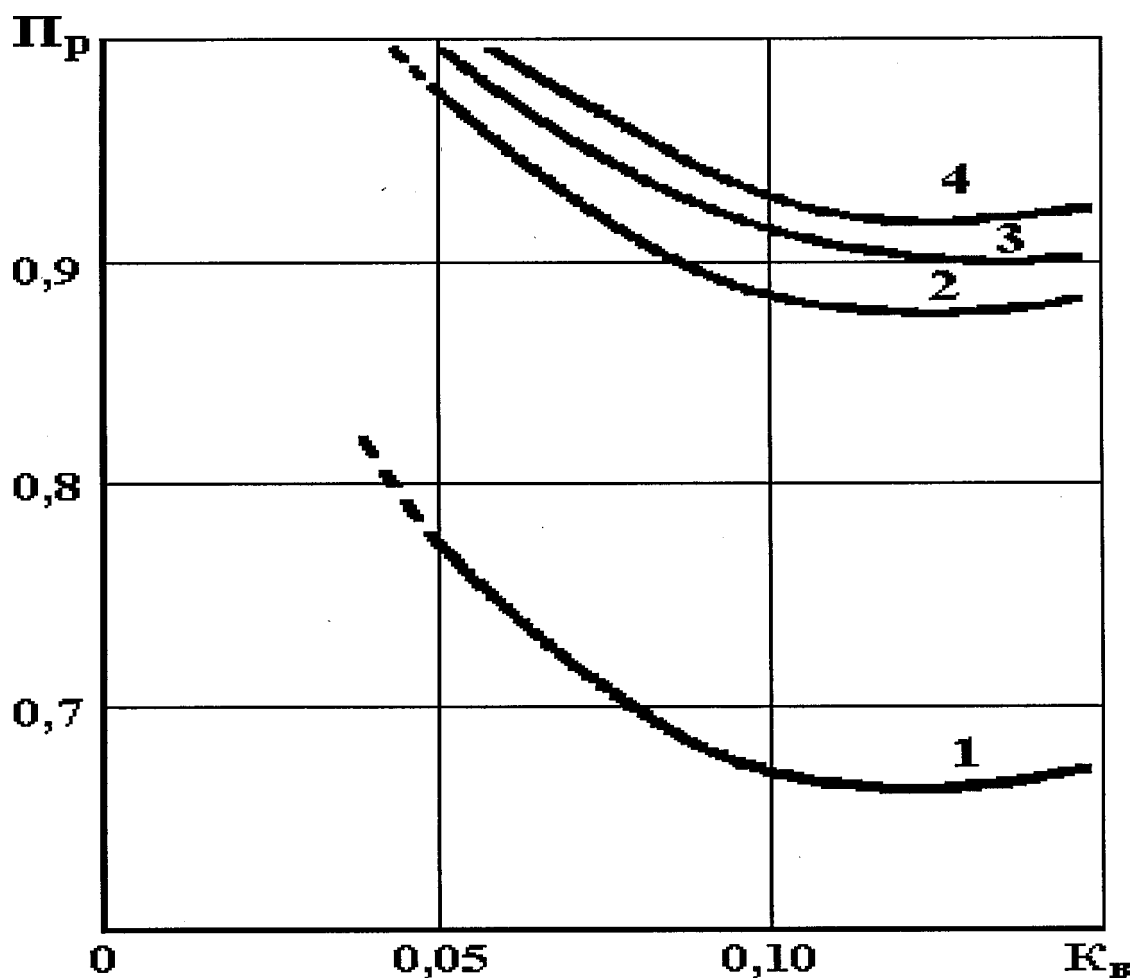
Рис. 2.3 - Результаты моделирования распределений относительных пробегов тепловозов между ТО-3

Поскольку при моделировании полагалось, что на систему воздействует только стохастический процесс, а все остальные не рассматривались, то вместо термина «уровень использования работы участка», нахождение допустимой величины которого является задачей данной главы, промежуточную величину, рассматриваемую в данном разделе, будем называть «уровнем выполнения программы ремонта», понимая под этим часть искомого коэффициента. Как видно из представленного рисунка, дисперсия во втором случае значительно больше (соответственно 0,26 и 0,41).

На рис.2.3,а распределение имеет вид, вытянутый в сторону больших пробегов между ТО-3. Это объясняется тем, что с целью обеспечения среднего пробега между ремонтами, равным нормативному, при данной реализации модели величина допустимой нижней границы пробега между ремонтами была выбрана не $0,9\gamma_{\text{ТО-3}}$, а $0,95\gamma_{\text{ТО-3}}$. Во втором случае имеет место перепробег локомотивов сверх допустимых 10% от нормативного между ТО-3, что недопустимо. В результате построения подобных распределений для различных условий эксплуатации были получены зависимости максимальной ремонтной программы локомотивов, обеспечивающей функционирование их без перепробегов, от коэффициента вариации периодов достижения нормативных пробегов между ТО-3 и ТР-1 при различных количествах ремонтных позиций. Этой программе ремонта соответствует значение уровня выполнения программы ремонта.

Для пятидневной рабочей недели и выполнении на одной ремонтной позиции в течение суток одного ТР-1 или двух ТО-3 зависимости уровня выполнения программы ремонта от исследуемых параметров представлены на рис. 2.4. Как видно из данного рисунка, увеличение количества ремонтных позиций и связанное с ним возрастание концентрации ремонта ослабляет влияние неравномерности постановки

локомотивов на ремонт. Это является еще одним подтверждением того, что концентрация ремонта является одним из наиболее действенных мер повышения эффективности работы локомотивного хозяйства. При значениях коэффициента вариации периодов между ТО-3 и ТР-1 в пределах от 0,1 до 0,15 (т. е. в области их наиболее вероятных значений) допустимый уровень выполнения программы ремонта изменяется в очень незначительных пределах. Иначе говоря, чувствительность этого уровня к неравномерности поступления локомотивов в этой области незначительна.



(номера кривых соответствуют количеству стойл в депо)

Рис. 2.4 - Зависимость уровня выполнения программы ремонта (Π_p) от неравномерности поступления тепловозов на ТО-3 и ТР-1 (K_B)

1.2. Аналитическая модель работы участка ТО-3 и ТР-1 тепловозов.

Описанная выше имитационная модель работы участка ТО-3, ТР-1 носит весьма общий характер. Однако она относительно сложна и при реализации на ЭВМ требует довольно продолжительного времени работы процессора. Поэтому, для некоторых частных случаев, целесообразно пользоваться более простыми аналитическими зависимостями. Случай, когда все входные потоки могут быть представлены законами Пуассона описаны в литературе. Однако, как уже отмечалось, для тепловозных депо это условие практически не выполняется. Более распространенным случаем являются детерминированные (или близкие к ним) потоки поступления локомотивов на плановые ремонты. Для решения поставленной задачи, при детерминированном потоке поступления на ТО-3 и ТР-1 и выполнении всех НР только на специализированных ремонтных позициях, можно предложить следующую аналитическую модель.

В связи со случайным характером продолжительности простоя локомотивов на ремонте, имеется определенная вероятность того, что к графиковому моменту постановки на ремонт следующего локомотива или к концу рабочего дня текущий ремонт не будет завершен. В первом случае произойдет задержка постановки на ремонтную позицию очередного локомотива, а во втором, кроме того, простой локомотива в течение нерабочей и ночной смены. Если же это произойдет в пятницу или перед праздничными днями, то тепловоз простоит и все выходные дни (возможность выполнения оставшейся части ремонта в ночное время или выходные дни не рассматривалась). Для того чтобы оценить величину простоя в ожидании ремонта и в нерабочее время, необходимо знать функцию или плотность распределения задержек продолжительности

ремонтных и планируемых задержек продолжительности ремонтов относительно планируемых моментов постановки следующих локомотивов.

Расчет этой плотности распределения выполнен в предположении, что рассматриваемый процесс является стационарным. Это предположение базируется на ряде исследований поступления и обслуживания локомотивов в депо [106,108]. Кроме того, подтверждением этого может служить то, что месячная программа ТО-3 и ТР-1 во всех обследованных депо изменялась в течение года лишь в очень незначительных пределах. Это достигается путем определения изменений межремонтных пробегов, компенсирующих колебания месячных пробегов локомотивов по депо приписки (см. рис. 2.5).

Обозначим случайную величину задержки постановки на ремонтную позицию l -го локомотива (относительно планового момента начала его ремонта) - T_n , а случайную величину продолжительности его ремонта - t_n . Тогда период от планируемого момента постановки тепловоза на ремонтную позицию до окончания его ремонта равен [106]

$$T_n + t_n \quad (2-4)$$

Если этот период превышает плановый интервал между следующими друг за другом ремонтами данного вида T , то следующий локомотив будет задержан на время [106]

$$+ t_n - T \quad (2.5)$$

относительно планового момента его постановки.

Если же

$$T_n + t_n < T, \quad (2.6)$$

то очередной локомотив будет поставлен вовремя.

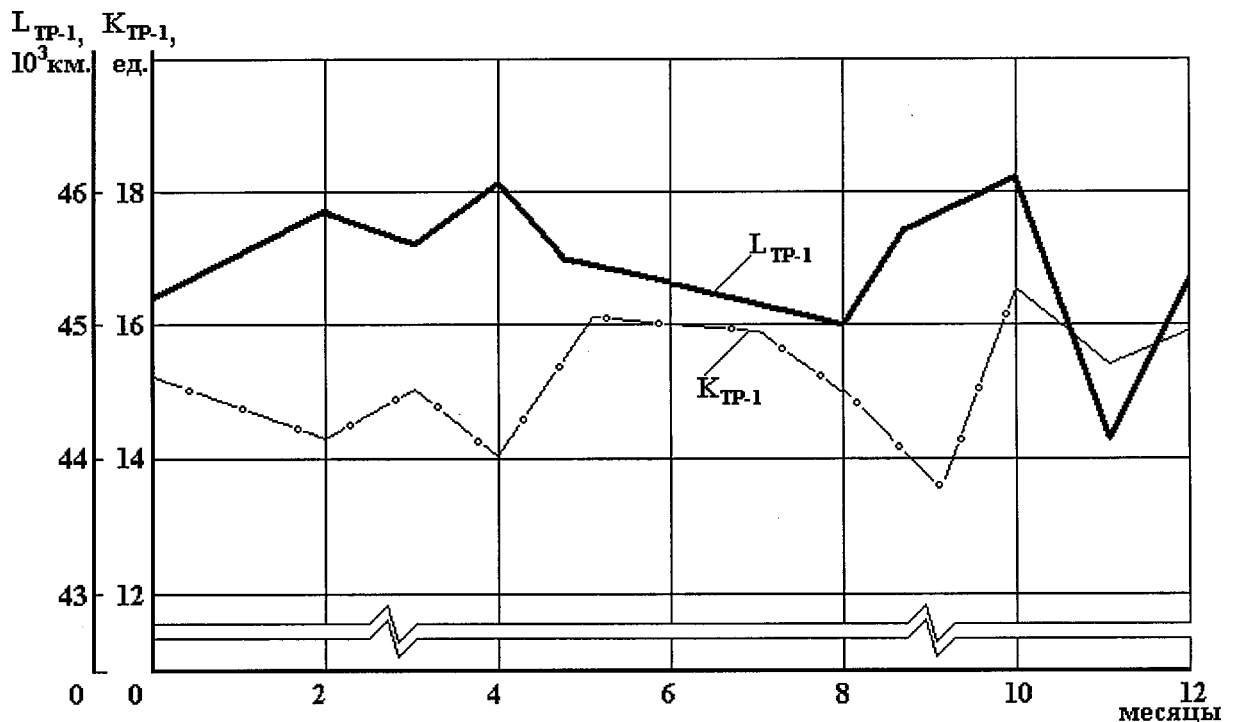


Рис. 2.5 - Среднегодовые изменения количества TP-1 (K_{TP-1}) и пробегов между ними (L_{TP-1})

Аналитически это можно записать так [106]

$$\left. \begin{array}{l} 0, \\ \left. \begin{array}{l} \text{при } T_n + t_n < T, \\ t_n - T \text{ при } T_n + t_n > T \end{array} \right\} \end{array} \right\} \quad (2-7)$$

Поскольку рассматриваемый процесс носит стационарный характер, то вероятности тех или иных событий не зависят от номера ремонта. В частности, вероятностные распределения величин всех T_n одинаковы.

Продолжительность ремонта зависит от объема работ, который необходимо осуществить на локомотиве, и количества слесарей, выполняющих ремонт. Если предположить, что за каждым локомотивом закреплено определенное число рабочих, то продолжительность ремонта зависит только от объема работ и не зависит от момента начала ремонта. Поэтому случайные величины T_n и t_n независимы друг от друга.

Обозначим функцию распределения продолжительности ремонта локомотивов t_n , а ее плотность $f(t(x))$. Функцию распределения продолжительности задержки обозначим $F_T(x)$. Тогда [101]

$$F_T(x) = P(T_n < X). \quad (2.8)$$

Разобьем эту функцию распределения на две части. Первая из них вероятность того, что задержки нет (P_0) а вторая - вероятность того, что задержка произошла, но не превышает величины X при постановке очередного локомотива на ремонт.

Аналитически запишем это как [101]

$$\begin{aligned} P_0 - P(pn+1 = 0)? \\ \frac{1}{[H(x) = P(0 < \Gamma_{n+1} < x)].} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Тогда

$$T_2(x) = P_0 + H(x). \quad (2.10)$$

Обозначим производную функции $h(x) \sim L(x)$, т.е.

$$h(x) = \frac{dH}{dx} = H'(x). \quad (2.11)$$

Предположим, что продолжительность задержки локомотивов не превышает T . Это означает, что

$$P_0 + Y(x) = 1. \quad (2.12)$$

Из системы уравнений (2.7) получим, что

$$m_{n+1} = \text{шах}(0, T, +t_n - T). \quad (2.13)$$

Используя независимость величин T_n и t_n , можем записать

$$\begin{aligned}
h(x)dx &= P(x \leq m_{n+1} \setminus \{x + dx\}) = \\
&= P(x \leq r, - T(x + dx) = O)P(m_n = 0) + \\
&\quad \int_0^T P(u \leq m_n \setminus \{u + du\})P(x \leq t_n + u - T \setminus \{x + dy_u \setminus \{m_n \setminus \{u + du\}\}) = (2.14) \\
&\quad 0 \\
&= P_{of_t}(T + x)dx + \int_0^m h(u)du f_t(x + T - u)dx.
\end{aligned}$$

Разделив обе части уравнения (2.14) на dx , получим

$$h(x) = P_{of_t}(T + x) + \int_0^T h(u)f_t(T + x - u)du. \quad (2.15)$$

Положим

$$\hat{h}^{(x)} = \int_0^x h(u)du \quad (2.16)$$

Подставив это выражение в (2.15), получим интегральное

$$g(x) = f_t(T + x) + \int_0^T g(u)f_t(T + x - u)du. \quad (2.17)$$

Обозначим как

$$\phi(x) = f_t(T + X). \quad (2.18)$$

Тогда уравнение (2.17) можно записать в виде

$$g(x) = \phi(x) + \int_0^T g(u)\phi(x - u)du. \quad (2.19)$$

Введем интегральный оператор K с ядром $K = (\phi(x - u))$.

Тогда уравнение (2.19) можно записать в виде

$$g = \phi + Kg, \quad (2.20)$$

или

$$[E-K]g(x) = p(x), \quad (2.21)$$

где E - тождественный оператор.

Известно [90], что для того, чтобы $E - K$ имел обратный оператор достаточно, чтобы

$$(2.22)$$

где $\| \cdot \|$ - норма K как оператора в $C^0[0, T]$;

C^0 - пространство непрерывных функций с нормой минимум модуля функции.

По определению

$$\|K\| = \max_{f \in C^0} \frac{\|Kf\|}{\|f\|} \quad (2.23)$$

где

$$\|f\| = \max_{0 < x < T} |f(x)| \quad (2.24)$$

$$Kf(x) = \int_0^x f(u) p(x-u) du \leq \max_{0 < u < T} |f(u)| \int_0^x p(x-u) du =$$

$$0 \quad (2.25)$$

0

Отсюда

$$Kf(x) \leq \max_{0 < x < T} \int_0^x p(x-u) du \quad (2.26)$$

Из выражений (2.23) и (2.26) получаем

$$\begin{aligned}
 N &< \max_{0 < x < T} \int_0^T P(x - u) du = \max_{0 < x < T} \int_0^{x+T} P(u) du = \\
 &= \max_{0 < x < T} \int_0^{x+T} f(u) du.
 \end{aligned}
 \tag{2.27}$$

Если, например, распределение продолжительности ремонта подчинено нормальному закону, то для него всегда выполняется условие [107]

$$\frac{a + \sqrt{2}}{k} < \int_0^{x+T} f(u) du,
 \tag{2.28}$$

где a - математическое ожидание продолжительности ремонта локомотивов.

Если распределение иное, то необходима специальная проверка выполнения неравенства [107]

$$\max_{0 < x < T} \int_0^{x+T} f(u) du < 1.
 \tag{2.29}$$

При выполнении неравенства (2.29) уравнение (2.21) имеет решение, которое может быть представлено в виде

$$g = (E - K)^{-1} = (E + K + K^2 + K^3 + \dots) < p,
 \tag{2.30}$$

ИЛИ

$$\begin{aligned}
g(x) &= \int_0^x \phi(u) \, du + \int_0^x \int_0^{x-u} \phi(u) \phi(x-u) \, du \, du + \dots \\
&+ \int_0^x \int_0^{x-u} \int_0^{x-u-v} \phi(u) \phi(x-u) \phi(x-u-v) \, du \, dv \, du + \dots \\
&+ \int_0^x \dots \int_0^{x-u_1} \dots \phi(u_n - u_{n-1}) \phi(x - u_n) \, du_1 + \dots + du_n + \dots
\end{aligned} \tag{2.31}$$

Для того чтобы получить вероятность задержки очередного локомотива на ремонт, произведем следующие преобразования

$$H(x) = \int_0^x h(u) \, du = \int_0^x P_0 g(u) \, du. \tag{2.32}$$

Подставив выражение (2.32) в (2.13) получим

$$H(T) = \int_0^T P_0 g(u) \, du = 1 - P_0. \tag{2.33}$$

Решив уравнение (2.33) относительно P_0 , получим

$$P_0 = \frac{1}{1 + \int_0^\infty g(u) \, du}. \tag{2.34}$$

Подставив в (2.34) выражение для $g(x)$ из формулы (2.31), находим P_0 .

Вероятность задержки ремонта определим как

$$P_в = 1 - P_0. \tag{2.35}$$

Для нахождения математического ожидания простоя локомотивов из-за несвоевременного высвобождения ремонтных

$$Mm = 0 \cdot P(m=0) + \int_0^m h(x) x dx = P_0 \int_0^m f(x) dx \quad (2.36)$$

Зная основные характеристики процесса, можно перейти к стоимостному критерию эффективности. Будем рассматривать те же составляющие потерь, что и в имитационной модели.

Затраты на простой локомотивов в ночное время и в нерабочие дни, приходящиеся на один рабочий день, определяются как [107]

$$Z'_M = e_{\text{л}}(1-P_0) (24-T_{\text{р.д.}}) + 24 \frac{\text{вых.}}{\text{р.д.}} \quad (2.37)$$

где $e_{\text{л}}$ - расходная ставка одного часа простоя локомотива;

$1-P_0$ - вероятность задержки локомотивов на ночь после рабочего дня;

24 - количество часов в сутках, ч;

$T_{\text{р.д.}}$ - продолжительность рабочего дня, ч;

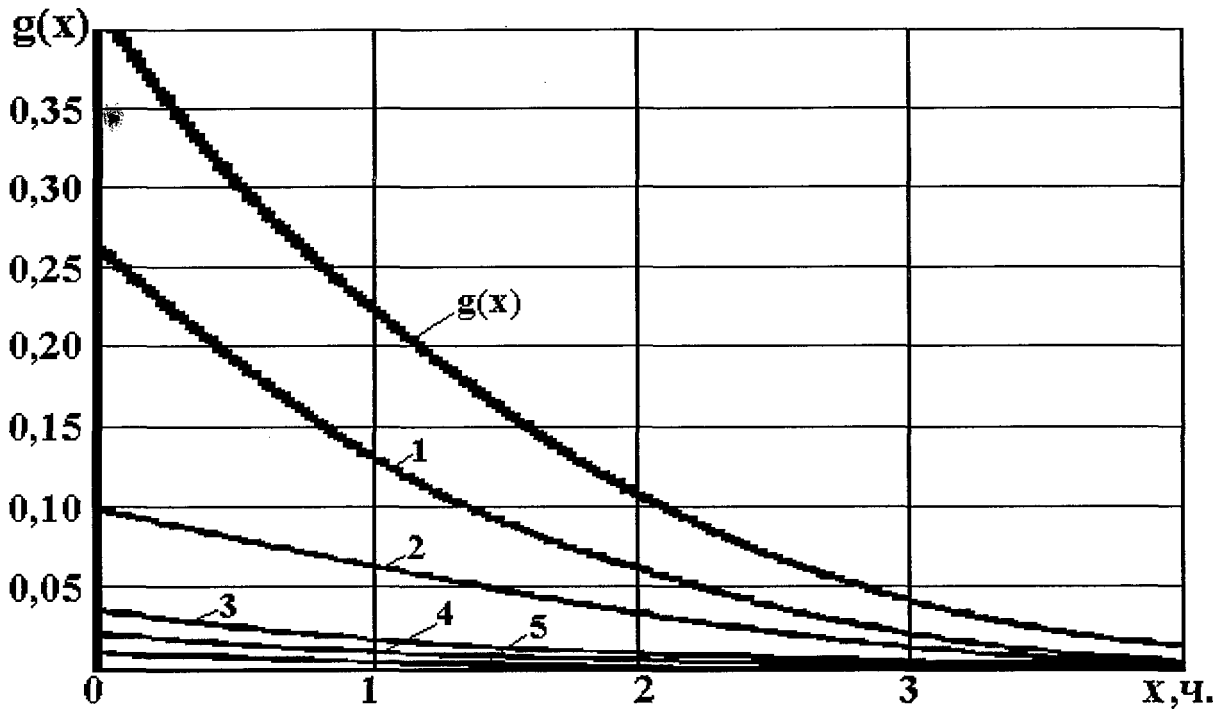
$\text{К}_{\text{вых./Кр.д.}}$ - вероятность того, что следующий день нерабочий.

График зависимости $g(x)$ и слагающих ее функций от продолжительности задержек постановок тепловозов на ТО и ТР представлен на рис. 2.6 а график средней продолжительности ожидания постановки тепловозов на ремонт (задержек) в зависимости от периодичности проведения ТО-3 на рис.2.7.

1.3. Выводы

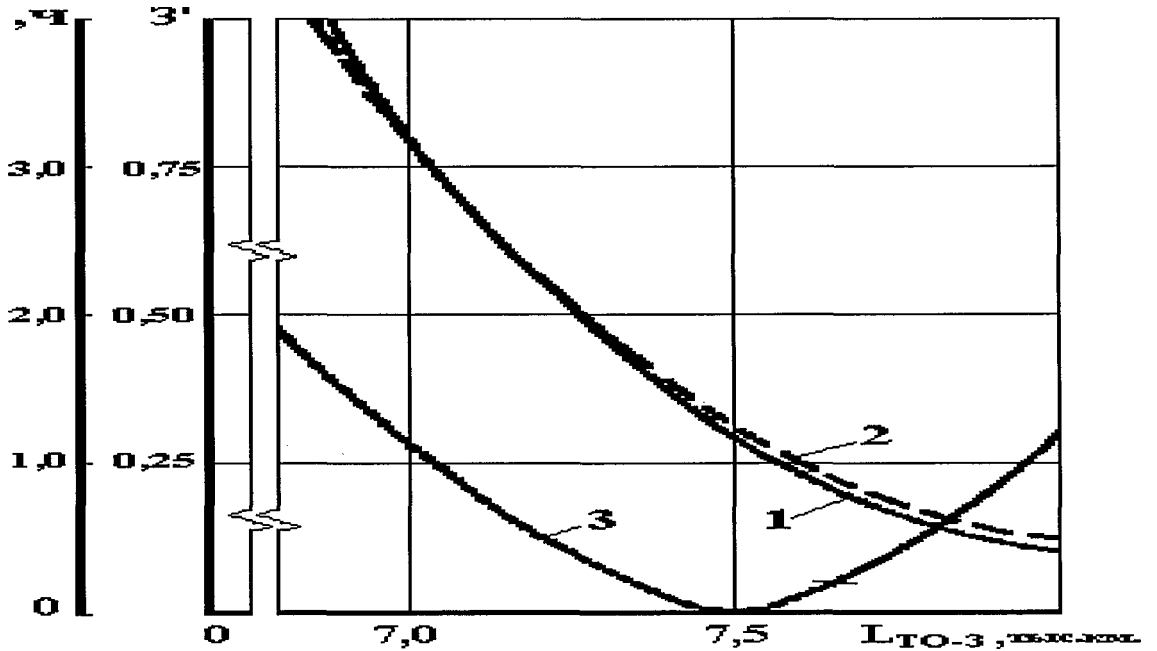
На основании проведенных исследований в разделе 2 можно сделать следующие выводы.

Для рассмотрения влияния эксплуатационных факторов на формирование программы проведения тепловозам ТО и ТР



(номер кривой соответствует номеру слагаемого)

Рис. 2.6 - Зависимость $g(x)$ и слагающих ее функций от продолжительности задержек постановок тепловозов на ТО и ТР



- 1 - аналитическая модель;
- 2 - имитационная модель;
- 3 - суммарные относительные затраты от задержек.

Рис. 2.7 - Зависимости переменной части суммарных относительных затрат от продолжительности постановки тепловозов на ТО-3

выполнен анализ распределений пробегов тепловозов между этими видами обслуживания и ремонтов, а также влияния на величину пробегов эксплуатационных факторов. В результате анализа было установлено, что нормальный закон распределения периода достижения нормативных пробегов между ТО и ТР не позволяет воспользоваться обычными аналитическими формулами. На основании этого предложена имитационная модель, основной задачей которой является определение зависимости максимально возможной программы ремонта (без перепробегов) участка ТО-3 и ТР-1 от его характеристики и распределения периодов времени достижения нормативных пробегов. Для этой цели был составлен алгоритм и проведен расчет на ЭВМ. Определены распределения пробегов, на основании которых получены зависимости максимальной ремонтной программы локомотивов, обеспечивающей функционирование без перепробегов, от коэффициента вариации периодов достижения нормативных пробегов между ТО-3 и ТР-1 при различных количествах ремонтных позиций. Данные проведенного имитационного моделирования позволяют сделать вывод, что увеличение количества ремонтных позиций и связанное с ним возрастание концентрации ремонта значительно ослабляет влияние неравномерности постановки тепловозов на ремонт.

Имитационное моделирование, приведенное в предыдущем пункте, характерно для общих случаев. Кроме того, такая имитационная модель относительно сложна и при реализации на ЭВМ требует довольно продолжительного времени работы процессора. Для реализации частных случаев предложена аналитическая модель работы участков ТО-3 и ТР-1 тепловозов. Она заключается в оценке величины простоя тепловозов в ожидании

ремонта на основании плотности распределения задержек продолжительности ремонтов и планируемых задержек продолжительности ремонтов относительно планируемых моментов постановки на них последующих тепловозов. Получены аналитические выражения функции распределения продолжительности задержки, а также вероятностей отсутствия и наличия задержек в постановке локомотивов на ремонт. На основании расчетно-аналитических данных построены графические зависимости средней продолжительности ожидания постановки тепловозов на ремонт (задержек) от периодичности проведения ТО-3. На этот график нанесена также зависимость, полученная путем имитационного моделирования.

Как видно из графических зависимостей в рассматриваемой области характеристики, полученные с помощью аналитических и имитационных методов, очень близки. Разница между ними не превышает 5%. Это является одним из подтверждений адекватности имитационной модели реально происходящим процессам.

РАЗДЕЛ 3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ДИСЛОКАЦИИ ПУНКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВОЗОВ

3.1. 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 [109].

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 разделе рассмотрены теоретические предпосылки обоснования оптимального размещения и закрепления локомотивных депо выполняющие ТО и ТР 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 классификации 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 критерии 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.

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 и с задачей перепланировки.

Взаимодействие новых и существующих объектов может выполнять функцию параметра задачи или управляющей переменной (рис.3.1). В ряде случаев степень этого взаимодействия зависит от размещения новых объектов, причем характер взаимодействия может быть статическим или динамическим, детерминированным или стохастическим (рис.3.2, 3.3).

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, т.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.

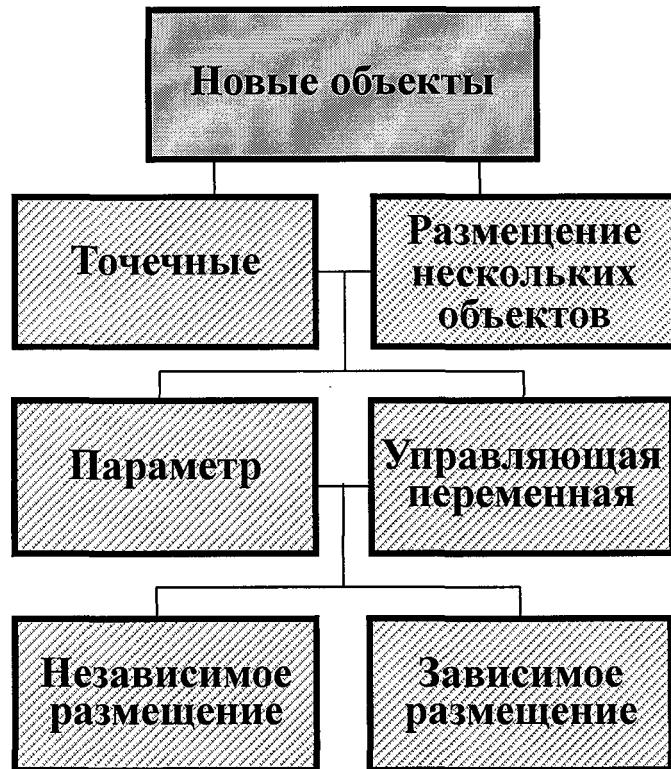


Рис.3.1 - Классификация задач размещения новых объектов

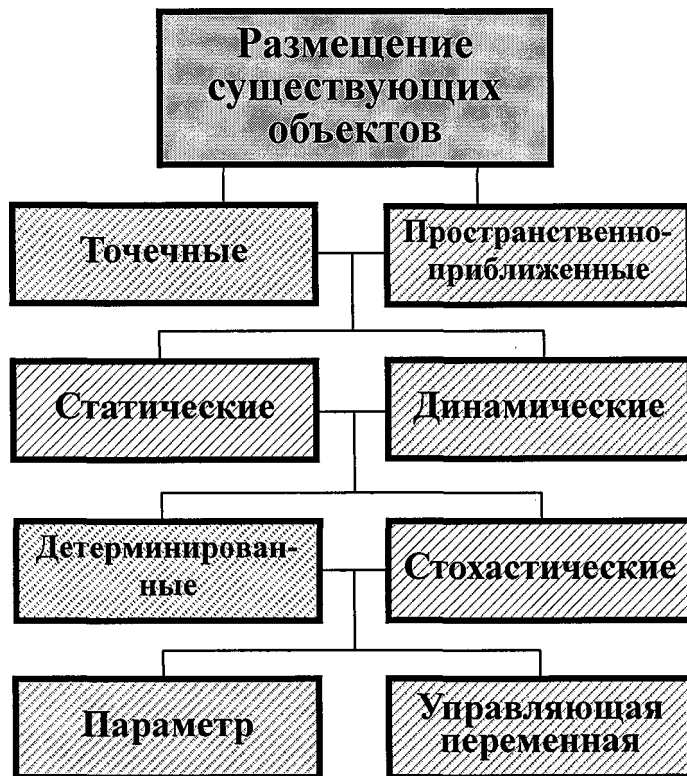


Рис.3.2 - Классификация задач размещения существующих объектов

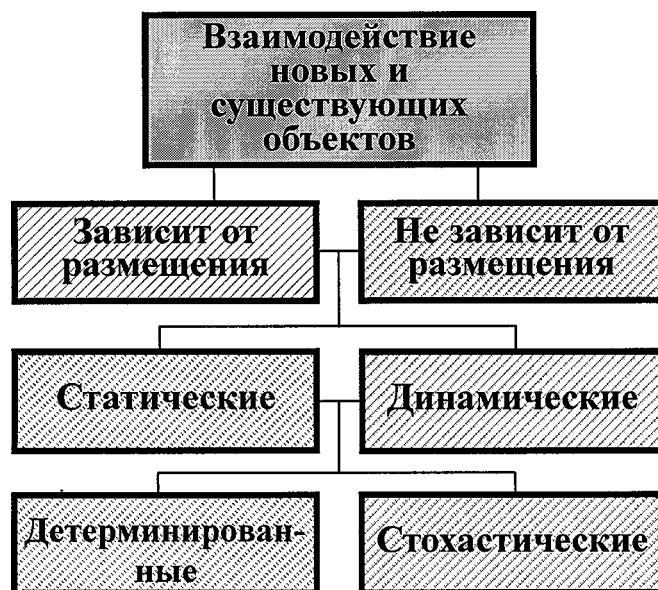


Рис.3.3 - Классификация задач по взаимодействию новых и существующих объектов при их размещении

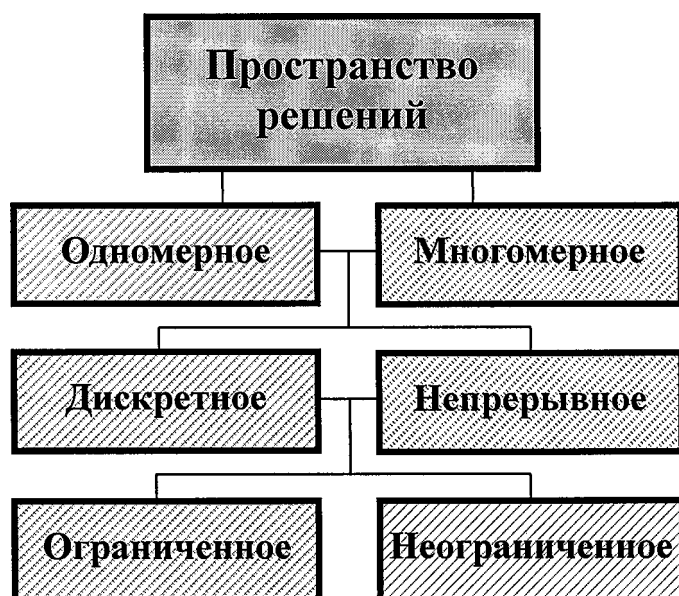


Рис.3.4 - Классификация задач по выбору пространства решений при размещении объектов



Рис.3.5 - Классификация методов выбора меры расстояния при размещении объектов



Рис.3.6 - Классификация конечных целей при размещении объектов

За исключением задач о покрытии, задачи планировки и размещения, как правило, сводятся к минимизации взвешенной суммы расстояний или минимизации максимального взвешенного расстояния между объектами.

Рассмотрим обобщенную задачу размещения, известную как задача Ферма. Математически эта задача формулируется следующим образом [37].

Пусть m существующих объектов размещены в различных точках P_1, \dots, P_m плоскости, а n новых объектов - в точках \dots, X_n . Расстояние между точками расположения u -го нового и z -го существующего объектов обозначим как $d(X_j, P^z)$, расстояние между точками расположения u -го и A -го новых объектов - как $d(X_j, X^A)$. Обозначим годовые удельные затраты (т.е. затраты на единицу расстояния) на перевозки между u -м новым и z -м существующим объектами через mu_{uz} , а аналогичные затраты на перевозки между u -м и k -м новыми объектами - через U_{uk} . Тогда общие годовые транспортные затраты, связанные с размещением новых объектов в точках X_j, \dots, X_n определяются по формуле [37]

$$\sum_{1 < j < k < n} \sum_{J=H=1}^{n, m} v_j t d(X_j, X^J) + Y^z w_j i d(X_j, P^z). \quad (3.1)$$

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 [37]

$$d(X_j, X_k) = |X_j - x_k| + |Y_j - Y_k|, \quad (3.2)$$

$$d(X_j, P_i) = |x_j - a_i| + |y_j - b_i|, \quad (3.3)$$

где $X_j = (x_j, y_j)$ и $P_i = (a_i, b_i)$.

Подставляя выражения (3.2) и (3.3) в формулу (3.1), получим

$$F(X_1, \dots, X_n) = f_1(X_1, \dots, X_n) + f_2(y_1, \dots, y_n), \quad (3.4)$$

где

$$f_1(x_1, \dots, x_n) = \sum_{1 < j < k < n} v^{|x_j - x_k|} + \sum_{j=1}^n \sum_{z=1}^n \lambda_{jz}^w d_{jz}^{-6z/\Gamma} \quad (3.5)$$

$$f_2(x_1, \dots, x_n) = \sum_{1 < j < k < n} x_j^k |y_j - y_k| + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ji}^w |y_j - b_i| \quad (3.6)$$

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

$$\min_{X_1, \dots, X_n} (f_1 + f_2) = \min_{x_1, \dots, x_n} (f_1 + f_2) \quad (3.7)$$

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 и к функции f_2 при замене X_j на y_j и c_{ij} на b_{ij} .

Переход к минимизации целевых функций f_1 или 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 [37]

$$|a - Z| = p + q, \quad (3.8)$$

где a, b, p, q - заданные числа.

Ограничения имеют вид

$$a - b - p + q = 0, \quad p > 0, \quad q \in Q, \quad pq = Q. \quad (3.9)$$

Отсюда следует, что минимизация функции f эквивалентна минимизации целевой функции

$$X^V J_k(P_{jk} + \langle l_{jk} \rangle) + \sum_{j=1}^n \sum_{m=1}^m Y^W j_i (r_{ji} + s_{j\wedge}), \quad \langle 3.10 \rangle$$

при ограничениях

$$X_j - x_k - p_{jk} + q_{jk} = 0, \quad \leq \leq \leq \leq$$

$$X_j - z_{ji} + S_{ji} = a_h$$

$$P_{jki} Q_{jk} - \quad 1 < j < k < n,$$

$$r_{ji}, s_{ji} = 0 \gg$$

X_j не ограничено,

$$P_{jk} - P_{jk} = 0, \quad 1 < j < k < n,$$

$$r_{ji}, s_{ji} = 0'$$

Если исключить два последних ограничения, то сформулированная задача является задачей линейного программирования Π_1 (вышеприведенную задачу будем называть задачей Π_0). Поскольку задача Π_1 имеет меньше ограничений, чем задача Π_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 Π_1 удовлетворяет всем ограничениям задачи Π_0 , то оно также является также минимальным допустимым решением задачи Π_0 .

Согласно теории линейного программирования, при решении задачи Π_1 некоторое базисное допустимое решение будет минимальным допустимым решением. Для любого базисного допустимого решения, если p_{jk} принадлежит базисному допустимому решению, не будет ему принадлежать, и наоборот; аналогично, если принадлежит базисному допустимому решению, S_{ji} 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 Π_0 . Таким образом, задачи Π_0 и Π являются эквивалентными задачами оптимизации, и для решения задачи размещения на плоскости с принятой метрикой можно применять линейное программирование.

В случае евклидовой метрики имеем

$$d(X_j, X_k) = [(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2]^{1/2} \quad (3.11)$$

$$d(X_j, P_k) = [(x_j - a_k)^2 + (y_j - b_k)^2]^{1/2}, \quad (3.12)$$

где $X_j = (x_j, y_j)$, $P_k = (a_k, b_k)$.

Подставляя выражения (3.11) и (3.12) в формулу (3.1), получим, что задача размещения нескольких объектов на плоскости с евклидовой метрикой состоит в минимизации целевой функции $f(X_1, \dots, X_n) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n v_{jk} [(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2]^{1/2} + \sum_{k=1}^n \mu_k [(x_j - a_k)^2 + (y_j - b_k)^2]^{1/2}$ по X_1, \dots, X_n .

$$f(X_1, \dots, X_n) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n v_{jk} [(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2]^{1/2} + \sum_{k=1}^n \mu_k [(x_j - a_k)^2 + (y_j - b_k)^2]^{1/2} \quad (3.13)$$

Необходимым условием оптимальности размещения новых объектов является равенство нулю (или перемена знака) частных производных функции $f(X_1, \dots, X_n)$ по X_1, \dots, X_n .

Частные производные $\partial f / \partial x_j$ и $\partial f / \partial y_j$ по x_j и y_j равны соответственно

$$\frac{\partial f}{\partial x_j} = \sum_{k=1}^n v_{jk} \frac{(x_j - x_k)}{[(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2]^{1/2}} + \sum_{k=1}^n \mu_k \frac{(x_j - a_k)}{[(x_j - a_k)^2 + (y_j - b_k)^2]^{1/2}} \quad (14)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y_j} = \sum_{k=1}^n v_{jk} \frac{(y_j - y_k)}{[(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2]^{1/2}} + \sum_{k=1}^n \mu_k \frac{(y_j - b_k)}{[(x_j - a_k)^2 + (y_j - b_k)^2]^{1/2}}$$

$$\frac{df}{dy_j} = \sum_{k=l, k^*}^j D_{jk} \frac{dy_k}{dy_j} + E_{ji} \quad (3.15)$$

где

$$D_{jk} = [(x/a)^2 + (y/b)^2],$$

$$E_{ji} = k^x; -a^2 + (y_j - b)^2. \quad (3.16)$$

$$(3-17)$$

Уравнение (3.13) представляет собой сумму конусов, вершины которых являются точками разрыва производных, образующих усеченную поверхность [37]. Так как конус есть предельная форма гиперboloида, то, заменяя конусы гиперboloидами, получим гладкую аппроксимирующую функцию f .

Уравнение гиперboloида с центром в точке $6Z_z$, на плоскости $x - y$ может быть записано в виде

$$f_{ji} = w_{7z}[(x; -6Z/) ^2 + (y_j - bi)^2 + \epsilon Y^2] \quad (3.18)$$

где ϵ - специальная константа.

Можно видеть, что добавление константы ϵ соответствует замене вершины конуса на гладкую гиперболическую поверхность, и следовательно, частные производные существуют всюду.

Полагая, что

$$D_{jk} = [(x/-a)^2 + (y/-ytf + sY)^2], \quad (3.19)$$

$$E_{ji} = [(-Y/ " ai)^2 + (Yj ~ bi)^2 + sY^2], \quad (3-20)$$

можно сформулировать новую задачу оптимизации как задачу минимизации целевой функции вида

$$f(A, \dots, X_i) = \sum_{j=1}^n V_{jk} D_{jk} + \sum_{j=1}^n \frac{nm}{j=i} \quad (3.21)$$

где

$$\lim_{E \rightarrow 0} f(A, \dots, X_i) = f(GV_i, \dots, X_i). \quad (3.22)$$

При очень малых значениях константы δ решение уравнения (3.21) почти аналогично решению уравнения (3.13). Беря частные производные f по X_j и y_j , приравнявая их к нулю и разрешая относительно X_i и y_i , получаем следующие итерационные формулы:

$$X_i^{(i+1)} = \sum_{k=1}^n \frac{V_{jk} D_{jk}}{E_{ii}^{ph}} \frac{y_j}{Y_{ik}^{i+1} Y_{jl}^{i+1}} \quad (3.23)$$

$$X_i^{(h+1)} = \sum_{k=1}^n \frac{V_{jk} D_{jk}}{E_{ii}^{ph}} \frac{y_j}{Y_{ik}^{i+1} Y_{jl}^{i+1}} \quad (3.24)$$

где верхние индексы h обозначают номер итерации.

Выражения (3.23) и (3.24) сводятся к итерационным выражениям, используемым в градиентных методах поиска, однако величина шага при гиперболической аппроксимации не оптимальна.

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.

Задача размещения может быть сформулирована следующим образом [37]
 найти

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_{ij} + g(n)), \quad (3.25)$$

при условии

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, m.$$

В данном выражении приняты следующие обозначения:

c_{ij} - удельные затраты в единицу времени при взаимодействии i -го нового и j -го существующего объектов;

x_{ij} - равно единице, если i -й новый объект функционально связан с j -м существующим объектом, и равно нулю в противном случае;

(x_i, y_i) - координаты размещения i -го нового объекта;

(C_j, B_j) - координаты расположения j -го существующего объекта;

$g(n)$ - затраты на перевозки в единицу времени при установке n новых объектов;

C - общие затраты на перевозки в единицу времени.

Управляющими переменными в выражении (3.25) являются x_{ij} , y_i . Каждое из ограничений означает, что любой из существующих объектов взаимодействует лишь с одним новым объектом. Поскольку не задано никаких ограничений на производительность объектов, предполагается, что новый объект удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к взаимодействию с существующими объектами. Кроме того, предполагается, что весовые множители $c_{ij} = W_j \cdot c_{ij}$, поскольку речь идет о размещении новых идентичных объектов.

Один из подходов, который используется для решения этой задачи, состоит в том, что при фиксированной величине n рассматриваются все возможные комбинации z_{y7} . Для каждого набора значений z_{7-z} оптимальное решение получается путем решения соответствующей задачи размещения одного объекта. Затем определяется набор значений Z_{jf} для данного n , обеспечивающий минимум затрат. И, наконец, получают оптимальное решение путем поиска величины n .

В связи с тем, что для точного решения задачи размещения могут потребоваться значительные вычислительные затраты, был разработан ряд эвристических методов получения хороших решений [118]. Автор работы [117] приводит алгоритм метода ветвей и границ, а в работе [119] дается алгоритм билинейного программирования для определения оптимального распределения и размещения и новых объектов.

В тех случаях, когда между множеством пар объектов допускается существование определенной взаимосвязи, задача размещения таких объектов носит дискретный характер и обычно называется задачей размещения с квадратичной функцией, поскольку может быть сведена к задаче с квадратичной целевой функцией.

Обозначим через $a(j)$ номер места размещения u -го объекта, и пусть $\langle a \rangle = [a(1), \dots, a(n)]$ есть вектор размещения, где n - число возможных мест для размещения n новых объектов.

После того как разработан план размещения новых объектов, необходимо определить общие затраты на его реализацию. Для этого расстояние между местами расположения объектов обозначим как $J(g, h)$, где g и h могут принимать значения от 1 до n , и предположим, что $J(g, h) = d(h, g)$ для всех g и h . Кроме того, введем константу пропорциональности V_{jk} , с помощью которой расстояние между новыми u -м и k -м объектами для всех $j < k$ преобразуется в затраты, т.е. если u -й объект размещается в месте $a(j)$, а k -й объект - в месте $a(k)$, то общие

затраты, связанные с новыми y -м и k -м объектами, равны $v_{jk} d[a(f), a(k)]$. Аналогично пусть расстояние между существующим z -м объектом и местом h размещения нового объекта равно $c(i, h)$ и iu , есть константа пропорциональности, с помощью которой расстояние между существующим z -м и новым y -м объектами преобразуется в затраты, т.е. если y -й объект размещается в месте $a(j)$, то общие затраты для y -го и z -го объектов равны $Y^{zj} c[a(j), a(z)]$. Тогда общие затраты на реализацию плана размещения равны

$$TC(a) = \sum_{1 < j < k < n} v_{jk} d[a(j), a(k)] + \sum_{j=1}^n \sum_{z=1}^m Y^{zj} c[a(j), a(z)]. \quad (3.26)$$

Таким образом, задача размещения с квадратичной функцией назначения состоит в определении вектора размещения a , при котором функционал (3.26) имеет минимальное значение.

Если возникают дополнительные затраты, не пропорциональные расстоянию, то имеем

$$TC(a) = \sum_{1 < j < k < n} v_{jk} d[a(j), a(k)] + \sum_{j=1}^n \sum_{z=1}^m Y^{zj} c[a(j), a(z)] + \sum_{i=1}^n E_i^y c^y(a(i)) + \sum_{i=1}^n E_i^z c^z(a(i)) \quad (3.3.T)$$

где $p[a(f), a(k)]$ - затраты на размещение новых y -го и k -го объектов соответственно в местах $a(f)$ и $a(k)$, не зависящие от расстояния;

$u[a(f)]$ - затраты на размещение нового y -го объекта на месте $a(f)$, не зависящие от расстояния.

Для решения рассматриваемой задачи был разработан ряд точных и эвристических методов, причем точные методы, за исключением метода полного перебора, являлись, как правило, модификацией метода ветвей и границ, т. е. неявного перебора.

Поскольку, однако, точные методы оказываются неприемлемыми при $n > 15$, то предпочтение отдается эвристическим методам.

Одним из наиболее удачных эвристических методов решения квадратичной задачи размещения является метод наискорейшего спуска или попарных перестановок.

В этом случае задается начальный вектор размещения a и рассматриваются изменения величины затрат при взаимной перестановке каждой пары объектов. Среди всех возможных перестановок выбирается и фиксируется та, при которой достигается наибольшее снижение величины затрат. Полученной величине затрат соответствует новый вектор размещения a' , для которого весь процесс повторяется, в результате чего получается второе улучшение назначения a'' , причем

$$\text{ГОД}(a) > \text{ГОД}(a'). \quad (3.28)$$

Этот процесс продолжается до тех пор, пока ни одна из возможных перестановок не даст дальнейшего снижения затрат. Полученное таким методом размещение считается решением квадратичной задачи.

3.2. 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 [37]. Для постановки задачи смешанного программирования введем следующие обозначения: m - число потребителей, n - число возможных размещений предприятий, u_j —

доля или часть потребностей z' -го потребителя, которая удовлетворяется предприятием, расположенным в J -м месте, причем $i = j = z'$; C_{uz} - стоимость полного удовлетворения потребностей i -го потребителя предприятием, расположенным в J -м месте, и f_j - постоянные затраты, обусловленные размещением предприятия в u -м месте.

Управляющие переменные X_j равны единице, если предприятие располагается в u -м месте, и нулю в противном случае.

В общем случае величина определяется как часть потребности i -го потребителя, удовлетворяемой предприятием, расположенным в u -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

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{y=1}^n c_{uy} X_{ij} + \sum_{y=1}^n g_i(X_{y,j}), \quad (3-29)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n Y_{yij} - Q_j^y X_j \leq Q, \quad (3.30)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{yij} = \hat{y}_i, \quad Y_{yij} \geq 0, \quad X_j = 0, 1 \quad (3.31)$$

где Q - производительность объекта, расположенного в u -м месте;

C_{uz} - стоимость транспортировки единицы продукции из u -го места в z -е;

$g(\cdot)$ - функция затрат для предполагаемого объекта, размещаемого в u -м месте, которые могут включать также постоянные затраты;

U_j - объем поставок z -му потребителю из j -го места;

d_i - количество продукции, которая должна поставляться z -му потребителю.

Одним из вариантов задачи размещения производства является задача о покрытии множества, т.е. задача определения числа и мест размещения.

Задача о покрытии множества может быть сформулирована следующим образом:

найти

$$\min Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j, \quad (3.32)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq d_i, \quad (3.33)$$

$$X_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.34)$$

Величины a_{ij} называются коэффициентами покрытия и принимают значения, равные единице, если потребитель находится в пределах j -й области (т. е. покрывается j -й областью), в противном случае a_{ij} равны нулю. Аналогично X_j принимает значение, равное единице, если в j -й области расположен некоторый объект, и равно нулю в противном случае. Ограничения в задаче требуют, чтобы каждый из m потребителей был «покрыт» по крайней мере, одним из n объектов. Цель в этом случае состоит в том, чтобы «покрыть» потребителей с минимальными затратами, причем - стоимость помещения объекта в j -ю область.

Поскольку эта задача также является задачей целочисленного линейного программирования, то любой приемлемый метод решения задач целочисленного программирования может быть использован для решения данной задачи. Однако благодаря особой структуре задачи

специально для ее решения был разработан ряд алгоритмов. Описаны четыре подхода к решению задач о покрытии: методы неявного перебора, методы секущей плоскости, методы отсечения и эвристические методы. Общий обзор задачи о покрытии и ее применениях дан в [37].

Обычно задача о покрытии множества при решении проблемы размещения состоит в определении минимального количества объектов, необходимых для удовлетворения (покрытия) потребностей некоторого множества потребителей. В подобной ситуации эта задача сводится к так называемой задаче о полном покрытии, которая получается из задачи о покрытии множеств, если ПОЛОЖИТЬ все C_j равными единице.

Помимо задачи о полном покрытии возможна постановка задачи о частичном покрытии. Если задача о полном покрытии состоит в определении минимального числа и мест расположения объектов, при котором удовлетворяются все потребители, то задача о частичном покрытии связана с определением размещения заданного числа объектов, при котором удовлетворяется максимальное число потребителей.

В общем, виде задача о частичном покрытии может быть сформулирована следующим образом:

найти

$$\min Z = \sum_{j=1}^m \min a_{ij}, \quad (3.35)$$

при ограничениях

$$\sum_{i \in O(x)} x_{ij} = 1, \quad j \in J, \quad (3.36)$$

где $O(x)$ - множество мест, в которых размещены объекты,

$$v(x) = \{i; x_{ij} = 1\}. \quad (3.37)$$

Если c_{ii} равно числу потребителей в z -й группе и d_{zy} есть расстояние между z -й областью и местом размещения y -го объекта, то c_{zy} в задаче о

частичном покрытии равно aDu . Иными словами, эта задача состоит в размещении самое большое K объектов таким образом, чтобы суммарное расстояние между группами потребителей и объектами было минимальным. Из выражения для $a.u$ следует, что если некоторая группа может обслуживаться более чем одним объектом, то она будет обслуживаться самым близким к ней объектом (заметим, что множество $O(x)$ не должно быть пустым).

В зависимости от исходных данных задача о частичном покрытии может быть центральной задачей размещения объектов [37], задачей p -медианы [117] или задачей размещения складов [118]. В первом из перечисленных вариантов каждое место размещения потребителей рассматривается как потенциальное место размещения объекта, т. е. предполагается, что n равно m .

Точное решение такой 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 $K > 10$, 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.

3.3. Методика оптимальной дислокации ПКД 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 на 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 вложениях 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.

Эти предприятия могут быть организованы как самостоятельные единицы, так и на базе существующих депо.

С этой 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 тем обстоятельством, что в рамках дороги на все виды

технического обслуживания экономически целесообразно централизовать и не требуется создание специальных постов 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.

Создание ПКД открывает путь к повышению уровня концентрации, специализации и кооперации производства технического обслуживания.

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_j - число номеров оборотных депо;

Y_i - число номеров депо, где целесообразно создавать ПКД;

Y - число всех депо, $Y = Y_1 + Y_2$, $Y = 1_j$;

\bar{i} - множество типов тепловозов, которые будут проходить техническое обслуживание и текущий ремонт в своих депо;

1_2 - множество серий тепловозов, которые будут проходить техническое обслуживание и текущий ремонт в депо, оборудованных ПКД;

1 - множество всех серий тепловозов на данной дороге, $1 = 1_{,i}$;

U_j - количество тепловозов Z -й серии в j -ом депо (оборотное);

V_i - количество тепловозов i -й серии в депо с ПКД.

X_{fjg} - количество тепловозов z' -й серии, которые целесообразно направлять в депо с ПКД из u -го депо, $i \in I_2$, $g \in Y_2$;

A_j - количество тепловозов всех серий на z' -й дороге;

$o(1)$

$'ij$ - затраты на ремонтные операции для одного тепловоза z' -й серии в своем депо;

3y - затраты на ремонтные операции для одного тепловоза z' -й серии в депо с ПКД;

$'igj$ — затраты, связанные с доставкой z' -й серии тепловозов $\{i \in I_2\}$ из u -го депо в g -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

$$\sum_{i \in I_2} \sum_{g \in Y_2} U^v U^J', \quad (3.38)$$

Суммирование производится по всем сериям тепловозов i , ремонт которых осуществляется в своем депо и во всех депо u , исключая $i=g$, где выполняют централизованное обслуживание и ремонт с диагностикой на ПКД.

Затраты на ремонт тепловозов в депо с ПКД определяются выражением

$$\sum_{i \in I_2} \sum_{j \in J_2} \sum_{l \in L_2} z_{ij}^{(2)} (x_{igj} - y_{ij}). \quad (3.39)$$

Затраты на транспортировку тепловозов серий $i \in I_2$ из у-го депо в депо с ПКД и обратно

(3.40)

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

$$T_{\text{пз}} = \sum_{i \in I_2} E_{2j} - \sum_{i \in I_2} \left(\frac{0}{G} \right) + E \sum_{j \in J} X_{T^u + Y_u} + \sum_{z \in Z} Z_{zj} - \sum_{z \in Z} Z_{zj} - \sum_{z \in Z} Z_{zj} - \sum_{z \in Z} Z_{zj} \quad (3.41)$$

Эта функция минимизируется при следующих условиях:

(3.42)

Число тепловозов имеющих в приписном парке оборотного депо, исключая $i=g$, не должно превышать предельно допустимого

(3.43)

Число тепловозов, проходящих ремонтные воздействия с элементами диагностики на ПКД не должно превышать максимально допустимого

$$\sum_{i \in I} (a_{ij} + y_{ij}) = A_i$$

Тепловозы эксплуатируются только на всей дороге и не передаются на другие, как и не принимаются с других дорог

$$Y = \{1, 2, \dots, n\} = Y_1 + Y_2. \quad (3.45)$$

Алгоритм решения задачи приведен на рис.3.7.

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.

Используемые процедуры-подпрограммы:

SOCHET - печать исходных данных - сочетаний отдельно по ПКД и сериям тепловозов;

PECHCX - печать исходных данных. С помощью этой процедуры производится печать исходной матрицы расстояний;

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;

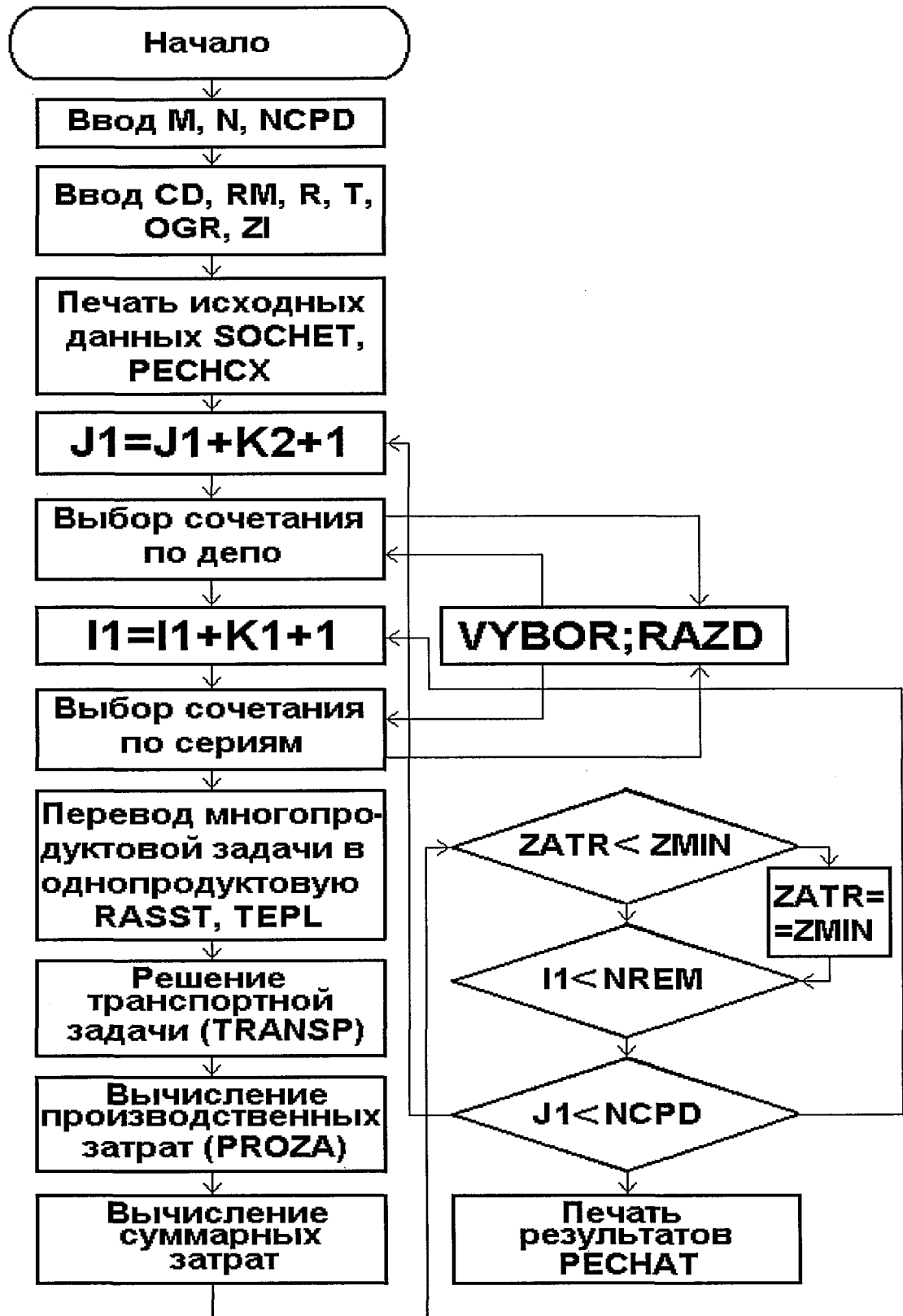


Рис.3.7 - Алгоритм решения задачи размещения ПКД на дороге

VYOBOR - выбор из всего массива сочетаний по ПКД CD (NCPD) или по сериям тепловозов RM (NREM)- очередного одного сочетания CPD (k_2) или REM (k_i);

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 $C(I,J)$, 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 i -ой серии тепловоза J -го депо к k -му депо и транспортные затраты;

PECHAT — печать результатов.

Записанная таким образом задача была решена на ЭВМ по программе, разработанной совместно с кафедрой ЭРПС ХГАЖТ. Результаты расчета приведены в табл.3.1.

Таблица 3.1

Закрепление депо за депо с ПКД с учетом удельных затрат

Локомотивные депо, где отсутствует ПКД	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

3.4. Выводы и полученные результаты.

Исходя из проведенных в разделе 3 исследований, можно сделать следующие выводы.

Проведено обоснование дислокации ПКД на дороге. Установлено, что в настоящее время не каждое локомотивное депо в состоянии построить и оснастить надлежащим образом ПКД, поскольку это требует значительных материальных и человеческих затрат. Отсюда представляется важным выбор нескольких крупных локомотивных депо на дороге, в которых возможно создание специализированных ПКД, которые могут, наряду со своими, проводить диагностирование локомотивам, направляемым к ним из других депо. В связи с этим в п.3.1 и п.3.2 рассмотрены теоретические предпосылки обоснования оптимального размещения и закрепления локомотивных депо, выполняющие ТО и ТР с диагностированием. При этом проведен анализ классических задач размещения объектов, включающий обзор влияющих параметров, управляющих переменных, степень их взаимодействия, выбор пространства решений, а также основные критерии оценки возможных решений для различных случаев. Проведенные исследования позволили выбрать методику по разработке оптимального выбора и размещения ПКД в локомотивных депо дороги.

Предложена методика оптимальной дислокации ПКД, как задача линейного программирования. При этом за критерий выбора оптимального варианта был принят минимум суммы затрат на проведение всех видов технического обслуживания и текущего ремонта с использованием средств и методов диагностирования, а также затраты на транспортировку тепловозов. Для этой цели совместно с кафедрой ЭРПС ХГАЖТ для ЭВМ разработан и реализован алгоритм программы расчета

по данной методике. В результате решения задачи оптимизации было определено:

- прикрепление z-ой серии тепловоза 7-го депо-поставщика к у-му депо потребителю, производящему ремонт;
- конкретные депо, объединенные в ПКД;
- серия тепловозов, которой производится ремонт в депо с ПКД.
- удельные среднегодовые транспортные затраты;
- среднегодовой удельный экономический эффект;
- удельный среднегодовой экономический эффект;

На основании проведенного расчета было определены 4 локомотивные депо (Основа, Полтава, Гребенка и Лозовая) в которых необходимо организовать ПКД, а также 5 депо (Купянск, Ромны, Люботин, Смородино и Кременчуг), которые направляют в эти базовые депо свои тепловозы для проведения диагностирования и ремонта.

РАЗДЕЛ 4

РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ПКД ТЕПЛОВЗОВ

4.1. Архитектурно-строительные решения ПКД тепловозов.

Архитектурно-строительные решения ПКД тепловозов разработаны с учетом требований наиболее эффективных технологических процессов.

Объемно-планировочное и конструктивное решение здания ПКД тепловозов может быть выполнено в двух вариантах.

По первому варианту предусматривается создание ПКД на базе объемно-блочного домостроения. Предполагается для размещения всех необходимых служб использовать объемные блоки, изготовленные на предприятиях Министерства транспортного строительства. В этих блоках в зависимости от назначения помещений размещается все необходимое оборудование.

Второй вариант предусматривает традиционные решения, т.е. каркасный вариант. Здание в железобетонном каркасе с панельными стенами.

Объемные блоки имеют ряд преимуществ. Применение блок-комнат расширяет возможности варьирования набором необходимых помещений, что повышает технологическую гибкость. С точки зрения индустриализации строительства блоки имеют полную заводскую готовность, включая отделку. Трудозатраты минимальные, сроки строительства сокращаются. Недостаток заключается в устройстве спаренных внутренних стен при блокировке помещений, а, следовательно, и неоправданного расхода материалов.

Использование каркасной схемы менее целесообразно. Исключается гибкость, характерная для объемных блоков, возникает

необходимость создания индивидуального проекта. При каркасной схеме степень индустриализации высокая. Все конструкции имеют заводскую готовность. Но для ПКД, имеющего незначительные размеры, такое решение менее экономично из-за большой номенклатуры сборных элементов.

Объемно-планировочным решением поста комплексной диагностики тепловозов, помимо требований соответствующих глав СНИПа, норм технологического проектирования, учтены требования санитарных норм в обеспечении работающих необходимым количеством воздуха, создания комфортных условий воздушной среды в рабочей зоне в зависимости от характеристики производственных помещений и категорий выполняемой работы. Объем производственных помещений на одного работающего составляет не менее 15м^3 , а площадь помещений не менее $4,5\text{м}^2$.

Технологическое оборудование, выделяющее вредные вещества размещено в изолированном помещении на уровне первого этажа. При этом предусмотрен естественный воздухообмен (аэрация) и искусственный с применением устройств приточно-вытяжной вентиляции. При остеклении учтен характер зрительной работы, выполняемой в помещениях различного назначения, обеспечены оптимальные условия освещения рабочих мест естественным и искусственным светом.

ПКД тепловозов представляет собой специально оборудованное помещение, в котором сосредоточены приборы и оборудование по диагностированию систем и узлов тепловозов. Здание располагается вдоль железнодорожного пути. Тепловоз устанавливается у поста диагностики. На первом этаже ПКД располагается помещение мастерской. Относительная влажность в помещении не должна превышать 70%. Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией. Помещение имеет естественное и электрическое

освещение, розетки для подключения паяльников, переносных осветительных и др.

На первом этаже предусмотрено бытовое помещение, в котором имеется гардероб, душевая, туалет и умывальник.

Блок ВЦ предусмотрен для сбора информации, обработки данных диагноза и выдачи решения.

На втором этаже ПКД сосредоточено оборудование для проведения диагностики тепловозов.

В помещениях ПКД создается микроклимат, который обеспечивает нормальную работу технических средств, а также оптимальные условия для работы оперативного персонала. Температура воздуха в ПКД предусмотрена 17^ч-23^с°. Здесь же предусматривается кабинет мастера, и помещения приема пищи.

Помещение ПКД оборудовано датчиком пожарной сигнализации. Меры противопожарной безопасности должны соответствовать требованиям 11 части СНиПа раздел А глава 5 и раздел М глава 2.

Ввод питающих линий электроснабжения 380/220В должен осуществляться через распределительный щит с защитной распределительной аппаратурой.

Ограждающие конструкции (наружные стены, покрытия) приняты на основании теплотехнических расчетов с введением в формулу для определения требуемого сопротивления теплопередачи поправочного коэффициента. При этом, исключается возможность образования конденсата на внутренних поверхностях стен и потолков.

Выбор места размещения ПКД определяется с учетом особенностей производства, компоновочных и строительных решений, удобства управления, минимальных затрат на линии связи и других технико-экономических факторов, с учетом норм и правил строительного проектирования.

4.2. Планировка ПКД и его элементов.

Здание поста диагностики тепловозов проектируется выполнить из объемных блоков и приставных панелей. За условную отметку - 0.000 принят уровень чистого пола здания. Планировочная отметка земли принята - 0.200.

В здании размещены следующие помещения: тамбур, мастерская, бытовые помещения, вычислительный центр, технологические помещения, кабинет мастера и комната приема пищи.

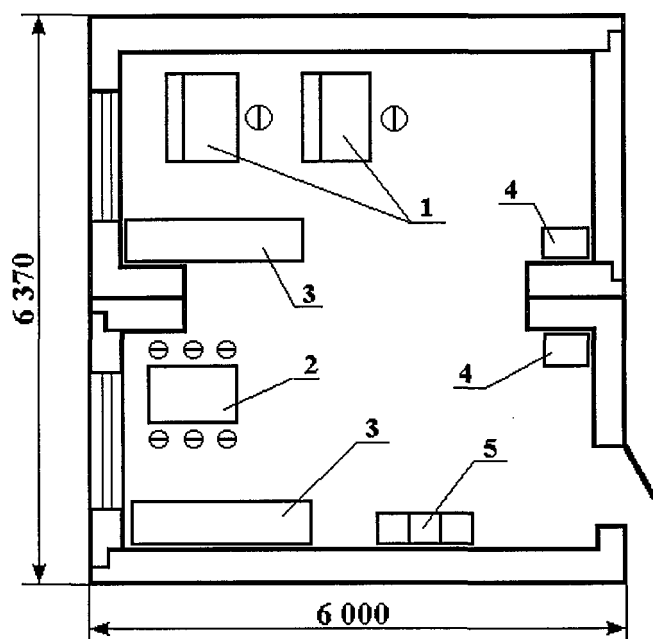
Объемно-планировочные и конструктивные решения приняты на основании:

- максимального применения унифицированных конструкций и деталей заводского изготовления;
- максимума общеплощадочной унификации типоразмеров и опалубных форм железобетонных конструкций;
- максимального блокирования зданий на площадке.

Каждый объемный блок состоит из трех стен, потолка и пола. Четвертая стена (приставная панель) изготавливается и соединяется с объемным блоком в заводских условиях. Объемный блок плиты покрытия монтируется в условиях строительной площадки.

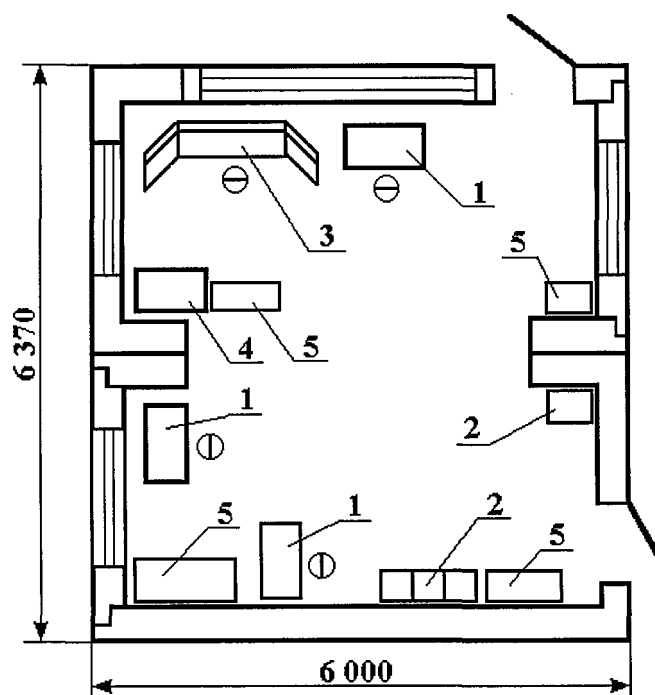
Конструктивная схема второго варианта поста комплексной диагностики, представляет здание трехэтажной застройки, здание трехпролетное, в зависимости от расположения колонн. Шаг колонн 6м, Пост диагностики имеет прямоугольное очертание (рис.4.1, 4.2, 4.3).

Все элементы ограждения зданий - стеновые и оконные панели, двери, плиты покрытий кратны по основным номинальным размерам этим модулям. Сетка колонн, образуемая разбивочными осями кратна укрупненным планировочным модулям в направлении шага - 6м, в направлении пролета - 6м и 3 м.



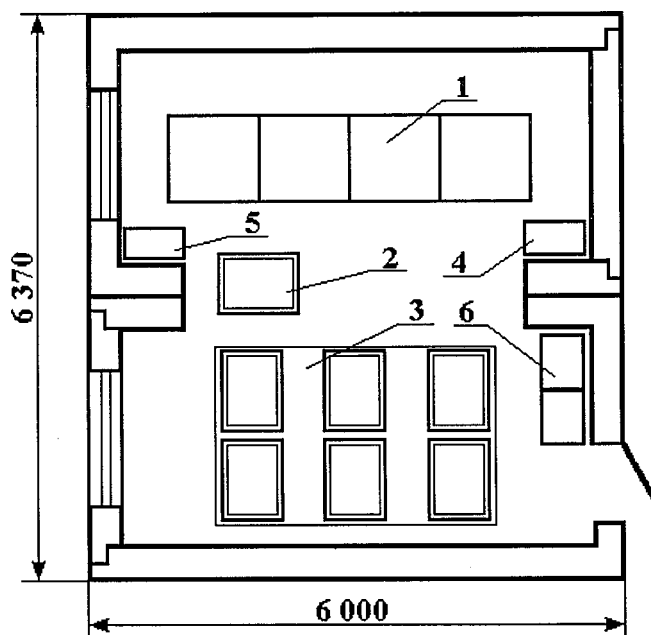
1 - столы-стенды; 2 - стол рабочий (1100х600); 3 - верстак слесарный; 4 - шкаф для слесарного инструмента и приспособлений; 5 - шкаф бытовой.

Рис.4.1 - План мастерской ПКД



1 - стол рабочий; 2 - шкаф для инструмента; 3 - стенд для диагностирования электрических цепей; 4 - прибор для диагностики топливной аппаратуры; 5 - стеллажи для переносных диагностических приборов.

Рис.4.2 - План блока диагностики с расстановкой оборудования



1 - центральный процессор; 2 - АЦП; 3 - дисплей; 4 - шкаф для хранения программных акцесуаров; 5 - стойки-преобразователи; 6 - шкаф бытовой.

Рис.4.3 - План блока ВЦ с расстановкой оборудования

Несущим каркасом здания могут являться разные схемы из железобетона или обычные блоки. Жесткость объемного блока обеспечивается армированием стен, верхней и нижней плиты, а здание стыковым соединением. Швы замоноличиваются цементным раствором марки М-200. Колонны, ригели фундаенты, стеновые ограждения - железобетонные конструкции. Пространственная жесткость каркаса обеспечивается в поперечном направлении жесткостью колонн, закрепленных в фундаментах и шарнирно связанных с жестким диском покрытия, состоящего из железобетонных плит. В продольном направлении жесткость каркаса обеспечивается по лестничному маршу диафрагмами жесткости.

Объемные блоки устанавливаются на фундаенты, после чего укладывается утеплитель из минеральной ваты толщиной 40мм., и монтируются плиты покрытия. Фундаенты проектируются из условий строительства на площадке со спокойным рельефом в непучинистых грунтах.

При привязке проекта чертежи фундаментов подлежат разработке с учетом местных геологических условий строительной площадки в соответствии со СНиП 11-15-74 «Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования».

Во втором варианте приняты типовые сборные фундаменты, целые, двухступенчатые, ФК-20. Обрез фундамента располагается на отметке - 0,20м. Проектом предусмотрены фундаменты серий 1.020. Колонны приняты серии 1.020 с размерами 30х30см высотой в один этаж. Высота этажа 3,3м. Ригели Р2-72-57 приняты в соответствии с серией 1.020 таврового сечения и длиной 5660мм. Наружные стены поста диагностики выполняются из керамзитобетона М-75, $\gamma=Р600\text{кГ/м}^3$, панели пола и потолка из керамзитобетона М-200, $\gamma=1800\text{кГ/м}^3$, который заводится в тело стены на 100 мм. Наружные стены утепляются минераловатными плитами с $\gamma=150\text{кГ/м}^3$ и обшиваются листами сухой штукатурки или асбестоцементными листами. В зависимости от влажности воздуха в помещении крепление листов обшивки производится к деревянным брускам обрешетки. Элементы деревянного каркаса антисептируются и обрабатываются антипиренами. Толщина стены - 400мм.

Во втором варианте приняты наружные стены керамзитобетонные с плотностью 1000кГ/м, толщина стены - 250 мм.

Перекрытием объемного блока является железобетонная плита потолка блока. В качестве утеплителя приняты минераловатные плиты с плотностью до $Ю0\text{кГ/м}^3$, толщина 40мм. Перед укладкой утеплителя по поверхности перекрытия устраивается пароизоляция путем обмазки горячим битумом за два раза.

В каркасном здании перекрытие состоит из:

- железобетонных плит с круглыми пустотами, толщиной 220мм;
- слоя пергамина на мастике;
- минераловатных плит $\gamma=200\text{кГ/м}$ - 50мм;

- керамзитобетони марки М-75;
- цементного пола - 15 мм (или деревянного, в зависимости от назначения помещения).

Покрытие выполняется из сборных плит, укладываемых на цементном растворе. Плиты соединяются с объемными блоками при помощи электросварки закладных деталей, не менее чем в трех точках.

Во втором варианте возможно использование пустотной плиты толщиной - 220мм.

Кровля рулонная из 3-х слоев рубероида на мастике. Уклон кровли создается за счет конструкций плиты покрытия.

Полы в тамбуре, в бытовке выполняются из керамических плиток; в комнате мастера, в комнате приеме пищи, в ВЦ - из линолеума, в мастерской и в помещении собственного поста диагностики - бетонные.

Перегородки являются каркасной конструкцией с деревянным каркасом. Элементы деревянного каркаса антисептируются и обрабатываются антипиренами. Перегородки комнаты приема пищи запроектированы кирпичными, толщиной 80мм.

Заполнение оконных проемов осуществляется деревянными переплетами по ГОСТ 12508-67. Заполнение дверных проемов выполняется по ГОСТ 14624-69.

Пост диагностики относится к сооружениям 11 класса степени долговечности 11, степени огнестойкости 11.

Толщина наружных стен и утеплителя принимаются на основании технологических расчетов.

В архитектурном решении фасадов предусматривается различная фактурная и цветовая отделка, механическая обработка наружных поверхностей стен, применение цветных бетонов и фактурной крошки из натурального камня, применение облицовки керамической плиткой. Вид и цвет наружной отделки определяется в соответствии с

природно-климатическими условиями района строительства. Наружная отделка здания из объемных блоков выполняется в заводских условиях.

В помещениях мастера, комнате приема пищи, ВЦ собственного поста диагностики, мастерской и тамбуре запроектированы клеевая покраска стен и потолков и устройство панели из масляной покраски на высоту 1,5м. В бытовом помещении - из глазурованной плитки. Столярные и металлические изделия окрашиваются масляной краской за 2 раза. Цветовая окраска помещения принята в соответствии с СНиП 181-70 «Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий».

Укрупненная сборка объемного блока и приставной панели в блок - комнату и столярных изделий, устройство чистых полов и внутренних коммуникаций, а также внутренняя и наружная отделка здания выполняется в заводских условиях.

4.3. Техничко-экономические показатели ПКД.

Техничко-экономические показатели объемно-планировочного решения здания определяются на основании измерителей приведенных в таблице 4.1.

Планировочный показатель определяется по формуле [88]

$$K_1 = \frac{F_p}{F_n} \quad (4.1)$$

$$K_1 = \frac{106,15}{155,2} = 0,684$$

Таблица 4.1

Наименование измерителя	Обозначение	Ед. измерения	Значение
Рабочая площадь	F_p	m^2	106,15
Полезная площадь (общая)	F_n	m^2	155,2
Периметр наружных стен этажа	P_n	м	51,9
Конструктивная площадь этажа	F_k	m^2	140,8
Строительный объем здания	V	m^3	837,676

Объемный показатель определяется из выражения [88]

(4.2)

$$n = \frac{V}{F_n \cdot H} = 5,397.$$

Показатель компактности плана равен [88]

$$k = \frac{P_n}{\sqrt{F_n}} \quad (4.3)$$

$$k = \frac{51,9}{\sqrt{155,2}} = 0,369$$

Описание и обоснование принятых объемно-планировочных и конструктивных решений и обоснование расчетов в комплексе с технической частью проекта, с учетом технологии и организации строительства передовыми по техническому решению методами обеспечивает выполнение работ в заданные сроки при условии максимальной механизации, получения оптимальных технико-экономических показателей в целом.

4.4. Варианты ПКД для локомотивных депо.

В работе рассмотрены шесть вариантов возможного расположения помещений ПКД тепловозов, комплекс которых обеспечивает эффективное его функционирование с предоставлением работающим условий для нормальной жизнедеятельности в процессе труда. Планы вариантов ПКД приведены на рис.Ш-Пб.

Выбор того или иного варианта ПКД и его размещение определяется местными условиями, т.е. установленной технологией диагностирования и рядом других факторов [88].

Таблица 4.2

Цифровое обозначение помещений на плане	Наименование помещения	Примерная площадь	Примечание
1	Гардероб	12-15	
2	Туалет	10-12	
3	Комната ИТР	15-18	
4	Столовая	10-12	
5	Блок ВЦ	25-30	
6	Блок диагностики	25-30	
7	Мастерская	25-30	
8	Вент. Камера	25-30	
9	Лестница	-	В соответствии и с нормативами СНиПа
10	Тамбур	3-5	

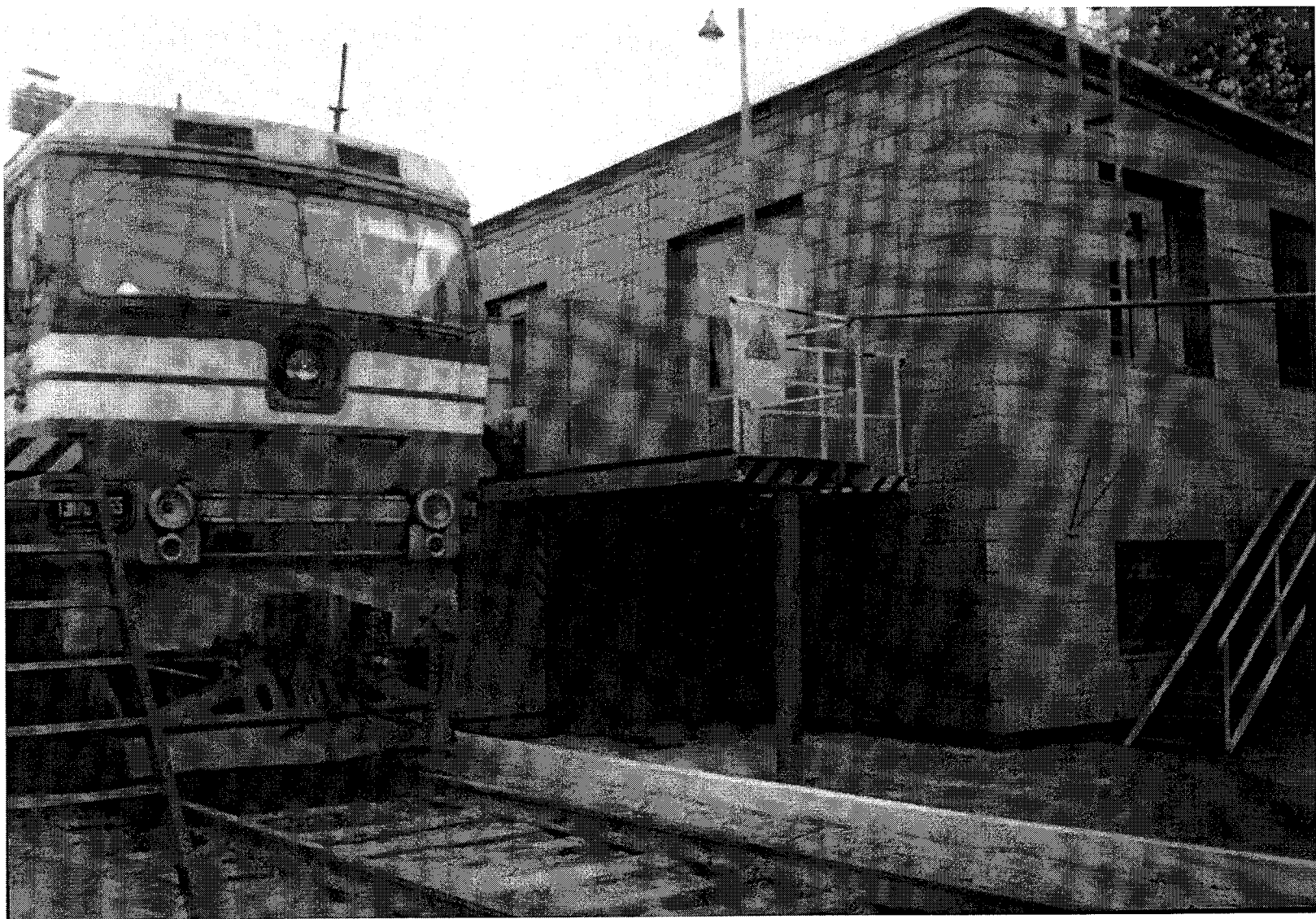


Рис.4.4 - Общий вид ПКД в локомотивном депо Основа

При проектировании и строительстве ПКД тепловозов необходимо обеспечить температуру воздуха в его помещениях не ниже + 17-28^o, а влажность - не выше 70%.

Анализируя приведенные варианты возможного расположения помещений ПКД тепловозов следует отдать предпочтение третьему, имеющему перед другими некоторые преимущества, которые заключаются в обеспечении благоприятных условий труда работников за счет наличия приточно-вытяжной вентиляции и потребности в строительной площадке весьма ограниченных размеров (90м²). Учитывая, что строительство и оснащение таких ПКД может потребовать относительно длительный период времени, в настоящее время представляется целесообразным в отдельных депо осуществить реконструкцию пунктов реостатных испытаний с насыщением их диагностическими устройствами, позволяющими осуществлять необходимые технологические процессы диагностирования тепловозов.

4.5. Оснащение ПКД.

ПКД представляет собой двухэтажное помещение. На первом этаже располагается мастерская для выполнения мелких слесарных работ. На втором этаже находится основное оборудование для диагностирования тепловозов.

В состав оборудования входят стенд комплексного диагностирования, а также портативные приборы для безреостатной диагностики узлов тепловозов.

Основным элементом ПКД является стенд, состоящий из приборов технической безразборной диагностики, применяемых для проверки и регулировки электрических аппаратов и машин при неработающем и

работающем дизеле. Стенд рассчитан на работу с одной секцией тепловоза.

Стенд обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- управление тепловозом (запуск дизеля, изменение частоты вращения коленчатого вала дизеля, изменение мощности и др.) с целью установления на тепловозе требуемых для диагностики режимов;

- диагностику напряжений синхронного подвозбудителя (СПБ);

- контроля позиций машиниста тепловоза;

диагностирование системы автоматического регулирования температуры воды и масла диагностируемого тепловоза;

- контроля сопротивления изоляции электрических цепей тепловоза;

- определение мест корпусных замыканий и утечек тока в цепях тепловоза;

- проверка коммутации основных участков электрических цепей тепловозов;

- контроля временных параметров коммутации участков цепей тепловозов;

- диагностики и регулировки характеристик срабатывания реле переходов и реле боксования;

- диагностики и регулировки характеристик срабатывания пожарной сигнализации, аппаратов аварийно-предупредительной защиты;

- диагностики и регулировки селективной и внешней характеристик главного генератора тепловоза;

- диагностики и регулирования системы автоматического управления возбуждением тягового генератора;

- диагностики контрольно-измерительных приборов;

- регистрацию и накопление данных результатов диагностирования.

Кроме того, в качестве стационарного диагностического средства используется электронный прибор для определения топливных углов на работающем дизеле.

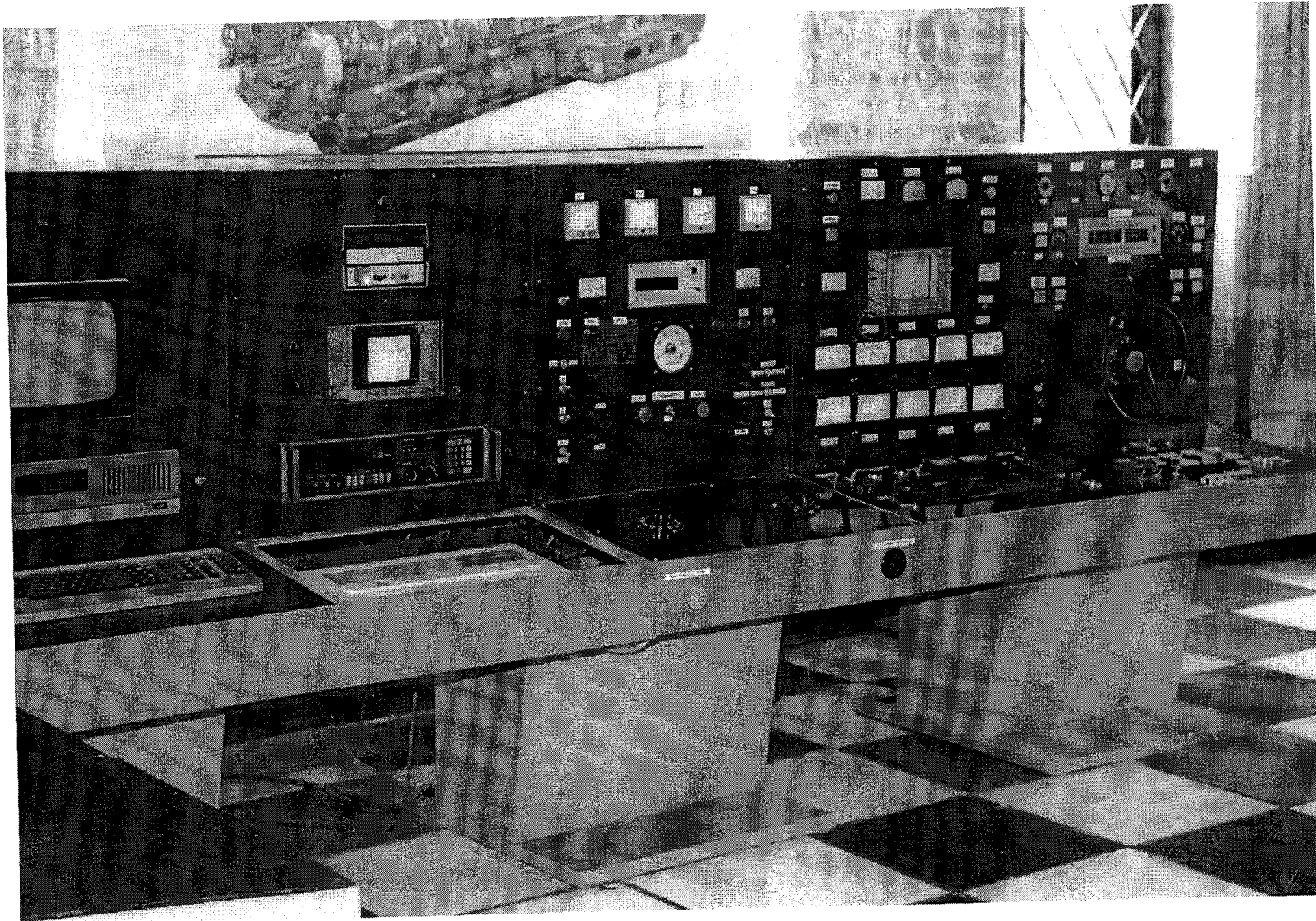


Рис.4.5 - Стенд комплексной диагностики электрооборудования тепловозов

В состав переносных диагностических средств входят следующие приборы.

1. Электронный мегаомметр для проверки состояния изоляции электрических цепей.
2. Электронный цифровой тахометр.
3. Переносной стенд для проверки параметров электрической схемы возбуждения тепловозов типа ТЭЮ.
4. Переносной стенд для проверки параметров электрической схемы возбуждения тепловозов типа 2ТЭ116 и ТЭП70.
5. Переносной прибор для проверки реле боксования всех типов.
6. Переносной прибор для проверки реле переходов.
7. Прибор для проверки статического напора воздуха в ТЭД.
8. Дифманометры и манометры для проверки газоздушного тракта дизелей типа Д100 и Д49.
9. Переносной прибор для отыскания утечек на корпус в низковольтных цепях тепловозов.
10. Эндоскопы (гибкие и жесткие) для осмотра труднодоступных мест тепловозов.
11. Приспособление для проверки люфта вертикальной передачи дизелей 10Д100.
12. Переносные приборы для диагностирования электронных блоков тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70 (БУВ, БПД, БА-410, БА-420, БА-430, БА-450, БА-520).
13. Переносные приборы для диагностирования схемы пуска компрессора на тепловозах 2ТЭ116 и ТЭП70.
14. Переносные приборы для диагностирования вентиляторов охлаждения ТЭД.
15. Переносной прибор для диагностирования системы централизованного воздухоснабжения тепловозов ТЭП70.

16. Переносной прибор для проверки статических преобразователей и цепей электропневматического тормоза тепловозов ТЭП70.
17. Переносной прибор для проверки системы электродинамического тормоза тепловозов ТЭП70.
18. Переносной прибор для диагностирования мотор-вентиляторов тепловозов 2ТЭ116.
19. Электронный стетофонендоскоп.
20. Переносной прибор для проверки пожарной сигнализации.
21. Переносной прибор для определения разности токораспределения по ТЭД.
22. Переносной прибор для проверки целостности электрической цепи и правильности срабатывания электромагнитов РЧВ дизелей 10Д100 и 5Д49.

22.6. Оценка функционирования ПКД по методу 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 учетом 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. 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 расчета 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 стоил было бы столько же, сколько локомотивов, все они ремонтировались бы независимо друг от друга. В этом случае интенсивности перехода состояний и λ_2 были бы постоянными величинами и не зависели от численности состояний и система уравнений динамики средних имела бы вид

$$\lambda_1 m_1 = \lambda_2 m_2,$$

$$m_1 + m_2 = N.$$

В предположении, что имеются только три ремонтные бригады или три стоила 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_j от X_2 - численности состояния x_2 . При $X_2=3$ интенсивность ремонтов достигает наибольшего значения - работают все три бригады. При дальнейшем увеличении X_2 интенсивность ремонта возрасти уже не может.

Теперь подсчитаем, какая интенсивность ремонта приходится на один элемент. Для этого суммарную интенсивность $\lambda(X_2)$ надо разделить на X_2 - численность состояния ремонта, т.е.

$$\lambda_2 = \frac{Z_2}{L_2} \quad (4.5)$$

Применяя принцип квазирегулярности, т.е. считая, что интенсивность перевода элемента из x_2 в x_j зависит не от численностей состояний, а от их средних значений, сделаем замену X_2 на m_2 - математическое ожидание численности состояния ремонта

$$\lambda = \lambda^> \quad (4.6)$$

III2

Теперь уравнения динамики средних имеют вид

$$p_{in} = D(i_2)$$

$$[7771 + 7772 = 1$$

Точность зависит от числа элементов N и вида зависимости $\lambda(X_2)$. Чем ближе функция f 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 $7V \sim 10$.

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 ПКД магистральных тепловозов (грузовых 2ТЭ116 и пассажирских ТЭП70) возникает необходимость применения метода динамики средних к системам, состоящим из неоднородных элементов разных категорий. Рассмотрим функционирование ПКД 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:

- Г₁ - находится в ожидании выезда под поезд,
- Г₂ - совершает выезд под поезд и ожидает с ним отправления,
- Г₃ - совершает поездку с поездом,
- Г₄ - совершает заезд в депо из под поезда,
- Г₅ - проходит технический осмотр,
- Г_е - находится на ремонте.

В аналогичных состояниях находятся и пассажирские тепловозы ТЭП70:

- П₁ - находится в ожидании и выезжает под поезд,
- П₂ - совершает поездку с поездом,
- П₃ - проходит технический осмотр,
- П₄ - находится на ремонте.

Принято, что в депо поступают пуассоновские потоки заявок на грузовые и пассажирские тепловозы, интенсивности которых 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 G_i , Pr . Средняя интенсивность потока технических осмотров грузового тепловоза равна $\lambda_{г}$, пассажирского $\lambda_{п}$.

Технические осмотры проводятся специализированной бригадой. Суммарный поток технических осмотров имеет интенсивность [45]

$$\lambda_x = a(1 - e^{-y}), \quad (4.8)$$

где y - число тепловозов (грузовых и пассажирских вместе), проходящих технический осмотр.

Средняя длительность технического осмотра грузового и пассажирского локомотива одинакова и равна $t_{тос}$. Средняя длительность выезда под поезд и ожидания с ним отправления равна $t_{хол}$. Средняя длительность рейса с поездом равна $t_{езд}$. Средняя длительность рейса с пассажирским поездом равна t^p .

После технического осмотра грузовой тепловоз с вероятностью p^g идет в ремонт, а с вероятностью $1 - p^g$ - обратно в состояние G_r . Аналогичные вероятности для пассажирских тепловозов равны $p^п$ и $1 - p^п$.

Текущий ремонт как грузовых, так и пассажирских тепловозов производится ремонтной бригадой. Суммарный поток ремонтов, производимый бригадой, имеет интенсивность [45]

$$V_f = A(1 - e^{-x}), \quad (4.9)$$

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 $U_{\text{ход}}$, В состоянии поездки с поездом - $U_{\text{езд}}$ - Интенсивность потока неисправностей пассажирского тепловоза, находящегося в поездке с поездом, равна $u^?$.

Исходя из начальных условий введем обозначения:

— среднее число грузовых тепловозов, ожидающих выезда под поезд;

m_1 - 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;

- среднее число грузовых тепловозов, проходящих технический осмотр;

- среднее число ремонтируемых грузовых тепловозов;

- среднее число пассажирских тепловозов, ожидающих выезда под поезд;

m_2 - среднее число пассажирских тепловозов, находящихся в поездке с поездом;
технический осмотр;

- среднее число пассажирских тепловозов, находящихся на ремонте.

Графы состояний системы показаны на рис.4.6 и 4.7.

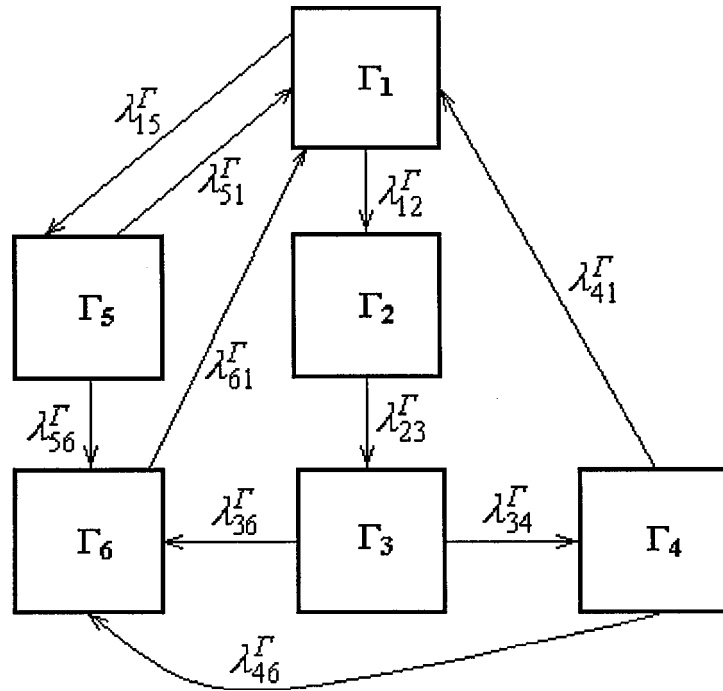


Рис.4.6 - Граф состояний грузовых тепловозов 2ТЭ116

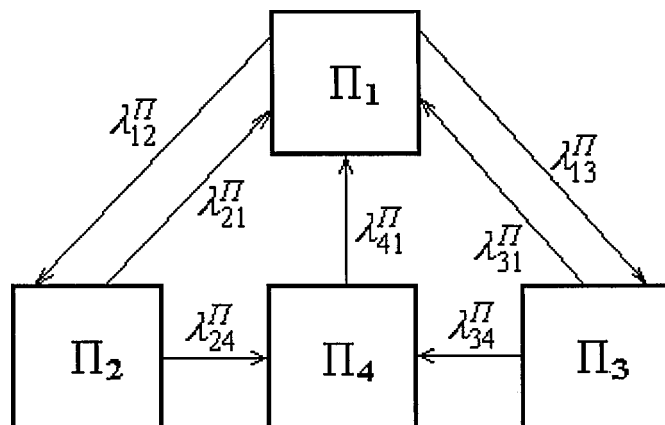


Рис.4.7 - Граф состояний пассажирских тепловозов ТЭП70

Интенсивности λ_{ij} , λ_{ji} потоков событий, переводящих элементы (грузовые и пассажирские тепловозы) из состояния i в состояние j определены как

$$f_2 = \hat{p}(xf), \quad (4.10)$$

$$t'_{\cdot X \cap \Pi}$$

(4.11)

$$t'_{\text{ноезд}}$$

(4.12)

$$\mu_{41}^{\Gamma} = \frac{1}{t'_{\text{хол}}},$$

(4.13)

$$\lambda_{15}^{\Gamma} = \lambda_{TO}^{\Gamma},$$

(4.14)

$$\mu_{57}^{\Gamma} = \frac{a(1-p^{\Gamma}) \left| 1 - e^{-(X_5^{\Gamma} + X_3^{\Pi})} \right|}{X_5^{\Gamma} + X_3^{\Pi}} \quad (4.15)$$

$$z_{56} \sim \frac{a p^{\Gamma} \left| 1 - e^{-(X_5^{\Gamma} + X_3^{\Pi})} \right|}{X_5^{\Gamma} + X_3^{\Pi}}, \quad (4.16)$$

$$\mu_{61}^{\Gamma} = \frac{b \left| 1 - e^{-(X_6^{\Gamma} + X_4^{\Pi})} \right|}{\hat{\mu}_6}, \quad (4.17)$$

$$\hat{\mu}_6 = \hat{\mu}_{\text{хол}} \cdot >$$

(4.18)

$$\hat{\mu}_6 = \text{ноезд}'$$

(4.19)

$$\mu_{46}^{\Gamma} = \frac{y_{\text{хол}}^2}{\mu_{\text{хол}}}$$

(4.20)

$$= \mu^{\Pi} p(x_1^{\Pi}),$$

(4.21)

$$\mu_{21}^{\Pi} = \frac{1}{\mu^{\Pi}}$$

(4.22)

$$\mu_{13}^{\Pi} = \frac{Z}{\mu_{\text{га}}}$$

(4.23)

$$\frac{\mu(1-p^n) \left| 1 - e^{-(H + *3)^7} \right|}{\hat{\mu}_5} \quad (4.24)$$

$$ap^n \left| 1 - e^{-\mu} \right|$$

(4.25)

$$\hat{\mu}_5^3$$

$$\lambda_{24}^{\Pi} = \nu^{\Pi}, \quad (4.26)$$

$$\lambda_{41}^{\Pi} = \frac{b \left[1 - e^{-(X_6^{\Gamma} + X_4^{\Pi})} \right]}{X_6^{\Gamma} + X_4^{\Pi}} \quad (4.27)$$

В данных выражениях:

ρ - интенсивность потока заявок на грузовые и пассажирские тепловозы;

X_f - количество грузовых тепловозов находящихся в состоянии ожидания выезда под поезд;

X_f^{Π} - количество пассажирских тепловозов находящихся в состоянии ожидания выезда под поезд

X_f^{Γ} - количество пассажирских тепловозов проходящих технический осмотр

X_f^{Π} - количество грузовых тепловозов проходящих технический осмотр

X_f^{Γ} - количество грузовых тепловозов находящихся на ремонте;

X^{\wedge} — количество пассажирских тепловозов находящихся на ремонте.

Заменяя в данных выражениях численности состояний средними численностями, записываем систему дифференциальных уравнений динамики средних в виде:

$$\begin{aligned} & -\lambda^{\Gamma} R(m_1^{\Gamma}) - \lambda_{TO}^{\Gamma} m_1^{\Gamma} + \frac{1}{\bar{t}_{хол}^{\Gamma}} m_4^{\Gamma} + \\ & + \frac{a(1 - \rho^{\Gamma}) \left[1 - e^{-(m_5^{\Gamma} + m_3^{\Pi})} \right] m_5^{\Gamma}}{m_5^{\Gamma} + m_3^{\Pi}} + \end{aligned} \quad (4.28)$$

$$\frac{dm_2^{\Gamma}}{dt} = - \left(\nu_{хол}^{\Gamma} + \frac{1}{\bar{t}_{хол}^{\Gamma}} \right) m_2^{\Gamma} + \lambda^{\Gamma} R(m_1^{\Gamma}), \quad (4.29)$$

$$\frac{dm_r}{dt} = v_{L_3} d + \frac{77^\wedge}{\text{поезд } J} m_3 + \frac{77^\wedge}{\text{поезд}} m_2, \quad (4.30)$$

$$\frac{dm_l}{dt} = - \left(v_{\text{хол}}^\Gamma \frac{1}{\bar{t}_{\text{хол}}^\Gamma} \right) \frac{1}{\text{поезд}} \quad (4.31)$$

$$\frac{dm_l}{dt} \quad (4.32)$$

$$\frac{dm_l}{dt} = \frac{4 - \xi - (\langle + \rangle " ?)}{+ m^l} \quad \frac{ap^r 1 - \dots + l^3)}{inf + m^l} \quad (4.33)$$

$$+ \xi, (\wedge 2 + m_4) + v_{Le, d^m 3}$$

$$\frac{dm^\wedge}{dt} = - J^\Pi B. (m^l) - \dots + \dots$$

$$+ \frac{a(1 - p^\Pi) [1 - e^{-(m_5^\Gamma + m_3^\Pi)}]}{\Gamma^\Pi m_5 + m_3} m_3^\Pi \quad (4.34)$$

$$\frac{dm_5^\Pi}{dt} = \left(\frac{1}{\bar{t}^\Pi} + v^\Pi \right) m_2^\Pi + \lambda^\Pi R(m_1^\Pi), \quad (4.35)$$

$$\frac{dm_2^\Pi}{dt} = \frac{(m_5^\Gamma + m_2^\Pi)}{m_l + \Gamma\Pi 3} \quad (4.36)$$

$$\frac{dm^\wedge}{dt} = \frac{ap\Pi y - e^{\wedge TM?}}{m_s^l + m^\wedge} \quad (4.37)$$

В результате решения системы дифференциальных уравнений исходя из условия

$$m_l + \Gamma\Pi 2 + m^\wedge + \Gamma\Pi 4 + m_l + m^\wedge = N^r, \quad (4.38)$$

$$\Gamma\Pi \setminus + \dots, \quad (4.39)$$

были получены численности грузовых и пассажирских тепловозов находящихся в соответствующих состояниях (табл.4.3 и 4.4).

Таблица 4.3

Расчетные значения среднесуточного количества грузовых тепловозов
2ТЭ116 по состояниям

Количество тепловозов находящихся в состоянии:	Обозначение состояния	Значение
ожидания выезда под поезд	Г ₁	0,65
выезда под поезд и ожидания с ним отправления	Г ₂	1,4
поездки с поездом	Г ₃	8,2
заезда в депо из под поезда	Г ₄	0,8
прохождения технического осмотра	Г ₅	4,3
нахождения на ремонте	Г _б	1,6

Таблица 4.4

Расчетные значения среднесуточного количества пассажирских
тепловозов ТЭП70 по состояниям

Количество тепловозов находящихся в состоянии:	Обозначение состояния	Значение
ожидания выезда под поезд, выезд под поезд и ожидания с ним отправления	П ₁	1,64
поездки с поездом	П ₂	5,23
прохождения технического осмотра	П ₃	4,16
нахождения в ремонте	П ₄	2,9

Решение данной системы дифференциальных уравнений на ПЭВМ позволило получить, что ожидаемая средняя загрузка ПКД грузовыми тепловозами 2ТЭ116 и пассажирскими тепловозами ТЭП70 перед постановкой их на техническое обслуживание и текущий ремонт составляет 0,64 тепловоза в сутки.

4.7. Оценка приоритетов обслуживания на ПКД.

Пункт комплексной технической диагностики (ПКТД) можно представить структурной схемой системы массового обслуживания (СМО). Она включает в себя систему обслуживания (СО), в которую входят стойла, механизированные позиции, оборудование и устройства технического диагностирования, а также систему управления обслуживанием (СУ), реализующую некоторую стратегию управления обслуживанием путем изменения управляющих воздействий U , вырабатываемых на основе информации о работе и состоянии СО и информации о поступающих требованиях входного потока [109].

Поток требований характеризуется последовательностью времени t_j появления в зоне обслуживания и его описания y^j . Пара (y^j, t_j) означает, что требование $(j, /;)$, поступившее в момент t_j может быть обслужено к моменту времени t_i и приобрело после обслуживания или в его результате новое описание y^i . СМО, как правило, является конфликтной, поскольку обслуживание одних требований происходит в ущерб обслуживания других.

Одна из основных задач оптимизации СМО - наилучшее преодоление этого конфликта, т.е. оптимальное назначение приоритетов, выбор рациональной дисциплины обслуживания требований. При этом возникает задача оценки эффективности СМО с приоритетами.

Назначим в качестве критерия суммарную стоимость единицы времени ожидания всех требований в очереди. Тогда для любой r -й дисциплины обслуживания требований суммарные потери будут равны m

$$C^r = \sum_{z=1}^Z d_j A_j W_f^i, \quad (4.40)$$

где W_{ri} - средняя продолжительность пребывания в очереди требований z -го типа;

a - фиксированная стоимость единицы времени ожидания в очереди z -го типа;

D - интенсивность поступления требований z -го типа;
 m - число типов требований.

Для различных моделей ПКТД как СМО с относительными приоритетами среднее значение суммарной стоимости единицы времени ожидания составит [107]

$$C_{y z} = \sum_{p=1}^m \dots, \quad (4-41)$$

где W_{rip} - средняя продолжительность ожидания в очереди требований p -го приоритета.

Значение W_{rip} для произвольного распределения длительности обслуживания требований различных типов может быть записано в виде [107]

$$\underline{W_o} \quad (4.42)$$

где y_p - суммарная загрузка системы потоками требований с интенсивностью обслуживания p ;

W_o - средняя продолжительность ожидания завершения начатого обслуживания одного требования.

Суммарная загрузка системы потоками требований с интенсивностью обслуживания p определится как [107]

$$= \dots \quad (<4.43)$$

Оценку величины выигрыша от введения дисциплины обслуживания с приоритетами проведем по соотношению [107]

$$B_{12} = \frac{C_{\Sigma 1}}{C_{\Sigma 2}} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{p} \quad (4.44)$$

▼▼

Для нашего случая (двухприоритетная модель $m=2$) полученное выражение (4.44) примет вид

$$\frac{(a_1 P_1 + a_2 P_2)}{a_1 P_1 + a_2 P_2} \quad (4.45)$$

где P_i - соответствуют потоку срочных требований.

Обозначим через

$$P_1 = \frac{a_1}{a_2}; \quad (4.46)$$

$$a_2 = \frac{a_1}{a_2} \quad (4.47)$$

$$a_3 = \frac{a_1}{a_2} \quad (4.48)$$

Тогда

$$\frac{(1 + a_2 a_3)(1 - A)}{1 + a_2 a_3(1 - A)}$$

Отсюда имеем, что при $A < 1$ величина

$$(1 + a_2 a_3)(1 - A) > 1 + a_2 a_3(1 - A). \quad (4.50)$$

После преобразований получаем следующее условие наличия выигрыша от внедрения приоритетов:

$$a_2 a_3 > 1, \quad (4.51)$$

что аналогично

$$D_1 a_1 > D_2 a_2 \quad (4.52)$$

Таким образом, срочные требования должны быть более приоритетными при достижении большей интенсивности убывания

стоимости ожидания /щец. Такого рода результат был получен для оптимального правила назначения приоритетов в работах [100, 108].

Анализ полученных соотношений показывает, что при $y=1$ достигается максимальный выигрыш

$$\hat{\pi}_{\text{max}} = \frac{(1 + \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2})^{\frac{1}{2}}}{\sigma_1 + \sigma_2} \quad (4.53)$$

Кроме того:

$$\text{при } \sigma_1 \rightarrow \infty, \sigma_2 \rightarrow \text{const} \rightarrow \frac{\sigma_2}{2}; \quad (4.54)$$

$$\text{при } \sigma_1 \rightarrow \infty, \sigma_2 \rightarrow \infty; \quad (4.55)$$

$$\text{при } \sigma_1 \rightarrow \infty, \sigma_2 \rightarrow \infty, B^{\text{TMK}} \rightarrow \infty. \quad (4.56)$$

Проведенные по данной методике расчеты показали, что наибольшее влияние на величину выигрыша оказывает различие в стоимости единицы времени ожидания для различных типов требований, что подтверждается практикой внедрения диагностирования тепловозов. Графические зависимости выигрыша от суммарной загрузки системы y и относительной интенсивности входного потока a_2 приведены на рис.4.8 (а-г). Полученные графики свидетельствуют, что наибольшее влияние на величину выигрыша оказывает a_2 , т.е. в конечном счете, уменьшение времени (и соответственно стоимости) непроизводительного простоя тепловозов в очереди на очередное обслуживание.

4.8. Оценка окупаемости ПКД.

Будем рассматривать ПКД 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_i .

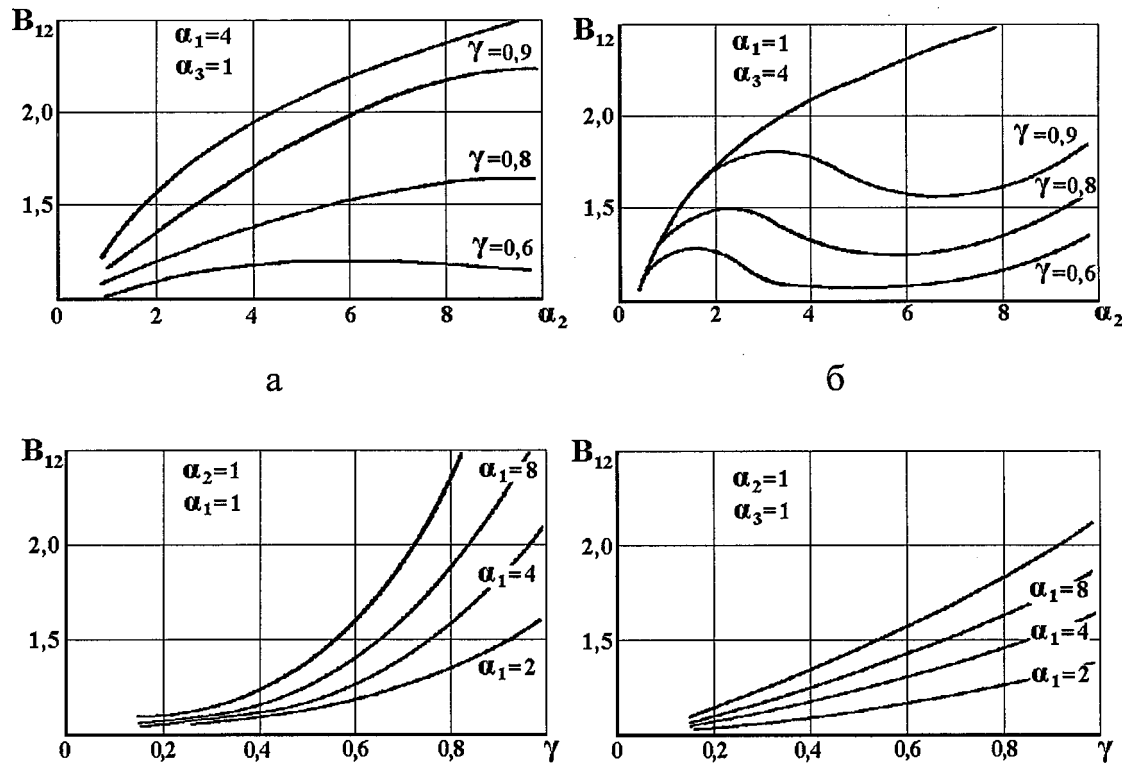


Рис. 4.8 - Влияние относительной интенсивности требований α_2 (а, б) и суммарной загрузки системы γ (в, г) на величину выигрыша B_{12}

Создание одного канала обслуживания требует средних относительных издержек C_2 . Эксплуатация одного канала в единицу времени требует средних относительных издержек C_3 . 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 [61].

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 единицу времени в среднем μ заявок, а обслуживание одной заявки приносит средний относительный доход Q , то

средний относительный доход от обслуживания // заявок одним каналом в единицу времени будет равен [61]

$$C\{u. \quad (4.57)$$

Средние относительный издержки эксплуатации одного канала в единицу времени по условию равны C_3 , поэтому, чтобы СМО приносила со временем доход, необходимо выполнение условия [61]

$$C\{l > C'_3. \quad (4.58)$$

Средний относительный доход, который может принести система за время ее эксплуатации в предельном режиме, можно определить как [61]

$$C\{Am, \quad (4.59)$$

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 [61]

$$Am. \quad (4.60)$$

С другой стороны абсолютная пропускная способность СМО определяется как [61]

$$A = uK, \quad (4.61)$$

где K - среднее число занятых каналов.

Поэтому средний доход за время t будет равен

$$I(m) = C\{uKm, (r > Ql). \quad (4.62)$$

График $I(t)$ представляет собой линейную возрастающую функцию от t . Этим графиком является прямая, проходящая через начало координат и образующая с положительным направлением оси Ox угол α (рис.4.9)

$$\operatorname{tg} \alpha = C\{juK. \quad (4.63)$$

Средние относительные издержки $C(\gamma)$, за это же время t , состоят из относительных издержек C^n на создание n каналов и средних относительных издержек $C^k m$ на их эксплуатацию за время t

$$C(\gamma) = C^3 K m + C_2 \Pi. \quad (4.64)$$

$C(\gamma)$ представляет собой линейную возрастающую функцию от t , график которой - прямая, образующая с положительным направлением оси $O\gamma$ угол Δ для которого

$$\operatorname{tg} \theta = C^3 K. \quad (4.65)$$

Из соотношений (4.58), (4.63) и (4.65) имеем

$$\operatorname{tg} \rho < \operatorname{tg} \alpha. \quad (4.66)$$

Откуда

$$\theta < \alpha. \quad (4.67)$$

Поэтому прямые среднего относительного дохода и средних относительных издержек пересекутся в 1-й положительной четверти (рис.4.9).

Абсцисса Γ_0 точки пересечения, в которой средний относительный доход равен средним издержкам, определяется из равенства

$$l(\Gamma_0) = c'(\Gamma_0), \quad (4.68)$$

или

$$C\{]UKTQ = C^3]uKmo + C_2\Pi. \quad (4.69)$$

Из выражения (4.69) находим, что

$$TQ = \frac{C_2\Pi}{(C^3 - C^3)K} \quad (4.70)$$

Начиная с этого момента, т.е. через время Γ_0 , СМО начнет приносить среднюю прибыль P , равную

$$P(\gamma) = l(\gamma) - C'(\gamma), \quad (4.71)$$

$$P(\gamma) = (C_1 - C_3)K - C_2 n. \quad (4.72)$$

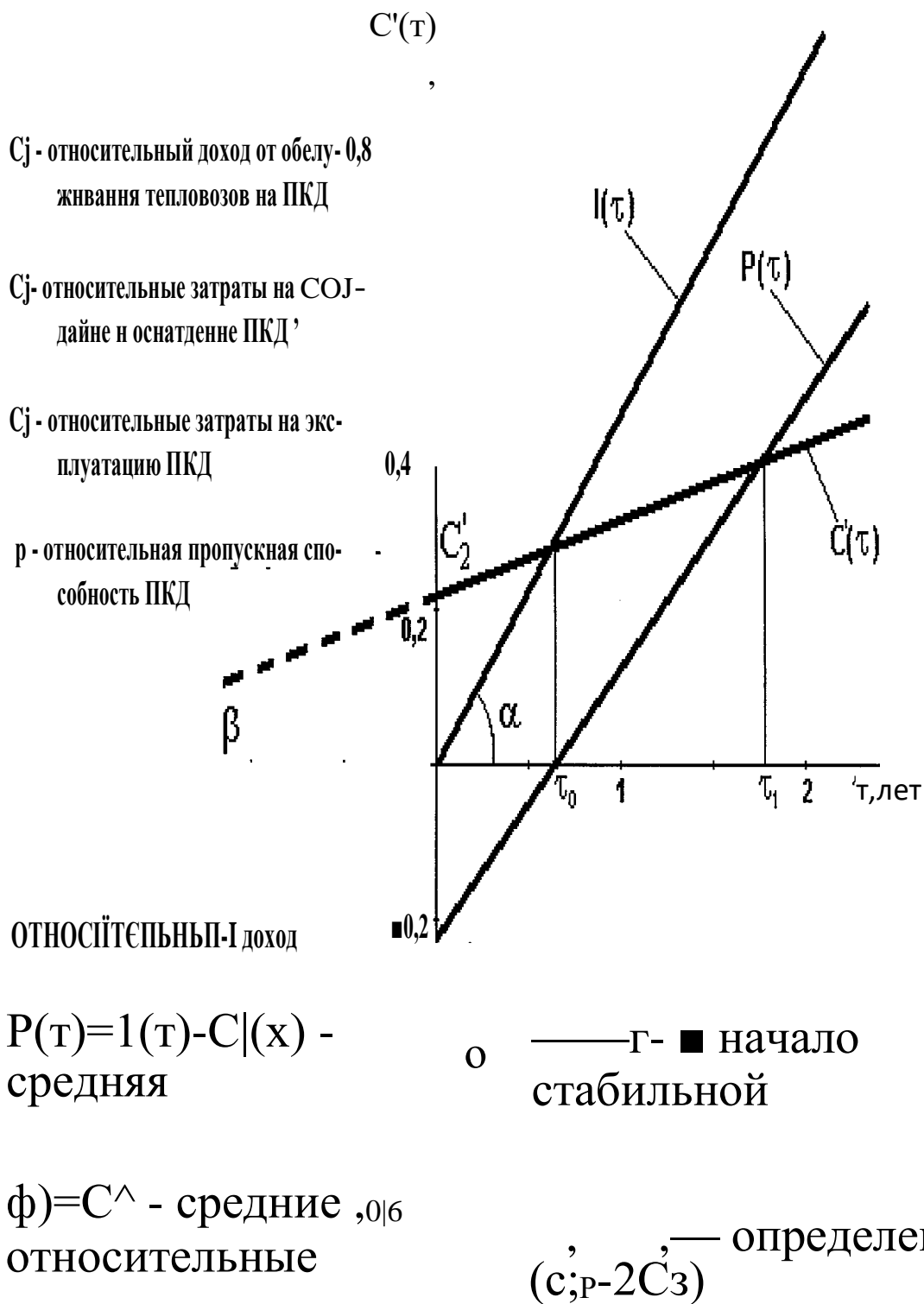


Рис.4.9 - Графические зависимости для определения окупаемости ПКД

Если прямая средней прибыли пересекается в 1-й четверти с прямой средних издержек, то абсцисса T этой точки пересечения находится из равенства

$$P(T) = C'(T), \quad (4.73)$$

или

$$-C'_3 K T - C^n = C'_3 K m + C_2 T. \quad (4.74)$$

Из данного выражения следует, что

$$T_1 = \frac{C_2}{(C'_1 \mu - 2C'_3) K}. \quad 4.75$$

Так как $T_1 > 0$, то из формулы (4.75) следует, что

$$C_1 - 2C_3 > 0. \quad (4.76)$$

Это приводит к условию

$$C_1 > 2C_3. \quad (4.77)$$

При выполнении неравенства (4.77), которое влечет за собой условие (4.58) прямые средней относительной прибыли и средних относительных издержек пересекаются в точке с абсциссой T , определяемой формулой (4.58), в которой средняя относительная прибыль равна средним относительным издержкам, т.е. в момент времени T средний доход в два раза больше средних издержек.

Если условие (4.77) не выполняется, т.е.

$$C_1 < 2C_3, \quad (4.78)$$

то прямые средней прибыли и средних издержек в 1-й четверти не пересекаются.

В частности, при

$$C_1 = 2C_3, \quad (4.79)$$

эти прямые параллельны, поскольку равны их угловые коэффициенты.

На основании проведенного расчета были получены следующие зависимости.

Средняя относительная прибыль

$$P(t) = 0,28t - 0,21. \quad (4.80)$$

Средние относительные затраты

$$C(t) = 0,088t + 0,21. \quad (4.81)$$

Средний относительный доход

$$I(t) = 0,407t. \quad (4.82)$$

После совместного решения зависимостей (4.80), (4.81) и (4.82) было определено, что начало стабильной эксплуатации ПКД должно наступить через 0,7 года, а его окупаемость произойдет через 1,56 года.

ВЫВОДЫ

Анализ технологии ТО и ТР магистральных тепловозов показал необходимость совершенствования методики организации и определения дислокации ПКД. Диссертация содержит полученные автором научные результаты, которые в совокупности позволяют сделать вывод о том, что разработана новая методика организации ТО и ТР магистральных тепловозов, базирующаяся на применении методов и средств диагностирования на ПКД, его оснащенности, оптимальной дислокации в локомотивных депо, т.е. поставленная цель и задачи решены.

На основании проведенных в диссертационной работе исследований можно сделать следующие выводы.

1. Разработана методика моделирования типовых сочетаний дополнительных работ на ТО-3 и ТР-1 магистральных тепловозов с диагностированием, базирующаяся на анализе динамики параметрических отказов, корреляционном анализе и формировании типовых сочетаний в технологические маршруты по данным 4 локомотивных депо.

2. Получена таблица имеющая 6 маршрутов интенсивной технологии ТО-3 для тепловозов ТЭП70 с использованием ПКД в локомотивном депо Основа Ю.ж.д.

3. Предложена методика аналитического и имитационного моделирования работ, выполняемых на участках ТО и ТР. Рассчитаны и получены зависимости программы обслуживания и ремонтов магистральных тепловозов от влияния эксплуатационных факторов, разница между которыми не превышает 5%, что подтвердило адекватность моделей.

4. Получены зависимости суммарных относительных затрат от продолжительности постановки тепловозов на ТО-3 и их задержки, которые имеют экспоненциальный характер.

5. На основании изучения опыта диагностирования и анализа работы созданного с участием автора ПКД в локомотивном депо Основа Ю.ж.д. разработаны технические требования на создание и оснащение ПКД для тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70.

6. Учитывая разнообразие тяговых территорий и взаимное расположения сооружений в депо предложено 6 архитектурно-строительных вариантов ПКД.

7. Разработана методика определения дислокации ПКД, как задачи линейного программирования, и определена оптимальная дислокация ПКД в локомотивных депо Южной железной дороги.

8. На основании метода динамики средних с использованием принципа квазирегулярности определены основные параметры функционирования ПКД грузовых и пассажирских тепловозов.

9. Основные положения и результаты диссертационной работы внедрены на ПКД в опорном локомотивном депо Основа Южной ж.д. для опытного парка тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70, а также положены в основу разработанной с участием автора “Концепции создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины”.

10. По результатам работы ПКД получено на опытном парке сокращение эксплуатационных затрат дизельного топлива на 1,8%, сменяемости запасных частей на 5-7%, поліпшення екологічних показників на 3-5%.

11. Розроблена методика оценки экономической эффективности внедрения ПКД, которая подтвердила возможность получения срока окупаемости в пределах 1,8-2,0 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ источников

1. Акулиничев В.М., Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. Математические методы в эксплуатации железных дорог. - М.: Транспорт, 1981. - 253 с.
 2. Александров В.Г., Глазков Ю.А., Александров А.Г. Контроль технической исправности самолетов и вертолетов. - М.: Транспорт, 1976. -360 с.
 3. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа. Перевод с англ. - М.: Мир, 1983. - 312с.
 4. Биргер И.А. Техническая диагностика. - М.: Машиностроение, 1978. - 240 с.
 5. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. - М.: Машиностроение, 1984. - 312с.
 6. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе. - М.: Статистика, 1979. - 447с.
 7. Володин А.И. Моделирование на ЭВМ работы тепловозных дизелей. - М.: Транспорт, 1985. -216с.
 8. Володин А.И. Пути совершенствования основных характеристик и эксплуатационных качеств дизелей магистральных тепловозов. Дис. на соиск. ученой степени д-ра техн. наук. - М., 1969.
 9. Володин А.И., Фофанов Г.А. Топливная экономичность силовых установок тепловозов. -М.: Транспорт, 1979. - 126с.
 10. Вопросы математической теории надежности / Е.Ю.Барзилович, Ю.К.Беляев, В.А.Каштанов и др.: Под ред. Б.В.Гнеденко. - М.: Радио и связь, 1983. - 524с.
- И. Галкин В.Г, Парамзин В.П., Четвергов В.А. Надежность тягового подвижного состава. -М.: Транспорт, 1981. - 184 с.

12. Галушко В.Г. Случайные процессы и их применение на автотранспорте. - Киев.: Вища школа, 1980.-271с.
13. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. -М.: Машиностроение, 1987.-288 с.
14. Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б. Модели отказов. - М.: Сов.радио, 1966. - 166 с.
15. Глазунов Л.П., Смирнов Л.Н. Проектирование технических систем диагностирования. - Л.: Энергоатомиздат, 1982. - 168с.
16. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.- М.: Высшая школа, 1977.- 479 с.
17. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей. - Киев.: Вища школа, 1971.-232с.
18. Голов Ф.В., Носырев Д.Я., Павлович Е.С. и др. Основы диагностики тепловозов. - М.: ВЗИИТ, 1987. - 64с.
19. Головатый А.Т., Лебедев Ю.А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом. - М.: Транспорт, 1973. - 112 с.
20. Головатый А.Т., Четвергов В.А. Влияние параметров системы технического обслуживания и ремонта локомотивов на ее технико-экономическую эффективность // Вестник ВНИИЖТ. - 1974.-№3. - С. 1-8.
21. Горский А.В., Воробьев А.А., Цветков И.Н. и др. Имитационная модель процесса эксплуатации и ремонта ЭПС // Межвуз. сб. науч. тр. / М.: МИИТ, 1988. -Вып.795. - С.130-133.
22. ГОСТ 20417-75. Техническая диагностика. Общие положения о порядке разработки систем диагностирования.-М.:Госстандарт, 1975.-22с.
23. ГОСТ 20911-75. Техническая диагностика. Основные термины и определения. -М.: Госстандарт, 1975. - 14с.
24. ГОСТ 25.866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения. - М.: Госстандарт, 1983. - 10с.

25. ГОСТ 26.656-85. Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования. - М.: Госстандарт, 1985.- 16с.
26. ГОСТ 28.001-83. Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения. -М.: Госстандарт, 1983.-13с.
27. Домарацкий А.Н., Иванов Л.Н., Юрлов Ю.И. Многоцелевой статистический анализ случайных сигналов. - Новосибирск.: Наука, 1975. - 164с.
28. Ждановский Н.С. Диагностика дизелей автотракторных двигателей с использованием электронных приборов. - Л.: ЛСХИ, 1973. - 218 с.
29. Ждановский Н.С., Мануков Н.П., Улитовский Б.А. и др. Безразборное определение технического состояния тракторных двигателей. - М.: Колос, 1987.- 174 с.
30. Ждановский Н.С., Улитовский Б.А. Аллилуев В.А. Диагностика дизелей автотракторного типа. - М.: Колос, 1970. - 192 с.
31. Засименко В.М., Самченко ГП. Цифровые пирометры «Смотрич-4П» и «Смотрин 5П» агрегатного комплекса АПИР-11 // Приборы и системы управления. - 1987. - №2. - С.20-21.
32. Засименко В.М., Самченко ГП. Цифровые пирометры «Смотрич-4П» и «Смотрин 5П» агрегатного комплекса АПИР-11 И Приборы и системы управления. - 1987. - №2. - С.20-21.
33. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. - Киев.: Техника, 1975. - 312с.
34. Ивахненко А.Г, Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. - М.: Радио и связь, 1987. - 120с.
35. Исаев И.П., Горский А.В., Козырев В.А. и др. Требования к проведению эксперимента по определению оптимальной структуры ремонтного цикла электроподвижного состава. И Тр.МИИТ. - 1978. - Вып.605. - С.93-100.

36. Исаев И.П., Горский А.В., Хлопков С.М. От чего зависит ресурс тяговых двигателей // Электрическая и тепловозная тяга. - 1982. - №6. - С. 20-21.
37. Исследование операций: В 2-х томах. Пер. англ. / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. -М.: Мир, 1981. - 677с.
38. Казарцев В.И. Ремонт машин. -М.: Сельхозиздат, 1961. - 583с.
39. Капранов Н.Н. Расчет межремонтных пробегов электровозов для конкретных условий эксплуатации // Тр. ВЗИИТ. - Вып. 117. - С.155-161.
40. Каталог средств технической диагностики и технологических устройств для оценки состояния оборудования тягового подвижного состава. -М.: МПС РФ, 1996. - 116с.
41. Ключев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. Технические средства диагностирования: Справочник / Под общ. ред. В.В.Ключева. - М.: Машиностроение, 1989.-672с.
42. Колчин А.В. Датчики средств диагностирования машин. - М.: Машиностроение, 1984. - 124 с.
43. Комплексная система технического обслуживания и текущего ремонта магистральных локомотивов. Общие требования. - М.: ВНИИЖТ, 1996. - 15с.
44. Концепція розвитку системи діагностування у локомотивному господарстві залізниць України. - Київ.: Укрзалізниця, 1999. - 17с.
45. Королюк В.С., Портенко В.И., Скороход А.В. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. - М.: Наука, 1985. - 640с.
46. Коссов Е.Е. Оптимизация работы тепловозного дизель-генератора // Тр.МИИТ. - 1982. - Вып.700. - С.8-22.
47. Коссов Е.Е. Экспериментальное исследование динамических качеств тепловозного дизель-генератора // Тр.МИИТ. - 1980. - Вып.663. - С.147-158.

48. Коссов Е.Е., Копыленко В.А. Влияние технических характеристик тепловозов на эффективность работы железнодорожной линии // Тр.МИИТ. - 1982. - Вып.715. - С. 116-127.
49. Коссов Е.Е., Поварков И.Л. Исследование соответствия некоторых характеристик дизелей с высоким наддувом требованиям тепловозной тяги // Вестник ВНИИЖТ. - 1975. - №3. - С.23-28.
50. Крамер Г. Математические методы статистики. Перевод с нем. - М.: Мир, 1975.-648с.
51. Кудряш А.П. Надежность и рабочий процесс транспортного дизеля. - Киев.: Наукова думка, 1981. - 136с.
52. Кудряш А.П. Резервы повышения экономичности тепловозов. - М.: Транспорт, 1975.-275с.
53. Кудряш А.П., Заславский Е.Г., Тартаковский Э.Д. Резервы повышения экономичности тепловозов 2ТЭ10Л. - М.: Транспорт, 1975.-65 с.
54. Кузьмич 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.
55. Кузьмич В.Д. Исследование эксплуатационного состояния тяговых электрических машин тепловозов и их систем охлаждения. // Тр.МИИТ. - 1978. -Вып.611. - С.110-118.
56. Кузьмич В.Д. Методика испытаний воздухоочистителей для тяговых электрических машин тепловозов // Тр. МИИТ. - 1977. - Вып.558. - С. 82-89.
57. Кузьмич В.Д. О возможности регулирования режимов охлаждения тяговых электрических машин тепловозов. // Тр.МИИТ. - 1979. - Вып.627. - С.119-127.

58. Кузьмич В.Д. Технические требования к воздухоочистителям систем охлаждения тяговых электрических машин тепловозов. // Тр.МИИТ. - 1978. - Вып.611. - С.136-142.
59. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 480с.
60. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Ляшук В.М. Станция для испытания тепловозов с гидравлической передачей. // Инф. письмо ЦБНТИ Минчермета УССР. - №4-86. - Днепропетровск. - 1986. - С.4.
61. Ларионов А.И., Юрченко Т.И. Экономико-математические методы в планировании. -М.: Высш.шк., 1984. -224с.
62. Малоземов Н.А. Организация и планирование тепловозоремонтного производства. - М.: Транспорт, 1973. - 294с.
63. Малоземов Н.А., Иунихин А.И., Каплунов М.П. Тепловозоремонтные предприятия: Организация, планирование и управление. - М.: Транспорт, 1979.-264с.
64. Матяш В.А. Совершенствование организации и технологии работы пунктов технической диагностики тепловозов на дороге // Міжвуз. зб. наук, праць / ХарДАЗТ, 1998. - Вип. 34. - С.9-11.
65. Матяш В. А., Диковенко А.М. Интенсивная технология диагностирования для прогноза технического состояния локомотивов в депо // Межвуз. сб. науч. тр. / ХарГАЖТ, 1997. - Вып.29. - С. 18-20.
66. Методика определения экономической эффективности маневровых и промышленных тепловозов: РТМ 24.040.016-81. -М., 1981. - 193с.
67. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. - М.: Колос, 1976. - 186с.
68. Мозгалеvский А.В., Пойда Л.Н. Вопросы проектирования систем диагностирования. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 112с.
69. Моисеев Г.А. Секционная мощность тепловозов и проблемы надежности. -М.: Транспорт, 1978. - 112с.

70. Надежность тепловозов / В.Н.Вознюк, И.Ф.Пушкарев, Т.В.Ставров и др. -М.: Транспорт, 1991. - 166с.
71. Наказ №351-Ц від 14.12.1999р. “Про систему планово-попереджувального ремонту та технічного обслуговування електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів”. - Київ.: Укралізниця, 1999. - 13с.
72. Нестеров Э.И., Богомольный Е.С., Ставров ТВ. О системе технического диагностирования тепловозов // Тр.ВНИТИ. - Коломна, 1981.-Вып.54.-С.148-155.
73. Павлович Е.С. Определение оптимальных пробегов между ремонтами // Омск. - Тр.ОМИИТ. - 1968. - Вып.87. - 4.1.
74. Павлович Е.С. Основы расчета надежности и технико-экономической эффективности тепловозных дизелей // Омск. Тр.ОМИИТ. - 1968. - Вып.87. - 4.2.
75. Павлович Е.С. Техничко-економические аспекты методов расчета надежности тепловозов // Учеб, пособие. - М.: ВЗИИТ, 1986. - 76с.
76. 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.
77. Палей Д.А., Озембловский В.4., Факторович М.А. Выбор уровня эксплуатационной надежности электровоза // Вестник ВНИИЖТ. - 1981. - №4.-С.22-26.
78. Пархоменко П.П., Согомоян Е.С. Основы технической диагностики. -М.: Энергия, 1981.-320с.
79. Пахомов Э.А. Методы диагностики при эксплуатации тепловозов. - М.: Транспорт, 1974. -48с.
80. Подшивалов А.Б. Методы обеспечения своевременной подачи локомотивов на ТО-3 // Тр.ВНИИЖТ. - 1982. - Вып.658. - С.28-37.

81. Подшивалов А.Б., Лугинин Л.Г., Власова Т.Б. Техническое обслуживание тепловозов при изменении периодичности профилактических осмотров // Тр.ВНИИЖТ. - 1973. - Вып.504. - С.3-21.
82. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В. и др. Математическая теория оптимальных процессов. - М.: Физматгиз, 1981. - 391с.
83. Проников А.С. Основы надежности и долговечности машин. - М.: Изд.Комитета стандартов, 1979.-275с.
84. Просвиров Ю.Е., Михаленок Н.О., Дмитриев В.А. Временные методические указания по определению технико-экономической эффективности диагностирования тепловозов. - Куйбышев.: КИИТ, 1987. - 16с.
85. Развитие и совершенствование тепловозной тяги / Под ред. Н.А.Фуфрянского. - М.: Транспорт, 1969. - 304с.
86. Развитие локомотивной тяги / Под ред. Н.А.Фуфрянского и А.Н.Бевзенко. - М.: Транспорт, 1982. - 303с.
87. Рахматулин М.Д. Методика определения сроков межремонтной работы тепловозов // Тр.МИИТ. - 1960. - Вып.130. - С.147-169.
88. Рекомендации по составлению ТЭО на создание пункта технического диагностирования / Ю.Е.Просвиров, С.В.Колокольников, Н.О.Михаленок и др. - Куйбышев.: ДЦНТИ, 1988. - 12с.
89. Роль технической диагностики в повышении эффективности использования тепловозов / Просвиров Ю.Е., Павлович Е.С., Голов Ф.В. и др. // Тез. докл. IX област, науч.-прак. конф. - Куйбышев.: КИИТ, 1985. - С.32-33.
90. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. -М.: Наука, 1971. -192с.
91. Серов А.В. Диагностика и управление состоянием системы. - М.: Знание, 1984. - 52с.

92. Серов А.В. Оптимальное управление качеством и эффективностью работы машин в эксплуатации. - М.: Знание, 1979. - 136с.
93. Соколов С.С., Власов Л.И. Выбор оптимальной по экономичности тепловозной характеристики // Двигателестроение. - 1980. - №10. - С.3-5.
94. Стрекопытов В.В. Определение режимов работы дизеля на тепловозах с электрической передачей // Тр.ЛИИЖТ. - 1983. - Вып.352. - С.80-89.
95. Стрекопытов В.В. Оптимизация энергетических установок тепловозов с электрическими передачами мощности на основе параметрической надежности // Автореф. дис. д-ра тех. наук. - М.: МИИТ, 1978. - 39с.
96. Стрекопытов В.В., Пушкарев И.Ф. Надежность и техническая диагностика локомотивов. - Л.: ЛИИЖТ, 1988. - 60с.
97. Стрельников В.Т., Исаев И.П. Комплексное управление качеством технического обслуживания и ремонта электровозов. - М.: Транспорт, 1980. -207с.
98. Тартаковский Э.Д. Исследование контрольно-диагностических работ на поточной линии диагностики тепловозов // Межвуз. сб. науч. тр. "Оптимизация управления и совершенствование узлов локомотивов" — Гомель. - БелИИЖТ. - 1981. - С.84-86.
99. Тартаковский Э.Д. Качество ремонта и надежность тепловозов. - М.: Транспорт, 1973. - 134с.
100. Тартаковский Э.Д. Маршрутная технология технического обслуживания локомотивов с применением диагностики. // Тр.МИИТ. - 1982. -Вып.703. - С.30-33.
101. Тартаковский Э.Д. Предпосылки автоматизации проектирования технологических процессов обслуживания и ремонта локомотивов. // Тр. МИИТ. - 1987. - Вып.795. - С.8-12.
102. Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В., Матяш В.А. и др. Моделирование и оптимизация системы ТО и ТР локомотивов по суммарным удельным

затратам // Межвуз. сб. науч. тр. / ДУИТ, Днепропетровск, 1996. - С.87-91.

103. Тартаковский Э.Д., Ефименко В.И., Бабанин А.Б. Развитие математических моделей технологии обслуживания и ремонта локомотивов // Совершенствование конструкции, технологии, эксплуатации и ремонта подвижного состава. Тр. ХИИТ - Харьков. - 1987. - Вып.№2. - С.65-69.

104. Техническая диагностика электроподвижного состава // Серия «Локомотивы и локомотивное хозяйство». - М. - ЦНИИТЭИ МПС. - 1971. -№60. - С. 1-44.

105. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. -М.: Экономика, 1989. - 16с.

106. Факторович М.А. Определение допустимых границ нормативных пробегов электровозов между текущими ремонтами ТР-1 // Вестник ВНИИЖТ. - 1988. - №3.-С.47-50.

107. Факторович М.А. Определение максимальной программы ремонта локомотивов на участке ТО-3, ТР-1 методом имитационного моделирования // Вестник ВНИИЖТ. - 1987. - №6. - С.21 -23.

108. Факторович М.А. Определение максимальной программы ремонта электровозов на участках ТО-3 и ТР-1 // Вестник ВНИИЖТ. - 1987. - №6. -С.21-23.

109. Факторович М.А., Озембловский В.Ч., Спокойный В.Г. К оценке мощности участка периодического ремонта электровозов. // В сб.: Пути улучшения организации эксплуатации и ремонта электровозов. - М.: Транспорт, 1986. - С.39-50.

ПО. Феоктистов В.П. Автоматизация тягового подвижного состава // Межвуз. сб. науч. тр. / М.: МИИТ, 1988. - Вып.795. - С.4-7.

111. Фофанов Г.А., Силин С.И. Влияние эксплуатационных факторов на экономичность тепловозного дизеля 10Д100 // Вестник ВНИИЖТ. - 1975. - №1. - С.24-27.
112. Хомич А.З., Жалкин С.Г., Симсон А.Э. и др. Диагностика и регулировка тепловозов. - М.: Транспорт, 1977. - 222 с.
113. Хомич А.З., Тупицын О.И., Симсон А.Э. Экономия топлива и теплотехническая модернизация тепловозов. - М.: Транспорт, 1975. - 264с.
114. Шишков А.Д., Козырев В. А. Экономические показатели локомотивных депо // Железнодорожный транспорт. -1993. - №8. - С.34-37.
115. Эпштейн А.С., Зайончковский В.И. Эксплуатационные режимы тепловозного дизеля 10Д100 // Двигателестроение. - 1985. - №5. - С.47-49.
116. Elshafei A.N., Optimal Location of Facilities, Ph. D. Thesis, University of Birmingham, England, 1973.
117. Elzinga J., Heard D., A Note on Minimax Location Problem, Transport. Sci., 7, No. 1 (1973).
118. Francis R. L., White J.A., Facilities Layout and Location: an Analytical Approach; Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1974.
119. Goldman A. J., Optimal Locations for Centers in Network, Transport. Sci., 3, No.4, 352-360 (1969).
120. Wallace F. Vergleich des Gleichdruck-und Stoss-Aufladeverfahren bei Abgasturbo-Aufladung von Dieselmotoren mit hohen Aufladedruck. MTZ, H. 25, 1964. S.196-201.

ПРИЛОЖЕНИЯ

**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Перший заступник міністра
транспорту України -
Генеральний директор
Державної адміністрації
залізничного транспорту

О.В.СЛОБОДЯН
15.02.1999р.

**КОНЦЕПЦІЯ
РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ У
ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ ЗАЛІЗНИЦЬ
УКРАЇНИ**

УЗГОДЖЕНО:

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

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 і видах з концентрацією ремонту на підприємствах з найменшою його собівартістю;

- поступовий перехід від ремонту в певні строки до забезпечення ремонту рухомого складу по його технічному стану з використанням автоматизованих систем керування (АСК);

- розробка і впровадження досконалих засобів технічного діагностування рухомого складу і 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 з інвентаря;

формування раціональної структури парку локомотивів, що експлуатується, обмеження експлуатації локомотивів з низьким рівнем економічності, використання енергозаощаджувальних, 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 та досліджень, в тому числі по створенню нового покоління дизель- і електропоїздів, 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 правилам, встановленим вільною документацією. СТЛ повинна бути (на ланову 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 обладнання. 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.

Практикою визначені наступні види технічного діагностування локомотивів:

- по призначенню - технічне діагностування може 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 застосовування 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 першу чергу, є потужність при встановленій частоті обертання колінчастого валу і економічність. Тому діагностування слід починати з 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 у 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 ПКТБ, 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 заліниць, 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 безрозбірної 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 заліниць 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 або його вузла здійснюється, як правило, після безпечної для функціональної системи (депо) відмови.

В свою чергу, обслуговування і ремонт з контролем параметрів передбачає безперервний або періодичний контроль зміни параметрів, які визначають технічний стан локомотивів. Рішення про заміну або відновлення дієздатності приймається тоді, коли контрольні параметри локомотивів досягають передвідмовного рівня.

Слід розрізняти два поняття: “експлуатація за станом” і “технічне обслуговування і ремонт за станом”. В першому випадку йдеться по суті про задачу використання справних і дієздатних локомотивів і правильного функціонування парку, в другому - про задачу підготовки до використання та забезпечення дієздатності 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 уявити 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 заданого рівня готовності до використання по призначенню, дієздатність в процесі експлуатації, мінімальні витрати на проведення ТО і ПР.

Різнманітність випадковий характер експлуатаційних факторів призводять до того, що при одному і тому ж напрацюванні або тривалості експлуатації локомотиви мають різноманітний фактичний технічний стан. В зв'язку з цим напрацювання або календарний термін служби не характеризують однозначно технічний стан кожного локомотива у процесі експлуатації. Стратегія технічної експлуатації локомотива багато в чому визначається прийнятими режимами ТО, експлуатаційною технологічністю і,

зокрема, показниками контролепридатності, доступності, легкості, 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 за напрацюванням, при якому обсяг розбирання і дефектації призначається єдиним для усього парку однотипних локомотивів в залежності від напрацювання з початку експлуатації або після КР, а перелік операцій відновлення визначається з урахуванням результатів дефектації вузлів і деталей;

ремонт за станом, при якому перелік операцій, в тому числі і розбирання локомотива, визначається згідно результатів діагностування, що здійснюється перед початком ремонту, а також за даними про його надійність.

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. Регульовальні, демонтажно-монтажні, відновлювальні роботи повинні виконуватися тільки за результатами діагностування і контролю.

Інший важливий принцип обслуговувань за станом - своєчасне попередження відмов вузлів і агрегатів, виходячи із забезпечення максимально можливого напрацювання їх до 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 випрацювання (строку служби), до відмови, до передвідмовного стану.

Очевидно, що окремі вузли і агрегати локомотивів можна експлуатувати, обслуговувати і ремонтувати, як правило, тільки по одній з означених стратегій. Для функціональних 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 в концепціях 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 нових 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-регульовальних 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 приєднувальні місця (штуцера, розйоми та ін.) для під'єднання до локомотива контрольно-вимірювальної апаратури. Конструктивне виконання і розташування систем і обладнання на ТРС повинно виконуватися з урахуванням доступності, легкозйомності 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 повинен 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 Німеччині застосовується система “Micas”, призначена для управління і контролю за станом ТРС. Вона за окремою програмою збирає 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 Е120 (Німеччина), ЕА3000 і ЕА7000 (Данія), Е17 (Норвегія), Е1063 (Австрія), тепловозі СР4744 (Канада).

Фірма “SIEMENS” (Німеччина) у 1979 р. розпочала випробування системи “Sibas-16”. Систему можна використовувати на ТРС різних типів. Система проводить комплексне виконання задач, в числі котрих є контроль протизного 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 порядка 100 різноманітних несправностей з наступною їхньою класифікацією.

На електропоїздах Х2 (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 поїздною 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 Боготол Красноярської залізниці, систему діагностування механічного обладнання в локомотивному депо Горький - сортувальний Горьковської залізниці, систему діагностування електровозів ВЛ10 - в локомотивному депо Московка Західно-східної залізниці.

Найбільш перспективні ідеї закладені в систему АСУБ, яка реалізує принципи управління і діагностування. Система АСУБ реально підготовляє локомотив до організації системи ТО і ПР з урахуванням технічного стану обладнання. В технологічному процесі діагностування локомотива

виконуються три основних функції: одержання інформації про технічний стан конкретного обладнання або деталі методом вимірювання контрольного 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 1810.

Мікропроцесорний контролер виконує функції вимірювання і запам'ятовування інформації, відображення результатів на спеціальному індикаторі, передачі накопиченої інформації на цифродрук або персональний комп'ютер. На базі цієї мікропроцесорної плати і уніфікованих 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 і низьконапругових мереж електровоза і електропоїзда "ТЕСТЕР-Ем" призначений для оперативного визначення технічного стану вузлів і агрегатів електрообладнання локомотива у 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 10 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 у відповідності з заданим алгоритмом. Таким чином, цей прилад являє собою автономний, переносний контролер для збирання інформації про технічний стан електрообладнання з подальшою її 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 якого-небудь 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 малоімовірно. 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 міжмашинного 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:

- стаціонарна система діагностування для локального контролю, поглибленого діагностування (до рівня елементів), аналізу 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 поточному 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 малочисельних переносних приладів або стаціонарного діагностичного устаткування. Тому прийнято одержувати інформацію з борту від приладів, що виконують, головним чином, функцію автоматичного управління локомотивом. В 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, 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	<u>Створені:</u>		
1.1	Електронний мегомметр для перевірки електричних мереж стану ізоляції	Локомотиви всіх серій	
1.2	Мікропроцесорний прилад для діагностування РЧО дизеля	2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, ЧМЕЗ	
1.3	Прилад для діагностування схеми збудження тепловозів без навантаження використання на стойлі реостатних випробувань	2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, ЧМЕЗ	
1.4	Прилад для діагностування паливної апаратури дизелів	2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, ЧМЕЗ, М62	
1.5	Електронний функціональний стетоскоп	Локомотиви всіх серій	
1.6	Мікропроцесорний прилад для діагностування турбокомпресорів	2ТЭ10 в/і, 2ТЭ116, М62	
1.7	Прилад для визначення стану вологості бункерного піску	Локомотиви всіх серій	
1.8	Пристрій для перевірки щільності циліндро-поршневої групи дизеля	Тепловози всіх серій	
1.9	Прилад для визначення місця замикання на корпус у електричній мережі локомотива без розбирання клемних рейок	Тепловози всіх серій	
1.10	Прилад для визначення статичного напору повітря в тягових електродвигунах	Локомотиви всіх серій	
1.11	Переносний прилад для перевірки на електровозі датчиків боксовання	ВЛ11	

	ДКБ-019 захисту	протибоксовочного			
1.12	Прилад для оцінки стану буксових підшипників колісних пар пасажирських електровозів				ЧС в/і
1.13	Прилад для визначення стану підшипників електричних машин електровозів				Електровози усіх серій
1.14	Електронний прилад для визначення ступеню комутації електричних машин електровозів				— <i>И</i> — - // -
1.15	Прилад для визначення цілісності силових кабелів електровозів				- // -
1.16	Прилад для перевірки якості дугогашення в силових електричних апаратах електровозів (електромагнітних і електропневматичних)				— <i>П</i> —
2	<u>Вимагають розробки:</u>				
2.1	Волоконно-оптичний огляду деталей, важкодоступних місцях	ендоскоп розташованих у			Локомотиви всіх серій
2.2	Комплексний пристрій контролю стану підшипників				- // -
2.3	Пристрій для контролю низьковольтних мереж (ТЕСТЕР-Е)	силових локомотива			— <i>И</i> —
2.4	Автоматизована система діагностування локомотива (АСКД-Л)	контролю електрообладнання			— <i>И</i> —
2.5	Пристрій геометричних параметрів пари	контролю колісної			— <i>И</i> —
2.6	Термоіндикатори перегріву пар механізмів	для оцінки тертя і силових			— <i>И</i> —

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 призначених 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 систем 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 слідуєчих 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.;

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 лабораторії 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 по 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 перепідготовку кадрів через інститути і факультети підвищення кваліфікації;

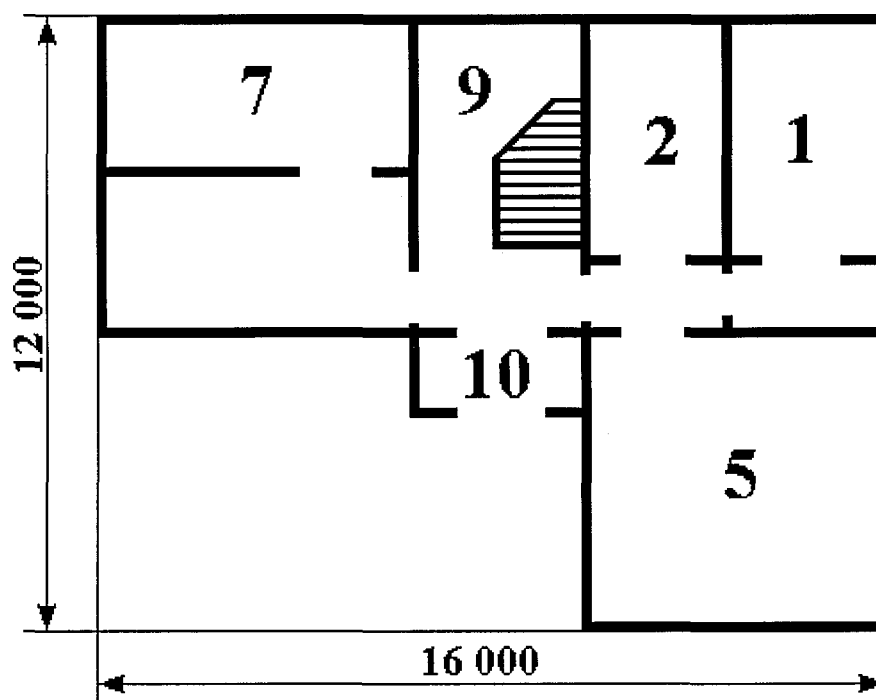
- максимально залучати до розробок систем технічного діагностування студентів, що після закінчення ВНЗ будуть експлуатувати нові системи і прилади;

- спрямовувати студентів залізничних ВНЗ в більшості на виробничу практику і роботу в опорні базові депо;

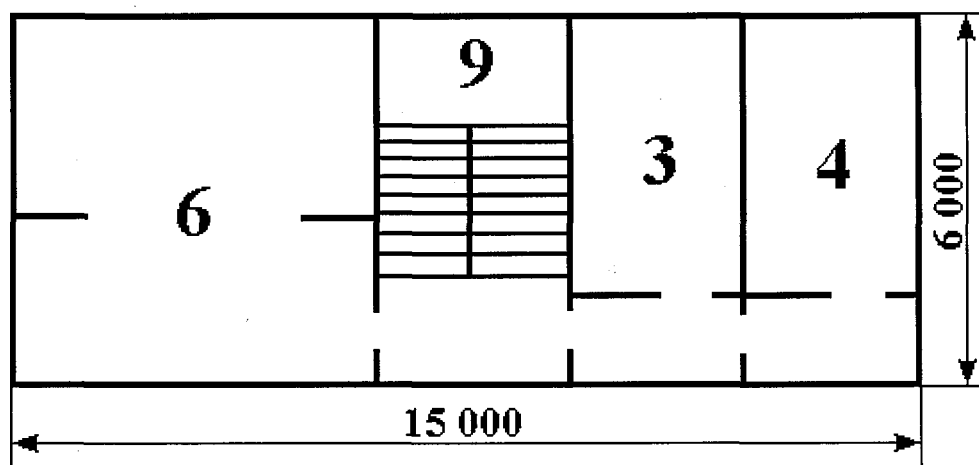
- організувати стажування ведучих фахівців по створенню систем технічного діагностування в закордонних фірмах;

- збільшити прийом в аспірантуру і докторантуру по наукових напрямках, пов'язаних з розробкою і впровадженням систем технічного діагностування ТРС.

Приложение 2
План первого этажа



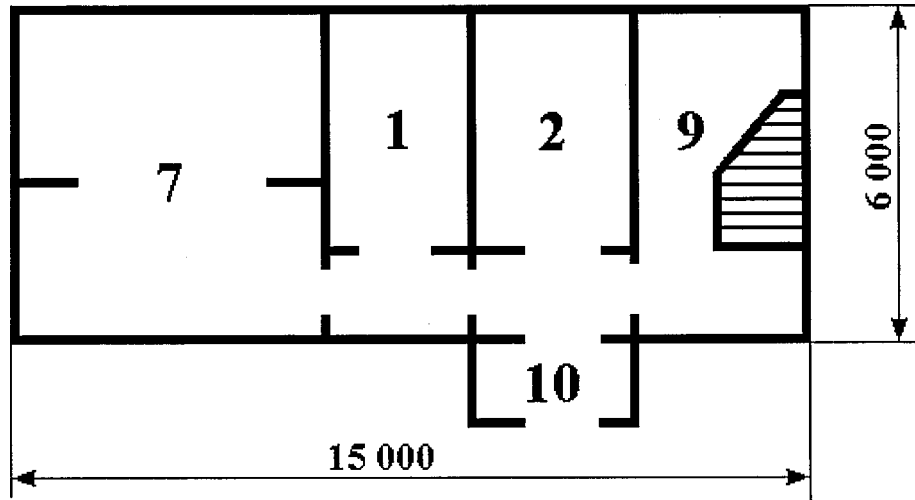
План второго этажа



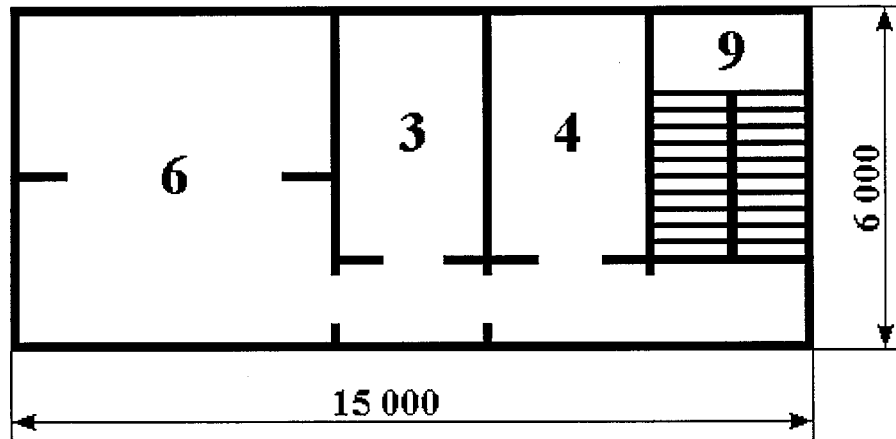
1 - гардероб; 2 - туалет; 3 - комната ИТР; 4 - столовая; 5 - блок ВЦ; 6 - блок диагностики; 7 - мастерская; 9 - лестница.

Рис.Ш - Первый вариант взаимного расположения помещений ПКД

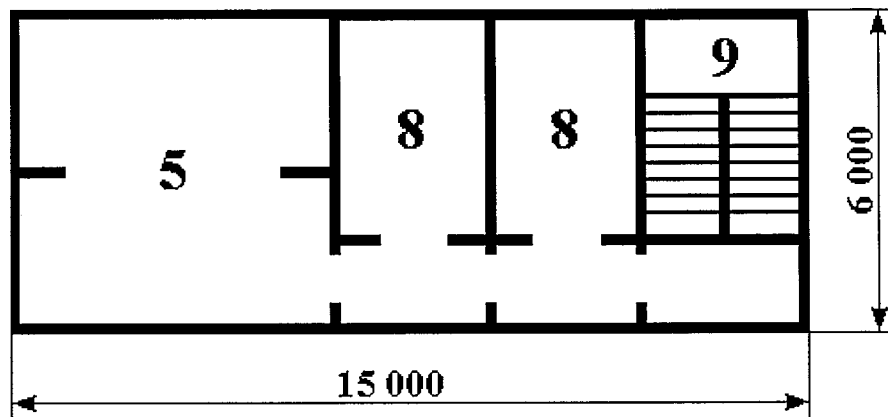
План первого этажа



План второго этажа



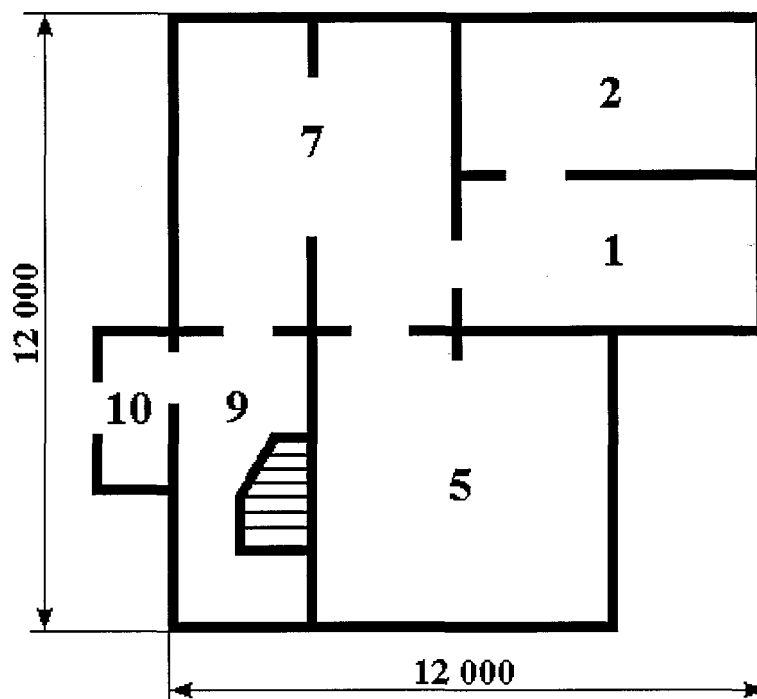
План третьего этажа



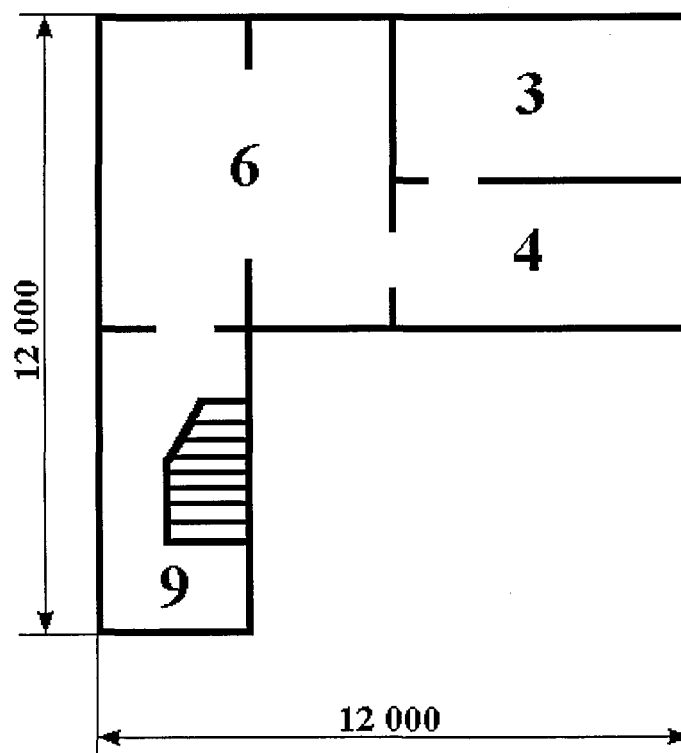
1 - гардероб; 2 - туалет; 3 - комната ИТР; 4 - столовая; 5 - блок ВЦ;
 6 - блок диагностики; 7 - мастерская; 8 - венткамеры; 9 - лестница;
 10 - тамбур.

Рис.П2 - Второй вариант взаимного расположения помещений ПКД

План первого этажа



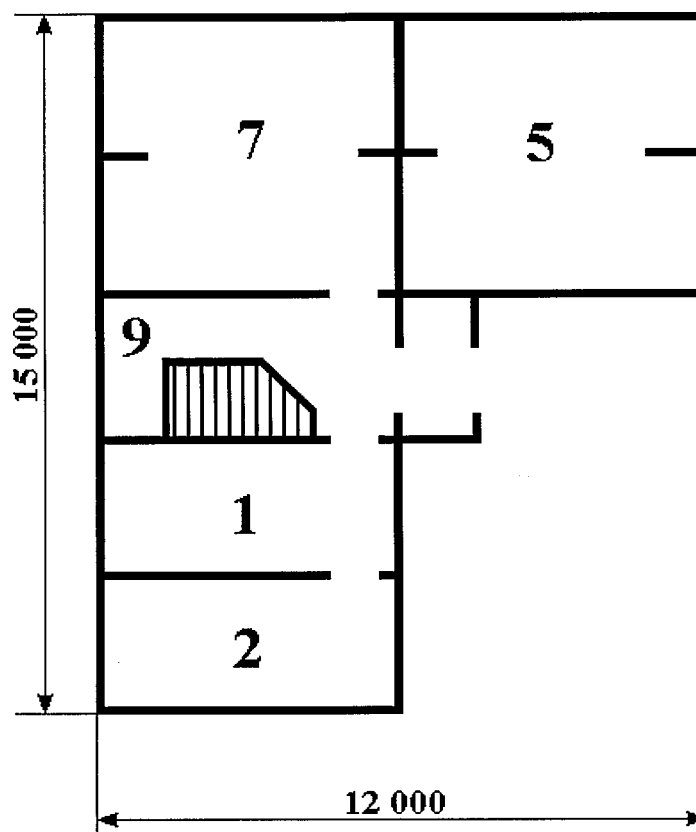
План второго этажа



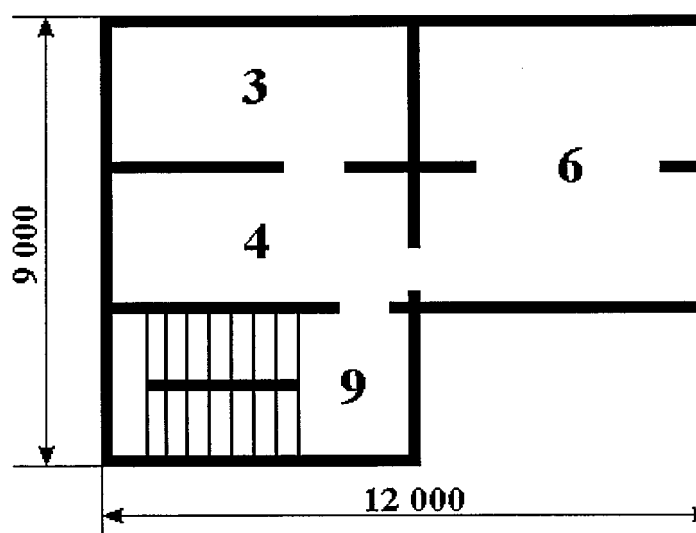
1 - гардероб; 2 - туалет; 3 - комната ИТР; 4 - столовая; 5 - блок ВЦ; 6 - блок диагностики; 7 - мастерская; 8 - венткамеры; 9 - лестница; 10 - тамбур.

Рис.ПЗ - Третий вариант взаимного расположения помещений ПКД

План первого этажа



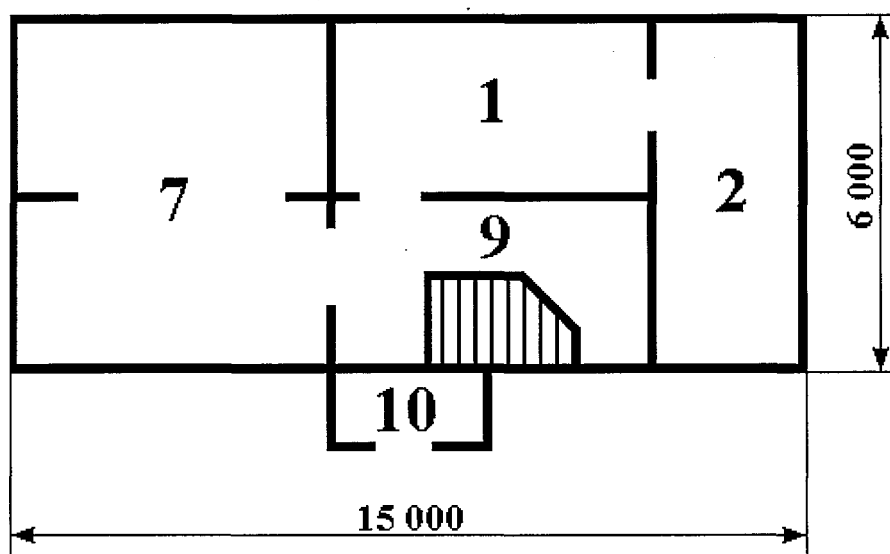
План второго этажа



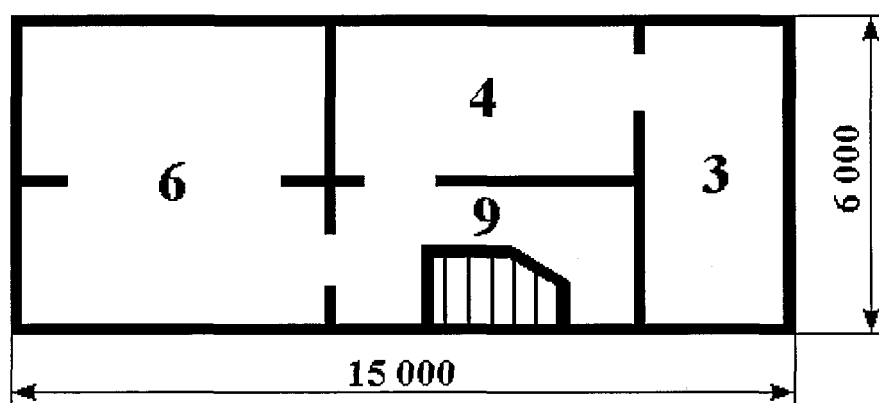
1 - гардероб; 2 - туалет; 3 - комната ИТР; 4 - столовая; 5 - блок ВЦ;
 6 - блок диагностики; 7 - мастерская; 8 - венткамеры; 9 - лестница;
 10 - тамбур.

Рис.П4 - Четвертый вариант взаимного расположения помещений ПКД

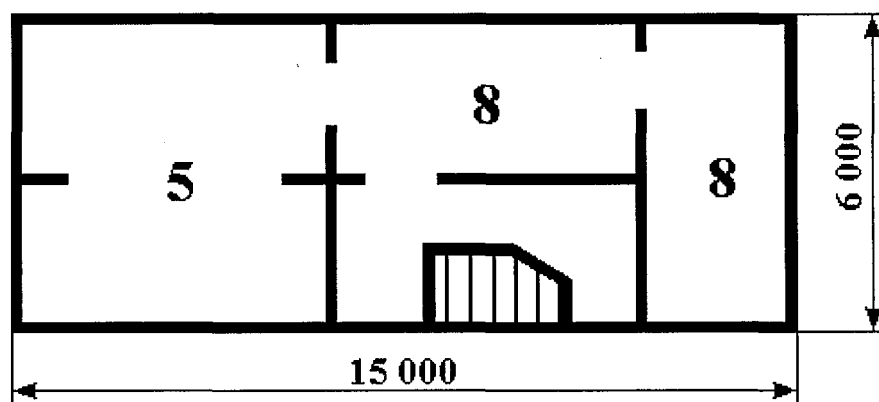
План первого этажа



План второго этажа



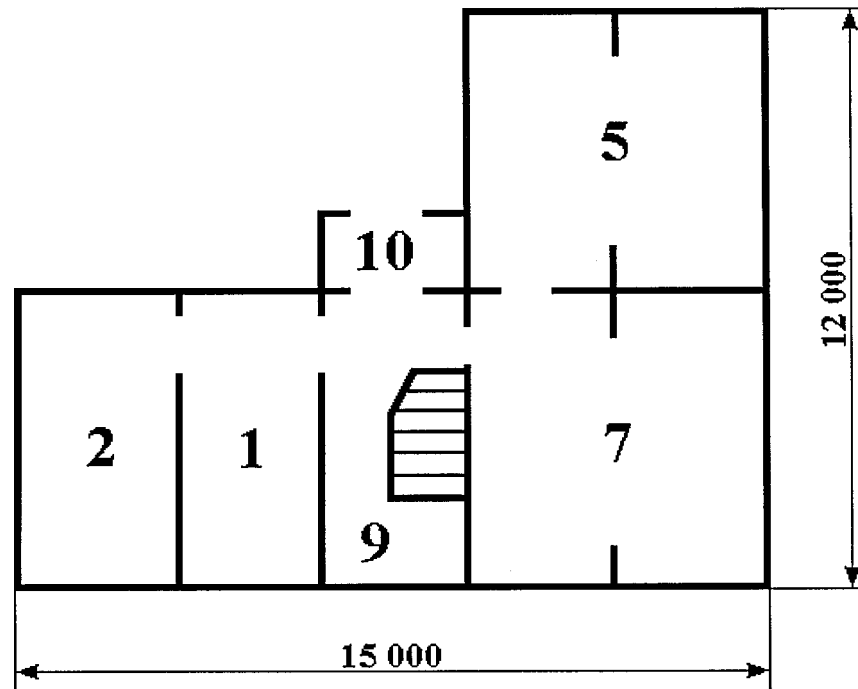
План третьего этажа



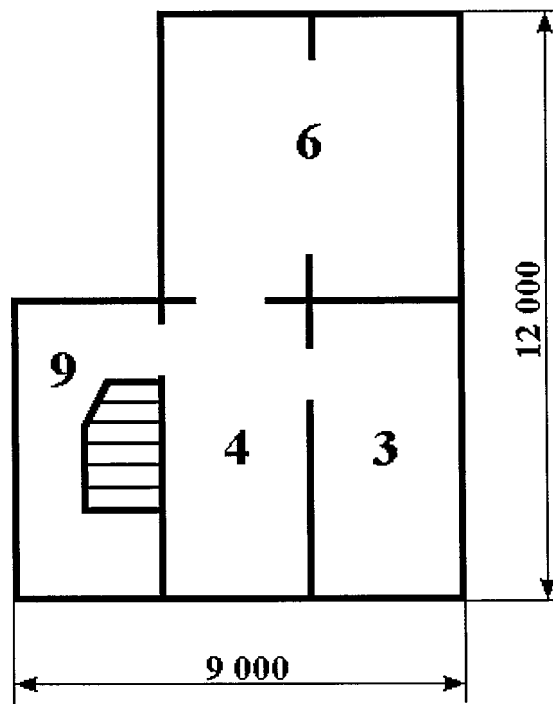
1 - гардероб; 2 - туалет; 3 - комната ИТР; 4 - столовая; 5 - блок ВЦ;
6 - блок диагностики; 7 - мастерская; 8 - венткамеры; 9 - лестница;
10 - тамбур.

Рис.П5 - Пятый вариант взаимного расположения помещений ПКД

План первого этажа



План второго этажа



1 - гардероб; 2 - туалет; 3 - комната ИТР; 4 - столовая; 5 - блок ВЦ;
 6 - блок диагностики; 7 - мастерская; 8 - венткамеры; 9 - лестница;
 10 - тамбур.

Рис.Пб - Шестой вариант взаимного расположения помещений
 ПКД

Приложение 3

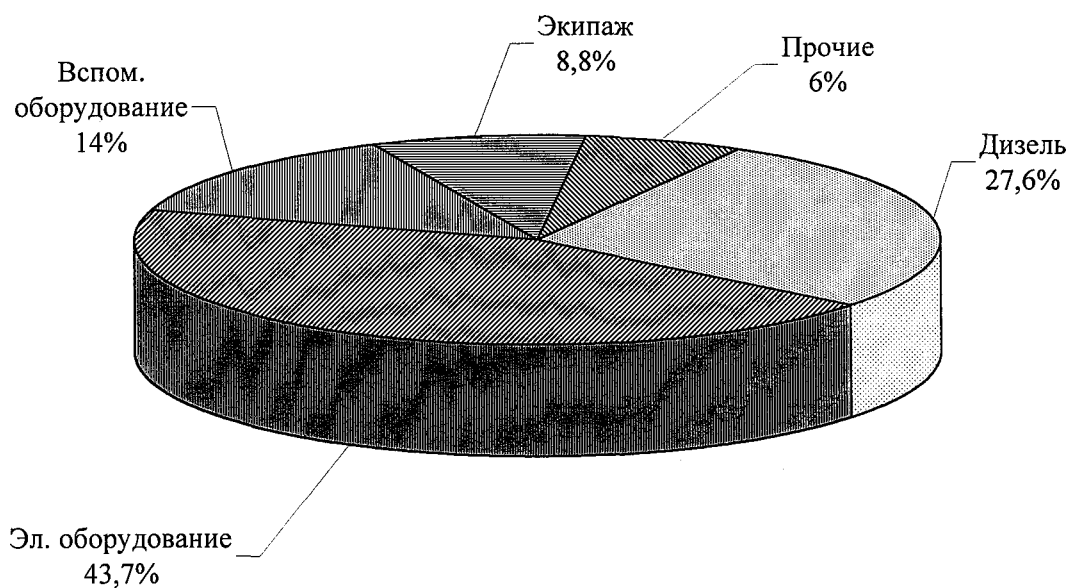
Решение задачи оптимальной дислокации ПКД

Локомотивные депо дороги	Депо имеющие ПКД			
	Основа	Полтава	Гребенка	Лозовая
Купянск	50 125	266	323	269
Ромны	294	227	20 112	428
Люботин	40 24	117	299	158
Смородино	10 185	260	20 214	319
Кременчуг	256	30 115	178	266
Депо с ПКД	0	30 0	60 0	30 0

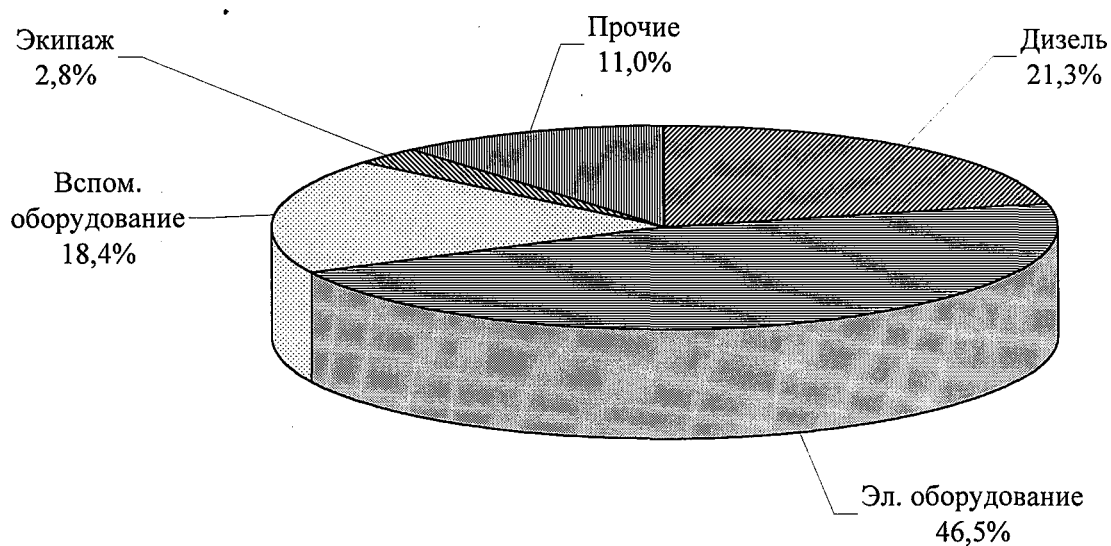
Приложение 4

Распределение отказов по узлам тепловозов 2ТЭ116 и ТЭП70

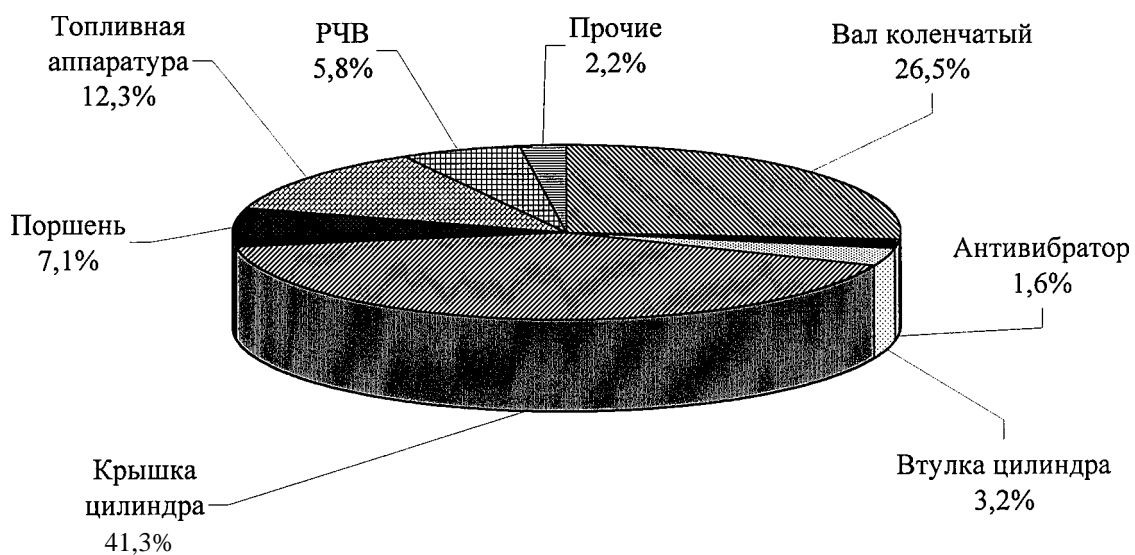
Распределение отказов по видам оборудования тепловоза 2ТЭ116



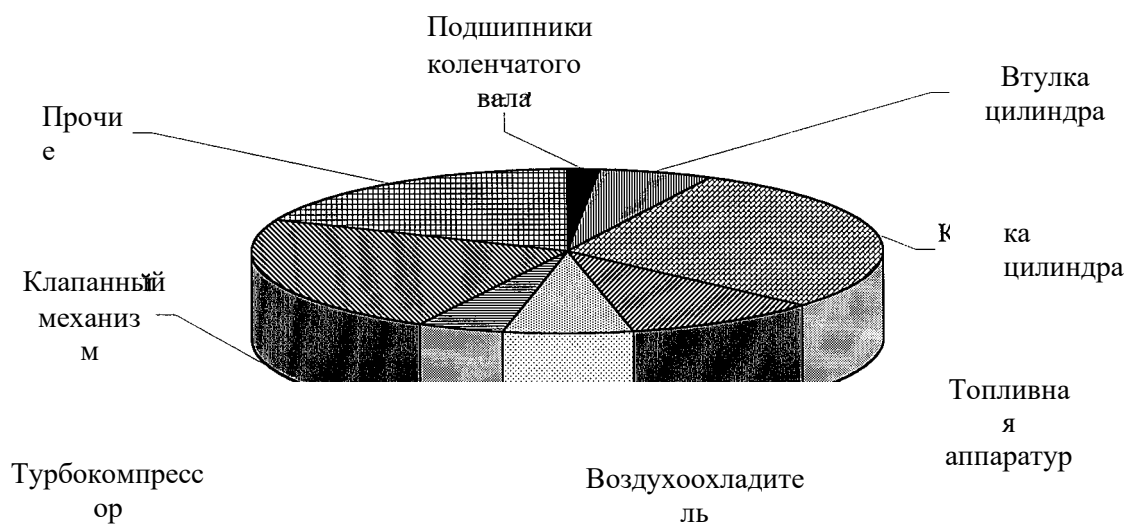
Распределение отказов по видам оборудования тепловоза ТЭП70



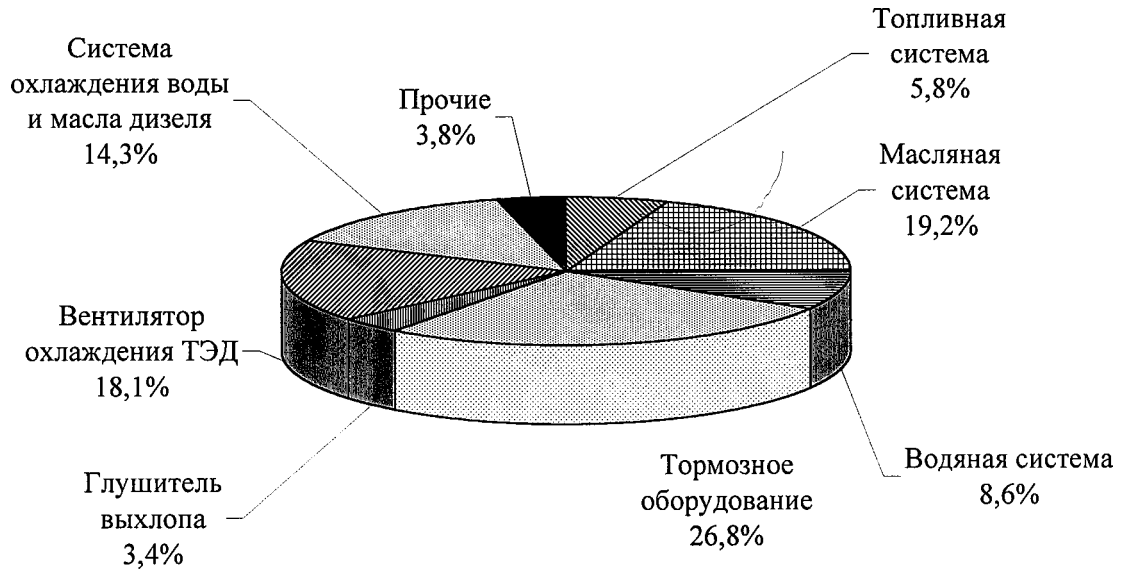
Распределение отказов по дизелю 1А-5Д49 тепловоза 2ТЭ116



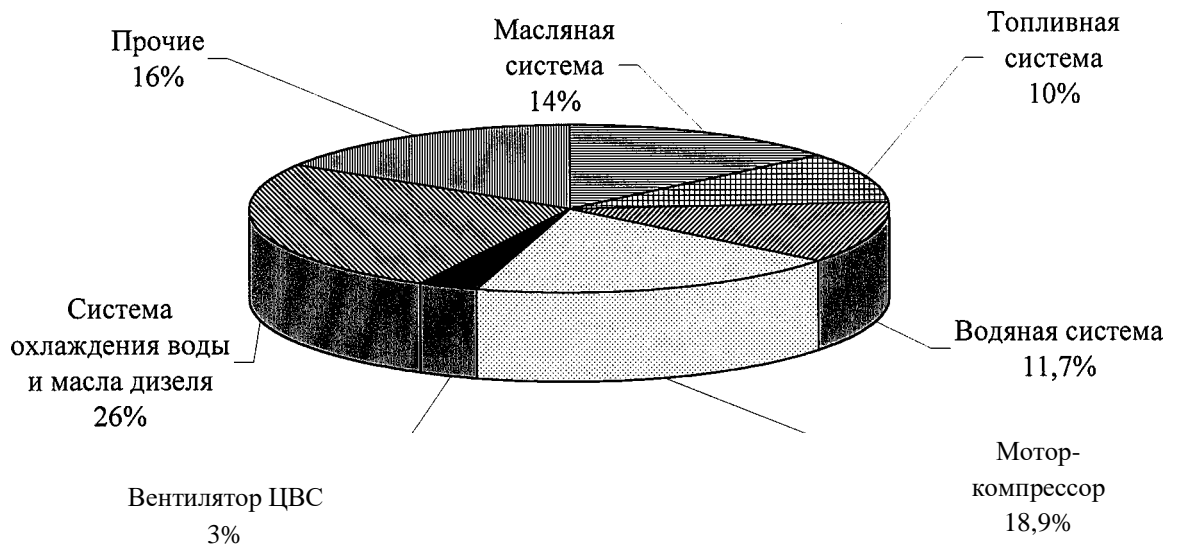
Распределение отказов по дизелю 2А-5Д49 тепловоза ТЭП70



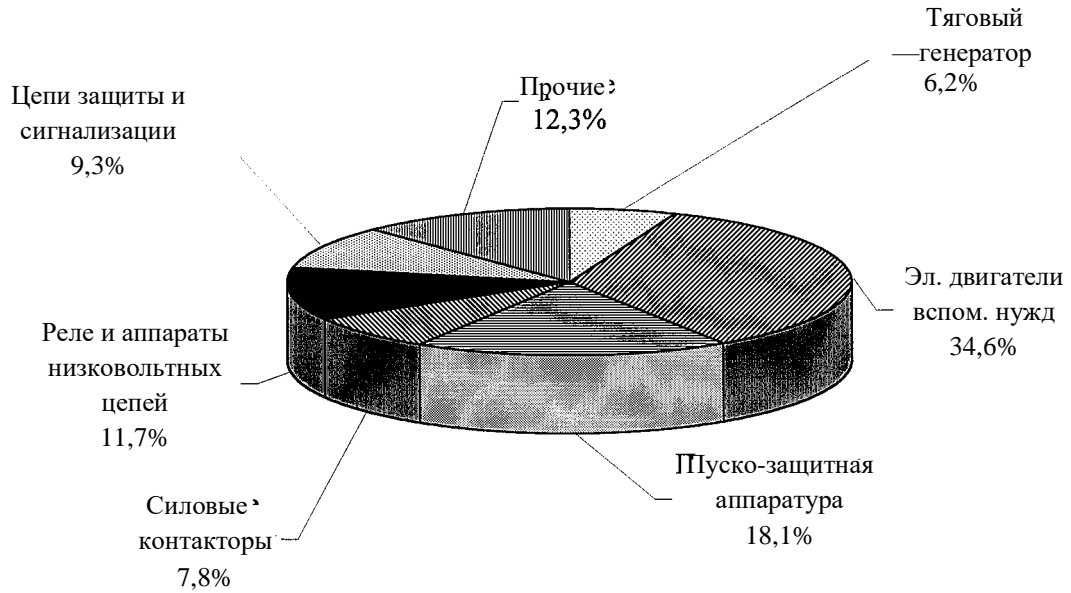
Распределение отказов по вспомогательному оборудованию
тепловоза 2ТЭ116



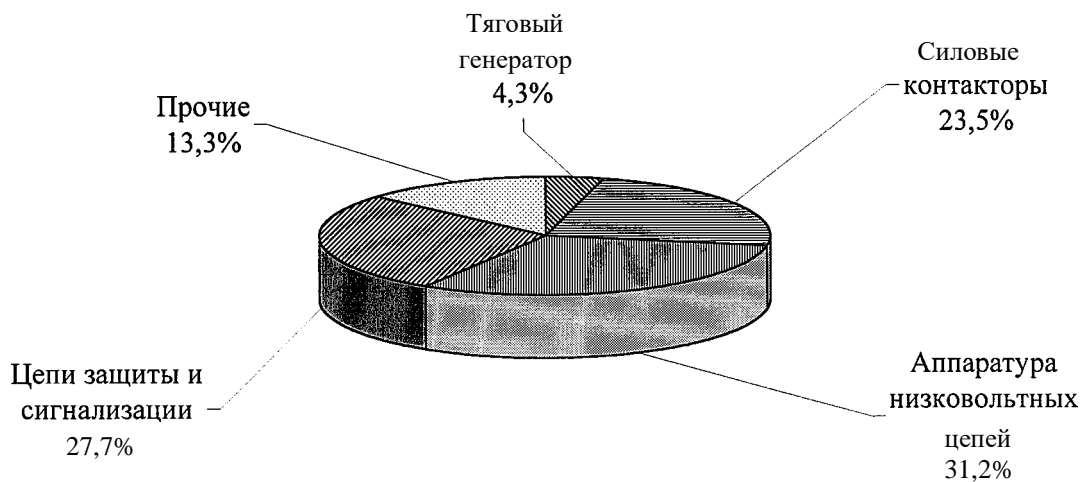
Распределение отказов по вспомогательному оборудованию
тепловоза ТЭП70



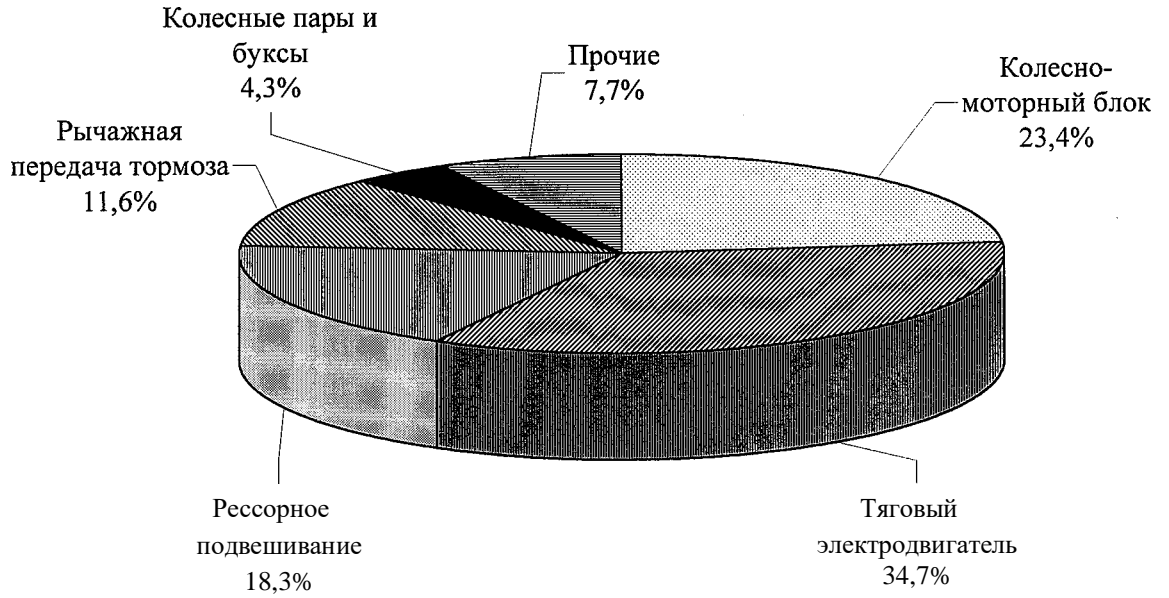
Распределение отказов по электрооборудованию тепловоза
2ТЭ116



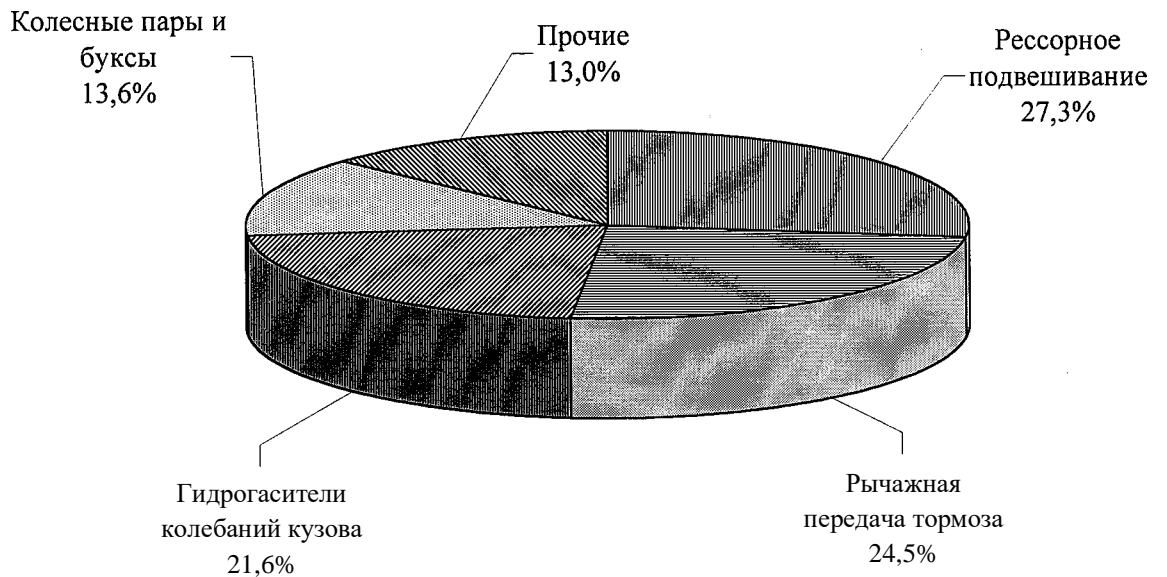
Распределение отказов по электрооборудованию тепловоза
ТЭП70



Распределение отказов по экипажной части тепловоза 2ТЭ116



Распределение отказов по экипажной части тепловоза ТЭП70



ПРОГРАММА

решения задачи линейного программирования по размещению ПКД

```
10 CLS:BEER:PRINT "РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ"
20 PRINT :PRINT
30 INPUT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ПУНКТОВ ОТПРАВЛЕНИЯ",M
40 PRINT
50 INPUT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ПУНКТОВ 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
90 FOR I=1 TO M
100 FOR J=1 TO N
110 PRINT "ВВЕДИТЕ СТОИМОСТЬ ПЕРЕСЫЛКИ ТЕПЛОВОЗА ИЗ
ПУНКТА"
120 PRINT "ОТПРАВЛЕНИЯ "I" В ПУНКТ ПОЛУЧЕНИЯ "J
130 PRINT
140 INPUT C(I,J):CLS
150 NEXT J
160 NEXT I
170 FOR I=1 TO M
180 PRINT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ В ПУНКТЕ"
190 PRINT "ОТПРАВЛЕНИЯ "I
200 PRINT
210 INPUT A(I)
220 DA(I)=A(I):CLS
230 NEXT I:CLS
240 FOR I=1 TO N
250 PRINT "ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ КОТОРЫЕ"
```

```
260 PRINT "ДОЛЖНЫ ПОСТУПИТЬ "J" В ПУНКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ"
270 PRINT
280 INPUT B(I)
290 DB(J)=B(J):CLS
300 NEXT J:CLS
310 LPRINT "РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ"
320 LPRINT :LPRINT
330 LPRINT "ВАШИ ДАННЫЕ"
340 LPRINT
350 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ПУНКТОВ ОТПРАВЛЕНИЯ ",M
360 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ПУНКТОВ ПОЛУЧЕНИЯ ",N
370 LPRINT :LPRINT
380 FOR I=1 TO M
390 LPRINT "СТОИМОСТЬ ПЕРЕСЫЛКИ ТЕПЛОВОЗА ИЗ ПУНКТА "
400 LPRINT "ОТПРАВЛЕНИЯ - "I
410 FORJ=1 TO N
420 LPRINT "В ПУНКТ 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" ПУНКТЕ ОТПРАВЛЕНИЯ -"A(I)
490 NEXT I
500 LPRINT
510 LPRINT "КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОВОЗОВ КОТОРОЕ ДОЛЖЕН"
520 FOR J=1 TO N
530 LPRINT "ПОЛУЧИТЬ "I" КЛИЕНТ -"B(J)
540 NEXT I
550 INPUT "ЕСТЬ ЛИ ОШИБКИ ПРИ ВВОДЕ ЗНАЧЕНИЙ ? (Y/N)",U$
560 IF U$="Y" THEN RUN
570 LPRINT
580 LPRINT "РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ"
590 LPRINT
```

```

600
610 C=0:CT=0:CR=0
620 RI=0:CJ=0:Y=1E+10
630 FOR I=1 TO M
640 IF IR(I)=1 THEN GOTO 700
650 FOR J=1 TO N
660 IF IC(J)=1 THEN GOTO 690
670 IF C(I,J)>Y THEN GOTO 690
680 Y=C(I,J):RI=I:CJ=J
690 NEXT J
700 NEXT I
710
720 IF DA(RI)<=DB(CJ) THEN GOTO 780
730 X(RI,CJ)=DB(CJ)
740 IX(RI,CJ)=1
750 DA(RI)=DA(RI)-DB(CJ):DB(CJ)=0
760 IC(CJ)=1:C0=C0+1:CT=CT+1
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(CJ)-DA(RI):DA(RI)=0
820 IR(RI)=1:C0=C0+1:CR=CR+1
830 TR(RI)=TR(RI)+1:TC(CJ)=TC(CJ)+1
840 IF C0<M+N-1 THEN GOTO 620
850 CR=CR+1
860
870 FOR I=1 TO M:IU(I)=0:U(I)=0:NEXT I
880 FOR J=1 TO N:IV(J)=0:V(J)=0:NEXT J
890 I
900 T=0:L=0
910 FOR I=1 TO M
920 IF TR(I)<T THEN GOTO 940
930 T=TR(I):L=I

```

* * * *

```

940 NEXT I
950 U(L)=0:IU(L)=1 :C0=1 :CR=1 :CT=1
960 FOR J=1 TO N
970 IF IX(L,J)=0 THEN GOTO 1000
980 V(J)=C(L,J):IV(J)=1
990 CT=CT+1:C0=C0+1
1000 NEXT J
1010
1020 FOR I=1 TO M
1030 FOR J=1 TO N
1040 IF IX(I,J)=0 THEN GOTO 1120
1050 IF IU(I)=0 AND IV(J)=0 THEN GOTO 1120
1060 IF IU(I)=1 AND IV(J)=1 THEN GOTO 1120
1070 IF IU(I)=0 AND IV(J)=1 THEN GOTO 1100
1080 V(J)=C(I,J)-U(I):IV(J)=1
1090 CT=CT+1 :C0=C0+1 :GOTO 1120
1100 U(I)=C(I,J)-V(J):IU(I)=1
1110 CR=CR+1:C0=C0+1
1120 NEXT J
1130 NEXT I
1140
1150
1160 IF C00M+N THEN GOTO 1020
1171 PRINT "ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СТОИМОСТИ"
1180 LPRINT "ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СТОИМОСТИ"
1190 PRINT "U(I)";:FOR I=1 TO M:PRINT U(I);:NEXT I:PRINT
1200 LPRINT "U(I)";:FOR I=1 TO M:LPRINT U(I);:NEXT I:LPRINT
1210 PRINT "V(J)";:FOR J=1 TO N:PRINT V(J);:NEXT J:PRINT
1220 LPRINT "V(J)";:FOR J=1 TO N:LPRINT V(J);:NEXT J:LPRINT
1230 I
1240 FOR I=1 TO M
1250 FOR J=1 TO N
1260 IF IX(I,J)=0 THEN GOTO 1300
1270 D(I,J)=C(I,J)-V(J)-U(I)
IF D(I,J) < 0 THEN PRINT "ОШИБКА 1"

```

```

1280 IF D(I,J)<>0 THEN LPRINT "ОШИБКА 1"
1290 GOTO 1310
1300 D(I,J)=C(I,J)-V(J)-U(I)
1310 NEXT J
1320 NEXT I
1330
1340 T=0:K=0:L=0
1350 FOR I=1 TO M
1360 FOR J=1 TO N
1370 IF IX(I,J)=1 THEN GOTO 1400
1380 IF D(I,J)>=T THEN GOTO 1400
1390 T=D(I,J):K=I:L=J
1400 NEXT J
1410 NEXT I
1420
1430 IF T=0 THEN GOTO 2160
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 I
1490
1500 FOR I=1 TO M:IU(I)=0:NEXT I
1510 FOR J=1 TO N:IV(J)=0:NEXT J
1520 FOR I=1 TO M+N:RT(I)=0:CT(I)=0:NEXT I
1530 FOR I=1 TO M:FOR J=1 TO N
1540 D(I,J)=0:MM(I,J)=0
1550 NEXT J:NEXT I
1560 T=1:IP=0
1570 RT(T)=K:CT(T)=L
1580 D(K,L)=1 :MM(K,L)=1 :IU(K)=1
1590 PRINT T,K;L
1600 LPRINT T,K;L
1610 FR=0:FC=0:RI=RT(T):CJ=0
FORJ=1 TON

```

```
1620 IF FC-1 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)=1 THEN IP—1.GOTO 1690
1680 FC—1:CJ—J:IV(J)= 1:J—N
1690 NEXT J
1700 IF CJO0 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)=RI:CT(T)=CJ
1760 D(RI,CJ)=-1:MM(RI,CJ)= EPRINT T,RI;CJ
1770 IF CT(T)=L AND T>2 THEN GOTO 2000
1780 FR-0:FC—0:RI-0:CJ=CT(T)
1790 FOR 1=1 TOM
1800 IF FR-1 THEN GOTO 1860
1810 IF IX(I,CJ)=0 THEN GOTO 1860
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-EGOTO 1860
1850 FR=1:RI-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))=0:T—T-1
1900 GOTO 1600
1910 T-T+1 :IP—0
1920 RT(T)=RI:CT(T)=CJ
1930 D(RT(T),CT(T))=1:MM(RI,CJ)=1:PRINT T,RI;CJ
1940 LPRINT T,RI;CJ
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=1E+10:LL=0:KK=0
2010 FOR 1=2 TO T STEP 2
2020 IF X(RT(I),CT(I))>=W THEN GOTO 2040
2030 W=X(RT(I),CT(I)):KK=RT(I):LL=CT(I)
2040 NEXT I
2050 FOR 1=1 TOT
2060 X(RT(I),CT(I))=X(RT(I),CT(I))+W*D(RT(I),CT(I))
2070 NEXT I
2080 IX(K,L)=1 :IX(KK,LL)=0
2090 TR(K)=TR(K)+1 :TR(KK)=TR(KK)-1
2100 TC(L)=TC(L)+1:TC(LL)=TC(LL)-1
2110 PRINT "W="W"KK="KK"LL="LL
2120 LPRINT "W="W"KK="KK"LL="LL
2130 PRINT "ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗАКОНЧЕНО УСПЕШНО":BEEP
2140 LPRINT "ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗАКОНЧЕНО УСПЕШНО"
2150 GOTO 870
2160 PRINT "ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ":BEEP
2170 LPRINT "ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ"
2180 GOSUB 2200
2190 BEEP:END
2200 CC=0
2210 PRINT"! J XU CJ СТОИМОСТЬ"
2220 LPRINT "Отправитель Получатель Количество Цена транспортировки
1ед. Общ.стоимость пересылки"
2230 FOR 1=1 TO M
2240 FORJ=1 TON
2250 IF IX(I,J)=0 THEN 2340
2260 PP=C(I,J)*X(I,J)
2270 CC=CC+PP
2280 PRINT I;J;
```

```
2290 LPRINT I;J;
2300 PB=430:PA=X(I,J):GOSUB 2380
2310 PA=C(I,J):GOSUB 2380:PA=PP:GOSUB 2380
2320 PRINT
2330 LPRINT
2340 NEXT J:NEXT I
2350 PRINT "ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ РАВНА "CC
2360 LPRINT "ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ РАВНА = "CC
2370 RETURN
2380 PC=INT(PB/100)
2390 P$=" "
2400 IF PC=0 THEN PRINT
2410 IF PC=0 THEN LPRINT :GOTO 2440
2420 PRINT LEFT$(P$,PC);
2430 LPRINT LEFT$(P$,PC);
2440 PC=PB-100*PC
2451 PD=INT(PC/10):PC=PC-10*PD
2460 IF PD=0 THEN PD=1
2470 IF PA<0 THEN P$=P$+"-"
2480 PE=ABS(PA)
2490 PE=PE+5*10^(-1-PC)
2500 IF PE>=10^PD THEN PRINT PA;
2510 IF PE>=10^PD THEN LPRINT PA;:RETURN
2520 P$=P$+MID$(STR$(INT(PE)),2,PD)
2530 PRINT RIGHT$(P$,PD+1);
2540 LPRINT RIGHT$(P$,PD+1);
2550 IF PC=0 THEN RETURN
2560 PRINT
2570 LPRINT
2580 PE=INT((PE-INT(PE))*10^PC)
2590 P$="000000000"
2600 P$=P$+MID$(STR$(PE),2,PC)
2610 PRINT RIGHT$(P$,PC);:RETURN
2620 LPRINT RIGHT$(P$,PC);:RETURN
```

УТВЕРЖДАЮ:

— Заместитель генерального

директора «Укрзалізниця»

Л. \ \ Ww^7

” 1999г.

м.

Материалы

о внедрении результатов кандидатской диссертации зам. Начальника Южной ж.д. Магяша В.А. на тему “Совершенствование методики определения дислокации пунктов комплексной диагностики магистральных тепловозов”.

Приказом Укрзалізнични №110Ц от 30.04.98г. была создана научно-техническая комиссия для решения вопросов внедрения средств диагностики в локомотивном хозяйстве, одним из членов которой был назначен НЗ Южной Матяш В. А., который имеет значительный опыт в создании и внедрении методов и средств технической диагностики тепловозов. Результаты его диссертационной работы были использованы и нашли отражение в утвержденной первым Зам. Министра транспорта - генеральным директором Укрзалізнични Слободяном А.В. в феврале 1999г. “Концепции создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины”.

При этом разделы “Концепции создания систем диагностики в локомотивном хозяйстве железных дорог Украины”, посвященные анализу внедрения, приоритетам создания пунктов диагностирования тепловозов и их оснащению базируются полностью на разработках В.А,Магяша. К заслугам автора следует отнести научное и методическое обеспечение решения задач размещения (дислокации) пунктов комплексной диагностики тепловозов, имеющие актуальное значение для всех дорог Украины. Под руководством и при непосредственном участии автора создан комплекс

Державна адміністрація
залізничного транспорту
“УКРЗАЛІЗНИЦЯ”
ЛОКОМОТИВНЕ ДЕПО
ОСНОВА

310009, м. Харків, вул. Привокзальна, 1
Телефон 50-22-08
№ _____



Государственная администрация
железнодорожного транспорта
“УКРЗАЛІЗНИЦЯ”
ЛОКОМОТИВНОЕ ДЕПО
ОСНОВА

310009, г. Харьков, ул. Привокзальная, 1
Телефон 50-22-08
№ _____

СПРАВКА

В течении девяти месяцев 1999 года на тепловозах 2ТЭ116 и ТЭП70, прошедших диагностирование на пункте комплексной диагностики, по сравнению с остальным парком, не проходившем диагностирование, наблюдалась следующая картина:

- Снижение эксплуатационного расхода дизельного топлива в среднем на 1,8%;
- Снижение сменяемости ответственных деталей дизелей, вспомогательного и электрооборудования - на 4,2%;
- Улучшение экологических показателей в среднем на 5,2%.

Начальник депо

 В.Б.Бойчук



УТВЕРЖДАЮ:

Начальник Южной ж.д.


В.А.Несвит

“ _____ ” 1999г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы В.А.Магяша на тему «Совершенствование методики определения дислокации пунктов комплексной диагностики магистральных тепловозов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Магяш В.А. в течение длительного времени, работая в должностях главного инженера депо, начальника депо, главного инженера локомотивной службы, заместителя начальника дороги, занимается разработкой и внедрением методов и средств технической диагностики. Под его руководством и при непосредственном участии производится реконструкция и переоснащение пунктов технического диагностирования локомотивов, оборудования для спектрального анализа дизельных масел и других устройств дорожной и деповских химико-технологических лабораторий. Заслуживают положительной оценки разработки автора по диагностированию тепловозов ТЭП70 и 2ТЭ116 путем применения оригинальных приборов и методов, что намечено к внедрению и распространению во всех депо дороги.

Начальник локомотивной
службы Южной ж.д.

В.Н Шестаков