

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО РГУПС)**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ЛОКОМОТИВЫ»**

Учебное пособие

Часть II

Утверждено учебно-методическим советом университета

Под редакцией А.С. Шапшала

Ростов-на-Дону
2015

УДК 629.41(07) + 06

Рецензенты: главный инженер Дирекции тяги СКЖД – филиала
ОАО «РЖД» В.Б. Мыльников;
кандидат технических наук, доцент Н.Р. Тептиков (РГУПС)

Учебно-методический комплекс специализации «Локомотивы»: учеб. пособие в 3 ч. Ч. II / В.М. Коротков, А.В. Донченко, А.А. Зарифьян, В.В. Черников [и др.]; под ред. А.С. Шапшала; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2015. – 250 с.

ISBN 978-5-88814-390-2

Учебное пособие содержит курсы лекций по дисциплинам кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство». Состоит из трех частей, каждая из которых отражает лекционный материал, изучаемый в учебном году по семестрам, согласно учебному плану специальности.

Предназначено для студентов железнодорожных вузов, обучающихся по специальностям: 190300.65 и 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог», для всех специализаций: «Локомотивы», «Электрический транспорт», «Вагоны», «Высокоскоростной наземный транспорт», «Технология производства и ремонта подвижного состава» всех форм обучения.

Одобрено к изданию кафедрой «Локомотивы и локомотивное хозяйство».

ISBN 978-5-88814-390-2

© Колл. авт., 2015

© ФГБОУ ВПО РГУПС, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	9
1.1	Предмет, содержание курса организации производства (ОП)	9
1.1.1	Понятие и сущность организации производства	9
1.1.2	Методология курса организации производства	9
1.2	Железнодорожное предприятие и принципы его организации	10
1.2.1	Структура предприятия	10
1.2.2	Структура управления предприятием	11
1.2.3	Принципы организации предприятия	12
1.3	Организация производственного процесса (ПП)	12
1.3.1	Понятие производственного процесса	12
1.3.2	Производственная структура предприятия	16
1.3.3	Типы производства и поточные формы работы	17
1.3.4	Организация управления производством	19
1.3.5	Организация комплексной подготовки производства новой техники	21
1.3.6	Организация технической подготовки производства	23
1.3.7	Основы организации планирования и управления деятельностью предприятия по производству продукции требуемого качества	26
1.4	Планирование	28
1.4.1	Содержание процесса прогнозирования и планирования на предприятии	28
1.4.2	Технико-экономическое планирование на предприятии по ремонту подвижного состава железных дорог	30
1.4.3	Нормативная база планирования	33
1.4.4	Планирование производства и реализации продукции	35
1.4.5	Планирование технического развития производства	37
1.4.6	Планирование материально-технического обеспечения	39
2	ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЛОКОМОТИВОВ	42
2.1	Электрические цепи тепловозов	42
2.1.1	Понятие электрической цепи и ее элементов	42
2.1.2	Классификация электрических цепей тепловозов	43
2.1.3	Понятие электрической схемы тепловоза	43
2.2	Источники электрической энергии, применяемые на тепловозах	44
2.2.1	Аккумуляторные батареи, применяемые на тепловозах	44
2.2.2	Генераторы, используемые на тепловозах	46
2.3	Потребители электрической энергии на тепловозах	47
2.3.1	Электрические двигатели	47
2.3.2	Электрические аппараты	48

2.4	Вспомогательное оборудование электрических цепей тепловоза	58
2.5	Организация цепей тепловоза	59
2.5.1	Силовые цепи.	59
2.5.2	Цепи управления.	60
2.5.3	Вспомогательные цепи.	63
2.5.4	Цепи возбуждения.	63
2.6	Цепи защит тепловозов.	65
3	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И СХЕМЫ ЛОКОМОТИВОВ	67
3.1	Общие сведения об электрических аппаратах тепловозов . .	67
3.2	Контактные аппараты. Устройство и элементы Конструкции	68
3.3	Электрический контакт. Виды и форма контактов	69
3.4	Электрическая дуга, условия возникновения и гашения . . .	70
3.5	Основные параметры, характеризующие работу подвижного контактного соединения	71
3.6	Приводы электрических аппаратов	73
3.6.1	Электромагнитный привод	73
3.6.2	Электропневматический привод	74
3.7	Основные типы реле, используемые на тепловозах	77
3.7.1	Реле давления	77
3.7.2	Комбинированное реле РКД	78
3.7.3	Реле управления (РУ)	78
3.7.4	Реле времени	79
3.7.5	Реле боксования	80
3.7.6	Реле заземления	81
3.7.7	Дифференциальное реле	82
3.8	Аппараты защиты.	82
3.8.1	Дифференциальный манометр ДМ.	82
3.8.2	Предохранители.	83
3.8.3	Автоматические выключатели.	84
3.9	Резисторы.	86
3.10	Контрольно-измерительные приборы.	87
3.10.1	Амперметры и вольтметры.	87
3.10.2	Дистанционные электрические манометры и термометры . .	88
3.11	Электрические схемы тепловозов.	90
3.11.1	Виды схем.	91
3.11.2	Требования, предъявляемые к электрическим схемам локомотивов	91
3.11.3	Автоматизация управления локомотивом с помощью электрического оборудования	91
3.12	Цепи пуска дизеля	92
3.13	Цепи приведения в движение.	94
3.14	Цепи набора позиций.	95

3.15	Перспективные системы управления тепловозом	95
4	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ЛОКОМОТИВОВ	97
4.1	Электрические передачи мощности постоянного тока	97
4.1.1	Передачи мощности тягового подвижного состава. Тяговая характеристика ТПС и внешняя характеристика дизеля. Требования, предъявляемые к передачам мощности	97
4.1.2	Виды передач мощности ТПС. Достоинства и недостатки	99
4.1.3	Три этапа развития тягового электропривода локомотив	99
4.2	Тяговый привод электровозов постоянного тока с коллекторными ТЭД.	100
4.2.1	Схема тягового электропривода постоянного тока. Устройство и конструкция коллекторного ТЭД постоянного тока	100
4.2.2	Способы регулирования режимов работы коллекторного ТЭД	101
4.2.3	Достоинства и недостатки	102
4.2.4	Область применения	103
4.3	Электрическая передача мощности постоянного тока тепловозов	103
4.3.1	Принципиальная силовая схема электропередачи постоянного тока	103
4.3.2	Устройство и конструкция тяговых генераторов постоянного тока	104
4.3.3	Устройство и конструкция тяговых двигателей постоянного тока	105
4.3.4	Достоинства и недостатки	106
4.3.5	Область применения	106
4.4	Управление электрической передачей постоянного тока	106
4.4.1	Способы регулирования напряжения тяговых генераторов постоянного тока	106
4.4.2	Схема регулирования напряжения тяговых генераторов постоянного тока	107
4.4.3	Схема регулирования напряжения тяговых генераторов постоянного тока (аппаратная)	109
4.5	Тяговый привод электровозов переменного тока с неуправляемой выпрямительной установкой и коллекторными ТЭД пульсирующего тока	110
4.5.1	Схема силовых цепей электровозов переменного тока с неуправляемой выпрямительной установкой	110
4.5.2	Схема однофазной мостовой выпрямительной установки	111
4.6	Тяговый привод электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторным преобразователем и коллекторными ТЭД	113
4.6.1	Схема силовых цепей электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторным преобразователем	113

4.6.2	Схема и принцип выпрямительно-инверторного преобразователя. Плавное изменение питающего напряжения	115
4.7	Электрические передачи тепловозов переменного постоянного тока	117
4.7.1	Схема электрической передачи переменного постоянного тока	117
4.7.2	Устройство и конструкция синхронного тягового Генератора	117
4.7.3	Устройство и конструкция неуправляемой выпрямительной установки УВКТ-5	119
4.8	Управление электрической передачей переменного постоянного тока	121
4.8.1	Структурная схема комбинированной автоматической системы регулирования напряжения СТГ	121
4.8.2	Регулирование частоты вращения ТЭД	122
4.8.3	Поосное регулирование силы тяги (2ТЭ116у, 2ТЭ25к)	122
4.9	Регулирование электрической передачи и согласование с работой дизеля	124
4.9.1	Необходимость совместной системы регулирования дизеля и электрической передачи	124
4.9.2	Структура системы объединенного регулирования	125
4.9.3	Достоинства и недостатки	127
4.10	Электродинамическое торможение	128
4.10.1	Достоинства и недостатки электрического торможения. Область применения	128
4.10.2	Схемы электрической передачи в режимах тяги и электрического торможения	129
4.10.3	Расчетные формулы. Тормозные характеристики	130
4.11	Реостатные испытания	131
4.11.1	Цель и методы проведения реостатных испытаний	131
4.11.2	Порядок проведения реостатных испытаний	131
4.11.3	Результаты реостатных испытаний (момент, мощность ДГУ)	133
4.12	Локомотивные микропроцессорные системы управления и диагностики	134
4.12.1	Состав бортовых микропроцессорных систем управления и диагностики	134
4.12.2	Основные функции	135
4.12.3	Система УСТА, ее основные характеристики	135
4.13	Тяговый привод ЭПС постоянного тока с асинхронными тяговыми двигателями	136
4.13.1	Схема асинхронного тягового привода электровоза при питании от сети постоянного тока. Достоинства и недостатки..	138
4.13.2	Принцип действия асинхронного тягового двигателя	138
4.13.3	Основные расчетные формулы	139

4.13.4	Конструкция АТД	142
4.14	Автономный инвертор напряжения	143
4.14.1	Схема двухуровневого АИН. Принцип действия	143
4.14.2	Элементная база. Силовые IGBT-транзисторы	144
4.14.3	Построение системы управления	144
4.15	Тяговый привод ЭПС переменного тока с асинхронными тяговыми двигателями	145
4.15.1	Схема тягового преобразователя со звеном постоянного тока	145
4.15.2	Выпрямительная установка (варианты исполнения)	146
4.16	Электрическая передача переменного-переменного тока	147
4.16.1	Схема электрической передачи переменного-переменного тока (на примере тепловоза 2ТЭ25а «Витязь»). Основные характеристики тягового преобразователя	147
4.16.2	Особенности АТД тепловозов	149
5	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИИ АВТОНОМНЫХ ЛОКОМОТИВОВ	154
5.1	Предмет и задачи диагностики. Основные понятия и определения	154
5.2	Прогнозирование технического состояния. Показатели надёжности. Расчет надёжности	157
5.3	Виды диагностирования. Контролепригодность. Выбор диагностических параметров	162
5.3.1	Техническое диагностирование	162
5.3.2	Контролепригодность локомотивов	164
5.3.3	Выбор диагностических параметров	165
5.4	Основные методы диагностирования	168
5.5	Системы диагностирования на основе метода теплового контроля	175
5.5.1	Понятие и сущность метода ТК	175
5.5.2	Последовательность проведения тепловизионного контроля ...	180
5.5.3	Обработка результатов теплового контроля узлов локомотив	182
5.6	Системы диагностирования на основе принципов неразрушающего контроля	183
5.6.1	Система контроля и диагностики электрооборудования локомотивов (Доктор-030м)	183
5.6.2	Виброакустическая диагностика буксовых подшипников вагонов и ТПС	183
5.6.3	Комплекс программно-аппаратный КПА-1В с БПК	184
5.7	Бортовая система РПРТ	186
5.8	Система проведения реостатных испытаний КИПАРИС ...	190

6	ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ . . .	195
6.1	Общие обязанности работников железнодорожного транспорта	195
6.2	Сооружения и устройства	195
6.2.1	Общие положения. Габарит	195
6.2.2	Путевое хозяйство	196
6.2.3	Локомотивное и вагонное хозяйство, восстановительные средства	197
6.2.4	Станционное хозяйство	198
6.2.5	Сигнализация, связь и вычислительная техника	198
6.2.6	Электроснабжение железных дорог	201
6.2.7	Осмотр сооружений и устройств и их ремонт	203
6.3	Подвижной состав	204
6.3.1	Общие требования	204
6.3.2	Колесные пары	204
6.3.3	Тормозное оборудование и автосцепное устройство	205
6.3.4	Техническое обслуживание и ремонт подвижного состав	206
6.4	Организация движения поездов	207
6.4.1	График движения поездов	207
6.4.2	Раздельные пункты	207
6.4.3	Организация технической работы станции	208
6.4.4	Движение поездов	213
7	СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ЛОКОМОТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	224
	Введение	224
7.1	Качество как экономическая категория и объект управления	224
7.2	Эволюция подходов к менеджменту качества	226
7.3	Общие принципы построения систем управления качеством	228
7.4	Управление качеством на основе стандартов	230
7.5	Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД»	232
7.6	Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД» и внедрение СМК в локомотивном ремонтном депо	234
7.7	Методологические основы управления качеством	236
7.8	Использование статистических методов управления качеством на предприятиях локомотивного хозяйства	238
7.9	Выборочный контроль при исследовании надежности	240
7.10	Управление персоналом	243
7.11	Управление затратами на обеспечение качества	245
7.12	Сертификация продукции и систем качества	247

1 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

1.1 Предмет, содержание курса организации производства (ОП)

1.1.1 Понятие и сущность организации производства

Организация производства – объединение и обеспечение взаимодействия личных и вещественных элементов производства, установление нисходящих связей и согласованных действий участников производственного процесса при создании организованных условий для реализации экономических интересов и социальных потребностей работников на производственном предприятии.

Организация предполагает внутреннее упорядочивание частей целого или средств достижения желаемого результата.

В материальном производстве выделяют 2 стороны:

- производственные силы;
- производственные отношения.

Производственные силы – это силы и средства, участвующие в общественном производстве.

Производственные отношения – это отношения между людьми в процессе производства и распределения материальных благ.

Производственные отношения образуют сложную систему, включающую: производственно-технические и социально-экономические отношения.

Человек, личный фактор производства, является орудием, предметом труда и вещественным фактором.

Функции:

1 ОП выполняет системообразующие функции соединения личных и вещественных факторов производства в единое производство.

2 Функция ОП – установление между отдельными исполнителями и производственными подразделениями разнообразных связей, обеспечивающих совместную деятельность людей, участвующих в едином процессе производства.

3 Функция создания организационных условий, обеспечивающих взаимодействие на экономической основе всех производственных звеньев как единой производственно-технической системы.

ОП призвано обеспечить рациональное сочетание в пространстве и во времени предметов труда, орудий труда, самого труда на каждом участке производства и эффективных взаимодействий подразделений предприятия.

1.1.2 Методология курса организации производства

Основные методы, применяемые при изучении «организации производства»: системный подход, другие научные подходы (функциональный, воспроизводственный, маркетинговый, динамический и др.), анализ и синтез, классификация и кодирование, сегментация рынка, стратегическое и тактическое планирование, дедукция и индукция, частности и обобщения.

Наука ОП тесно связана с рядом учебных дисциплин, она базируется на основах экономики и тесно связана с техническими науками: механикой, термодинамикой, физикой, вычислительной техникой, математикой.

Широко используются данные заводской отчётности, бухгалтерский отчёт, техническая и экономическая статистика.

Курс тесно связан с дисциплинами стратегического менеджмента: стратегический маркетинг, управление персоналом, инновационный менеджмент; производственного менеджмента: финансовый менеджмент, тактический маркетинг, управление персоналом.

1.2 Железнодорожное предприятие и принципы его организации

1.2.1 Структура предприятия

Основой структуры производственного предприятия является цех, в НИИ это лаборатории, отделы, сектора. Цех осуществляет свою деятельность на принципах хозрасчёта, но они не имеют права юридического лица.

В машиностроении цеха делятся на 4 группы: основные, вспомогательные, побочные, подсобные.

Под производственной структурой промышленного предприятия понимают состав и характеристики его подразделений, а также соотношение их форм построения и взаимодействия. Пространственной формой производственной структуры является генеральный план предприятия.

Главными элементами производственной структуры являются:

- рабочие места;
- участки;
- цеха.

Участки – это группа рабочих мест, связанных единовременным выполнением производственного процесса. Участки объединяются в цеха.

Цех – это организационно обусловленное подразделение, состоящее из ряда участков. Он выполняет частичный производственный процесс, обусловленный кооперацией труда внутри предприятия.

Цех имеет административно-техническое руководство, самостоятельно решает задачи по объёму работ, качеству продукции, затратам и бухгалтерской отчётности.

Основные цеха определяют объём производства и профиль завода, ритм работы и ритм работы всех вспомогательных цехов. Сочетание частей производственного процесса в пространстве обеспечивает производственную структуру предприятия. Характерная структура предприятия зависит от видов деятельности.

Структура малого железнодорожного предприятия проста, не имеет внутренних подразделений. Средние предприятия делятся на цеха и участки. Крупные предприятия имеют полный комплекс производства, обслуживания и управления. В основу организации цехов и участков положен принцип концентрации и специализации.

Структура предприятия:

Предприятие.

1 Цех:

а) основной:

- заготовительный,
- обрабатывающий,
- сборочный;

б) вспомогательный:

- инструментальный,
- электроремонтный.

2 Хозяйства:

- транспортное,
- складское.

1.2.2 Структура управления предприятием

Структура управления – это организационная форма построения аппарата управления, которая характеризует состав и сопоставимость подразделений управления и деятельность лиц, сформированных исходя из целей функционирования предприятия.

Структура управления зависит от масштабов производства, сложности продукции, технологии производства и оборудования, уровня автоматизации, организационно-экономического.

В зависимости от формы специализации производственные подразделения организуются по технологическому (отдельные операции или работы), предметному (изготовление отдельного вида продукции) или смешанному принципам.

Три типа структур управления:

- линейная,
- функциональная,
- линейно-функциональная (наиболее распространена).

Есть ещё структуры управления: проектная и матричная.

Корпусная структура управления предприятием:

генеральный директор → начальник производства → начальник цеха → начальник участка.

Цеховая схема управления:

директор → начальник цеха → начальник участка.

Безцеховая структура управления:

директор → начальник участка.

Функции управления:

общее руководство – директор предприятия;

производственно-техническое руководство – первый зам. директора (гл. инженер);

внутреннее экономическое руководство – зам. директора по экономическим вопросам;

руководство внешнеэкономических связей – коммерческий директор.
Организационная структура системы управления предприятием:

- президент;
- зам. по маркетингу отдел маркетинга, отдел сбыта;
- зам. по производству (заготовительный, механический и сборочный цеха);
- зам. по финансам (финансовый отдел, бухгалтерия);
- зам. по персоналу отдел кадров.

1.2.3 Принципы организации предприятия

Принципы:

- финансовая самостоятельность;
- самостоятельный выбор вида деятельности;
- самостоятельный набор и увольнение работников;
- самостоятельная разработка Устава предприятия;
- самостоятельный выбор поставщиков.

1.3 Организация производственного процесса (ПП)

1.3.1 Понятие производственного процесса

Совокупность всех действий, людей и орудий труда на предприятии для изготовления конкретных видов продукции называется производственным процессом (ПП).

Основой ПП является технологический процесс, который содержит целенаправленные действия по изменению и определения состава предметов труда.

В ходе реализации технологического процесса происходит изменение геометрических форм, размеров и физико-химических свойств предметов труда.

ПП включает и нетехнологический процесс: транспортировка, складирование, погрузка-разгрузка, комплектация.

Основным ПП – называют процесс, в ходе которого осуществляется изготовление основной продукции.

Вспомогательный – процесс обеспечения бесперебойного протекания основного процесса.

Обслуживающий – выполняет услуги, необходимые для нормального функционирования основных и вспомогательных процессов.

1.3.1.1 Основные принципы организации производственного процесса

Организация ПП состоит в объединении людей, орудий и предметов труда в единый процесс производства материальных благ, а также в обеспечении рационального сочетания в пространстве и во времени основных, вспомогательных и обслуживающих процессов.

Основные принципы научной организации производственного процесса:

- 1) специализация,
- 2) пропорциональность,
- 3) поточность,
- 4) непрерывность,
- 5) ритмичность.

Специализация – это одна из форм общественного разделения труда. Оно заключается в том, что предприятие в целом и его подразделения производят продукцию ограниченного ассортимента, при этом используются специальные материалы и оборудование, что повышает фондоотдачу и эффективность производства.

Пропорциональность – пропорциональность производства всех подразделений предприятия (основных, вспомогательных, побочных). В рамках цехов предусматривается пропускная способность цехов, участков, агрегатов.

Коэффициент пропорциональности:
пропускная мощность агрегата / общая мощность

Поточность – строгое соблюдение технологического процесса. Может быть реализована по различным схемам, поэтому необходима не поточность, а прямоточность.

Прямоточность – обеспечение в организации короткого пути предмета труда от начала до конца стадий по обработке.

Непрерывность – безостановочность процесса в ходе превращения исходного материала в полуфабрикат или готовую продукцию.

Параллельность – полная или частичная одновременность технологии связания ПП в ряд последовательно параллельно расположенных рабочих мест, участков.

Принцип параллельности обеспечивает рост производительности труда – главный фактор повышения технической эффективности.

Ритмичность – это регулярное систематическое подчинение определённым закономерностям, т.е. чередования всего комплекса производственных операций, связанного с каждым циклом изготовления единицы или партии изделий.

1.3.1.2 Производственный цикл

Производственным циклом (ПЦ) называется комплекс определённым образом организованных во времени основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, необходимых для изготовления определённого вида продукции.

Важной характеристикой ПЦ является длительность.

Длительность ПЦ – это календарный период времени, в течение которого материалы, заготовка или другой предмет проходят все операции производства или его определённой части и превращения в готовую продукцию (длительность цикла в днях).

Структура рабочего цикла включает время рабочего периода и время перерывов.

Длительность ПЦ:

$$T_{ц} = T_{т} + T_{пз} + T_{е} + T_{к} + T_{тп} + T_{мо} + T_{пр},$$

где $T_{т}$ – время технических операций;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительный период;

$T_{е}$ – процесс;

$T_{к}$ – контрольные операции;

$T_{тп}$ – время транспортировки;

$T_{мо}$ – межоперационные промежутки;

$T_{пр}$ – время перерывов.

Длительность технических операций и подготовительно-заключительных работ образуют операционный цикл.

1.3.1.3 Особенности организации производственного процесса при обработке деталей партиями

По характеристикам протекания операций во времени процессы делят на:

- 1) циклические;
- 2) нециклические.

Циклические – процессы, систематически повторяющиеся при получении каждой единицы продукции.

Нециклические – это периодический или эпизодический процесс, связанный с обслуживанием агрегатов.

В машиностроении на изготовление изделий партиями требуется много времени на подготовительно-заключительные перерывы (60–80 % от производственного цикла).

Три вида движения:

- 1) последовательный;
- 2) параллельный;
- 3) смешанный.

При параллельной обработке партиями детали делятся на ряд транспортных партий.

Вторая партия запускается в производство так, чтобы время обработки на первой операции совпало со временем обработки первой транспортной партии на второй операции, являющейся наиболее трудоёмкой.

При параллельном виде движения длительность цикла резко снижается по сравнению с последовательным движением со 100 до 65 %.

При параллельном движении вероятен простой оборудования.

Параллельно-последовательное – вся партия не делится на партии, а запускается в производство и обработку непрерывно. При параллельно-последовательном движении определяется величина перекрытия между двумя смежными перекрытиями.

Смешанный вид движения требует тщательной организации производственного процесса для бесперебойной работы смежных рабочих мест.

Партийный метод организации производства:

- 1) изготовление продукции сериями и запуск деталей в производство партиями, **партия** – количество одновременно запускаемых изделий;
- 2) периодическое переналаживание оборудования;
- 3) расположение оборудования по группам станков и агрегатов, за каждым местом закреплена определённая детализация;
- 4) использование транспортных средств общего назначения (кран, тележка), передача изделий с операции на операцию партиями и выполнение операций по времени строго не регламентируется;
- 5) применение специального и универсального оборудования;
- 6) достижение равновесия в работе не синхронизацией операций по отношению к такту потока или ритма, а разработкой и соблюдением в производстве ряда параметров, организующих производственный процесс (длительность производственного цикла, период повторяемости запуска изделий);
- 7) закрепление за рабочим местом периодически повторяющихся деталей операций, что связано с изготовлением серий и запуска в производственных партиях;
- 8) используется объём незавершенного производства, что связано с запуском в производство партиями.

1.3.1.4 Пути сокращения длительности производственного цикла

Длительность производственного цикла сокращается:

Путём перехода с последовательного на смешанный или параллельный вид движения предметов труда.

При смешанном виде движения сокращение на 30–40 %, при параллельном – 45–50 % по сравнению с последовательным.

При параллельном движении снижается коэффициент загрузки оборудования, увеличивается себестоимость.

Снижение за счёт условно-постоянных расходов на единицу продукции при увеличении объёма производства.

Коэффициент непрерывности меньше 1 говорит о пролёживании деталей, нужно подсчитать время перерывов, сократить их при партийном производстве.

Сокращение перерывов из-за несинхронизации смежных работ, недостаточность обслуживания рабочих мест. При прямоточности анализируется прямоточность, нужен комплекс мероприятий по компоновке рабочих мест.

Эффективность партийного производства уступает поточному, но легко переналаживается на различный вид продукции.

Сокращение цикла:

- 1) повышение технического уровня производства;
- 2) меры организационного характера.

1.3.2 Производственная структура предприятия

1.3.2.1 Производственная структура предприятия и факторы, ее определяющие

Предприятие может состоять из однородных цехов или участков, из технологически различных цехов, в результате совместной деятельности которых выпускается продукция, выполняются работы, оказываются услуги.

Важнейшими признаками объединения предприятия в целое являются:

- общее вспомогательное хозяйство;
- единая территория.

Основа деятельности предприятия – производственный процесс:

- 1) основной процесс (заготовительный, обрабатывающий, сборочный);
- 2) вспомогательный процесс (передача энергии).

Предприятие может состоять из однородных цехов или участков, из технологически различных цехов, в результате совместной деятельности которых выпускается продукция, выполняются работы, оказывающие услуги.

Уровень специализации определяется расчленением производственного процесса между цехами предприятия. Чем более специализированно предприятие, тем больше оснований и возможностей для создания узкоспециализированных цехов.

1.3.2.2 Внутризаводская специализация

Специализация – разделение труда по его отдельным видам, формам; сосредоточение деятельности на относительно узких направлениях, отдельных технологических операциях или видах выпускаемой продукции.

Специализация производства и промышленности осуществляется в трех формах:

- предметной: автозавод, швейная фабрика;
- подетальной: шарикоподшипниковый завод, завод поршней;
- технологической: литейный завод, прядильная фабрика.

Масштаб производства определяет количество цехов предприятия.

Основное производство состоит из заготовительных, обрабатывающих, сборочных отделений.

Вспомогательное производство: изготовление рабочей оснастки, производство и передача энергии всех видов.

1.3.2.3 Типы производственных структур

В основу организации цехов положена технологическая, предметная или смешанная форма их специализации, поэтому различаются три типа производственной структуры предприятия:

- технологический;
- предметный;
- смешанный.

Технологический – цехи выполняют комплекс однородных технологических операций по изготовлению или обработке самых различных деталей для всех изделий завода. Этот тип имеет большинство заготовительных и прессовальных цехов, которые делают детали всему заводу.

Предметный – цеха, которые специализируются на изготовлении определённой ограниченной номенклатуры изделий. Применяются разные операции и разное оборудование.

Наиболее прогрессивный тип. Позволяет организовать предметно-замкнутые участки в серийном производстве и поточные линии в массовом производстве.

Смешанный (предметно-технологический) – наиболее распространён в машиностроении, в основу положен принцип, когда технологически специализированные цехи имеют ограниченную номенклатуру предметного порядка.

В станкостроении механические цеха могут специализироваться на цеха крупных, средних, мелких деталей.

1.3.3 Типы производства и поточные формы работы

1.3.3.1 Типы производства

Типы производства определяют характеристики технологических, организационных и экономических особенностей производства. Зависят от широкой номенклатуры, регулярности, стабильности, объёмов выпуска продукции.

Различают три типа производства:

- 1) единичное;
- 2) серийное;
- 3) массовое.

Единичное производство – характеризуется малым объёмом выпуска одинаковых изделий, повторное использование и ремонт которых не предусматривается. Кз больше 40 (тяжёлое машиностроение, судостроение, энергетическое машиностроение).

Серийное производство – характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями.

Массовое производство – характеризуется большим объёмом выпускаемых изделий, непрерывно изготавливаемых или реконструируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

Единичное производство – изготавливает детали большинства наименований на рабочих местах без специализации. Производство гибкое.

Серийное производство – характеризуется изготовлением ограниченного наименования изделий партиями, повторяющимися через промежуток времени. Позволяет использовать универсальное оборудование.

Массовое производство – отличается наибольшей специализацией, цеха оснащены совершенным оборудованием, позволяющим полностью автоматизировать изготовление деталей (автоматические поточные линии).

1.3.3.2 Поточные формы работы

Форма организации производства представляет собой определённое сочетание во времени и в пространстве элементов производственного процесса при действующем уровне интеграции, выраженное системой устойчивых связей.

По виду временных структур различают формы потоков:

- с последовательной;
- параллельной;
- последовательно-параллельной передачей предметов труда в про-

изводстве.

Пространственные структуры производства предприятия:

- 1) линейно-радиальная;
- 2) цеховая кольцевая;
- 3) ячеистая радиальная;
- 4) цеховая.

Технологическая форма – характеризует цеховую структуру с последовательной передачей предметов труда.

Предметная форма – имеет ячеистую структуру с параллельно-последовательной передачей предметов труда.

У станкостроителей всё оборудование для обработки. Предметное построение участков снижает расход на транспорт.

Недостаток: неполная загрузка оборудования.

Прямоточная форма – линейная структура с поштучной передачей орудий труда. Обеспечивает реализацию функций: специализацию, прямо-точность, непрерывность. Сокращается цикл, более эффективно используется рабочее место.

Точечная форма – работа на одном месте.

Интегрирование – объединение основных и вспомогательных операций в единое производство при ячеистой или линейной структуре, нужно увязать всё в единый процесс. Объединение мест с помощью автоматики, автоматизации складских устройств. Гибкое точечное производство.

1.3.3.3 Организация автоматизированных производств

Комплексно-механизированная (автоматизированная) поточная линия, в которой все операции производственного процесса изготовления продукции или полуфабрикатов, узлов или общей сборки выполняются механизмами, автоматизированными видами оборудования с взаимовы-званной производительностью, и, кроме того, механизированы все процес-сы перемещения продукции или полуфабрикатов от одного рабочего места к другому. При этом рабочие выполняют только функции наладки, наблю-дения, управления за механизмами.

Робототехника – это новая прогрессивная область техники, решающая задачи создания отдельных промышленных роботов и роботизированных линий.

Промышленные роботы и линии нашли применение во всех производственных процессах благодаря их универсальности и гибкости при переходе без больших затрат на выполнение принципиально новых операций.

Промышленные роботы **первого поколения** (автоматические манипуляторы) работают по заранее заданной жёсткой программе.

Второго поколения – оснащены системами адаптивного управления.

Третьего поколения – обладают искусственным техническим интеллектом, позволяющим им выполнять самые важные функции при замене человека в производстве.

1.3.3.4 Организация гибких производственных систем (ГПС)

Одним из методов организации ГПС является групповой метод обработки изделий. Разрабатывается на компоненты деталь с такой очередностью, чтоб обеспечить обработку любой детали данной группы.

Технологическое оснащение должно быть групповым и пригодным для любой детали группы. Оборудование должно быть высокопроизводительным и просто переналаживаемым к партии изделий.

Три этапа:

- 1) универсальное технологическое оснащение;
- 2) оборудование с гибким программным управлением;
- 3) формирование принципиально нового вида переналаживаемых технических средств, гибких автоматизированных производств.

Гибкое автоматизированное производство – это совокупность нескольких гибких технологических комплексов, дополненных системой автоматизированной подготовки производства, их применение резко сокращает время разработки и освоения и производства новой техники.

1.3.3.5 Особенности организации труда в гибких производственных системах

Гибкие автоматизированные системы (ГАС) – это автоматическое производство широкой номенклатуры изделий, которое запрограммировано автоматически переходить от выпуска одного до выпуска другого вида продукции в границах номенклатуры. Позволяет изменять номенклатуру без изменения технологического оборудования. ГАС имеет высокие адаптации к изменению ритма, контроля качества и др.

1.3.4 Организация управления производством

1.3.4.1 Основные принципы функции и методы управления

Функции уровней управления:

- 1) высший уровень управления ориентирован на разработку целей и стратегий развития, координацию деятельности в масштабах предприятия, принятия важнейших производственно-хозяйственных и технических решений;

2) средний уровень управления обеспечивает эффективность функционирования и развития предприятия, путём координации деятельности всех подразделений;

3) низовой уровень управления сосредоточен на оперативном решении задач по организации хозяйственной деятельности в рамках отдельных структурных подразделений, главной задачей которых является выполнение установленных заданий по выпуску продукции и получения прибыли.

Принципы управления предприятием:

- 1) обеспечение возможности управления продукцией;
- 2) ориентация на рынок, запросы потребителей;
- 3) оптимальное соотношение централизованного и децентрализованного управления;
- 4) равномерное распределение объёмов работ по уровням управления и исполнения;
- 5) обеспечение системы управления предприятием, достоверность информации;
- 6) обоснование необходимости управленческих процедур;
- 7) упрощение системы управления предприятием;
- 8) использование влияния субъективных факторов на управление;
- 9) согласование управления в пространстве и во времени;
- 10) использование современных технических средств в управлении;
- 11) корректировка целей и прогноз на изменение рынка;
- 12) постоянное повышение эффективности управления.

Методы управления:

- 1) организационные (структурная, регламентация, ориентация);
- 2) экономические (цель, задачи, ресурсы, методы, решения);
- 3) административные (власти);
- 4) социально-психологические.

1.3.4.2 Организационная структура управления заводом и цехом

На предприятиях применяется цеховая структура аппарата управления, когда для управления цехом создаётся небольшой аппарат для планирования, учёта, технологического обслуживания производства.

Показатели для формирования структуры управления цехом:

- число участков;
- уровень специализации;
- условия размещения цеха;
- степень централизации функций управления.

Рекомендуется создавать цеха с численностью не менее 100 человек.

Мастер – низовой руководитель организации труда на участке, назначается и освобождается дирекцией предприятия по представлению начальника цеха.

Мастер подчиняется начальнику цеха. В ведении мастера 2–3 бригады.

Бригада – первичная ячейка трудового коллектива, которую возглавляет бригадир (старший рабочий), не освобождённый в качестве основного работника. Бригадир назначается начальником цеха из числа передовых рабочих. Бригада отличается коллективизмом и самоуправлением, большинство бригад специализировано. Перспективны комплексные сквозные бригады, включают рабочих различных специальностей.

1.3.4.3 Влияние типа производства на организационную структуру управления

Три типа структуры управления: линейная, функциональная, смешанная.

Три типа производства: единичное, серийное, массовое.

Корпусная структура управления – применяется на очень больших предприятиях машиностроения, где выпускается разнообразная продукция в массовых количествах данного вида продукции.

Корпусная структура управления:

ген. директор → нач. производства → нач. цеха → нач. участка.

Цеховая структура управления на крупных и средних предприятиях: директор (функциональный аппарат) → нач. цеха → нач. участка.

1.3.5 Организация комплексной подготовки производства новой техники

1.3.5.1 Сущность системы подготовки производства новой техники

Организация производства новых изделий предполагает перестройку существующего производственного процесса и всех составляющих его элементов.

Разработка новых продуктов, новых технологий, изменение методов организации производства и труда.

Необходимо осуществить организацию подготовки производства, т.е. провести в жизнь изменения по перестройке производственных процессов на выпуск новой продукции.

Организация подготовки производства представляет собой комплекс процессов и работ, направленных на разработку и реализацию проекта организации производственного процесса изготовления нового изделия, системы организации и оплаты труда, материально-технического обеспечения производства, нормативной базы внутризаводского планирования в целях создания необходимых условий для высокопроизводительного и ускоренного освоения и выпуска новой продукции требуемого качества.

1.3.5.2 Структура органов подготовки производства

Схема управления технической подготовки производства:

Главный инженер:

– отдел главного конструктора;

- конструкторское бюро;
- опытный цех;
- исследовательские лаборатории;
- бюро технической документации;
- отдел (бюро) стандартизации;
- центральная заводская лаборатория;
- отдел (бюро) надёжности;
- отдел главного технолога;
- технологическое бюро по видам работ;
- бюро конструирования технологической оснастки;
- исследовательские лаборатории;
- бюро технической документации;
- инструментальный отдел, инструментальные цеха;
- бюро планирования подготовки производства;
- центральный технический архив;
- отдел главного металлурга;
- технологическое бюро по видам работ;
- бюро конструирования технологической оснастки;
- бюро технической документации.

1.3.5.3 Конструирование подготовки производства

Содержание конструкторской подготовки производства крупных проектов определяется Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), это комплекс стандартов, в которых установлены правила разработки, оформления и обращения конструкторской документации.

В результате конструкторской подготовки должен быть разработан комплекс документов на новый вид продукции.

Конструкторская работа проводится в этапы:

1) разработка технического задания (ТЗ) – целевое назначение, допуск интервалов значений;

2) разработка технического предложения (ТП) – определяет вероятность варианта решения задачи, уточнения условий назначения, предложения технико-экономического обоснования разработки документации;

3) эскизное проектирование – обоснование ТЗ и ТП и выбор наилучшего варианта решения задания (чертежи общего вида продукции, принцип компоновки, кинематика, электрическая, гидравлическая, пневматика, себестоимость изготовления);

4) техническое проектирование – вырабатываются все технические решения, документация полностью представлена об устройстве и действии нового вида продукции, выбор материала, разработка чертёжей узлов, методика и программа испытаний;

5) рабочее проектирование – комплект документов для выпуска продукции, все сборочные чертежи, сбор и монтаж схемы, составление техни-

ческих условий, полная спецификация, проверочный расчёт, инструкция по эксплуатации.

1.3.6 Организация технической подготовки производства

1.3.6.1 Содержание и задачи управленческой подготовки производства

Организационная подготовка производства представляет собой комплекс процессов и работ, направленных на разработку и реализацию проекта организации производственного процесса изготовления нового изделия, системы организации и оплаты труда, материально-техническое обеспечение производства, нормативной базы внутризаводского планирования в целях создания необходимых условий для высокопроизводительного и ускоренного освоения и выпуска новой продукции требуемого качества.

Содержание организационной подготовки производства:

- 1) разработка проекта организации основного производственного процесса;
- 2) разработка проекта тех. обслуживания основного производства;
- 3) разработка организации и оплаты труда;
- 4) организация материально-технического обеспечения и сбыта новой продукции;
- 5) создание нормативной базы для внутризаводского технико-экономического и оперативно-производственного планирования.

В техническую подготовку производства входит работа по нормированию потребности различных видов ресурсов, разработка методов организации производства и труда, капитальное строительство.

1.3.6.2 Обеспечение экономической и прогрессивной технической подготовки производства

Экономические расчёты на стадии технической подготовки производства направлены на отыскание такого варианта технологического процесса, который требует для своей реализации минимум затрат при обеспечении неуклонного соблюдения всех технических требований и условий, указанных в конструкторской документации.

Так как один продукт можно сделать несколькими способами, то нужно выбрать оптимальный. Критерий оптимальности процесса – экономия общественного труда на изготовление изделия. Ведут разработку не одного, а нескольких вариантов, а затем, рассчитав затраты, выбирают из них наиболее целесообразный.

Затраты с техпроцессом не включаются в технологическую себестоимость, т.е. технологическая себестоимость носит переменный характер и зависит от производства и технологических условий.

Все затраты делят на:

- переменные – сырьё, материалы;
- постоянные – управление производством.

1.3.6.3 Сетевое планирование и управление производством

Системы сетевого планирования представляют собой совокупность графических и расчётных методов, организационных и управленческих приёмов, позволяющих осуществлять моделирование сложных процессов создания новой техники и оперативного управления ходом работ по её созданию.

Сетевой моделью называют созданное на основе теории графов изображение комплекса работ (операций) в логической последовательности их выполнения с изображением явных технологических и организационных взаимосвязей.

Событие – это промежуточный или конечный результат одной или нескольких работ. Он не имеет продолжительности во времени, а указывает на начало каких-либо работ и может быть одновременно завершением других.

Преимущества сетевых графиков:

- обеспечивают возможность изображения связей между работами;
- определяют работы, от которых зависит общая продолжительность работ;
- создают условия для прогнозирования хода реализации проекта;
- улучшают управление благодаря возможности сосредоточить внимание на работах критической зоны;
- при изменении часовых параметров графика не нужно его полностью менять;
- в процессе составления графика участвуют исполнители работ, благодаря чему используется их знание и опыт;
- математика и программирование создаёт условия для успешного составления сетевых моделей;
- обеспечивает возможность изображения большого количества взаимосвязанных работ.

1.3.6.4 Организация планирование и технологической подготовки производства

Планирование подготовки производства выражается в составлении календарных планов выполнения работ, определении необходимых денежных средств, трудовых и материальных ресурсов, требующихся для их выполнения, а также контроля за выполнением планов.

Основные задачи планирования подготовки производства:

- взаимная увязка всех видов работ;
- определение общей длительности работ;
- достижение наилучшего использования материальных, трудовых и денежных ресурсов.

Планы подготовки производства подразделяют:

- перспективные;
- текущие;
- оперативные.

Важная задача планирования – распределение объёма работ, закреплённых за подразделениями, между исполнителями: конструкторами, технологами, экономистами.

Техническая подготовка производства разбита на 4 этапа:

- 1) технологический контроль чертежей (нормоконтроль);
- 2) проектирование технологических процессов (тех. карта);
- 3) проектирование и изготовление спецоснастки и нестандартных образцов 70 % затрат на тех. подготовку;
- 4) отладка и внедрение технологических процессов.

1.3.6.5 Пути ускорения подготовки производства (ПП)

Резервами совершенствования подготовки производства к выпуску новой продукции являются:

– использование возможности для сокращения средств и затрат на создание новой техники;

– повышение качества и эффективности создаваемой техники.

3 группы делят:

– ускорение подготовки производства и выпуска продукции;

– сокращение затрат на разработку и освоение производства новых продуктов;

– повышение тех. уровня и экономичности новых видов продукции.

Резервы ускорения подготовки производства должны обеспечить сокращение периодов разработки, освоения и внедрения в производство новых видов продукции.

1 Организационные резервы – это резервы сокращения времени ПП и затрат на её проведение за счёт улучшения организационных работ по созданию новой техники и организации труда работающих.

2 Технические резервы – резервы сокращения времени подготовки производства и затрат за счёт механизации и автоматизации работ и развития материальной базы подготовки производства.

3 Резервы совершенствования управления ПП – сокращение сроков и затрат на основе повышения качества управления процессом создания и внедрения новой продукции.

Резервы сокращения сроков и затрат на подготовку производства:

1) ускорение подготовки производства;

2) сокращение затрат на ПП:

– технические резервы;

– организационные резервы;

– резервы совершенствования ПП.

Основная экономическая задача ПП – при минимально возможных затратах сделать передовую технику, обеспечивающую получение наивысшего экономического эффекта при её внедрении в производство. Решение задачи повышения технологического уровня и экономии создаваемых изделий.

1.3.7 Основы организации планирования и управления деятельностью предприятия по производству продукции требуемого качества

1.3.7.1 Сущность качества, основные понятия, методы и показатели

Качество – это совокупность свойств и характеристик изделия или услуги, обеспечивающая удовлетворение обусловленных или предполагаемых потребностей.

Руководство качеством – это функции управления, которые определяют политику в области качества, цели и ответственность, а также осуществляют их с помощью таких средств, как планирование качества, управление качеством, обеспечение качества и улучшение качества в системе качества.

Показатели качества – это количественная характеристика свойств продукции, входящих в состав её качества, рассматриваемая применительно к определённым условиям её создания и эксплуатации или потребления.

Показатели качества: назначение, надёжность, экологичность, эргономичность, технологичность, эстетичность, стандартизация и унификация, патентно-правовые, безопасности применения, сертификационные.

Методы обеспечения качества:

1 Инженерно-математические методы, используемые для анализа планирования и регулирования процессов на стадиях ЖЦИ.

2 Методы стимулирования включают в себя: обычные методы мотивации и специально разработанные.

3 К методам контроля относятся методы оценки качества продукции.

4 Статистические методы – метод контроля и метод обеспечения качества.

Система КАНАСПИ (качество, надёжность, ресурс с первых изделий). Выявление на этапе проектирования изделий максимального количества причин отказов и их устранения в допроизводственный период. Изделия проходят конструкторско-технологическую доработку, повышение унификации, модели, ускоренные испытания до ремонта.

Система НОРМ (научная организация работ по увеличению моторесурса). За критерий качества принят технологический параметр двигателя это моторесурс, последовательного и системного контроля моторесурса и его повышение на базе повышения надёжности и долговечности деталей двигателя.

Международные стандарты:

ИСО 9 000 служат пособием предприятия при разработке внедрения, совершенствования системы управления качеством.

ИСО 9 001 – система качества, модель для обеспечения качества при проектировании и разработке процессов монтажа и обслуживания.

ИСО 9 002 – система качества, модель для обеспечения качества при производстве и монтаже.

ИСО 9 003 – система качества, модель обеспечения качества при обязательном контроле и испытаниях.

1.3.7.2 Изменение качества и затрат на стадиях жизненного цикла изделия

На рынок выводят товар качественный, после чего улучшают его технические характеристики, рекламируя это и увеличивая цену изделия. Если выпустить некачественный товар, то его не купят.

Новая продукция, введённая на рынок, имеет малый выпуск, поэтому стоимость единицы изделия высока, цена покрывает только расходы на изготовление, нет прибыли.

По мере увеличения выпуска затраты снижаются за счёт:

- условно-постоянных расходов;
- закупок сырья для изделий большими партиями;
- улучшения технологии (снижение издержек и увеличение качества).

После насыщения рынка может быть выпущен упрощённый вариант изделия более низкого качества с меньшими возможностями и значительно дешевле.

1.3.7.3 Органы и системы управления качеством

Руководство качеством – это те аспекты общей функции управления, которые определяют политику в области качества, цели и ответственности, а также осуществляют их с помощью таких средств, как планирование качества, управление качеством, обеспечение качества и улучшение качества в рамке системы качества.

Управление качеством – это методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для обеспечения требований к качеству.

Всеобщее руководство (качеством) TQM – это подход к руководству организацией, нацеленный на качество, основанный на участии всех его членов и направлений на достижение долгосрочного успеха путём удовлетворения требований потребителя и выгоды для членов организации и общества.

Совет по качеству – это консультационный орган, основной задачей которого является анализ эффективности работы системы. Непосредственное руководство системой менеджмента качества осуществляет уполномоченный.

1.3.7.4 Обеспечение и стимулирование повышения качества продукции

Для стимулирования работников:

- премии;
- моральное поощрение.

Обеспечение повышения качества продукции за счёт:

- экспериментальной и исследовательской работы;
- повышения коэффициента унификации;

- широкого применения методов моделирования;
- ускоренные испытания для отработанных конструкторских решений;
- продолжения конструирования технического процесса во время изготовления изделия.

1.3.7.5 Организация и управление контролем качества продукции

Управление качеством продукции – это действия, осуществляемые при создании, эксплуатации и потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня качества.

Руководителем системы качества является директор организации.

При руководстве системой качества создаётся совет по качеству – это консультационный орган, основной задачей которого является анализ эффективной работы системы.

Восемь принципов менеджмента качества:

- 1) организация ориентирована на потребителя;
- 2) роль руководства;
- 3) вовлечение всех работников;
- 4) акцент на процессы;
- 5) системный подход к менеджменту;
- 6) непрерывное улучшение;
- 7) метод принятия решения, основанный на фактах;
- 8) взаимовыгодные отношения с поставщиками.

1.4 Планирование

1.4.1 Содержание процесса прогнозирования и планирования на предприятии

1.4.1.1 Методология планирования и прогнозирования

Спланировать деятельность предприятия – это значит определить направления и пропорции развития производства с учётом имеющихся материальных и трудовых ресурсов на основе наиболее полного выявления требуемых рынку видов, объёмов товаров и сроков их выпуска.

Методы исследования:

1 Конкретно-исторический подход – изучение отношения процессов, находящихся в стадии развития и изменения под влиянием действующих на них факторов.

2 Системный подход – подходит к исследованиям количественных и качественных параметров протекания вероятных процессов в сложных социально-экономических системах (системных позиций):

- рассмотрение системы планирования производства как единого целого;

- возможность расчётного и исследовательского взаимодействия.

3 Комплексный подход – рассмотрение явлений в их взаимосвязи и зависимости более широко, чем в системном, т.к. реализуется с помощью системы.

Предусматривает:

- совместное использование методов исследования нескольких изделий;
- рассмотрение всей совокупности целей планирования по уровням;
- рассмотрение различных систем планирования с точки зрения времени интервалов.

4 **Эксперимент** – метод поиска или уточнения взаимосвязи социально-экономических явлений опытным путём.

5 **Моделирование** – создание аналогичного планированию процесса, в котором отражаются его важнейшие цели, свойства.

6 **Метод специальных исследований**.

7 **Прогнозирование** – процесс разработки прогнозов.

Под прогнозом понимается научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем, об альтернативных путях и сроках его существования.

1.4.1.2 Понятие и сущность планирования

Планирование – это процесс разработки и последующего контроля за ходом реализации плана и его корректировки в соответствии с изменяющимися условиями.

Планирование – это функция управления, включающая следующий комплекс работ: анализ ситуаций и факторов внешней среды; прогнозирование, оценка и оптимизация альтернативных вариантов достижения целей, сформулированных на стадии стратегического маркетинга, разработка плана; реализация плана.

Планирование может быть тактическим, стратегическим или оперативным.

Планирование – это процесс обработки информации по обеспечению предстоящих действий, определению наилучших способов достижения целей.

План – это образ чего-либо, модель будущего, система мер, направленных на достижение поставленных целей.

План предприятия – это заранее разработанная система мероприятий, предусматривающая цели, содержание, сбалансированность взаимодействия ресурсов, объём, методы, последовательность и сроки выполнения работ по производству продукции или оказанию услуг.

Главная цель планирования – обеспечение эффективного функционирования и развития предприятия.

Путём:

- предвидения рыночных тенденций и корректировки программ;
- исследования требований потребителей;
- обеспечения выпуска продукции более высокого качества;
- непрерывного повышения эффективности производства;
- выявления и мобилизации внутренних ресурсов предприятия;

- применения комплексного экономического, технологического оборудования;
- согласования действий с поставщиками.

1.4.1.3 Объекты планирования

Объектом планирования на предприятии является его деятельность, под которой понимается выполнение им своих функций.

Основными функциями (видами деятельности) на предприятии являются:

1 Хозяйственная деятельность – направлена на получение прибыли за счет изготавливаемой на производстве и реализуемой продукции.

Хозяйственная деятельность состоит:

- из исследования и разработки;
- производства;
- маркетинга;
- формирования и использования ресурсов;
- продвижения товара.

Чтобы процесс происходил непрерывно, нужно скоординировать все стадии процесса производства во времени и пространстве, т.е. разработать системы сбалансированных показателей, характеризующих взаимосвязи процессов производства и реализации продукции на намеченный период.

2 Социальная деятельность – обеспечение условия для воспроизводства, разработки и реализации интересов предприятия (политика оплаты труда, подготовка, повышение квалификации кадров). Предприятие должно улучшать условия труда и быта, это производится на основе плана.

3 Экологическая деятельность – направлена на снижение и компенсацию отрицательного воздействия производства на природную среду. Финансируется за счёт своих собственных средств.

Планируют:

- 1) годовой план предприятия;
- 2) разработку производственной программы;
- 3) планирование труда и персонала;
- 4) планирование себестоимости продукции;
- 5) планирование фонда заработной платы;
- 6) планирование финансов.

Прогнозирование – это процесс предвидения, построенный на вероятности, научно обоснованном суждении о перспективах развития объекта в будущем, его возможном состоянии. Прогнозирование позволяет выявить альтернативные варианты развития процесса или объекта и обосновать выбор наиболее применимого варианта.

1.4.2 Технико-экономическое планирование на предприятии по ремонту подвижного состава железных дорог

1.4.2.1 Принципы, методы планирования на предприятии

Принципы планирования:

- конкретность и измеримость планов;

- маржинальность;
- временная ориентация;
- гибкость;
- непрерывность;
- комплексность;
- непротиворечивость;
- обязательность исполнения.

Конкретность – предприятие должно иметь чёткую ориентацию для своей деятельности.

Маржинальность – план рассчитан на достижение максимальных результатов.

Ориентированность во времени – план должен иметь границы во времени (для контроля).

Гибкость – разработка альтернативных планов при высокой вероятности наступления того или иного события. Планы взаимосвязаны и быстро реагируют на изменяющиеся события.

Комплексность – показать все стороны деятельности предприятия: производство, сбыт, снабжение, оплата труда и т.д. В каждой сфере свой объём работ и сроки выполнения.

Непротиворечивость – наличие тесной связи и согласованность планов.

Обязательность исполнения – принятый план обязателен к исполнению.

Методы планирования – это способы реализации плановой идеи. Методы планирования зависят от формы планирования и выполняют два аспекта:

- 1) направление планирования;
- 2) средства обеспечения плановых параметров.

Три направления планирования:

Прогрессивное планирование (снизу вверх) – план составляется от низких уровней вверх. Низкие структуры подразделения сами составляют детальный план своей работы, который впоследствии интегрируют на верхней ступени, образующей предприятие.

Ретроградный метод (сверху вниз). Процесс планируется исходя из плана предприятия путём детализации показателей сверху вниз по иерархии.

Структурные подразделения должны преобразовывать поступающие к ним планы вышестоящих уровней в планы своих подразделений.

Круговой метод (встречное планирование). Разработка плана в 2 этапа.

Первый этап (сверху вниз) – текущее планирование по главным целям.

Второй этап (снизу вверх) – составляется окончательный план по системе детализированных показателей.

Методы планирования:

- экстраполяционный;
- интерполяционный;

- пробно-статический;
- балансовый;
- матричный;
- экономико-математический метод моделирования;
- факторный;
- нормативный.

Экстраполяционный метод – в основе ресурсы и динамика минувших лет.

Интерполяционный метод – определяет цель и исходя из неё определяют сроки её выполнения и плановые показатели.

Пробно-статический метод – использование фактических данных прошлых лет, использует средние величины для установления показателей.

Балансовый метод – согласование потребностей с ресурсами, разрабатывают таблицы, где показаны затраты ресурсов и рядом источники поступления; балансы составляются для разных видов ресурсов.

Матричный метод – продолжение балансового метода, построение моделей, связей между подразделами и показателями.

Экономико-математическое моделирование – разрабатывают несколько вариантов плана, при этом важные показатели должны быть оптимизированы с помощью экономико-математических моделей.

Факторный метод – показатели определяются на основе влияния важных факторов.

Нормативный метод – планирование плана на основе норм и нормативов.

1.4.2.2 Виды планирования на предприятии и их назначение

Долгосрочное (стратегические) – разработка альтернативных вариантов развития, выбор стратегических целей и определения важнейших направлений экономического развития.

Среднесрочные (перспективные) – разработка и принятие направлений экономического, технического и социального развития.

Установление важнейших производственно-экономических пропорций, определение и обоснование предполагаемой экономической эффективности.

Краткосрочные (оперативные) – система конкретных расчётов предпринимательской деятельности.

1.4.2.3 Показатели планирования

Валовая продукция предприятия – характеризует общий объём промышленного производства вне зависимости от степени готовности продукции.

Валовая продукция предприятия не включает повторный счёт продукции отдельных цехов, предназначенный для последующей переработки. Отдельные исключения имеют место, например, в пищевой промышленности.

В валовой оборот включается вся продукция цехов независимо от степени её готовности. Валовой оборот отличается от валовой продукции тем, что включает повторный счёт стоимости полуфабрикатов, подлежащих дальнейшей переработке предприятием, т.е. валовой оборот больше валовой продукции.

1.4.3 Нормативная база планирования

1.4.3.1 Система технико-экономических норм и нормативов

Будучи основой плановых показателей, нормы определяются прогрессивными и научно обоснованными планами.

Норма – максимально допустимая плановая величина абсолютного расхода средств производства и живого труда на единицу продукции или на выполнение определённого объёма работ.

Норматив – плановый показатель, характеризующий поэтапное составление норм расхода сырья, материалов, топлива, энергии, затрат труда и степень их эффективного использования.

Функции норм и нормативов:

- средство нормативного метода планирования в целях обеспечения сбалансированности, пропорциональности, оптимальности планов;
- элемент организации производства и труда, по нормам определяется лимит и графики работ, направлены на ритмичность и планомерность;
- средство учёта требований режима экономии материальных ресурсов в планировании;
- стимул НТП в производстве;
- инструмент контроля за использованием сырья, материалов.

1.4.3.2 Порядок разработки и утверждения норм и нормативов

Объектом нормирования является операция.

При нормировании операцию делят на трудовые элементы: комплекс приёмов, трудовые действия, трудовые движения.

Изучение затрат рабочего времени:

Хронометраж – способ изучения затрат времени на выполнение циклически повторяющихся ручных и машинно-ручных элементарных операций.

Применяется для проектирования рациональных операций, их номинальную продолжительность и разработку на этой основе технически обоснованных норм времени.

Фотография рабочего дня – это способ изучения затрат рабочего времени путём наблюдения, измерения составляющих этих затрат в процессе наблюдения на протяжении обычно одной смены.

1.4.3.3 Методы расчёта норм и нормативов

Сущность аналитического метода нормирования труда – разделение нормируемых операций на технологические и трудовые элементы с после-

дующим анализом каждого элемента в отдельности и в сочетании друг с другом. Позволяет обосновать затраты труда.

Аналитический метод последовательности работ:

- 1) разделение нормируемой операции на составляющие;
- 2) определение факторов, влияющих на время выполнения элемента;
- 3) проектирование рационального трудового содержания операций;
- 4) разработка организационных и технических мероприятий по внедрению режимов работы и приёмов выполнения;
- 5) определение продолжительности элементарных операций в целом.

Отчётно-статический метод – нормы затрат трудовых ресурсов, устанавливаются на основе отчётных или статистических данных за прошедший период.

Основа нормирования – средняя фактическая затрата труда.

Метод суммарный позволяет определить затраты на отрасль.

Расчётно-аналитический метод (единственный научный) – предусматривает тщательное изучение технических и трудовых процессов изготовления продукции, передового опыта, экономии ресурсов, проведения необходимых расчётов. Применяют при нормировании материалов, топлива.

Опытный метод – определение норм и нормативов на основе наблюдений, лабораторных опытов, экспериментальных исследований.

Менее точен, чем расчётно-аналитический, т.к. не учитывает внедрения новой техники и технологии, передового опыта, не способствует выявлению резервов экономии материалов. Применяют при расходе вспомогательных материалов.

Опытно-статический метод – установка норм на основе фактических данных затрат труда или материалов на единицу продукции в прошлом, неточен, т.к. есть значительные отклонения фактических затрат от планируемых.

1.4.4 Планирование производства и реализации продукции

1.4.4.1 Порядок разработки производственных программ предприятия

Базой для разработки производственной программы предприятия являются исходные данные:

- 1) прогноз спроса и предложения по номенклатуре, количеству и срокам выпуска продукции, на этой основе разрабатываются мероприятия по специализации и кооперации предприятия, прогноз конъюнктуры рынка;
- 2) расчёт уровня имеющейся производственной мощности;
- 3) планирование производства опирается на план капитальных вложений, которые определяют объём реконструкции или технического перевооружения;
- 4) учёт планово-исследовательских расчётов производственных циклов, новых видов изготовления изделий необходимых для разработки программ запуска и выпуска изделий;

5) технический паспорт предприятия, характеризующий в разрезе наличие и составляющие имеющихся производственных площадей.

Разработка производственной программы в последовательности:

1) определение задач по выпуску готовых изделий исходя из имеющегося портфеля заказов.

Выделяют:

- основную продукцию,
- продукцию на экспорт,
- новое серийное изделие,
- производство опытных образцов,
- изделие с улучшенными характеристиками,
- товары народного потребления;

2) определяют объём работ по поставкам полуфабрикатов, выпускаемых в порядке кооперации с другими предприятиями;

3) работы промышленного характера и услуги, оказываемые сторонними организациями. Все капитальные ремонты и модернизация оборудования, транспортных средств предприятия, отпуск на сторону воды;

4) прочая продукция, реализуемая на сторону, и установление общего объёма товара предприятия в натуральном и стоимостном выражении.

Рассматриваются вопросы специализации и кооперации производства.

Годовая программа предприятия

Разбивка по кварталам исходит из принципов:

1) целесообразность концентрации однородной продукции по кварталам;

2) производство продукции в 4-м квартале продолжается в первом квартале следующего года;

3) увеличивается выпуск продукции в квартале, где вводится новое оборудование;

4) учет выпуска изделий по заключённым договорам;

5) обеспечение наработки среднеквартального выпуска продукции.

1.4.4.2 Методика расчёта производственной мощности в цехах

Под производственной мощностью предприятия (ПМ) понимают способность закреплённых за ним основных фондов к максимально возможному выпуску продукции по конкретной номенклатуре в условиях наилучшего использования наличного оборудования и производственных площадей, при наиболее совершенной технологии в организации производства и труда.

Производственная мощность – максимальная величина.

Производственная мощность предприятия определяется по узким местам в производстве с разработкой организационно-технических мероприятий.

Ликвидация узких мест путём:

- модернизации;
- пересмотра технологических процессов;
- сокращения узких мест за счёт расстановок и увеличения сменности.

ПМ предприятия характеризует максимально возможный годовой объём выпуска продукции определённого ассортимента.

Методические принципы расчётов планов мощности:

- 1) ПМ определяется всей номенклатурой предприятия;
- 2) ПМ устанавливается исходя из мощности основных цехов и с учётом узких мест и их ликвидации;
- 3) в плановую ПМ включаются все работающие и перерабатывающие основную продукцию фонды;
- 4) ПМ определяют по техническим и проектным нормам производительности оборудования, использования производственных единиц и трудоёмкости изделий, нормам выхода продукции из сырья с учётом применения прогрессивной технологии;
- 5) для расчётов планов ПМ принимают максимально возможный фонд рабочего времени;
- 6) планирование ПМ цеха, участка, оборудования.

1.4.4.3 Методика расчёта товарной, валовой и реализованной продукции

Основу планов составляют договоры, заключённые с потребителями (покупателями) продукции и поставщиками материальных ресурсов.

Необходим выбор такой программы, что обеспечивает высокий уровень реализации продукции.

На основе плана реализации продукции (РП) рассчитывают план производства товарной продукции (ТП).

Реализуемая продукция предприятия, в отличие от товарной, включает продукцию, поставленную потребителям и оплаченную по счетам.

Товарная продукция – это часть произведённой предприятием и предназначенной для реализации потребителям продукции. Исчисляется по заводскому методу и измеряется в неизменных или оптовых ценах предприятия (без налога с оборота) с учётом доплат и скидок к этим ценам в соответствии с порядком расчётов.

Объём товарной продукции предприятия определяется как сумма:

$$T = T_2 + T_n + T_k + \Phi + T_y ,$$

где T_2 – стоимость готовых изделий, реализуемых на сторону;

T_n – стоимость полуфабрикатов, реализуемых на сторону;

T_k – стоимость продукции и полуфабрикатов, поставляемых своему капитальному строительству и промышленным хозяйствам своего предприятия;

Φ – стоимость оборудования и инструмента общего назначения собственного производства, зачисляемая в основные средства данного предприятия;

Ty – стоимость услуг и работ предприятия, выполняемых по заказам со стороны.

Валовой называется вся продукция, произведённая предприятием за планируемый период, независимо от степени её готовности. В состав валовой продукции включаются товарная продукция и изменение остатка незавершённого производства, полуфабрикатов, оснастки и запчастей к оборудованию своего производства.

1.4.5 Планирование технического развития производства

1.4.5.1 Содержание и планы технического развития

В составе тактического плана предприятия разрабатывают планы технического и организационного развития производства.

Подразделы:

- 1) освоение производства новых видов и повышение качества продукции;
- 2) внедрение прогрессивной технологии, механизации и автоматизации производства;
- 3) совершенствование организации труда;
- 4) совершенствование управления, планирования и организации производства;
- 5) капитальный ремонт и модернизация основных фондов;
- 6) мероприятия по экономии сырья, материалов, топлива, энергии;
- 7) научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы;
- 8) основные технико-экономические показатели уровня производства и выпускаемой продукции;
- 9) создание новых видов продукции, снятие с производства устаревшей продукции, её модернизация, подготовка к сертификации.

1.4.5.2 Планирование и развитие техники и производства

Планирование технического развития и организации производства осуществляется в 2 этапа:

1 Технико-экономический анализ организации, технологического уровня производства и выпускаемой продукции, оценка его соответствия стратегическим установкам, выявляются возможности и пути его повышения.

Технико-экономический уровень производства должен сравниваться с передовыми достижениями в данной отрасли.

На основе анализа соответствия со стратегическим планом плановый отдел разрабатывает задания на год по повышению эффективности производства всем подразделениям предприятия.

2 Разрабатывают мероприятия, взаимно связанные между собой по целям, ресурсам, срокам, исполнителям, механизмам регулирования, определения источников финансирования, рассчитывается их эффективность.

Для разработки тактического плана назначается общезаводская комиссия во главе с главным инженером и в цехах и отделах изучается приказ по разработке плана.

1.4.5.3 Планирование, создание и освоение новых видов продукции

При замене старой продукции новой часто ориентируются на жизненный цикл товара, чтобы новый товар пришёл на смену старому товару, после того как объём реализации старого товара заметно уменьшится.

Последовательность этапов разработки нового продукта:

- 1 Разработка идеи.
- 2 Отбор идей.
- 3 Анализ конъюнктуры рынка.
- 4 Научно-техническая разработка.
- 5 Испытания.
- 6 Освоение рынка.

Методы освоения новых видов продукции:

- последовательный;
- параллельный;
- комплексно-совмещенный метод;
- агрегатный.

Последовательный – освоение производится только после снятия с производства предыдущего изделия.

Параллельный – максимальное совмещение производства вновь созданных изделий с завершающей стадией выпуска старой модели, если есть резерв мощности – параллельный конвейер.

Комплексно-совмещенный метод – совмещение выполнения отдельных работ по подготовке производства и освоение новых изделий при комплексном решении конструкторских, технологических и производственных задач.

Агрегатный – постепенная замена отдельных агрегатов в конструкции модели.

Продукция считается освоенной, если она выпускается в установленном объёме и обладает требуемыми техническими параметрами.

Технологическое освоение – достижение технологических параметров, которые установлены для изделия.

Производственное освоение – процесс выхода на проектный объём продукции.

Экономическое освоение – с выпуска первых изделий, оканчивается достижением проектного уровня экономических показателей трудоёмкости и себестоимости.

1.4.6 Планирование материально-технического обеспечения

1.4.6.1 Задачи, содержание и порядок разработки плана материально-технического обеспечения

Задачи плана материально-технического снабжения:

- своевременное удовлетворение предприятия в материально-технических ресурсах;
- обеспечение высокого качества поставляемых ресурсов;
- минимизация затрат на приобретение, доставку и хранение ресурсов;
- определение сроков поставки и размеров транспортных партий;
- определение оптимального уровня запасов;
- разработка политики материально-технических ресурсов;
- создание условий для эффективной работы предприятия.

План материально-технического обеспечения предусматривает:

- 1) определение общей потребности в материальных ресурсах;
- 2) определение объёма запасов материалов;
- 3) расчёт ожидаемых остатков материалов на конец года;
- 4) установление объёма завоза материальных ресурсов;

Исходные данные для плана материально-технического обеспечения:

- 1) производственная программа;
- 2) номенклатура материалов;
- 3) нормы расхода;
- 4) планово-расчётные цены;
- 5) данные о расходах и остатках материалов на складах.

Материально-техническое обеспечение планируется по годам, кварталам, месяцам. Годовой план должен обеспечить баланс годовой потребности производства в материальных ресурсах.

План материально-технического обеспечения составляется в 4 этапа:

- 1) расчёт в потребности отдельных видов ресурсов;
- 2) анализ эффективности использования ресурсов;
- 3) изучение рынка сырья и материалов;
- 4) составление плана закупок материально-технических ресурсов.

На первом этапе разрабатывается проект плана в форме заявок, содержащих потребности в материально-технических ресурсах на основе:

- стратегического плана предприятия;
- достигнутых показателей потребления ресурсов.

На втором этапе проводится анализ эффективности использования ресурсов, проект плана материально-технического обеспечения корректируется.

Третий этап анализ рынка сырья и материалов, оценка целесообразности приобретения ресурса.

На четвёртом этапе составляются балансы материально-технических ресурсов и планы закупок.

В структуру плана материально-технического обеспечения входит: план потребности, план закупок, план по издержкам, план инноваций, план капитального строительства, производственная программа.

1.4.6.2 Определение потребности в сырье и материалах

Потребность в основных материалах может быть рассчитана на основе прогноза условия продаж продукции. Используют метод прямого счёта.

Составной частью потребности предприятия в ресурсах есть потребность в образовании производственных запасов сырья и материалов.

Наличие запасов обусловлено:

- несовершенством объёмов поставок и потребления;
- разрывов во времени поставок и потребления.

Другие причины: сезонность, закупка партиями, чтобы снизить цену за опт.

Производственные запасы предприятия:

- текущие;
- подготовительные;
- страховые;
- сезонные.

Производственные запасы учитывают в днях, натурально, в стоимости.

При подготовке данных о потребности материалов учитывают: отходы, повреждения или отбраковку, расчёт потребности в рабочей силе.

Исходными данными потребности в материальных ресурсах являются потребности ресурсов на единицу продукции.

1.4.6.3 Планирование поставок

При активном регулировании запасов применяются комплексные мероприятия по их созданию и пополнению, организация непрерывного контроля и оперативного планирования поставок.

Планирование поставок проходит этапы:

- выбор поставщика;
- заключение договора на поставку;
- составление плана-графика поставок;
- выбор формы поставок.

Выбор поставщика определяется по показателям: опыт работы на рынке, производственная мощность, наличие инфраструктуры, финансовое положение, репутация фирмы, характеристика сырья, которое поставляется, цена ресурса, система послепродажного обслуживания.

Две формы поставок:

- транзитная;
- складская (через посредников).

Библиографический список

- 1 **Собенин, Л.А.** Организация, планирование и управление локомотиворемонтным производством : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта / Л.А. Собенин, А.А. Зайцев, Б.А. Чмыхов ; под ред. Л.А. Собенина. – М. : Маршрут, 2006. – 439 с.
- 2 **Петров, Ю.Д.** Планирование в структурных подразделениях железнодорожного транспорта : учебник для вузов ж.-д. транспорта / Ю.Д. Петров, А.И. Купоров, Л.В. Шкурина. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 308 с.
- 3 Организация производства : учебник для вузов / О.Г. Туровец, В.Н. Попов, В.Б. Родионов [и др.] ; под ред. О.Г. Туровца. – 2-е изд., доп. – М. : Экономика и финансы, 2002. – 452 с.
- 4 **Кожекин, Г.Я.** Организация производства : учеб. пособие / Г.Я. Кожекин, Л.М. Сеница. – Минск : ИП «Экоперспектива», 1998. – 334 с.
- 5 **Коротков, В.М.** Организация производства : учеб. пособие / В.М. Коротков. – Ростов н/Д : РГУПС, 2011. – 104 с.
- 6 **Новицкий, Н.И.** Организация, планирование и управление производством / Н.И. Новицкий, В.П. Пашуто. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 576 с.
- 7 **Новицкий, Н.И.** Сетевое планирование и управление производством / Н.И. Новицкий. – Минск : ООО «Новое знание», 2004. – 160 с.
- 8 **Хасин, Л.Ф.** Экономика, организация и управление локомотивным хозяйством / Л.Ф. Хасин, В.Н. Матвеев ; под ред. Л.Ф. Хасина. – М. : Желдориздат, 2002. – 452 с.

2 ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

2.1 Электрические цепи тепловозов

2.1.1 Понятие электрической цепи и ее элементов

Электрической цепью принято считать совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий об электродвижущей силе, токе и напряжении.

В самом простом случае электрическая цепь состоит из источника (аккумулятора, генератора), потребителей или приемников электрической энергии (ламп накаливания, электродвигателей, катушек реле и т. д.) и соединительных проводов, которые соединяют зажимы источника напряжения с зажимами потребителя. Таким образом, можно дать следующее определение электрической цепи:

Электрическая цепь – это совокупность соединенных между собой источников и приемников электрической энергии и соединяющих их проводов.

В электрической цепи можно выделить внутреннюю и внешнюю части. К внутренней части электрической цепи относится сам источник электрической энергии, а к внешней части – соединительные провода, потребители, рубильники, выключатели, электроизмерительные приборы, т. е. все элементы, которые присоединены к зажимам источника электрической энергии.

На тепловозах в качестве **источников** электрической энергии используются аккумуляторные батареи и генераторы, получающие вращение от коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Электроприемниками, или потребителями тока, на локомотиве являются электродвигатели, преобразующие электрическую энергию в механическую, осветительные приборы, катушки приводов контакторов и реле, сложные устройства автоматики и др.

В качестве **вспомогательного оборудования** в электрическую цепь входят аппараты для включения и отключения (рубильники, кнопки, тумблеры), приборы для измерения электрических величин (амперметры, вольтметры, электротермометры и электроманометры), аппараты защиты (плавкие предохранители, автоматические выключатели).

В электрических схемах тепловозов различают также электрические цепи *постоянного* и *переменного* тока. Под *электрическими цепями постоянного тока* подразумевают цепи, в которых ток не меняет своего направления, т. е. полярность источников ЭДС в которых постоянна. Под *электрическими цепями переменного тока* понимают цепи, в которых протекает ток, изменяющийся во времени как по величине, так и по направлению.

Любой локомотив содержит большое количество разнообразных источников и приемников электрической энергии, обеспечивающих выполнение его функций и поддержание его характеристик в заданных пределах.

По функциональному назначению принято объединять группы источников и потребителей электроэнергии в отдельные цепи, выполняющие определенный круг задач.

2.1.2 Классификация электрических цепей тепловозов

В электрической схеме тепловоза различают следующие виды цепей:

- *силовые цепи*, в которые входят главные электрические машины и аппараты (тяговые электродвигатели, тяговые генераторы, главные контакты силовых контакторов, реверсора и т.д.);

- *цепи управления*, объединяющие катушки приводов аппаратов, блок-контакты, контакты органов управления и защиты и др.;

- *вспомогательные цепи*, в которые входят двигатели и генераторы вспомогательных устройств локомотива, средства управления ими и их защиты (двигатели компрессоров, вентиляторов, масляных и топливных насосов и др.);

- *цепи возбуждения* тягового генератора, объединяющие ряд вспомогательных машин, аппаратов и устройств, управляющих возбуждением тягового генератора и формирующих его внешнюю характеристику;

- *цепи освещения*, соединяющие все осветительные устройства локомотива и средства управления ими.

Такое деление цепей является условным, поскольку отдельные элементы одного и того же электрического аппарата могут входить в различные цепи.

2.1.3 Понятие электрической схемы тепловоза

Электрической схемой называется изображение на чертеже совокупности электрических соединений всего электрического оборудования локомотива, которое представлено в виде условных графических обозначений.

Различают следующие виды схем:

- *принципиальные схемы*, на которых показано соединение между собой всего электрооборудования, но не указано конкретное подключение проводов;

- *исполнительные схемы*, на которых показано конкретное подключение каждого провода и маркировка всех проводов;

- *монтажные схемы*, на которых показаны трассы в высоковольтной камере, по которым должны прокладываться все провода.

К схемам тепловозов предъявляются следующие требования:

- все операции по управлению локомотивом должны быть простыми, легко запоминающимися, удобными и выполнимыми с помощью минимального количества органов управления;

- должны быть обеспечены заданные последовательности переключения аппаратов при перестановке органа управления из одного положения в другое как в прямом, так и в обратном направлении;

- отказ какого-либо аппарата не должен привести к неправильному режиму, представляющему опасность (движение локомотива не в заданном направлении, тяговый режим вместо тормозного, короткое замыкание и т.д.);
- возможность работы по системе многих единиц. При этом неисправность какого-либо одного из локомотивов не должна влиять на работу других тепловозов.

2.2 Источники электрической энергии, применяемые на тепловозах

Аккумуляторные батареи и различные генераторы являются источниками энергии на тепловозе для обеспечения питания разнообразных потребителей электрической энергии, необходимых для нормального функционирования тепловоза. При неработающем дизеле питание электрических цепей тепловоза осуществляется от аккумуляторной батареи. Она также позволяет осуществить запуск дизеля, после чего питание потребителей энергии происходит от генераторов, один из которых обеспечивает, в частности, и подзаряд аккумуляторной батареи.

2.2.1 Аккумуляторные батареи, применяемые на тепловозах

Аккумуляторами называют химические источники электрической энергии, основанные на использовании обратимых химических реакций. На тепловозах применяются два типа аккумуляторных батарей: кислотные и щелочные.

Аккумулятор характеризуется такими параметрами, как ЭДС, напряжение, сопротивление, емкость, отдача, саморазряд и срок службы.

Электродвижущей силой аккумулятора называется разность его электродных потенциалов при разомкнутой внешней цепи. Измеряется ЭДС в вольтах.

При разрядке аккумулятора во внешней цепи используется только часть ЭДС, так как некоторая ее часть расходуется на преодоление внутреннего сопротивления аккумулятора. Значение ЭДС, используемой во внешней цепи, называется напряжением аккумулятора, или просто напряжением. Напряжение измеряется в вольтах.

Сопротивление аккумулятора складывается из сопротивления его внутренних элементов (электродов, электролита и т.д.).

Под емкостью аккумулятора понимается количество электричества в ампер-часах, которое можно получить при разрядке аккумулятора до конечного напряжения по заданному режиму. Если разряд ведется при постоянной величине тока, то величину емкости (А·ч) легко подсчитать по формуле $Q = It$ (где I – ток, А, t – время, ч). При разряде с изменяющимся значением тока необходимо подставлять в уравнение среднее значение тока.

Количество электричества и энергии, затрачиваемое при заряде, всегда значительно больше количества электричества и энергии, получаемого во время разряда. Величины, характеризующие степень использования

электричества и энергии, выраженные в процентах, называются отдачей аккумулятора. Если величина показывает степень использования количества электричества, то она называется ампер-часовой отдачей, а если – использование энергии, то ватт-часовой отдачей, или КПД аккумулятора.

У свинцово-кислотных аккумуляторов ампер-часовая отдача составляет около 80–85 %, у железоникелевых аккумуляторов – 60–70 %.

Как при хранении аккумуляторов с электролитом, так и при их работе происходит потеря емкости на вредные побочные процессы (утечки тока через случайные замыкания, саморастворение электродов и т. д.). Такие потери емкости называются саморазрядом.

Особенности работы аккумуляторных батарей на тепловозах заключаются в следующем. При запуске вал дизеля необходимо раскрутить до частоты вращения, при которой обеспечивается самовоспламенение впрыскиваемого в цилиндры топлива. Аккумуляторная батарея при запуске подключается к тяговому генератору или стартер-генератору без каких-либо пусковых сопротивлений. Так как пусковая цепь имеет малое сопротивление, то в момент включения пусковых контакторов ток бывает большим (для дизеля 10Д100 до 2000 А), но затем быстро (через 0,2–0,3 с) уменьшается по мере увеличения частоты вращения вала дизеля. Частота вращения вала якоря тягового генератора или стартер-генератора в режиме электродвигателя прямо пропорциональна подведенному напряжению. Поэтому основное требование, предъявляемое к тепловозной аккумуляторной батарее, – поддержание достаточно высокого напряжения при прокрутке, необходимого для достижения валом дизеля пусковой частоты вращения.

Разряд батареи на тепловозе складывается из ампер-часов, затраченных на питание цепей управления при неработающем дизеле, и ампер-часов, затраченных на подготовку и пуск дизеля. После запуска дизеля аккумуляторная батарея включается на подзарядку для полного восстановления емкости, затраченной аккумуляторной батареей.

Любой тепловозный аккумулятор имеет корпус в виде бака из изоляционного материала, устойчивого к воздействию химических веществ. Внутри корпуса располагаются блоки положительных и отрицательных электродов, пластины которых чередуются друг с другом. На поверхности электродов расположено активное вещество. Между пластинами для изоляции их друг от друга располагаются сепараторы из диэлектрического материала, не подверженного действию химических веществ. От каждого блока через отверстия в крышке корпуса наружу выводится борн – контактный штырь для подключения клемм внешней цепи. Пространство внутри аккумулятора заполняется электролитом, который при взаимодействии с активным веществом электродов приводит к появлению ЭДС на борнах аккумулятора.

В свинцово-кислотных аккумуляторах ТН-450 в качестве активной массы положительных электродов выступает двуокись свинца PbO_2 , а отрицательных – губчатый свинец Pb . Электролитом является раствор серной кислоты H_2SO_4 в дистиллированной воде.

В щелочных железоникелевых аккумуляторах ТПНЖ-550 в качестве активной массы положительных электродов используется двуокись никеля NiO_2 , а отрицательных – восстановленная смесь руды Fe. Электролитом служит раствор КОН в дистиллированной воде с добавлением гидрата окиси лития $Li(OH)_2$.

Щелочные никель-кадмиевые аккумуляторы ТПНК-550 отличаются активной массой отрицательных электродов, в качестве которой используется порошок кадмия.

Для создания требуемой величины напряжения аккумуляторы соединяют последовательно в батарею по 32, 46 или 48 штук.

Основные характеристики тепловозных аккумуляторных батарей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Характеристики тепловозных аккумуляторных батарей

Показатель	Значение показателя для батареи			
	32ТН-450	48ТН-450	46ТПНЖ-550	46ТПНК-550
Номинальная емкость, А·ч	450	450	550	550
Номинальное напряжение, В	64	96	57,5	57,5
Количество аккумуляторов в батарее	32	48	46	46

2.2.2 Генераторы, используемые на тепловозах

На тепловозах применяются сразу несколько электрических машин, работающих в генераторном режиме и выполняющих различные функции.

Тяговые генераторы предназначены для выработки электроэнергии, питающей тяговые электродвигатели (ТЭД), которые приводят во вращение колесные пары тепловоза. Таким образом, название генератора соответствует его функции, так как его энергия расходуется на образование силы тяги локомотива.

Применяются тяговые генераторы постоянного тока, а также синхронные тяговые генераторы, вырабатывающие переменный ток, который выпрямляется специальной выпрямительной установкой и подается на тяговые двигатели постоянного тока.

Возбудители представляют собой генераторы постоянного или переменного тока средней мощности, питающие обмотку возбуждения тягового генератора и получающие вращение от коленчатого вала дизеля через редуктор.

Вспомогательные генераторы устанавливаются на тепловозах для обеспечения электроэнергией цепей управления и освещения, вспомогательных электродвигателей, а также для подзаряда аккумуляторных батарей при работающем дизеле.

Стартер-генераторы выполняют на тепловозах функции вспомогательных генераторов, но, помимо этого, осуществляют прокрутку коленчатого вала дизеля при его запуске. Такие машины устанавливаются на тех тепловозах, где используется синхронный тяговый генератор. На тепловозах с тяговым генератором постоянного тока раскрутка вала дизеля при пуске производится самим тяговым генератором, который на время запуска дизеля работает в режиме двигателя, подключаясь к аккумуляторной батарее.

Генераторы энергоснабжения поезда применяются только на пассажирских тепловозах и предназначены для питания пассажирских вагонов.

Синхронные подвозбудители небольшой мощности применялись на некоторых сериях тепловозов для выработки переменного напряжения, необходимого для работы аппаратов системы возбуждения тягового генератора.

2.3 Потребители электрической энергии на тепловозах

Потребителями электрической энергии на тепловозах являются электрические двигатели, электрические аппараты, устройства автоматики и электроники, а также осветительные приборы.

2.3.1 Электрические двигатели

Основными потребителями энергии среди электрических двигателей тепловоза являются **тяговые электродвигатели**. Обычно на тепловозах с электрической передачей мощности устанавливают такое количество ТЭД, которое соответствует количеству колесных пар. Такие двигатели имеют мощности порядка 100–600 кВт в зависимости от серии машины.

Помимо ТЭД на тепловозах применяются двигатели вспомогательных нужд. Они необходимы для вращения топливоподкачивающих и маслопрокачивающих насосов, тормозного компрессора, калорифера, вентиляторов охлаждения ТЭД и выпрямительных установок, вентиляторов кузова, секций холодильной камеры дизеля. Такие двигатели имеют мощности от 0,04 до 37 кВт. Применяются двигатели постоянного тока и асинхронные двигатели.

Наибольшее распространение на отечественных тепловозах в качестве вспомогательных машин получили двигатели серии П, мощность которых колеблется в пределах от 0,2 кВт (двигатель П11М) до 25 кВт (П62М).

В качестве привода тормозных компрессоров обычно используют двигатели серии П2К или 2П2К мощностью соответственно 25 и 37 кВт.

Двигатели постоянного тока вспомогательных нужд обычно имеют якорную обмотку и две обмотки возбуждения (рис. 2.1). Одна из них включается последовательно с якорной обмоткой и иногда называется серийной (от англ. series – последовательность) или обмоткой последовательного возбуждения. Вторая обмотка включается параллельно якорной и называется обмоткой параллельного возбуждения, или шунтовой (от англ. shunt – избегать, переводить, переключивать). Таким образом, в данном случае имеет место так называемое смешанное возбуждение электрической машины. Тяговые двигатели имеют только последовательное возбуждение, а генераторы – независимое, при котором обмотка возбуждения не связана гальванически с якорной, а получает питание от независимого источника.

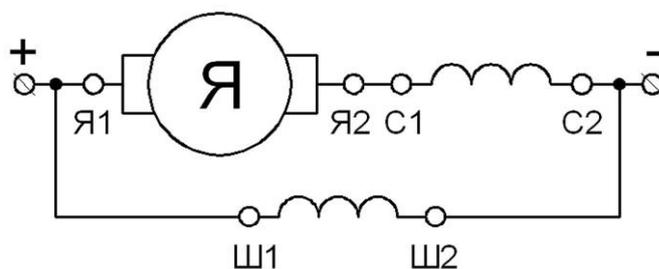


Рис. 2.1. Обозначение на электрических схемах тепловозов двигателей постоянного тока вспомогательных нужд:

Я1, Я2 – выводы якорной обмотки; С1, С2 – выводы серийной обмотки;
Ш1, Ш2 – выводы шунтовой обмотки

Асинхронные трехфазные двигатели серий АМВ-37 (37 кВт), АЖ (7,5 кВт) и 4АЖ (45 кВт) применяются на тепловозах в качестве приводов вентиляторов охлаждения ТЭД и секций холодильных камер дизеля. Такие двигатели обычно устанавливают на локомотивах с передачей мощности переменного-постоянного тока, они получают питание непосредственно от трехфазных обмоток синхронных тяговых генераторов.

Электродвигатели калориферов, обогревателей, обдува стекол кабины имеют мощности порядка единиц или десятков Ватт, в связи с чем не создают ощутимой нагрузки на тепловозные источники электроэнергии.

2.3.2 Электрические аппараты

Управление режимами работы тепловоза, его агрегатами и системами практически полностью осуществляется с помощью переключений в электрических цепях: в цепях тяговых и вспомогательных электрических машин, вспомогательных механизмов, в системах автоматического управления, регулирования и защиты. Эти переключения выполняются специальными устройствами – электрическими аппаратами.

Электрическим аппаратом называют электротехническое устройство, выполняющее функции коммутации, регулирования, стабилизации электрических, механических или иных нагрузок.

Все тепловозные электрические аппараты могут быть разделены по их рабочему напряжению на **высоковольтные** и **низковольтные**. Первые включены в силовые цепи тяговых электрических машин и рассчитаны на большие значения напряжений и токов. Вторые включают в цепи управления тепловоза, напряжение которых составляет 75 или 110 В в зависимости от серии локомотива, такие аппараты рассчитаны на сравнительно небольшие величины рабочих токов.

Кроме того, электрические аппараты, устанавливаемые на тепловозе, можно разделить по функциональному назначению на несколько групп: **коммутационные, аппараты управления, регулирования, защиты и контроля**.

Коммутационные аппараты предназначены для выполнения переключений в электрических цепях. К ним относятся:

- реле;
- контакторы;
- переключатели.

2.3.2.1 Тепловозные контакторы

Коммутационные аппараты, обеспечивающие возможность дистанционного управления коммутацией силовых и высоковольтных цепей, называются **контакторами**.

Эти аппараты имеют три основных элемента конструкции: контактные группы, состоящие из подвижных и неподвижных контактов; привод, который управляет замыканием и размыканием этих контактов по команде, подаваемой дистанционно; устройство дугогашения, которое предназначено для быстрого погашения электрической дуги, возникающей при размыкании контактов под током.

По назначению контакты делятся на **силовые (главные)**, которые, замыкая или размыкая цепь, управляют протеканием в них тока, и на **вспомогательные (или блокировочные)**. Вспомогательные контакты служат для обеспечения необходимой последовательности включений или выключений других аппаратов и цепей, а также для сигнализации о включении цепей. По способу действия контакты делятся на *замыкающие* и *размыкающие*. При отключенном приводе аппарата замыкающие контакты разомкнуты, размыкающие – замкнуты.

Перемещение подвижных контактов аппарата осуществляется под действием привода.

Контакторы имеют дистанционный – **косвенный** привод. Наиболее распространенными косвенными приводами являются электромагнитный и электропневматический.

Дистанционные косвенные приводы позволяют исключить опасность соприкосновения обслуживающего персонала с высоковольтным оборудованием, а также автоматизировать управление агрегатами тепловоза.

Привод, управляющий замыканием только одного подвижного контакта с неподвижным контактом, называется **индивидуальным**, а привод, воздействующий одновременно на группу контактов, называется **групповым**.

В **электромагнитном** приводе используются сила притяжения якоря к сердечнику электромагнита или сила, перемещающая якорь внутри сердечника.

Наибольшее распространение получили аппараты с замкнутым магнитопроводом и поворотным перемещением якоря (рис. 2.2). Такие приводы состоят из катушки 1 с сердечником 2, к которому под действием магнитного поля, создаваемого катушкой при протекании по ней тока, притягивается якорь 4. Магнитопроводом служит ярмо 3.

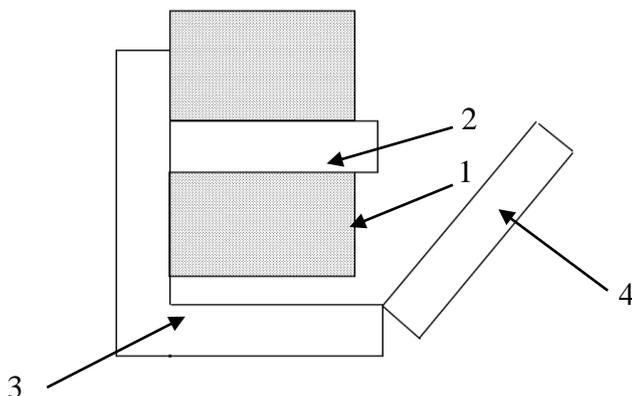


Рис. 2.2. Устройство электромагнитного привода:
1 – катушка; 2 – сердечник; 3 – ярмо; 4 – якорь

Сила тяги электромагнита описывается следующим выражением:

$$Q_i = \frac{k \cdot S_\delta}{2} \left(\frac{F}{\delta} \right)^2,$$

где k – постоянный коэффициент;

S_δ – площадь сечения воздушного зазора между сердечником и якорем;

F – магнитодвижущая сила;

Δ – величина воздушного зазора.

Необходимо отметить, что, исходя из этого выражения, сила тяги электромагнита в начальный момент (при полностью отведенном от сердечника якоря) и при полном срабатывании привода (прилегании якоря к сердечнику) будет меняться очень значительно из-за влияния уменьшаю-

щейся величины воздушного зазора. Именно поэтому так сильно отличаются величины токов, необходимых для срабатывания привода и для его удержания в полностью включенном состоянии. Такой своеобразный эффект гистерезиса характерен практически для всех электромагнитных реле и контакторов.

Электромагнитный привод используется в тепловозных контакторах серий ТКПМ, ТКПД, КПВ, МК. Эти контакторы позволяют коммутировать цепи с токами от 40 до 400 А в зависимости от серии аппарата, выпускаются с одной, двумя или тремя парами главных контактов. На тепловозах электромагнитные контакторы служат для включения двигателей насосов, компрессоров и вентиляторов, для переключений в цепях обмоток возбуждения возбудителей, тяговых и вспомогательных генераторов.

В **пневматических приводах** используется давление сжатого воздуха на поршень, движение которого передается подвижным контактам аппарата через промежуточные механизмы. Пневматические приводы при относительно больших давлениях имеют меньшие габариты, чем электромагнитные, и требуют меньшего расхода энергии для поддержания необходимой силы, действующей на подвижную часть аппарата. Если в рабочем положении электромагнитного привода его катушка должна получать непрерывное питание, то в электропневматическом приводе достаточно поддерживать постоянное давление на поршень; при этом энергия в основном расходуется на восполнение утечек сжатого воздуха через неплотности пневматической системы. Существенное преимущество пневматического привода состоит также в том, что он может обеспечить большие перемещения подвижных частей аппарата при относительно постоянном давлении сжатого воздуха.

Пневматические приводы получили широкое применение в силовых индивидуальных контакторах, групповых аппаратах.

При перемещениях до **50 мм** применяют **диафрагменные приводы** (рис. 2.3, а), а там, где требуются большие перемещения, – **поршневые** (рис. 2.3, б).

Принцип работы пневматического привода следующий: при пуске воздуха в рабочую камеру 1 поршень 8 перемещает шток 5 (или диафрагма 3 прогибается, перемещая шток 5), связанный с подвижными контактами аппарата, которые в конце хода поршня (штока 5) займут замкнутое положение. При выпуске воздуха под действием пружины 7 (силы упругости диафрагмы) поршень 8 переместится вместе со штоком 5 в начальное положение (выключенное), подвижные контакты отойдут от неподвижных, разомкнув цепь. Некоторые аппараты имеют **двухпозиционные приводы**, т. е. приводы, имеющие два фиксированных положения, в одном из которых замкнуты одни контактные соединения аппарата, в другом – другие. Выпуск воздуха из рабочей камеры такого привода не изменяет положение этих аппаратов, и переход в другое положение возможен только после подачи воздуха во вторую рабочую камеру.

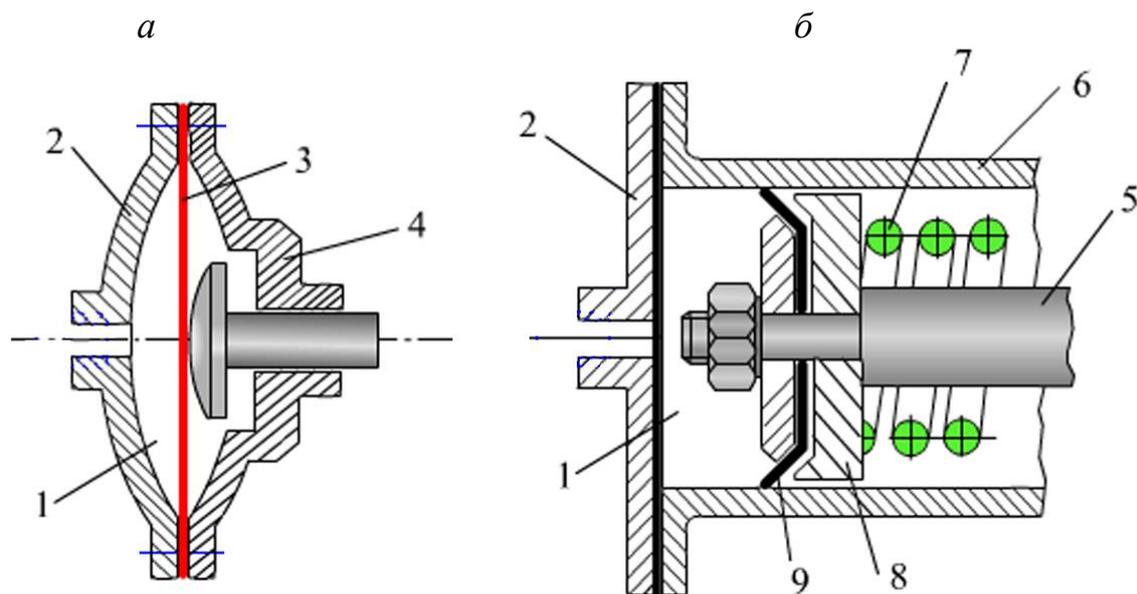


Рис. 2.3. Схемы пневматических приводов:

а) диафрагменного; б) поршневого;

1 – рабочая камера; 2 – крышка; 3 – диафрагма; 4 – корпус; 5 – шток;

б – цилиндр; 7 – пружина; 8 – поршень; 9 – манжета

Управление впуском и выпуском сжатого воздуха в пневматических приводах осуществляется с помощью электропневматических вентилях. Они представляют собой систему из двух клапанов с электромагнитным приводом малой мощности.

Поршневые приводы используются в контакторах серии ПК, которая обычно используется на тепловозах. Главные контакты этих аппаратов рассчитаны на большие величины токов и напряжений, пневматический привод обеспечивает достаточное контактное нажатие. Аппараты выпускаются с одной, четырьмя и шестью парами главных контактов. Такие контакторы используются в качестве поездных, которые предназначены для подключения тяговых двигателей к тяговому генератору, а также для переключений ТЭД на ослабленное поле.

Диафрагменные приводы нашли применение в реверсорах и групповых переключателях. Реверсоры серии ППК используются для переключения обмоток возбуждения ТЭД с целью смены направления их вращения. Групповые переключатели ПКГ применяются в цепях ослабления поля ТЭД, а также в цепях электродинамического торможения.

Дугогасительные устройства, основанные на принципе магнитного дутья (рис. 2.4), используются в тепловозных контакторах для быстрого погашения электрической дуги.

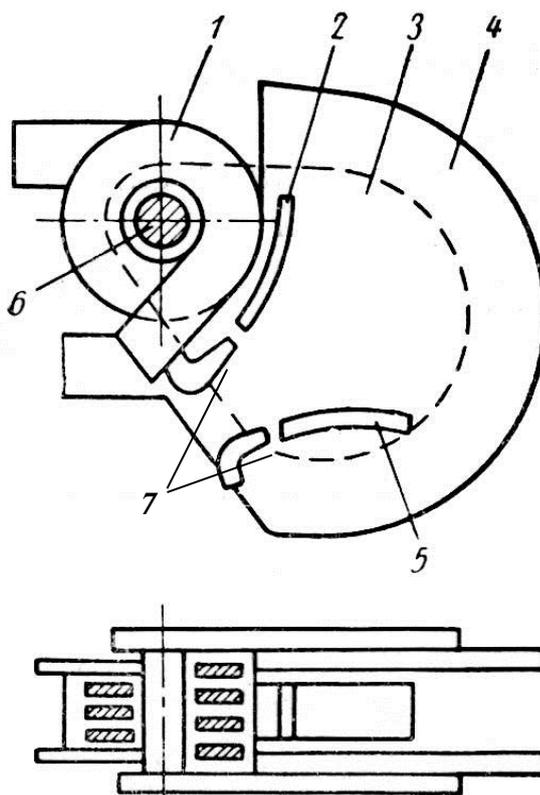


Рис. 2.4. Дугогасительное устройство

При таком способе дуга попадает в поле, создаваемое специальной дугогасительной катушкой 1, включаемой последовательно с контактами 7 аппарата. Металлические полюса 3, соединенные с сердечником 6, увеличивают эффективность воздействия электромагнитного поля на область горения дуги. Под действием этого поля дуга, представляющая, по сути, проводник с током, начинает перемещаться к краям контактов, перебрасываясь впоследствии на специальные дугогасительные рога 2 и 5. В процессе своего перемещения дуга оказывается внутри дугогасительной камеры 4, изготовленной из диэлектрического жаропрочного материала. По мере перемещения дуга удлиняется, ее сечение становится меньше, она охлаждается о стенки дугогасительной камеры, соприкасаясь с ними. Все это позволяет быстро погасить дугу. Внутренняя полость камеры также может быть разделена на секции, в результате чего дуга дробится ими на несколько частей, что еще более способствует ее погашению.

С точки зрения потребления электрической энергии все рассмотренные виды контакторов являются ее потребителями: в электромагнитных контакторах ток потребляется катушкой привода, а в электропневматических – катушкой вентиля.

2.3.2.2 Реле

Реле предназначены для дистанционного управления коммутацией низкоточных и низковольтных цепей. В связи с этим реле не имеют массивных силовых контактов и устройств дугогашения.

На тепловозах нашли применение в основном электромагнитные реле, у которых в качестве привода используются электромагниты, схожие по устройству и принципу действия с приводами электромагнитных контакторов.

Исключение составляют реле давления и температурные реле, в которых замыканием и размыканием контактов управляет внешняя контролируемая среда при изменении ее температуры или давления.

Среди электромагнитных реле можно выделить несколько основных групп:

- **реле управления**, предназначенные для включения и выключения отдельных цепей управления и регулирования. Такие реле выполняют функции маленьких контакторов, рассчитанных на небольшие токи и напряжения. На тепловозах устанавливают реле управления типа ТРПУ-1 или РПУ-3. Они рассчитаны на напряжение 75 или 110 В и ток длительного режима 5А. Реле имеют обычный электромагнитный привод, который управляет несколькими контактными группами. Часть из них является нормальнозамкнутыми, а часть – нормальноразомкнутыми;

- **реле времени**, позволяющие производить переключения в цепях управления тепловозов с заданными выдержками времени. В электрических цепях тепловозов применяются электромагнитные и полупроводниковые реле времени. Первые (серии РЭВ-800) позволяют осуществлять выдержку времени при отключении до 3–5 с, вторые (серии ВЛ) – при включении до 120 с. Выдержки времени необходимы в тепловозах для обеспечения заданной длительности тех или иных режимов или заданной последовательности включения других аппаратов;

- **реле боксования**, предназначенные для автоматической защиты тяговых электродвигателей тепловоза от разносного боксования. В качестве реле боксования применяют реле типа РК;

- **реле заземления (РЗ)** служит для снятия нагрузки с тягового генератора при пробое изоляции на корпус. Наибольшее распространение получили реле типа РМ-1110;

- **дифференциальное реле (реле перехода) РД-3010**, автоматически управляющее током возбуждения тяговых электродвигателей тепловоза в зависимости от величины их тока и напряжения;

- **реле максимального тока**, предназначенные для ограничения максимального тока тягового генератора во избежание его перегрева и выхода из строя. Такие реле применяются лишь на нескольких сериях тепловозов.

Каждое из рассмотренных реле является потребителем электроэнергии, поскольку для их работы требуется питание катушек электромагнитного привода.

Не являются потребителями энергии только реле давления и температурные реле.

Реле давления масла: служат для защиты дизеля от пониженного давления масла в системе охлаждения и смазки. В таких реле обычно используются датчики давления сильфонного типа (рис. 2.5). В таких датчиках масло

воздействует на сильфон 2, находящийся в герметичном корпусе 1 и представляющий собой гибкую гофрированную трубку, одна сторона которой также герметична. Сильфон через упор со штоком 3 оказывает давление на кнопку микропереключателя или рычаг подвижного контакта реле.

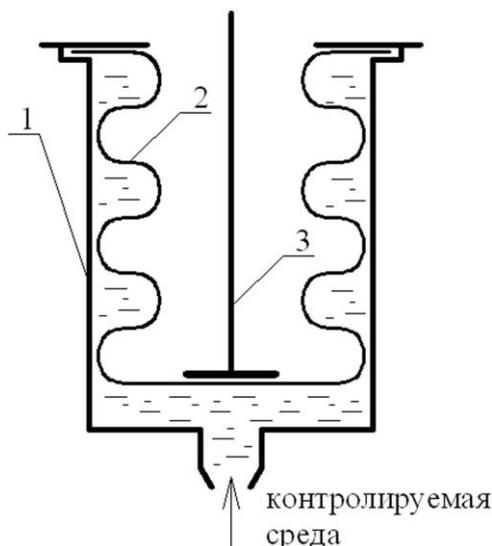


Рис. 2.5. Устройство сильфонного датчика

Температурные реле имеют похожее устройство. Они содержат термобаллон, капиллярную трубку и сильфон, представляющие собой замкнутую термосистему, заполненную жидкостью с большим коэффициентом объемного расширения.

При нагреве термобаллона жидкость в этой термосистеме расширяется, сильфон растягивается и, преодолевая сопротивление пружины, воздействует через шток на микропереключатель. При снижении температуры термобаллона жидкость в нем сужается, и пружина сжимает сильфон, переводя микропереключатель в исходное положение.

Реле давления воздуха предназначено для автоматического управления пуском компрессора в зависимости от давления сжатого воздуха в тормозной магистрали. Реле исключает возможность включения нагрузки при недостаточном давлении воздуха в тормозной магистрали.

Давление воздуха воспринимается мембраной, которая через шток передает усилие на планку с подвижными контактами реле.

Таким образом, во всех трех рассмотренных типах реле отсутствуют элементы, потребляющие электроэнергию от какого-либо ее источника на тепловозе. Следовательно, по признаку потребления электроэнергии в электрических цепях они могут быть отнесены к вспомогательному оборудованию.

2.3.2.3 Бесконтактные аппараты и устройства автоматики

Эти аппараты осуществляют более сложные функции за счет процессов в магнитных системах или полупроводниковых устройствах.

Трансформаторы используются на тепловозах для распределения напряжения между несколькими потребителями (распределительные трансформаторы), а также для компенсации скачков напряжения и тока в цепях возбуждения (стабилизирующие трансформаторы).

Магнитные усилители – это отдельный класс приборов, по конструкции и принципу действия схожих с трансформаторами. Однако они имеют и принципиальные отличия.

В основе работы магнитных усилителей лежит управляемый дроссель. Управляемый дроссель – это устройство, состоящее из замкнутого стального сердечника с двумя катушками: переменного тока и подмагничивания. Первая из них подключается к переменному напряжению, которое создаёт в сердечнике магнитный поток, недостаточный для насыщения материала сердечников. Вследствие этого индуктивное сопротивление катушки будет значительным, а сила тока, наоборот, незначительной. Если подключить вторую катушку к источнику постоянного тока (подмагничивающего), то с его увеличением сердечник будет насыщаться, и индуктивное сопротивление подключённой к переменному напряжению катушки снижается. Таким образом, с помощью постоянного тока подмагничивания можно управлять величиной переменного тока во второй катушке.

Трансформаторы и магнитные усилители, по сути, не являются потребителями электроэнергии, поскольку осуществляют ее преобразование. Затраты энергии здесь могут быть обусловлены лишь потерями в магнитной системе аппарата.

Устройства и блоки автоматики на основе полупроводниковых приборов позволили частично заменить релейные и электромашинные системы на более компактные и функциональные устройства, осуществляющие управление возбуждением тяговых и вспомогательных машин, а также позволяющие автоматизировать некоторые алгоритмы управления тепловозом. Наиболее широкое применение нашли блоки автоматики серии БА и бесконтактные регуляторы напряжения вспомогательных генераторов.

Регуляторы напряжения вспомогательных генераторов предназначены для поддержания напряжения бортовой сети тепловоза (75 или 110 В) на заданном уровне независимо от тока нагрузки вспомогательного генератора. Такие регуляторы представляют собой электронные блоки на транзисторах и тиристорах. Наибольшее распространение получили регуляторы типов БРН-3В (тепловозы 2ТЭ10М, У, ТЭМ2, 2М62), РНТ-6 (тепловоз 2ТЭ116), АРНТ (тепловоз ТЭП70).

Бесконтактные тахометрические блоки, пришедшие в свое время на смену тахогенераторам, предназначены для измерения частоты вращения коленчатого вала дизеля с формированием электрического сигнала, пропорционального этой частоте, что необходимо для работы системы возбуждения тягового генератора.

Управляемые выпрямители возбуждения (УВВ) используются в тепловозах с передачей переменного-постоянного тока и предназначены для совместной работы с синхронными возбудителями и синхронными тяго-

выми генераторами. Они представляют собой выпрямительный мост, два плеча которого образованы диодами, а остальные два – управляемыми вентилями – тиристорами. УВВ позволяют выпрямлять переменное напряжение, вырабатываемое синхронным возбудителем для обмотки возбуждения тягового генератора, и одновременно регулировать ток этой обмотки.

Управление таким выпрямителем осуществляется с помощью специального *блока управления возбуждением* (БУВ). Этот блок получает сигналы от селективного узла тепловоза, которые формируются на основании показаний датчиков тока и напряжения силовой цепи, а также датчиков числа оборотов коленчатого вала дизеля и положения реек его топливных насосов. На основании соотношения этих сигналов вырабатываются импульсы, управляющие отпиранием тиристорных УВВ.

Блоки пуска дизеля предназначены для обеспечения пуска дизеля в автоматическом режиме с соблюдением заданной последовательности операций и требуемых выдержек времени. Придя на смену релейным схемам пуска дизеля, они позволили повысить надежность и точность работы схемы запуска, исключить из нее некоторые отдельные реле.

Блок пуска компрессора применяется на тепловозах серии 2ТЭ116 и предназначен для предотвращения перегрузки регулятора напряжения РНТ-6 в момент запуска электродвигателя тормозного компрессора.

Каждый из рассмотренных блоков потребляет энергию от вспомогательного или стартер-генератора, поскольку она требуется для работы полупроводниковых схем приборов.

2.3.2.4 Резисторы

Резистор – изделие, предназначенное для создания в электрической цепи заданного сопротивления току. На тепловозах резисторы обычно применяют для ограничения тока в цепях тех или иных нагрузок (цепи обмоток электрических машин, цепи заряда аккумуляторных батарей и т. д.). Резисторы большой мощности используются для поглощения и рассеяния энергии, выделяемой при электродинамическом торможении. Поскольку резисторы, включаясь последовательно с нагрузкой, сами являются частью нагрузки источников электроэнергии, они являются ее потребителями.

На тепловозах применяются непроволочные резисторы, токопроводящим элементом которых являются тонкие углеродистые или металлические пленки, нанесенные на керамическую трубку либо стержень, а также проволочные резисторы, проводящим элементом которых служит проволока из высокоомного сплава, намотанная на изолирующий каркас.

Непроволочные резисторы используются в электронных бесконтактных блоках тепловозов и рассчитаны на мощность от 0,125 до 2 Вт.

Проволочные резисторы рассчитаны на мощность от 2,5 до 350 Вт

2.4 Вспомогательное оборудование электрических цепей тепловоза

К группе вспомогательного оборудования электрических цепей могут быть отнесены коммутационные устройства с ручным приводом, электроизмерительные приборы, аппараты защиты электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий.

К **коммутационным аппаратам** с ручным или непосредственным приводом относятся ручные переключатели, кнопки и тумблеры, включая контроллер машиниста, рубильники аккумуляторных батарей. Основной задачей этих аппаратов, исходя из названия, является коммутация – соединение и разъединение участков электрических цепей. Эти аппараты могут быть оснащены индивидуальным или групповым приводом, осуществлять переключения воздействием на рукоятку, кнопку или педаль. В непосредственном приводе сила подвижной части аппарата прикладывается человеком.

С помощью таких аппаратов на тепловозах производятся переключения в низковольтных цепях. Чаще всего эти аппараты подают команду на срабатывание привода реле или мощного контактора, которые в свою очередь управляют другими аппаратами или вспомогательными машинами.

Предохранители предназначены для защиты электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий. Они представляют собой устройства, состоящие из цилиндрического или прямоугольного корпуса с контактами по краям, внутри которого размещается специальная плавкая вставка, соединенная с этими контактами. При возникновении перегрузки в цепи, где установлен предохранитель, произойдет превышение так называемого тока уставки этого предохранителя, в результате чего плавкая вставка перегорит, и цепь будет разорвана. На тепловозах используются два вида предохранителей – разборные и неразборные. Они устанавливаются в цепях управления, освещения, вспомогательных электродвигателей, аккумуляторных батарей, вспомогательных электрических машин.

Автоматические воздушные выключатели различных серий предназначены для защиты электрических установок постоянного и переменного тока при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых оперативных коммутаций силовых электрических цепей. Они совмещают в себе функции выключателя и предохранителя, не имея при этом элементов, выходящих из строя при перегрузке.

Для измерения напряжения и тока на тепловозах применяют приборы магнитоэлектрической системы. Такие приборы наиболее точны, имеют равномерную шкалу, что позволяет на всем ее протяжении иметь одинаковую чувствительность и с одинаковой точностью отсчитывать показания.

Амперметры позволяют измерять токи в цепях тягового и вспомогательного генератора, а также аккумуляторной батареи. С помощью **вольтметров** контролируют напряжение цепей управления и силовых цепей.

Электрические дистанционные манометры применяют для дистанционного измерения избыточного давления в масляной системе (на входе в дизель) и топливной (после фильтра тонкой очистки). Манометр

состоит из приемника давления и электрического указателя, устанавливаемого на пульте управления машиниста. Приемник давления и указатель соединены проводами.

Электрическими термометрами сопротивления измеряют температуру воды и масла дизеля на ведущей и ведомой секциях тепловоза. Принцип действия этих термометров основан на свойстве проводников и полупроводников менять электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Измеряя сопротивление с помощью специального измерительного устройства, судят о температуре среды, в которую помещен приемник с чувствительным элементом (проводником или полупроводником).

2.5 Организация цепей тепловоза

Каждая из перечисленных в первом разделе цепей тепловоза выполняет четко определенный ряд задач, объединяя электрические аппараты и машины тепловоза в функциональные группы. На разных тепловозах эти цепи организованы по-разному. Отличия состоят в количестве и типе аппаратов и машин, а также схмотехнических решениях организации той или иной цепи. Однако независимо от серии тепловоза, каждый из приведенных видов цепей имеет общие принципы построения и должен удовлетворять единому для всех тепловозов набору требований и выполняемых функций.

2.5.1 Силовые цепи

Силовая цепь любого тепловоза включает в себя главные электрические машины и аппараты управления ими (рис. 2.6).

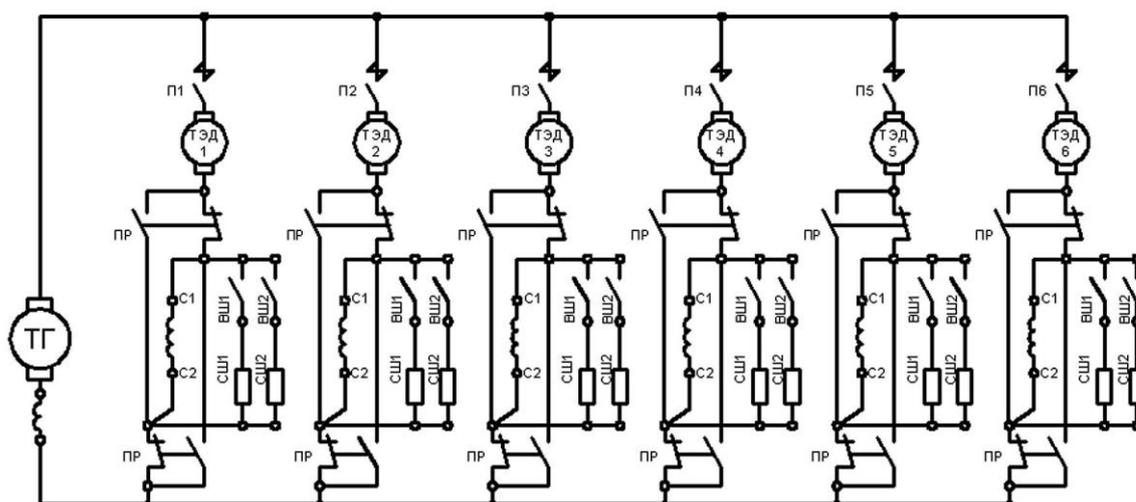


Рис. 2.6. Пример организации силовой цепи для магистрального шестиосного тепловоза с электрической передачей постоянного тока: ТГ – тяговый генератор; ТЭД – тяговые двигатели; П1 – П6 – силовые контакты поездных контакторов; ПР – контакты реверсора; С1, С2 – выводы обмотки последовательного возбуждения ТЭД; СШ1, СШ2 – резисторы ослабления поля ТЭД; ВШ1, ВШ2 – контакторы ослабления поля ТЭД

На любом тепловозе в состав силовой цепи обязательно входят главные контакты поездных контакторов, обеспечивающие подключение ТЭД к тяговому генератору, контакты реверсора, обеспечивающие смену направления протекания тока в обмотках возбуждения ТЭД для их реверсирования, а также главные контакты контакторов и резисторы ослабления поля ТЭД.

2.5.2 Цепи управления

Цепи управления тепловоза включают в себя большое количество электрических аппаратов, позволяющих автоматизировать операции по пуску дизеля, трогания тепловоза с места, изменения скорости движения и т. д. В схеме тепловоза можно выделить несколько цепей по функциональному назначению, которые относятся в общем случае к цепям управления. Это цепи пуска дизеля, приведения тепловоза в движение, набора позиций.

2.5.2.1 Цепи пуска дизеля

Для запуска дизеля локомотива необходимо привести во вращение коленчатый вал двигателя, используя энергию аккумуляторной батареи.

В качестве пускового электродвигателя может использоваться тяговый генератор постоянного тока или специальный стартер-генератор.

Последовательность действий при запуске дизеля одинакова для всех серий отечественных тепловозов.

При кратковременном нажатии кнопки «Пуск дизеля» весь процесс запуска протекает по заранее определенной программе.

Обязательными элементами электрической схемы при автоматическом управлении пуском дизеля являются:

1) промежуточное реле или контактор, которые создают цепь замещения цепи кнопки «Пуск дизеля», так что для питания цепей управления запуском дизеля достаточно лишь кратковременного ее нажатия;

2) система, которая после окончания запуска дает сигнал на разборку цепи управления;

3) реле времени, которое ограничивает продолжительность прокрутки коленчатого вала дизеля, не допуская чрезмерного разряда аккумуляторной батареи.

На большинстве тепловозов применяется предварительная (перед запуском) прокачка масла. Прокачка масла имеет большое значение с точки зрения уменьшения износа трущихся деталей дизеля, ускорения процесса запуска, уменьшения разряда аккумуляторной батареи и повышения надежности запуска. Начинается прокачка масла в системе смазки дизеля тотчас же при нажатии кнопки «Пуск дизеля», как при автоматическом, так и при неавтоматическом управлении запуском. Заканчивается прокачка масла:

1) по установленной выдержке времени;

2) при достижении заданного давления в системе смазки;

3) при выключении пусковых контакторов.

Пусковые контакторы включаются по истечении выдержки времени, отведенной на предварительную прокачку масла или при достижении в период прокачки масла определенного давления. Выключаются пусковые контакторы при обеспечении заданного давления в системе смазки дизеля или достижении заданных давления масла и частоты вращения коленчатого вала дизеля.

Независимо от схемных решений организации цепей пуска дизеля, на любом тепловозе они должны отвечать определенным требованиям и обеспечивать ряд защит:

- осуществление автоматического пуска дизеля по нажатию кнопки «Пуск дизеля» на пульте машиниста с выполнением требуемых операций в заданной последовательности и с требуемыми выдержками времени;
- возможность включения режима пуска дизеля только на нулевой позиции контроллера машиниста;
- параллельное соединение аккумуляторных батарей всех секций тепловоза в режиме пуска дизеля для облегчения его запуска;
- автоматическую прокачку масла перед прокруткой коленчатого вала дизеля в течение установленного времени;
- ограничение времени раскрутки коленчатого вала при неудачном пуске дизеля во избежание разрядки аккумуляторных батарей;
- автоматическое отключение цепей пуска дизеля при успешном его запуске;
- воздействие на топливную аппаратуру и регулятор числа оборотов дизеля для ускорения его запуска;
- предотвращение возможности пуска дизеля, если валоповоротный механизм введен в зацепление с его маховиком.

2.5.2.2 Цепи приведения в движение

Эти цепи служат для включения контакторов возбуждения возбуждителя **ВВ** и генератора **КВ**, подключения тяговых электродвигателей к тяговому генератору (включение поездных контакторов **П**), изменения направления движения и защиты оборудования от ненормальных режимов работы.

Последовательность операций, выполняемых при трогании тепловоза с места на всех сериях тепловозов, практически одинакова. Для этого необходимо повернуть реверсивную рукоятку контроллера в требуемом направлении движения, включить тумблер «Управление тепловозом», поставить штурвал контроллера машиниста в первую позицию.

При включении тумблера «Управление тепловозом» подготавливается цепь на катушки электропневматических вентилях поездных контакторов **П**. При переводе штурвала контроллера в первую позицию поворачивается кулачковый вал реверсора **ПР**, включаются контакторы поездные **П** и возбуждения **ВВ**, **КВ**, срабатывают реле управления **РУ**. Появляется на-

пряжение тягового генератора, которое прикладывается к зажимам ТЭД, в результате чего начинается их вращение, и тепловоз трогается с места.

Так же, как и цепи пуска дизеля, независимо от схемных решений цепи трогания с места на любом тепловозе должны отвечать определенным требованиям и обеспечивать ряд защит:

- возможность трогания с места только на первой позиции контроллера машиниста;
- включение тягового режима только в случае успешного запуска дизеля;
- возможность выбора направления движения тепловоза;
- автоматическое подключение тяговых двигателей к тяговому генератору с помощью поездных контакторов;
- автоматическое включение возбуждения возбuditеля и тягового генератора;
- запрет на включение тягового режима в случае открытия одной из дверц высоковольтных камер или при срабатывании реле заземления;
- отключение тягового режима или запрет на его включение в случае превышения температуры воды или масла в системах дизеля, а также при понижении давления масла или воздуха в тормозной системе менее допустимого предела;
- возможность отключения одного из неисправных тяговых двигателей и продолжения движения на оставшихся исправных;
- задержку на отключение поездных контакторов при переходе в режим холостого хода, во избежание возникновения перенапряжений в тяговых электрических машинах;
- автоматическое выполнение всех операций по приведению тепловоза в движение или по переходу в режим холостого хода с соблюдением их последовательности и требуемых выдержек времени.

2.5.2.3 Цепи набора позиций

После приведения тепловоза в движение для увеличения его скорости машинист поворачивает контроллер на пульте, воздействуя при этом на регулятор числа оборотов дизеля. Обычно регулятор снабжен специальными тяговыми электромагнитами, которые в разной, не повторяющейся комбинации включаются на каждой позиции контроллера, изменяя определенным образом затяжку всережимной пружины регулятора. В результате этого регулятор перестраивается на новое значение поддерживаемого числа оборотов коленчатого вала и, как следствие, изменяет положение реек топливных насосов высокого давления, изменяя тем самым подачу топлива в цилиндры дизеля. Это приводит в конечном итоге к изменению частоты вращения его коленчатого вала, а значит, к изменению напряжения тягового генератора и скорости тепловоза. Сигнал на включение того или иного электромагнита регулятора подается контактами контроллера машиниста при повороте штурвала на определенную позицию.

2.5.3 Вспомогательные цепи

Эти цепи объединяют вспомогательные электрические машины тепловоза, к которым относятся двигатели топливоподкачивающих и маслопрокачивающих насосов, вентиляторов, тормозных компрессоров, а также вспомогательные или стартер-генераторы. Пример таких цепей показан на рис. 2.7.

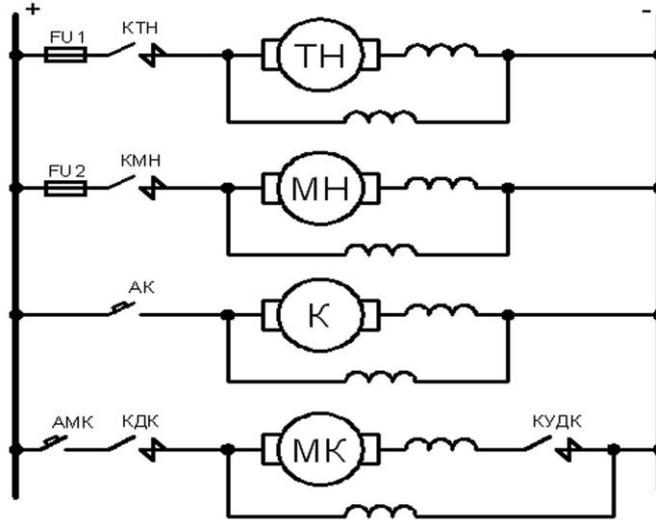


Рис. 2.7. Пример фрагмента вспомогательных цепей тепловоза:
 ТН – двигатель топливоподкачивающего насоса; МН – двигатель маслопрокачивающего насоса; К – двигатель калорифера; МК – двигатель тормозного компрессора; КТН, КМН – силовые контакты соответствующих контакторов топливоподкачивающего и маслопрокачивающего насосов; КДК, КУДК – силовые контакты контакторов управления компрессором; АК, АМК – автоматические выключатели; FU1, FU2 – предохранители

2.5.4 Цепи возбуждения

Система возбуждения тягового генератора обеспечивает постоянство его мощности в широком диапазоне нагрузки и скорости движения. В системах возбуждения можно выделить цепь, питающую обмотку возбуждения тягового генератора, и систему автоматического регулирования его напряжения.

На отечественных тепловозах применялись три основных типа систем регулирования напряжения тягового генератора:

1 Возбудитель с продольным рашеплением полюсов (тепловозы ТЭМ1, ТЭМ2) (рис. 2.8).

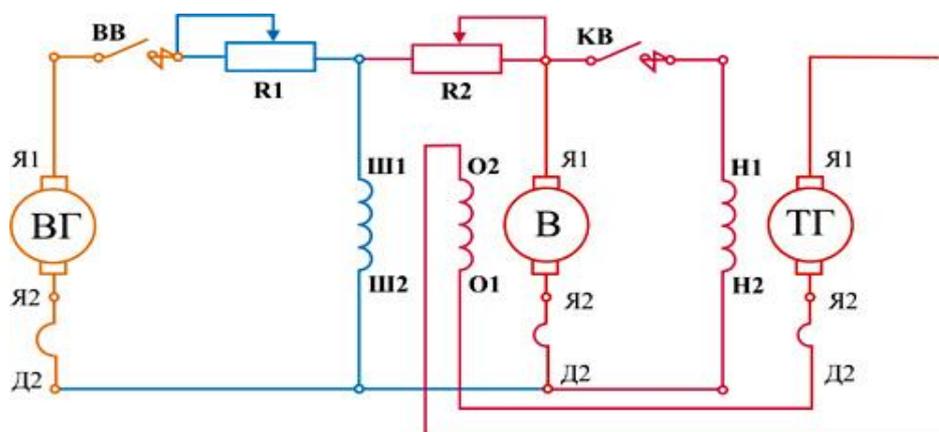


Рис. 2.8. Принципиальная схема системы управления возбуждением тягового генератора тепловоза ТЭМ2

Возбудитель имеет две обмотки возбуждения – шунтовую Ш1-Ш2 и дифференциальную О1-О2. Шунтовая обмотка Ш1-Ш2 питается самовозбуждением от возбудителя В через резистор R2 и от вспомогательного генератора ВГ через резистор R1 при включенном контакторе ВВ. По дифференциальной обмотке О1-О2 протекает ток тягового генератора ТГ. Намагничивающие силы шунтовой и дифференциальной обмоток направлены в противоположные стороны. При включении контактора возбуждения КВ получает питание обмотка независимого возбуждения тягового генератора Н1-Н2.

2 Возбудитель постоянного тока с независимым возбуждением (тепловозы 2ТЭ10, 2М62, ТЭП60) (рис. 2.9).

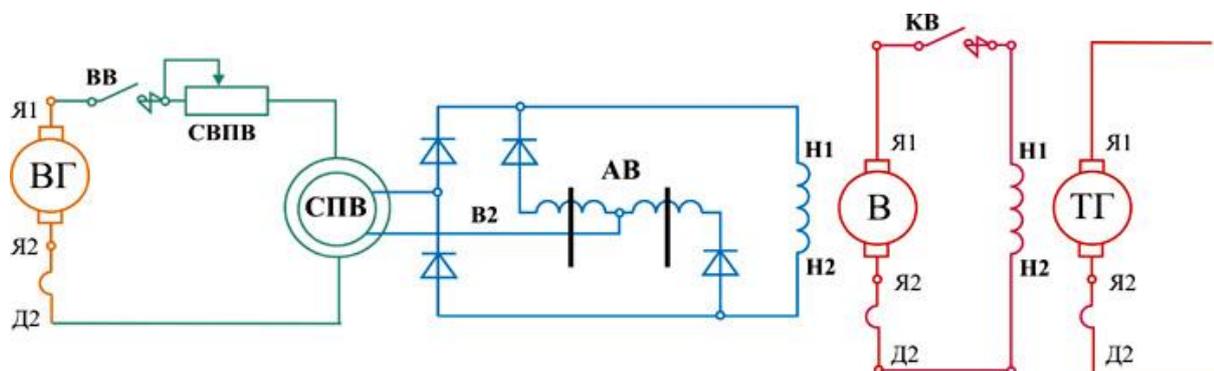


Рис. 2.9. Принципиальная схема системы возбуждения тягового генератора тепловоза 2ТЭ10

Синхронные подвозбудители на тепловозах применяются для питания обмоток возбуждения возбудителя через амплистат, а также для питания обмоток трансформаторов постоянного напряжения и тока, индуктивного датчика и тахометрического блока.

Обмотка возбуждения синхронного подвозбудителя получает питание от вспомогательного генератора через резистор СВПВ при включении контактора ВВ. На тепловозах с передачей постоянного тока в цепи возбу-

ждения возбуждателя предусмотрен узел плавного трогания тепловоза. Питание обмотки возбуждения тягового генератора осуществляется после включения контактора КВ.

На всех современных тепловозах тяговые генераторы постоянного или переменного тока имеют независимое возбуждение.

3 Синхронный возбудитель с независимым возбуждением и управляемый выпрямитель (тепловозы 2ТЭ116, ТЭП70) (рис. 2.10).

Силовая цепь системы возбуждения состоит из синхронного возбудителя **СПВ**, управляемого выпрямителя **УВ** и обмотки возбуждения синхронного тягового генератора **СТГ**. Синхронный возбудитель представляет собой однофазный синхронный генератор переменного тока, обмотка возбуждения которого получает питание от стартер-генератора **С-Г**, а переменное напряжение подается на вход управляемого выпрямителя **УВ**. Управляемый выпрямитель по сигналам системы автоматического регулирования напряжения тягового генератора устанавливает требуемое значение тока его обмотки возбуждения.

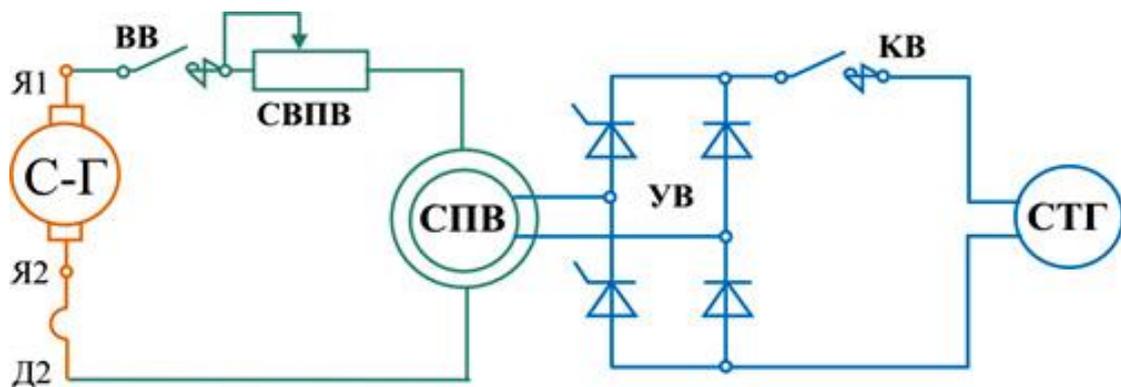


Рис. 2.10. Принципиальная схема системы возбуждения тягового генератора тепловоза 2ТЭ116

2.6 Цепи защит тепловозов

Для защиты энергетической установки тепловоза, а также его электрических цепей от аварийных или недопустимых режимов работы, а также для защиты локомотивной бригады от поражения электрическим током предусмотрены специальные схемные решения, реализованные с помощью нескольких цепей защит.

Тепловозный дизель как сложный энергетический агрегат для нормальной эксплуатации имеет различные уровни защиты, которые реализуются путем снятия нагрузки, остановки и сигнализации машинисту о недопустимых режимах работы.

Остановка дизеля осуществляется на всех тепловозах при возникновении режимов опасных для дальнейшей его эксплуатации. К таким режимам относятся:

– появление давления в картере дизеля в результате пробоя газов, что может привести к взрыву. Защита осуществляется с помощью дифференциального манометра, подающего сигнал на остановку дизеля;

– снижение давления масла, опасное возможностью повреждения узлов трения дизеля. Осуществляется с помощью реле давления масла;

– нажатие кнопки «Аварийная остановка» в случае возникновения нештатной ситуации.

Снятие нагрузки с дизеля и тягового генератора путем выключения контакторов возбуждения тягового генератора и возбuditеля при возникновении режимов, угрожающих их нормальной эксплуатации:

– при открытии дверц высоковольтной камеры во избежание поражения локомотивной бригады электрическим током. Осуществляется с помощью концевых выключателей – блокировок дверц;

– при возникновении пробоя в силовой цепи на корпус тепловоза. Осуществляется с помощью реле заземления;

– при снижении давления масла в системе дизеля ниже определенного уровня. Осуществляется с помощью реле давления;

– при превышении допустимой температуры воды или масла в системах дизеля. Осуществляется с помощью термореле;

– при возникновении глубокого боксования, осуществляется с помощью реле боксования;

– при несрабатывании одного из поездных контакторов или при попытке трогания с места на позиции контроллера машиниста, отличной от нулевой. Осуществляется путем определенного включения блокировочных контактов поездных контакторов, реле управления и контактов контроллера машиниста.

Библиографический список

1 Электрооборудование тепловозов. Справочник / В.С. Марченко, А.А. Сергеев, В.Т. Иванченко [и др.]. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2003. – 248 с.

2 **Вилькевич, Б.И.** Электрические схемы тепловозов. ЗТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60 / Б.И. Вилькевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 221 с.

3 **Быков, В.Г.** Тепловоз ТЭП70 / В.Г. Быков. – М. : Транспорт, 1976. – 321 с.

4 **Нотик, З.Х.** Электрическая схема тепловоза ЧМЭЗ / З.Х. Нотик. – М. : Транспорт, 1973. – 73 с.

5 **Бородин, А.П.** Электрическое оборудование тепловозов: учебник для средних ПТУ / А.П. Бородин. – М. : Транспорт, 1988. – 287 с.

3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И СХЕМЫ ЛОКОМОТИВОВ

3.1 Общие сведения об электрических аппаратах тепловозов

Управление режимами работы тепловоза, его агрегатами и системами практически полностью осуществляется с помощью переключений в электрических цепях: в цепях тяговых и вспомогательных электрических машин, вспомогательных механизмов, в системах автоматического управления, регулирования и защиты. Эти переключения выполняются специальными устройствами – электрическими аппаратами.

Электрическим аппаратом называют электротехническое устройство, выполняющее функции коммутации, регулирования, стабилизации электрических, механических или иных нагрузок.

Все тепловозные электрические аппараты могут быть разделены по их рабочему напряжению на **высоковольтные** и **низковольтные**. Первые включены в силовые цепи тяговых электрических машин и рассчитаны на большие значения напряжений и токов. Вторые включают в цепи управления тепловоза, напряжение которых составляет 75 или 110 В в зависимости от серии локомотива, такие аппараты рассчитаны на сравнительно небольшие величины рабочих токов.

Кроме того, электрические аппараты, устанавливаемые на тепловозе, можно разделить по функциональному назначению на несколько групп: **коммутационные, аппараты управления, регулирования, защиты и контроля**.

Коммутационные аппараты предназначены для выполнения переключений в электрических цепях. К ним относятся:

- *реле;*
- *контакторы;*
- *переключатели.*

Реле предназначены для дистанционного управления коммутацией низкоточных и низковольтных цепей.

Коммутационные аппараты, обеспечивающие возможность дистанционного управления коммутацией силовых и высоковольтных цепей, называются **контакторами**.

Характерной особенностью реле и контакторов является наличие у их контактной системы только двух возможных состояний: включено и выключено.

Переключателем называется коммутационный аппарат, контактная группа которого может находиться в трех и более положениях, которые у некоторых аппаратов называются позициями. Как правило, контактные группы переключателей включают несколько контактов; различные положения (позиции) переключателя отличаются комбинацией замкнутых и разомкнутых контактов.

Различают переключатели силовые, выполняющие переключения в силовых (силовых) цепях и имеющие, как правило, специальное приводное устройство с дистанционным управлением, и ручные (пакетные) переключатели, применяемые для одновременной коммутации нескольких слаботочных цепей.

К аппаратам управления относят двухпозиционные (как правило) устройства для переключения цепей управления коммутационными аппаратами - ручные рубильники, тумблеры, кнопки, автоматические выключатели. Последние одновременно выполняют функцию защиты электрических цепей.

Сюда же могут быть отнесены широко применяемые на локомотивах электропневматические вентили, обеспечивающие дистанционное управление как пневматическими приводами силовых коммутационных аппаратов, так и другими агрегатами силовой установки тепловоза.

Аппараты защиты предназначены для защиты как электрических цепей, так и агрегатов силовой установки тепловоза от аварийных режимов работы. Защита электрических цепей осуществляется автоматическими выключателями и плавкими предохранителями. Слаботочные автоматические выключатели одновременно могут использоваться в качестве аппаратов управления работой схемы. Защита агрегатов силовой установки тепловоза от аварийных режимов работы осуществляется специальными реле – реле заземления, реле боксования, температурные реле, реле давления. Как правило, эти реле имеют специальное исполнение и совмещают функции датчиков, измеряющих значения некоторых параметров состояния силовой установки, и функции исполнительных реле, осуществляющих коммутацию цепей управления силовыми аппаратами при достижении недопустимого значения контролируемого параметра.

Аппараты регулирования используются в системах автоматического регулирования различных параметров состояния силовой установки тепловоза. Различают релейные (контактные) аппараты (датчики-реле давления, датчики-реле температуры, регуляторы напряжения, реле времени) и бесконтактные аппараты (тиристорные и транзисторные регуляторы напряжения, магнитные усилители, трансформаторы, электронные блоки системы автоматического регулирования напряжения тягового генератора). В последние годы все большее применение в системах автоматики локомотивов находят средства микропроцессорной техники.

3.2 Контактные аппараты. Устройство и элементы конструкции

Контактные электрические аппараты в общем случае состоят из следующих основных частей: **контактов, привода, дугогасящего устройства и панели** (основания). Однако не все перечисленные элементы могут в обязательном порядке входить в состав контактного аппарата. Например, реле, как правило, не имеют устройств дугогашения, а у таких аппаратов, как предохранители и резисторы, отсутствуют приводы и т. д.

Контакты предназначены для замыкания и размыкания электрических цепей, находящихся под током или без него. Различают неподвижные и подвижные контакты. Для приведения в движение подвижных контактов и соединения их с неподвижными служат **приводы** аппаратов. **Устройства дугогашения** позволяют быстро погасить электрическую дугу, возникающую при размыкании контактов аппарата под током. **Основание** или **панель** служат для размещения и закрепления на них всех элементов аппарата.

3.3 Электрический контакт. Виды и форма контактов

Электрическим контактом называется место перехода тока из одной детали в другую, а сами детали называются контактами. Контакты делятся на подвижные и неподвижные. К неподвижным контактным соединениям относятся такие, которые в процессе работы не разъединяются (соединение шин, кабельных наконечников, проводов на зажимах и др.) К подвижным контактным соединениям относятся контакты аппаратов, которые в процессе работы разъединяются.

По назначению контакты делятся на **силовые (главные)**, которые, замыкая или размыкая цепь, управляют протеканием в них тока, и на **вспомогательные (или блокировочные)**. Вспомогательные контакты служат для обеспечения необходимой последовательности включений или выключений других аппаратов и цепей, а также для сигнализации о включении цепей. По способу действия контакты делятся на *замыкающие* и *размыкающие*.

При отключенном приводе аппарата замыкающие контакты разомкнуты, размыкающие – замкнуты. По форме соприкасающихся поверхностей различают контакты: точечные, у которых соприкосновение происходит в одной точке или поверхностями малого радиуса; линейные, соприкасающиеся по прямой линии или практически по очень узкой поверхности; поверхностные. В аппаратах тепловозов применяют различные контакты. Клиновые контакты применяют у рубильников, переключателей и в держателях плавких предохранителей. Нож рубильника или металлический колпачок предохранителя входят в пружинящие стойки, упругостью которых создается плотность контакта. Линейные Г-образные контакты применяют для замыкания и размыкания цепей под нагрузкой. Нажимные контакты мостикового типа с двумя разрывами цепи и переключающего типа с одним разрывом применяют в реле, штепсельные – для соединения цепей управления тепловозов, работающих по системе многих единиц.

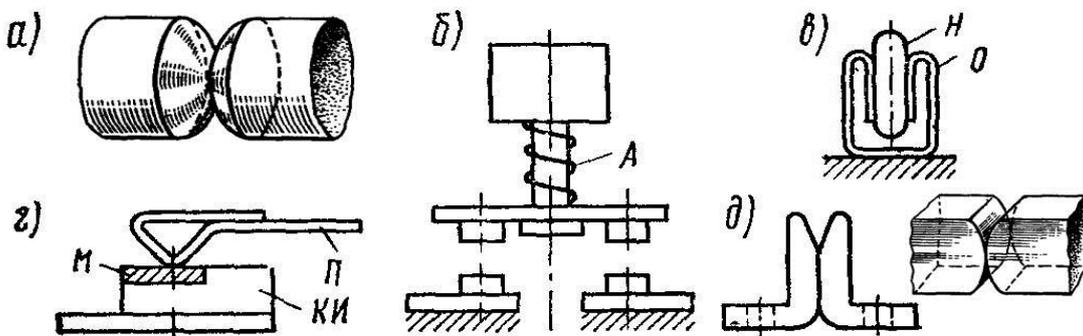


Рис. 3.1 Виды контактов:

а – точечные; *б* – мостиковые; *в* – клиновые; *г* – скользящие; *д* – линейные;
Н – нож; О – оправка

3.4 Электрическая дуга, условия возникновения и гашения

Размыкание подвижного и неподвижного электрических контактов под током сопровождается снижением величины контактного нажатия, что приводит к возрастанию сопротивления в точке контакта и, как следствие, к нагреву контактных поверхностей. В результате этого при разъединении контактов образуется искрение, происходит ионизация воздушного промежутка между контактными поверхностями и возникает такое явление, как электрическая дуга.

Дуга представляет собой непрерывный поток электронов и ионов, образующихся в результате ионизации молекул газа дугового промежутка, а также выделения электронов и ионов раскаленными поверхностями контактов.

Для возникновения дуги напряжение между разомкнутыми контактами должно быть выше 10...20 В, а ток в момент их размыкания не менее 0,4...0,9 А.

Температура в ядре дуги достигает 5 000 °С.

Пока между контактами аппарата «горит» дуга, он не в состоянии разорвать электрическую цепь. Дуга может перебрасываться на корпус аппарата или на элементы высоковольтной камеры, вызывая короткое замыкание. Под действием дуги происходит оплавление или деформация контактов. Для быстрого погашения электрической дуги используются различные способы, однако в тепловозной аппаратуре получил распространение способ, называемый магнитным дутьем, осуществляемым с помощью специального дугогасительного устройства (рис. 3.2).

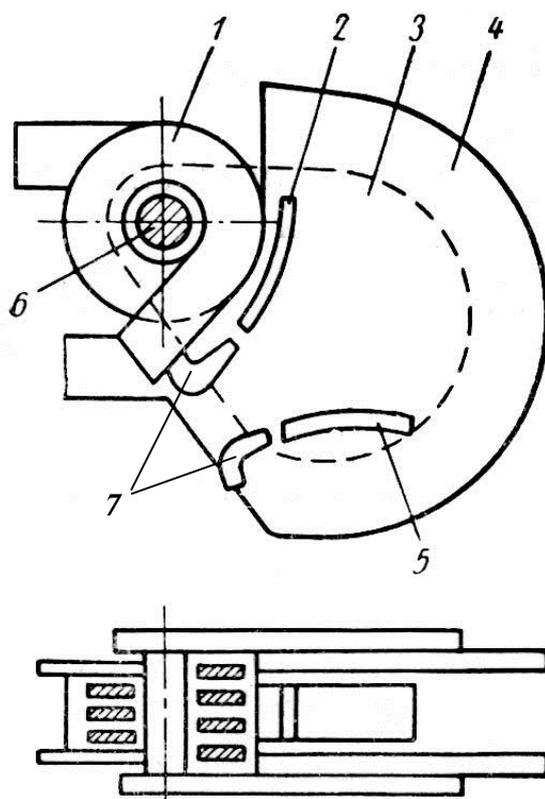


Рис. 3.2. Дугогасительное устройство

При таком способе дуга попадает в поле, создаваемое специальной дугогасительной катушкой 1, включаемой последовательно с контактами 7 аппарата. Металлические полюса 3, соединенные с сердечником 6, увеличивают эффективность воздействия электромагнитного поля на область горения дуги. Под действием этого поля дуга, представляющая, по сути, проводник с током, начинает перемещаться к краям контактов, перебрасываясь впоследствии на специальные дугогасительные рога 2 и 5. В процессе своего перемещения дуга оказывается внутри дугогасительной камеры 4, изготовленной из диэлектрического жаропрочного материала. По мере перемещения дуга удлиняется, ее сечение становится меньше, она охлаждается о стенки дугогасительной камеры, соприкасаясь с ними. Все это позволяет быстро погасить дугу. Внутренняя полость камеры также может быть разделена на секции, в результате чего дуга дробится ими на несколько частей, что еще более способствует ее погашению. Этому же способствует и большая скорость перемещения дуги, составляющая не менее 15 м/с. Такая скорость необходима для того, чтобы дуга, перемещаясь, обгоняла облако ионизированных газов, образующихся в результате ее горения и препятствующих ее погашению.

Вместе с тем при относительно больших токах и напряжениях дуга является необходимым элементом процесса разрыва цепи. Она обеспечивает плавное уменьшение тока в цепи благодаря непрерывному нарастанию сопротивления в ней и поглощению электромагнитной энергии, запасенной в индуктивностях обмоток электрических машин.

Напряжение дуги U_d возрастает прямолинейно с увеличением длины столба, что способствует гашению дуги.

При переменном токе гашение дуги облегчается вследствие периодического перехода тока через ноль.

3.5 Основные параметры, характеризующие работу подвижного контактного соединения

К таким параметрам относятся следующие:

- начальное нажатие контактов – усилие, создаваемое контактной пружиной аппарата в точке первоначального касания контактов;
- конечное нажатие – усилие, создаваемое контактной пружиной в точке конечного касания контактов (при полностью включенном контакторе);
- раствор контактов – кратчайшее расстояние между контактными поверхностями подвижной и неподвижной деталей в их разомкнутом положении;
- провал контактов – расстояние, которое прошел бы подвижный контакт, если бы не было неподвижного контакта.

Еще одним важным параметром подвижного контактного соединения является переходное сопротивление контактов.

Переходным сопротивлением называется электрическое сопротивление в месте перехода тока от одного контакта к другому. Переходное сопротивление зависит от силы нажатия, материала, температуры и качества обработки соприкасающихся поверхностей. Материалом контакт-деталей чаще всего слу-

жит медь, имеющая небольшое сопротивление, достаточную механическую прочность и износостойкость. Медь с присадкой кадмия увеличивает износостойкость. Медные контакты покрываются слоем окислов. Серебро имеет меньшее сопротивление, чем медь, но оно дороже и уступает меди по износостойкости. Серебряные контакты в виде тонких пластинок, напаянных на медные держатели, используются в цепях управления тепловозов. Широкое применение в тяговой электроаппаратуре находят металлокерамические контакты, представляющие композицию серебра с другими металлами (окись кадмия, никеля, вольфрама).

Электрический ток вызывает нагрев контактов, что в свою очередь приводит к окислению поверхностей, а следовательно, к росту контактного сопротивления. При увеличении контактного сопротивления повышаются тепловые потери, контакты могут перегреться, а при больших сопротивлениях оплавиться. Для уменьшения сопротивления применяют пружины, создающие достаточное нажатие на контакты. Чтобы неподвижные контактные соединения не окислялись, их медные детали подвергают лужению.

В процессе включения контактов происходит их относительное скольжение и перекатывание (рис. 3.3). Скольжение разрушает пленку поверхностного окисления, перекатывания удаляет рабочую точку контактов от места включения и отключения, т.е. от места разрыва дуги. Это уменьшает износ контактов и предохраняет их рабочую поверхность от обгорания. Притирание обеспечивается за счет того, что подвижный контакт 1 с держателем 4 на рычаге 3 укреплен шарнирно и между ними установлена притирающая пружина. В начальный момент замыкания подвижный и неподвижный 2 контакты соприкасаются в их верхних точках (рис. 3.3, а). При дальнейшем движении рычага подвижный контакт с держателем, сжимая пружину, поворачивается вокруг его оси на рычаге и перекатывается по неподвижному до линии рабочего контакта (рис. 3.3, б). Таким образом, замыкание и размыкание контактов, сопровождающееся образованием дуги, происходит не в тех точках контактов, через которые при полностью сработавшем контакторе протекает ток, что позволяет сохранить рабочие поверхности контактных деталей.

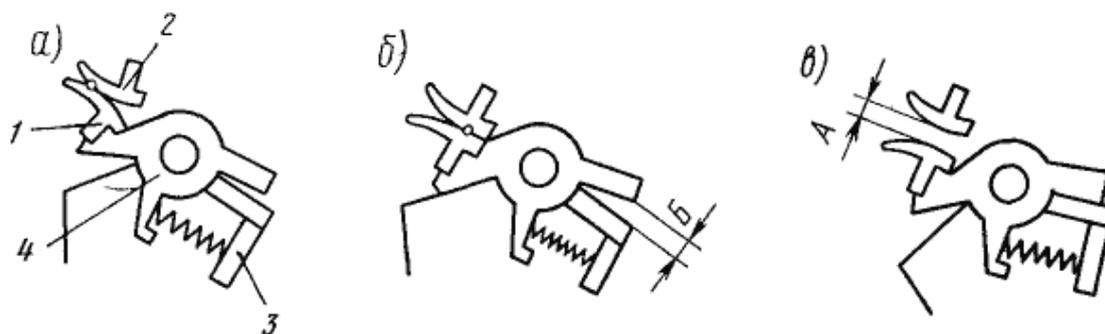


Рис. 3.3. Перекатывание контактов и их положение:

а – в момент замыкания; б – рабочее положение;

в – в отключенном положении аппарата; А – величина раствора контактов;

Б – величина провала

3.6 Приводы электрических аппаратов

Перемещение подвижных контактов аппарата осуществляется под действием привода. Различают непосредственные и косвенные приводы, индивидуальные и групповые.

Непосредственный (или ручной) привод имеют кнопки, разъединители, рубильники и другие аппараты, рассчитанные на малые токи и напряжения, или переключаемые без тока. В непосредственном приводе сила подвижной части аппарата прикладывается человеком с помощью рукоятки, кнопки или педали.

К аппаратам с непосредственным приводом так же относится контроллер машиниста.

Контакторы и реле имеют дистанционный – **косвенный** привод. Наиболее распространенными косвенными приводами являются электромагнитный и электропневматический.

Дистанционные косвенные приводы позволяют исключить опасность соприкосновения обслуживающего персонала с высоковольтным оборудованием, а также автоматизировать управление агрегатами тепловоза.

Привод, управляющий замыканием, только одного подвижного контакта с неподвижным контактом, называется **индивидуальным**, а привод, воздействующий одновременно на группу контактов, называется **групповым**.

3.6.1 Электромагнитный привод

В электромагнитном приводе используются сила притяжения якоря к сердечнику электромагнита или сила, перемещающая якорь внутри сердечника.

Наибольшее распространение получили аппараты с замкнутым магнитопроводом и поворотным перемещением якоря (рис. 3.4). Такие приводы состоят из катушки 1 с сердечником 2, к которому под действием магнитного поля, создаваемого катушкой при протекании по ней тока, притягивается якорь 4. Магнитопроводом служит ярмо 3.

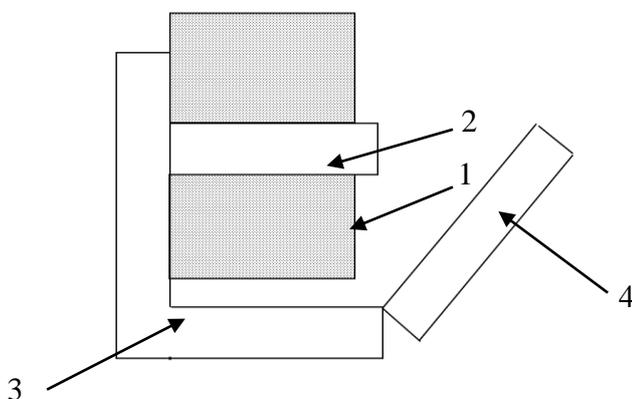


Рис. 3.4. Устройство электромагнитного привода:
1 – катушка; 2 – сердечник; 3 – ярмо; 4 – якорь

Сила тяги электромагнита описывается следующим выражением:

$$Q_i = \frac{k \cdot S_\delta}{2} \left(\frac{F}{\delta} \right)^2,$$

где k – постоянный коэффициент;

S_δ – площадь сечения воздушного зазора между сердечником и якорем;

F – магнитодвижущая сила;

Δ – величина воздушного зазора.

Необходимо отметить, что, исходя из этого выражения, сила тяги электромагнита в начальный момент (при полностью отведенном от сердечника якоре) и при полном срабатывании привода (прилегании якоря к сердечнику) будет меняться очень значительно из-за влияния уменьшающейся величины воздушного зазора. Именно поэтому так сильно отличаются величины токов, необходимых для срабатывания привода и для его удержания в полностью включенном состоянии. Такой своеобразный эффект гистерезиса характерен практически для всех электромагнитных реле и контакторов.

3.6.2 Электропневматический привод

В пневматических приводах используется давление сжатого воздуха на поршень, движение которого передается подвижным контактам аппарата через промежуточные механизмы. Пневматические приводы при относительно больших давлениях имеют меньшие габариты, чем электромагнитные, и требуют меньшего расхода энергии для поддержания необходимой силы, действующей на подвижную часть аппарата. Если в рабочем положении электромагнитного привода его катушка должна получать непрерывное питание, то в электропневматическом приводе достаточно поддерживать постоянное давление на поршень; при этом энергия в основном расходуется на восполнение утечек сжатого воздуха через неплотности пневматической системы. Существенное преимущество пневматического привода состоит также в том, что он может обеспечить большие перемещения подвижных частей аппарата при относительно постоянном давлении сжатого воздуха.

Пневматические приводы получили широкое применение в силовых индивидуальных контакторах, групповых аппаратах.

При перемещениях до **50 мм** применяют **диафрагменные приводы** (рис. 3.5, а), а там, где требуются большие перемещения, – **поршневые** (рис. 3.5, б).

Принцип работы пневматического привода следующий: при пуске воздуха в рабочую камеру 1 поршень 8 перемещает шток 5 (или диафрагма 3 прогибается, перемещая шток 5), связанный с подвижными контактами аппарата, которые в конце хода поршня (штока 5) займут замкнутое положение. При выпуске воздуха под действием пружины 7 (силы упругости диафрагмы) поршень 8 переместится вместе со штоком 5 в начальное положение (выключен-

ное), подвижные контакты отойдут от неподвижных, разомкнув цепь. Некоторые аппараты имеют **двухпозиционные приводы**, т. е. приводы, имеющие два фиксированных положения, в одном из которых замкнуты одни контактные соединения аппарата, в другом – другие. Выпуск воздуха из рабочей камеры такого привода не изменяет положение этих аппаратов, и переход в другое положение возможен только после подачи воздуха во вторую рабочую камеру.

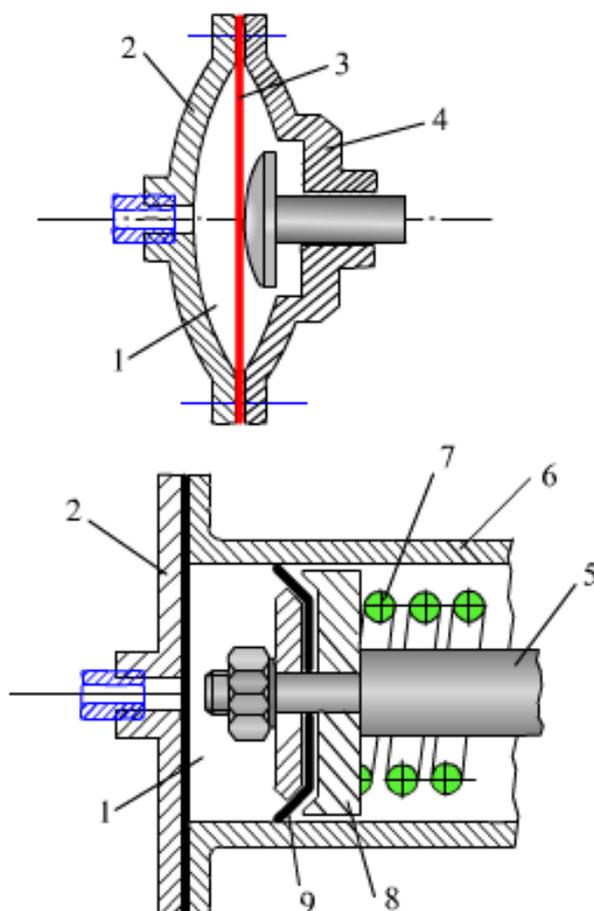


Рис. 3.5. Схемы пневматических приводов:

а) диафрагменного; *б)* поршневого;

1 – рабочая камера; *2* – крышка; *3* – диафрагма; *4* – корпус; *5* – шток;
6 – цилиндр; *7* – пружина; *8* – поршень; *9* – манжета

Простейший пневматический привод, применяемый в индивидуальных контакторах, состоит из цилиндра 1 с поршнем 2 и пружиной 3, под действием которой поршень при отсутствии сжатого воздуха перемещается вниз. При подаче сжатого воздуха в цилиндр поршень, преодолевая противодействие пружины, перемещается вверх. Движение поршня передается рычагу контакта через изоляционную тягу 4.

Управление впуском и выпуском сжатого воздуха в пневматических приводах осуществляется с помощью электропневматических клапанов. Они представляют собой систему из двух клапанов с электромагнитным приводом малой мощности.

Электропневматический вентиль (рис. 3.6) имеет электромагнитный привод плунжерного типа. На корпусе 8 вентиль установлена катушка 4, внутри которой имеются направляющие втулки 2 и 6. Подвижная часть состоит из плунжера (якоря) 3 и клапанов 5 и 7. При обесточенной катушке пружина 9 удерживает в верхнем положении подвижную часть. Клапан 7 закрыт, и сжатый воздух из резервуара не поступает в цилиндр привода, а клапан 5 сообщает цилиндр привода с каналом выпуска (атмосферой).

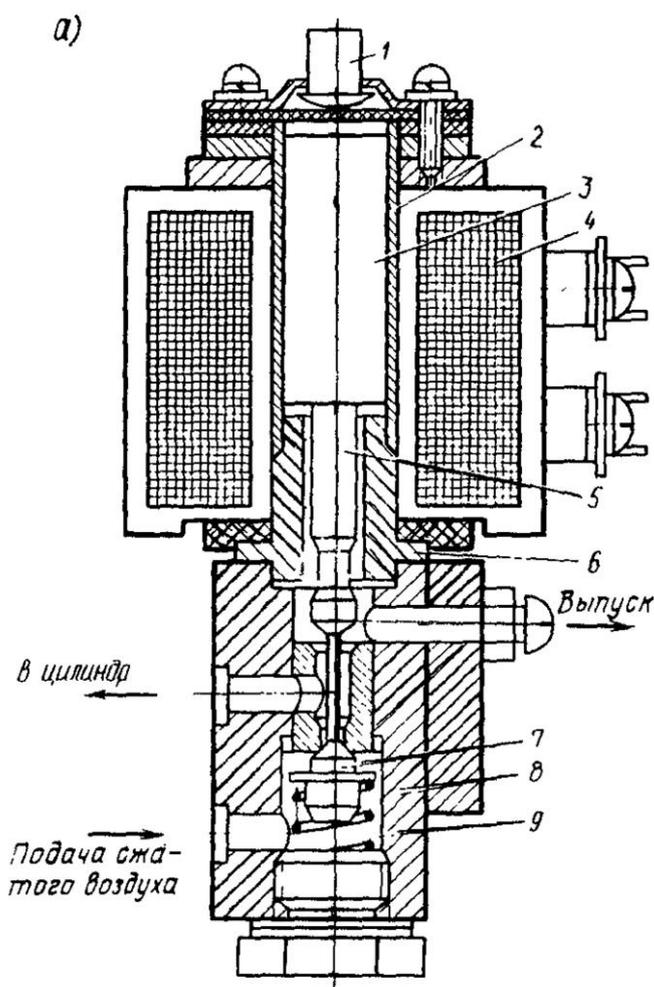


Рис. 3.6. Электропневматические вентили

При подаче напряжения на катушку плунжер 3 втягивается в катушку и перемешает подвижную часть вниз. При этом клапан 7 открывает нижнее отверстие, по которому в цилиндр поступает из воздушного резервуара сжатый воздух. Выпускной клапан 5 закрывает верхнее отверстие для выхода воздуха из цилиндра аппарата в атмосферу.

Вентиль снабжен кнопкой 1 для ручной проверки его работы.

3.7 Основные типы реле, используемые на тепловозах

3.7.1 Реле давления

Реле давления масла: служит для защиты дизеля от пониженного давления масла в системе охлаждения и смазки.

Обычно на тепловозах применяется два реле давления масла: одно (РДМ 1) контролирует давление масла на низших позициях контролера, а другое (РДМ 2) – на высших позициях. Таким образом, падение давления масла ниже определенного уровня приведет в результате срабатывания этих реле либо к остановке дизеля, либо к снятию нагрузки с него.

В таких реле обычно используются датчики давления сильфонного типа (рис. 3.7). В таких датчиках масло воздействует на сильфон 2, находящийся в герметичном корпусе 1 и представляющий собой гибкую гофрированную трубку, одна сторона которой так же герметична. Сильфон через упор со штоком 3 оказывает давление на кнопку микропереключателя или рычаг подвижного контакта реле. Точность срабатывания таких реле составляет около 0,05 атм. ($\text{кгс}/\text{см}^2$).

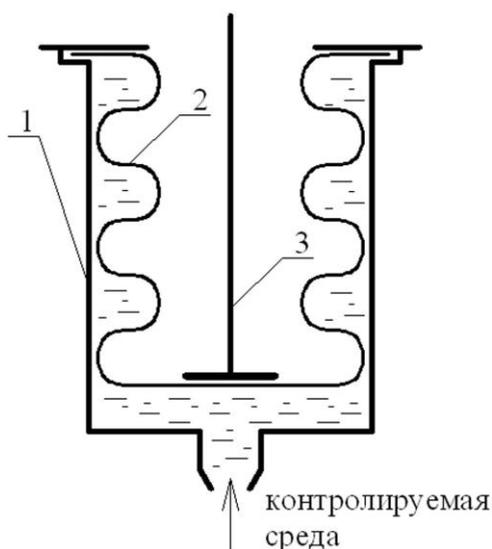


Рис. 3.7. Устройство сильфонного датчика

Реле давления воздуха

На тепловозах наиболее широкое применение нашло реле давления воздуха АК-11 Б. Оно предназначено для автоматического управления пуском компрессора в зависимости от давления сжатого воздуха в тормозной магистрали. Реле исключает возможность включения нагрузки при недостаточном давлении воздуха в тормозной магистрали.

Давление воздуха воспринимается мембраной, которая через шток передает усилие на планку с подвижными контактами реле.

Разница давления размыкания и замыкания составляет 0,15...0,18 МПа.

3.7.2 Комбинированное реле РКД

Это реле предназначено для контроля температуры и давления в водяной и масляной системах охлаждения дизеля.

Реле состоит из нескольких похожих по конструкции модулей, часть которых предназначена для контроля давления, а другая часть – для контроля температуры. Температурные элементы содержат термобаллон, капиллярную трубку и сильфон, представляющие собой замкнутую термосистему, заполненную жидкостью с большим коэффициентом объемного расширения.

При нагреве термобаллона жидкость в этой термосистеме расширяется, сильфон растягивается и, преодолевая сопротивление пружины, воздействует через шток на микропереключатель. При снижении температуры термобаллона жидкость в нем сужается и пружина сжимает сильфон, переводя микропереключатель в исходное положение.

Элементы, контролирующие давление, устроены идентично, но вместо термобаллона и капиллярной трубки к сильфону подводится патрубок, соединённый с масляной системой дизеля.

3.7.3 Реле управления (РУ)

Реле управления предназначено для включения и выключения отдельных цепей управления и регулирования.

На тепловозах устанавливают реле управления типа ТРПУ-1 (рис. 3.8). Оно рассчитано на напряжение 75 или 110 В и ток длительного режима 5 А. Реле имеет обычный электромагнитный привод, который управляет восемью контактными группами. Часть из них является нормальнозамкнутыми, а часть – нормальноразомкнутыми.

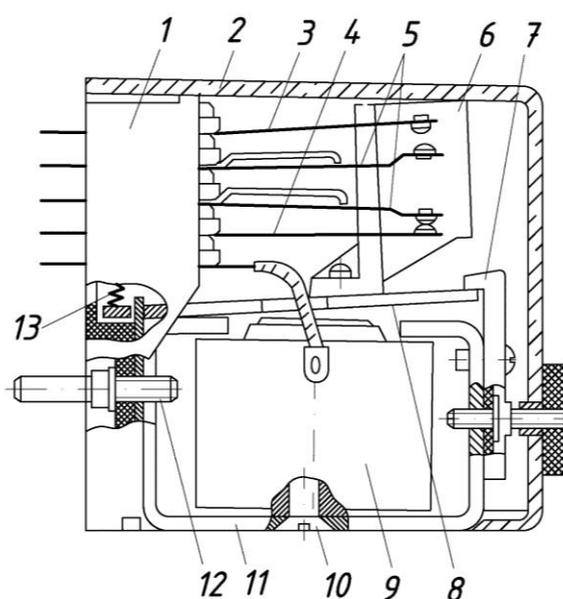


Рис. 3.8. Реле ТРПУ

Электромагнит клапанного типа состоит из скобы 11, сердечника 10 с катушкой 9 и плоского якоря 8. Ход якоря ограничивается угольником 7. С помощью пружины 13 якорь возвращается в первоначальное положение. На якоре установлена пластмассовая траверса 6, воздействующая на подвижные пластины замыкающих 3 и размыкающих 4 контактов. Контактные пластины, выводы катушки и электромагнит укреплены на пластмассовом корпусе 1 и закрыты кожухом 2.

При подаче напряжения на катушку реле якорь 8 подтягивается к скобе 11 и через траверсу 6 осуществляет замыкание и размыкание подвижных контактов 3 и 4 с неподвижными 5. При этом происходит размыкание замыкающих и замыкание размыкающих контактов.

Помимо реле ТРПУ-1 на некоторых тепловозах применяют реле РПУ-3, параметры которого не уступают описанному выше реле.

Ранее на тепловозах в качестве реле управления использовались реле типа Р-45М, обладавшие значительно большими габаритами и массой. В связи с моральным устареванием их со временем заменили на рассмотренные выше реле ТРПУ-1 и РПУ-3.

3.7.4 Реле времени

В электрических цепях тепловозов применяются электромагнитные и полупроводниковые реле времени.

Электромагнитные реле времени (рис. 3.9) используются для задержки отключения поездных контакторов после снятия возбуждения возбuditеля и тягового генератора, для ступенчатого восстановления нагрузки тягового генератора после прекращения боксования, для обеспечения последовательности срабатывания реле переходов.

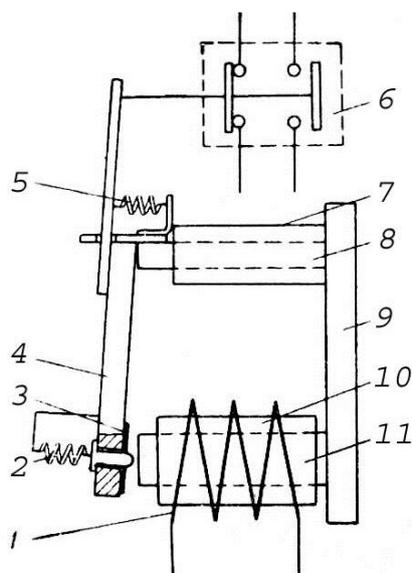


Рис. 3.9. Электромагнитное реле времени серии РЭВ-800:
 1 – катушка; 2, 5 – пружины; 3 – немагнитная прокладка; 4 – якорь;
 6 – контакты; 7 – алюминиевый демпфер; 8 – скоба; 9 – основание;
 10 – медная гильза; 11 – сердечник

Выдержка времени создается за счет наведения ЭДС самоиндукции в алюминиевом демпфере и основании. Выключение катушки приводит к появлению вихревых потоков в них и задерживает спадание магнитного потока в магнитопроводе. Это приводит к задержке отпадания якоря.

Бесконтактные полупроводниковые реле времени предназначены для управления контактором маслопрокачивающего насоса и пусковыми контакторами при запуске дизеля и обеспечивают большие выдержки времени с высокой точностью.

На тепловозах нашли применение бесконтактные реле времени серии ВЛ. Первые реле ВЛ-21 и ВЛ-31 были построены на транзисторах и имели недостаточные точность и надежность наряду со значительными габаритами. Позднее были разработаны реле времени серии ВЛ-50 на основе интегральной микросхемы, которые представляют собой малогабаритные полупроводниковые блоки со встроенными выходными электромагнитными реле. Эти реле разработаны специально для тепловозов, имеют высокую надежность и небольшие размеры, способны отсчитывать большие выдержки времени (вплоть до 200 с). Регулировка выдержки осуществляется при помощи двух указателей, расположенных на передней панели реле (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Внешний вид полупроводникового реле времени ВЛ-50

3.7.5 Реле боксования

Реле боксования предназначены для автоматической защиты тяговых электродвигателей тепловоза от разносного боксования. В качестве реле боксования применяют реле типа РК.

Реле серии РК представляет собой электромагнитный аппарат плунжерного типа, выполненный с разомкнутой магнитной системой. Втягивающий якорь (плунжер) укреплен на поворотном рычаге из немагнитного материала. Контактная система реле имеет один размыкающий и один замыкающий контакты перекидного типа. Высокая чувствительность реле, необходимая для сра-

батывания в начале боксования, достигается путем облегчения массы, уменьшения трения, тщательной балансировки подвижной системы, а также уменьшения усилия возвратной пружины.

Своевременное отпадание якоря реле после прекращения боксования для исключения большого снижения силы тяги тепловоза обеспечивается высоким коэффициентом возврата. Коэффициент возврата – это отношение тока катушки, при котором реле отключается, к току, при котором оно срабатывает. Этот коэффициент у реле РК должен быть не менее 0,8...0,85, что достигается за счет наличия в якоре реле специального выреза, который искусственно создает большой воздушный зазор в магнитной системе реле. Этот зазор гораздо больше воздушного зазора между якорем и сердечником, благодаря чему при срабатывании реле не происходит существенного увеличения магнитного потока и, следовательно, усилия притяжения якоря. В результате этого для отпадания якоря реле достаточно небольшого уменьшения тока в его катушке.

3.7.6 Реле заземления

Реле заземления (РЗ) служит для снятия нагрузки с тягового генератора при пробое изоляции на корпус.

Первоначально на тепловозах устанавливались реле заземления с механической защелкой. При возникновении пробоя на корпус якорь такого реле притягивался к сердечнику и автоматически фиксировался в этом положении специальной защелкой. Возврат реле в исходное состояние необходимо было производить вручную. Низкая надежность и большая масса такого реле явились причинами отказа от его использования.

На сегодняшний день на большинстве тепловозов установлены РЗ типа РМ-1110.

Реле заземления срабатывает при повреждении изоляции, когда оголившийся проводник в силовой цепи касается металлических частей тепловоза, а также при перебросах дуги на корпус в тяговых электродвигателях или тяговом генераторе.

Реле состоит из электромагнита и блока контактов, установленных на панели. Электромагнит включает в себя ярмо, якорь, сердечник, удерживающую РЗ (У) и рабочую РЗ (Р) катушки.

Удерживающая катушка постоянно включена на напряжение цепи управления тепловоза 75 или 110 В, но ее МДС недостаточна для включения реле. Если в силовой цепи тепловоза произошло замыкание на корпус, то через рабочую катушку реле будет протекать ток. Так как МДС обмоток РЗ (Р) и РЗ (У) направлены согласно, то в результате их совместного действия реле включится и якорь притянется к сердечнику. Траверса, прикрепленная к якорю, произведет переключение контактов. При снятии напряжения с катушки РЗ (Р) реле останется под действием МДС катушки РЗ (У) во включенном состоянии.

3.7.7 Дифференциальное реле

Дифференциальное реле (реле перехода) РД-3010 автоматически управляет током возбуждения тяговых электродвигателей тепловоза в зависимости от величины их тока и напряжения.

Магнитная система реле состоит из магнитопровода и двух катушек: токовой и напряжения. Катушка напряжения включается на напряжение главного генератора, так что ток в ней пропорционален его напряжению, а токовая катушка подключается параллельно обмотке дополнительных полюсов генератора, так что ток в ней пропорционален току главного генератора.

Реле срабатывает под воздействием электромагнитного усилия, создаваемого катушкой напряжения, которому противодействует усилие токовой катушки и пружины. Соответственно при уменьшении тока в катушке напряжения и увеличении тока в токовой катушке до определенных величин якорь реле отпадает и контакты размыкаются. Таким образом, магнитный поток, создаваемый токовой катушкой, противодействует потоку катушки напряжения.

Срабатывание такого реле приводит к включению группового контактора, каждая контактная пара которого подключает по одному резистору ослабления поля параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей.

3.8 Аппараты защиты

3.8.1 Дифференциальный манометр ДМ

ДМ предназначен для измерения разрежения в картере дизеля и остановки его в том случае, если в картере появится давление.

Манометр состоит из двух сообщающихся трубок, заполненных жидкостью (подсолонная вода с хромпиком). Одна трубка соединена с картером дизеля, а в другую вставлена колодка с контактами, включенными в цепь катушки реле управления.

При работе дизеля в картере создается разрежение, за счет которого нарушается равновесие жидкости в сообщающихся трубках манометра. В случае «пробоя» газов в картер дизеля создается давление, жидкость в трубке с контактами поднимается и замыкает их, создавая цепь питания катушки реле управления (рис. 3.11).

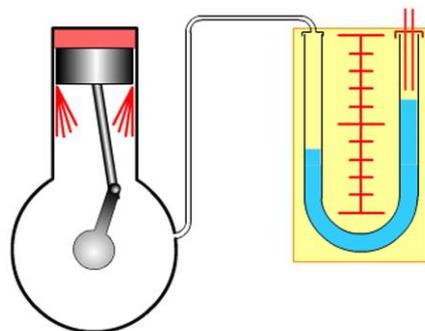


Рис. 3.11. Дифференциальный манометр

3.8.2 Предохранители

Предохранители предназначены для защиты электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий. Они представляют собой устройства, состоящие из цилиндрического или прямоугольного корпуса с контактами по краям, внутри которого размещается специальная плавкая вставка, соединенная с этими контактами. При возникновении перегрузки в цепи, где установлен предохранитель, произойдет превышение так называемого тока уставки этого предохранителя, в результате чего плавкая вставка перегорит и цепь будет разорвана. Различают два вида предохранителей – разборные и неразборные (рис. 3.12).

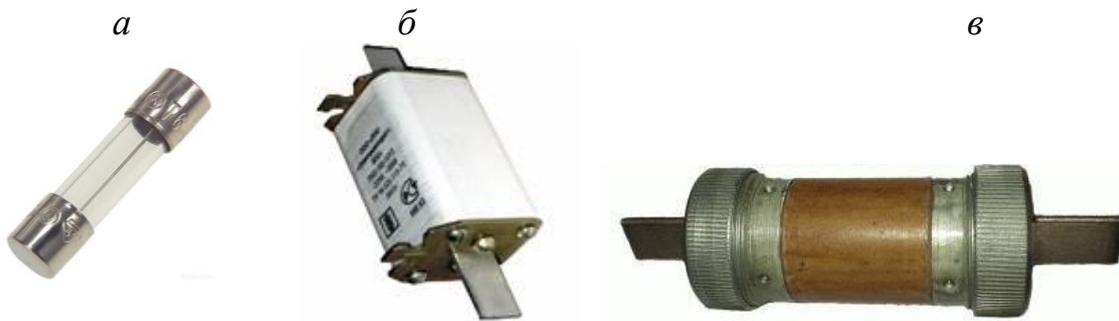


Рис. 3.12. Предохранители:

а – неразборный; *б* – разборный в керамическом корпусе серии ПН;
в – разборный серии ПР

Неразборные предохранители не подлежат восстановлению после перегорания плавкой вставки. В разборных же предохранителях она может быть заменена на новую.

Разборные трубчатые предохранители типа ПР на тепловозах защищают низковольтные цепи от перегрузок и коротких замыканий.

Предохранители в цепях управления, освещения, вспомогательных электродвигателей имеют плавкие вставки от 5 до 20 А (неразборные). Они представляют собой медную проволоку диаметром от 0,19 до 0,44 мм.

В цепях аккумуляторных батарей предохранители имеют вставки на 160 и 100 А, в цепях вспомогательных генераторов – на 125 и 80 А, в цепи электродвигателя малопрокачивающего насоса – на 100 А (разборные).

Разборный предохранитель состоит из фибровой трубки или керамического корпуса, в которые помещена плавкая вставка из листового цинка толщиной 0,6 мм. Вставка болтами прикреплена к контактным ножам. Она перегорает, когда по ней проходит ток, превышающий номинальное значение для данного предохранителя.

Трубку заполняют асбестовой бумагой, толченым мелом, кварцевым песком или мраморной крошкой, которые способствуют гашению дуги и защищают корпус от выгорания и повреждений.

3.8.3 Автоматические выключатели

Автоматические воздушные выключатели различных серий предназначены для защиты электрических установок постоянного и переменного тока при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых оперативных коммутаций силовых электрических цепей. Автоматические выключатели различаются:

- по числу полюсов: одно-, двух- и трехполюсные;
- по виду расцепителя: с электромагнитным, тепловым и комбинированным расцепителями.

На тепловозах применяют автоматические выключатели А63, АК63, А3100. Автоматические выключатели А63 и АК63 – одно- и двухполюсные предназначены для коммутации и защиты цепей постоянного тока. Автоматические выключатели А3100 предназначены для защиты при перегрузках и коротких замыканиях и для нечастых оперативных коммутаций цепей электродвигателей вентиляторов обдува тяговых электродвигателей и мотор-вентиляторов холодильной камеры.

Выключатель А-3161 (рис. 3.13). Выключатель состоит из следующих основных узлов: кожуха, коммутирующего устройства, дугогасительных камер, механизма управления, расцепителя максимального тока. Корпус автомата выполнен из пластмассы. Он состоит из основания, на котором смонтированы все части автомата, и крышки.

Коммутирующее устройство состоит из неподвижных и подвижных контактов, которые соединены с шинами расцепителя максимального тока. Держатели подвижных контактов соединены изоляционной траверсой и посредством механизма свободного расцепления связаны с рукояткой автомата. Контакты изготовлены из металлокерамики, вследствие чего они не подгорают и устойчиво работают в течение гарантийного срока.

Контакты каждого полюса заключены в дугогасительную камеру, где происходит гашение дуги путем дробления ее поперечными стальными пластинами. Механизм управления обеспечивает мгновенное замыкание и размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения рукоятки. Благодаря механизму свободного расцепления автоматическое отключение при перегрузках и коротких замыканиях происходит независимо от положения в этот момент рукоятки управления.

Расцепитель максимального тока может быть тепловым, срабатывающим с находящейся в обратной зависимости от тока выдержкой времени при перегрузках и коротких замыканиях; электромагнитным, срабатывающим мгновенно при токах, превышающих уставку на ток срабатывания; комбинированным, состоящим из теплового и электромагнитного элементов.

Автоматы А-3160 выпускаются только с тепловым расцепителем, а автоматы всех остальных типов – только с электромагнитным или комбинированным расцепителем.

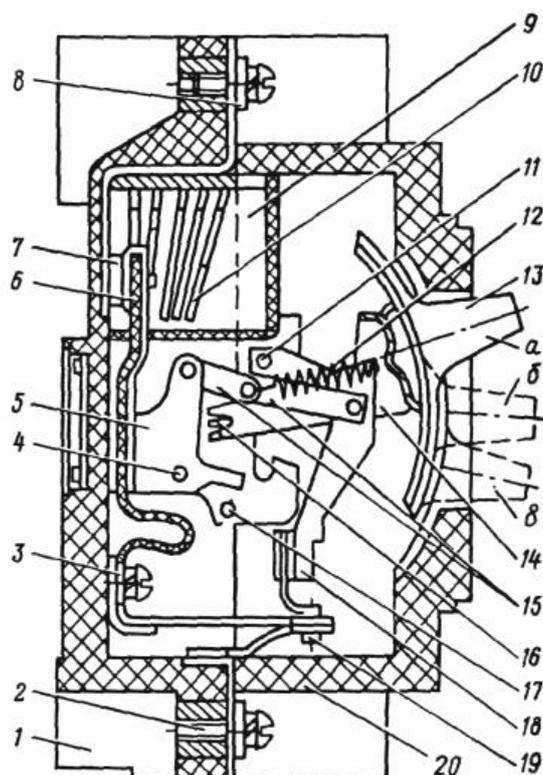


Рис. 3.13. Выключатель автоматический А-3161:

1 – корпус; 2, 8 – контактные зажимы; 3 – биметаллическая пластина расцепителя; 4, 11 – оси неподвижные; 5 – рычаг контактный; 6 – контакт подвижной; 7 – контакт неподвижный; 9 – камера дугогасительная; 10 – пластина металлическая; 12 – пружина; 13 – рукоятка; 14 – рычаг управления; 15 – рычаги переключения; 16 – упор рычага управления; 17 – упор; 18 – рычаг взвода; 19 – штырек; 20 – крышка; а – включен; б – выключен автоматически; в – выключен вручную

Выключатель А-63. Выключатель предназначен для установки в электрических цепях напряжением до 110 В постоянного тока или до 380 В переменного тока частотой 50-60 Гц для защиты от перегрузок и коротких замыканий и для оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой до 30 включений в 1 ч.

Выключатели выполняются на номинальные токи от 0,6 до 25 А и рассчитаны для работы без замены каких-либо частей. Выключатель состоит из следующих основных частей: механизма свободного расцепления, контактной системы, дугогасительного устройства, электромагнитного максимального расцепителя тока.

Все узлы выключателя размещены в корпусе. Механизм свободного расцепления обеспечивает мгновенное размыкание и замыкание контактов. Отключение выключателя при перегрузках и коротких замыканиях происходит независимо от того, удерживается ли рукоятка управления во включенном положении или нет.

Выключатели изготавливаются с нерегулируемыми в условиях эксплуатации уставками на ток срабатывания. Монтаж выключателей ведется в закрытых шкафах и распределительных устройствах.

Установка, присоединение проводников к зажимам и осмотр должны производиться при снятом напряжении.

Выключатель АК-63 (рис. 3.14). Выключатели предназначены для отключения при перегрузках и коротких замыканиях электрических цепей напряжением постоянного тока до 240 В или переменного тока частотой 50 или 60 Гц до 500 В, оперативных включений и отключений (до шести в 1 ч) этих цепей.

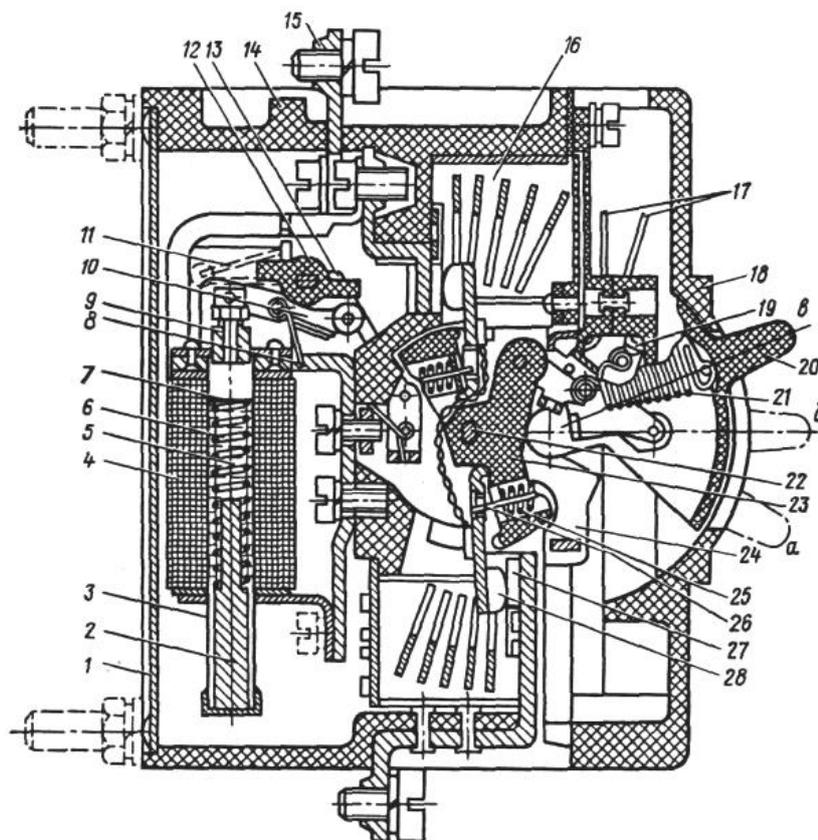


Рис. 3.14. Выключатель автоматический АК-63:

1 – дно; 2 – плунжер; 3 – трубка; 4 – катушка; 5 – жидкость специальная; 6, 8, 11, 21, 25 – пружины; 7 – наконечник полюсный; 9 – якорь; 10 – коромысло; 12 – рейка; 13 – рычаг; 14 – корпус; 15 – вывод; 16 – камера дугогасительная; 17 – выводы; 18 – крышка; 19 – вспомогательные контакты; 20 – рукоятка; 22 – ось; 23 – барабан; 24 – стойка; 26 – стержень; 27, 28 – контакты; а – включен; б – выключен автоматически; в – выключен вручную

3.9 Резисторы

Резистор – изделие, предназначенное для создания в электрической цепи заданного сопротивления току. Различают непроволочные резисторы, токопроводящим элементом которых являются тонкие углеродистые или металлические пленки, нанесенные на керамическую трубку либо стержень, а также про-

волочные резисторы, проводящим элементом которых служит проволока из высокоомного сплава, намотанная на изолирующий каркас.

Непроволочные резисторы МЛТ – металлизированные лакированные теплостойкие – используются в электронных бесконтактных блоках тепловозов и рассчитаны на мощность то 0,125 до 2 Вт.

Проволочные резисторы рассчитаны на мощность от 2,5 до 350 Вт и подразделяются на следующие типы:

– до 150 Вт: ПЭ – проволочные эмалированные; ПЭВ - проволочные эмалированные влагостойкие; ПЭВР – проволочные эмалированные влагостойкие регулируемые;

– мощностью 350 Вт: СР – проволочные на полых фарфоровых каркасах.

Проволочные резисторы устанавливаются на панелях сопротивлений ПС-2016, ПС-40 и ПС-50. Обозначение панели содержит основную информацию о ней, например: ПС-2016: П – панель; С – с сопротивлением; 20 – резистор мощностью 50 Вт; 1 – количество резисторов в панели; 6 – конструктивное исполнение. На панелях типа ПС-20 устанавливаются резисторы ПЭВ и ПЭВР мощностью 50 Вт; на панелях ПС-40-ПЭВР мощностью 100 Вт; на панелях ПС-50 – резисторы СР мощностью 350 Вт.

3.10 Контрольно-измерительные приборы

Для контроля режима работы тяговых электрических машин и аккумуляторной батареи, давления масла, топлива и воздуха, а также включения и выключения цепей управления и освещения в кабинах тепловозов устанавливаются пульта управления. На панели пульта размещены аппараты: вольтметры, амперметры, дистанционные электрические термометры и манометры, автоматические выключатели, тумблеры, кнопочные выключатели, световая сигнализация и другое оборудование.

3.10.1 Амперметры и вольтметры

Для измерения напряжения и тока на тепловозах применяют приборы магнитоэлектрической системы. Такие приборы наиболее точны, имеют равномерную шкалу, что позволяет на всем ее протяжении иметь одинаковую чувствительность и с одинаковой точностью отсчитывать показания.

Достоинствами магнитоэлектрических приборов являются: высокая устойчивость к перегрузкам, небольшое собственное потребление мощности, высокая чувствительность.

Магнитоэлектрические приборы (амперметры и вольтметры) имеют одинаковые по своему устройству измерительные механизмы, в которых рамка, по проводникам которой течет ток, вращается в поле постоянного магнита.

Отличие состоит в способах включения приборов.

Амперметр включают в цепь последовательно, т. е. так, чтобы через него прошел весь измеряемый ток. Собственное сопротивление амперметра должно

быть достаточно малым, чтобы падение напряжения на нем было как можно меньшим.

Вольтметр включают параллельно тому участку цепи, напряжение на котором нужно измерить. При изменении измеряемого напряжения пропорционально ему будут изменяться ток в цепи вольтметра и его показания. Собственное сопротивление вольтметра должно быть как можно большим, чтобы он не влиял на величину тока в цепи.

Сечение проводников рамок магнитоэлектрических приборов мало, поэтому через них можно пропустить небольшой ток (3...30 мА). Чтобы расширить пределы измерения, применяют шунты и добавочные резисторы.

Шунт – это резистор с тарированным сопротивлением малой величины ($10^{-2} \dots 10^{-4}$) Ом, включаемый параллельно амперметру. Поскольку токи распределяются обратно пропорционально сопротивлениям ветвей, большая часть измеряемого тока проходит по шунту и лишь небольшая часть через рамку амперметра. Чем меньше сопротивление шунта, тем больший ток можно с его помощью измерить.

Добавочный резистор включают последовательно с вольтметром. При этом сопротивление резистора во много раз превосходит сопротивление рамки. В результате основная часть измеряемого напряжения приходится на добавочный резистор, а лишь небольшая часть – на вольтметр. Чем больше значение измеряемого напряжения, тем больше должно быть сопротивление добавочного резистора.

3.10.2 Дистанционные электрические манометры и термометры

Электрические дистанционные манометры применяют для дистанционного измерения избыточного давления в масляной системе (на входе в дизель) и топливной (после фильтра тонкой очистки). Манометр состоит из приемника давления и электрического указателя, устанавливаемого на пульте управления машиниста. Приемник давления и указатель соединены проводами. Манометры питаются от сети постоянного тока напряжением $27 \text{ В} \pm 10 \%$. На тепловозах применяют манометры типа ЭДМУ. Принцип действия таких манометров следующий (рис. 3.15). Измеряемая среда, поступая в приемник давления, воздействует на упругую мембрану, которая деформируется и через передаточный механизм передвигает контакт c , скользящий по потенциометру R .

Если давление увеличивается, контакт c перемещается вниз, если уменьшается – вверх. В результате каждому значению измеряемого давления соответствует определенное положение контакта c и определенное сопротивление участков ac и bc потенциометра R . Соотношение сопротивлений ac и bc измеряют магнитоэлектрическим логометром, состоящим из двух неподвижных рамок I и II, расположенных под углом 120° , и подвижного магнита M , вращающегося в магнитном поле рамок. Рамки логометра включены в диагональ моста, два плеча которого образуют переменные сопротивления ac и bc , а два других плеча – нерегулируемые резисторы R_1 и R_2 .

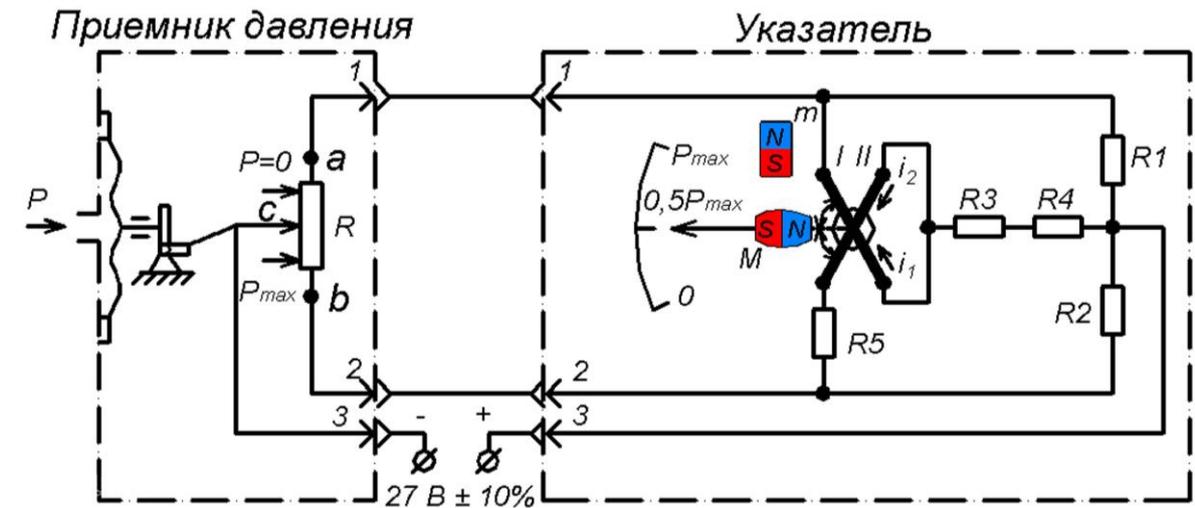


Рис. 3.15. Схема электрического манометра ЭДМУ

Под действием питающего напряжения в рамках логометра протекают токи i_1 и i_2 , образующие магнитные поля рамок. Взаимодействуя между собой, магнитные поля образуют результирующее поле, вдоль оси которого устанавливаются подвижный магнит M и связанная с ним указательная стрелка прибора.

Если источник питания манометра отключен (токи в рамках равны нулю), подвижной магнит и стрелка прибора могут находиться в произвольном положении. Чтобы вернуть стрелку к нулю шкалы, установлен добавочный неподвижный магнит m , взаимодействующий с подвижным магнитом M . Резисторы R_3 и R_5 предназначены для регулирования прибора.

Механизм приемника давления манометра смонтирован в герметическом алюминиевом корпусе. В основании корпуса закреплена гофрированная мембрана. Измеряемое давление подается под мембрану через штуцер. При увеличении давления мембрана деформируется и через шток и систему рычагов передает движение щеткодержателю с щетками (подвижным контактом), которые при повороте поводка скользят по проволочному потенциометру R .

Электрическими термометрами сопротивления измеряют температуру воды и масла дизеля на ведущей и ведомой секциях тепловоза. Принцип действия этих термометров основан на свойстве проводников и полупроводников менять электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Измеряя сопротивление с помощью специального измерительного устройства, судят о температуре среды, в которую помещен приемник с чувствительным элементом (проводником или полупроводником). На тепловозах устанавливают полупроводниковые термометры сопротивления ТП-2, состоящие из приемника ПП-2 и указателя ТУЭ-8А. Диапазон измерения температуры термометром ТП-2 от 0 до 120 °С.

Теплочувствительным элементом термометра ТП-2 (рис. 3.16) является полупроводниковый терморезистор. Приемник термометра вместе с встроенным в него терморезистором устанавливают в месте измерения температуры.

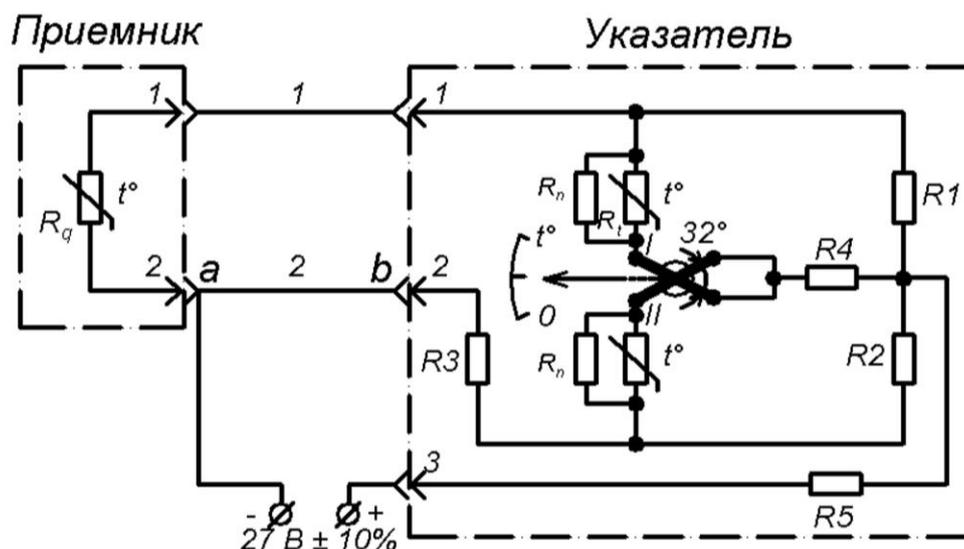


Рис. 3.16. Схема электрического термометра ТП-2

Указатель прибора (магнитоэлектрический логометр) включен в диагональ мостовой измерительной схемы. Два плеча этой схемы образуют нерегулируемые резисторы R_1 и R_2 , а два других плеча – нерегулируемый резистор R_3 и терморезистор R_q , величина сопротивления которого зависит от температуры измеряемой среды. Резистор R_4 образует полудиagonal моста. Вторую diagonal моста через резистор R_5 подключают к источнику питания постоянного тока напряжением $27 \text{ В} \pm 10\%$. Применение мостовой измерительной схемы повышает чувствительность прибора.

Измерительный механизм логометра состоит из двух подвижных рамок I и II, жестко закрепленных на оси под углом 32° друг к другу. Рамки вращаются в неравномерном магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом (на схеме не показан), и перемещают вдоль шкалы указательную стрелку.

Вращающие моменты рамок I и II направлены встречно. При изменении температуры и, следовательно, R_q изменяются токи в рамках логометра и их моменты. Под действием большого момента рамки начнут поворачиваться по или против часовой стрелки. При некотором угле поворота движущий и противодействующий моменты станут равны, перемещение рамок прекратится, а стрелка прибора укажет значение измеряемой температуры. При выключенном питании возврат рамок в исходное (нулевое) положение осуществляется тремя пружинками. Их момент по сравнению с моментами вращения рамок I и II значительно меньше, поэтому они не оказывают заметного влияния на показания прибора.

3.11 Электрические схемы тепловозов

Электрической схемой называется изображение на чертеже совокупности электрических соединений всего электрического оборудования локомотива, которое представлено в виде условных графических обозначений.

3.11.1 Виды схем

Различают следующие виды схем:

- *принципиальные схемы*, на которых показано соединение между собой всего электрооборудования, но не указано конкретное подключение проводов;
- *исполнительные схемы*, на которых показано конкретное подключение каждого провода и маркировка всех проводов;
- *монтажные схемы*, на которых показаны трассы в высоковольтной камере, по которым должны прокладываться все провода.

В электрической схеме различают следующие виды цепей:

- силовые цепи, в которые входят главные электрические машины и аппараты (тяговые электродвигатели, тяговые генераторы, главные контакты силовых контакторов, реверсора и т.д.);
- цепи управления, объединяющие катушки приводов аппаратов, блок-контакты, контакты органов управления и защиты и др.;
- вспомогательные цепи, в которые входят двигатели и генераторы вспомогательных устройств локомотива, средства управления ими и их защиты (двигатели компрессоров, вентиляторов, масляных и топливных насосов и др.);
- цепи освещения, соединяющие все осветительные устройства локомотива и средства управления ими.

Такое деление цепей является условным, поскольку отдельные элементы одного аппарата могут входить в различные цепи.

3.11.2 Требования, предъявляемые к электрическим схемам локомотивов

1 Все операции по управлению локомотивом должны быть простыми, легко запоминающимися, удобными и выполнимыми с помощью минимального количества органов управления.

2 Должны быть обеспечены заданные последовательности переключения аппаратов при перестановке органа управления из одного положения в другое как в прямом, так и в обратном направлении.

3 Отказ какого-либо аппарата не должен привести к неправильному режиму, представляющему опасность (движение локомотива не в заданном направлении, тяговый режим вместо тормозного, короткое замыкание и т.д.).

4 Возможность работы по системе многих единиц. При этом неисправность какого-либо одного из локомотивов не должна влиять на работу других тепловозов.

3.11.3 Автоматизация управления локомотивом с помощью электрического оборудования

На локомотивах применяют в основном аппараты с дистанционным управлением с целью автоматизации управления и защиты. Автоматизация позволяет упростить управление локомотивом, снизить опасность ошибок и обеспечить наиболее рациональные режимы работы оборудования.

Автоматизация оставляет за локомотивной бригадой только несколько основных операций по управлению локомотивом:

- выбор направления движения;
- выбор тягового или тормозного режима;
- подготовка локомотива к движению (пуск дизеля);
- регулирование скорости движения;
- некоторые другие операции.

Все промежуточные операции, а также последовательность и взаимная зависимость переключения аппаратов тепловоза с заданными выдержками времени должны обеспечиваться электрической схемой в автоматическом режиме.

3.12 Цепи пуска дизеля

Для запуска дизеля локомотива используют электрический стартер, который, используя энергию аккумуляторной батареи, приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

В качестве пускового электродвигателя может использоваться тяговый генератор постоянного тока или специальный стартер-генератор.

Последовательность действий при запуске дизеля одинакова для всех серий отечественных тепловозов. Основное отличие сводится к степени автоматизации выполнения операций. Различают неавтоматическое и автоматическое управление пуском дизеля.

При неавтоматическом управлении пуском дизелей, которое применяется на тепловозах более ранней постройки, кнопку «Пуск дизеля» удерживают во включенном состоянии до окончания процесса запуска.

При автоматическом управлении пуском дизеля на тепловозах более поздней постройки кнопка «Пуск дизеля» включается кратковременно, а затем весь процесс запуска протекает по заранее определенной программе.

Обязательными элементами электрической схемы при автоматическом управлении пуском дизеля являются:

1) промежуточное реле или контактор, которые создают цепь замещения цепи кнопки «Пуск дизеля» так, что для питания цепей управления запуском дизеля достаточно лишь кратковременного ее нажатия;

2) система, которая после окончания запуска дает сигнал на разборку цепи управления;

3) реле времени, которое ограничивает продолжительность прокрутки коленчатого вала дизеля, не допуская чрезмерного разряда аккумуляторной батареи.

На большинстве тепловозов применяется предварительная (перед запуском) прокачка масла. Прокачка масла имеет большое значение с точки зрения уменьшения износа трущихся деталей дизеля, ускорения процесса запуска, уменьшения разряда аккумуляторной батареи и повышения надежности запуска. Начинается прокачка масла в системе смазки дизеля тотчас же при нажатии кнопки «Пуск дизеля» как при автоматическом, так и при неавтоматическом управлении запуском. Заканчивается прокачка масла:

- 1) по установленной выдержке времени;
- 2) при достижении заданного давления в системе смазки;
- 3) при выключении пусковых контакторов.

Пусковые контакторы включаются по истечении выдержки времени, отведенной на предварительную прокачку масла или при достижении в период прокачки масла определенного давления. Выключаются пусковые контакторы при отпускании кнопки «Пуск дизеля» (неавтоматическое управление запуском), обеспечении заданного давления в системе смазки дизеля или достижении заданных давления масла и частоты вращения коленчатого вала дизеля (автоматическое управление запуском дизеля).

Прежде чем запускать дизель, требуется произвести осмотр всей дизель-генераторной установки и удостовериться, что для запуска нет никаких препятствий. При этом дизель и все его вспомогательные агрегаты исправны: дизель заправлен водой и маслом, в топливных баках есть в наличии дизельное топливо. Необходимо проверить состояние всех вентилях на трубопроводах системы охлаждения и смазки, быть уверенным в исправности аккумуляторной батареи. Проверить работу вентиляторов холодильника и состояние органов управления.

Если запускается холодный дизель, то его необходимо прогреть пропуском теплой воды по системе охлаждения.

Независимо от схемных решений организации цепей пуска дизеля, на любом тепловозе они должны отвечать определенным требованиям и обеспечивать ряд защит:

- осуществление автоматического пуска дизеля по нажатию кнопки «Пуск дизеля» на пульте машиниста с выполнением требуемых операций в заданной последовательности и с требуемыми выдержками времени;
- возможность включения режима пуска дизеля только на нулевой позиции контроллера машиниста;
- параллельное соединение аккумуляторных батарей всех секций тепловоза в режиме пуска дизеля для облегчения его запуска;
- автоматическую прокачку масла перед прокруткой коленчатого вала дизеля в течение установленного времени;
- ограничение времени раскрутки коленчатого вала при неудачном пуске дизеля во избежание разрядки аккумуляторных батарей;
- автоматическое отключение цепей пуска дизеля при успешном его пуске;
- воздействие на топливную аппаратуру и регулятор числа оборотов дизеля для ускорения его запуска;
- предотвращение возможности пуска дизеля, если валоповоротный механизм введен в зацепление с его маховиком.

3.13 Цепи приведения в движение

Эти цепи служат для включения контакторов возбуждения, которые чаще всего обозначаются в схемах тепловозов как **ВВ** и **КВ**, подключения тяговых электродвигателей к тяговому генератору (включение поездных контакторов, обозначаемых **П1**, **П2** и т. д.), изменения направления движения, изменения скорости движения локомотива и защиты оборудования от ненормальных режимов работы.

Последовательность операций, выполняемых при трогании тепловоза с места на всех сериях тепловозов, практически одинакова. Для этого необходимо повернуть реверсивную рукоятку контроллера в требуемом направлении движения, включить тумблер «Управление тепловозом», поставить штурвал контроллера машиниста в первую и последующие позиции.

При включении тумблера «Управление тепловозом» подготавливается цепь на катушки электропневматических вентилей поездных контакторов **П**. При переводе штурвала контроллера в первую позицию поворачивается кулачковый вал реверсора **ПР**, включаются поездные контакторы и контакторы возбуждения, срабатывают некоторые реле управления **РУ**. Появляется напряжение тягового генератора, которое прикладывается к зажимам тяговых двигателей, в результате чего начинается их вращение и движение тепловоза.

Так же, как и цепи пуска дизеля, независимо от схемных решений цепи трогания с места на любом тепловозе должны отвечать определенным требованиям и обеспечивать ряд защит:

- возможность трогания с места только на первой позиции контроллера машиниста;
- включение тягового режима только в случае успешного запуска дизеля;
- возможность выбора направления движения тепловоза;
- автоматическое подключение тяговых двигателей к тяговому генератору с помощью поездных контакторов;
- автоматическое включение возбуждения возбuditеля и тягового генератора;
- запрет на включение тягового режима в случае открытия одной из дверей высоковольтных камер или при срабатывании реле заземления;
- отключение тягового режима или запрет на его включение в случае превышения температуры воды или масла в системах дизеля, а также при понижении давления масла или воздуха в тормозной системе менее допустимого предела;
- возможность отключения одного из неисправных тяговых двигателей и продолжения движения на оставшихся исправных;
- задержку на отключение поездных контакторов при переходе в режим холостого хода, во избежание возникновения перенапряжений в тяговых электрических машинах;
- автоматическое выполнение всех операций по приведению тепловоза в движение или по переходу в режим холостого хода с соблюдением их последовательности и требуемых выдержек времени.

3.14 Цепи набора позиций

После приведения тепловоза в движение для увеличения его скорости машинист поворачивает контроллер на пульте, воздействуя при этом на регулятор числа оборотов дизеля. Обычно регулятор снабжен специальными тяговыми электромагнитами, которые в разной, не повторяющейся комбинации, включаются на каждой позиции контроллера, изменяя определенным образом затяжку всережимной пружины регулятора. В результате этого регулятор перестраивается на новое значение поддерживаемого числа оборотов коленчатого вала и, как следствие, изменяет положение реек топливных насосов высокого давления, изменяя тем самым подачу топлива в цилиндры дизеля. Это приводит в конечном итоге к изменению частоты вращения его коленчатого вала, а значит, к изменению напряжения тягового генератора и скорости тепловоза. Сигнал на включение того или иного электромагнита регулятора подается контактами контроллера машиниста при повороте штурвала на определенную позицию.

3.15 Перспективные системы управления тепловозом

На сегодняшний день на локомотивах широко внедряются микропроцессорные системы управления. Они позволяют снизить стоимость аппаратуры, снизить массогабаритные показатели, а за счет реализации более эффективных алгоритмов снизить расход топлива, электроэнергии и улучшить тяговые свойства локомотивов.

Аппаратура микропроцессорных систем автоматического регулирования осуществляет ввод информации от датчиков или командных устройств, логическую обработку этой информации в заданной последовательности и вывод полученных результатов в исполнительные устройства. Наиболее широкое распространение на тепловозах получили системы УСТА и МСУ-Т.

В системе УСТА (унифицированная система тепловозной автоматики) управляющая программа, которая хранится на специальной энергонезависимой интегральной микросхеме, производит анализ сигналов датчиков: напряжения тягового генератора УТГ, тока тягового генератора ИТГ, напряжения цепей управления УВГ, частоты вращения коленчатого вала дизеля n и положения рейки топливных насосов высокого давления h , а также дискретных сигналов: положения рукоятки контроллера МР1 – МР4, состояния некоторых реле и контакторов. В результате этого анализа вырабатывается управляющее воздействие на изменение тока возбуждения тягового и вспомогательного генераторов.

Микропроцессорная система управления, регулирования и диагностики тепловозов (МСУ-Т) отличается более совершенной элементной базой. Её применение позволило исключить из схемы его управления все промежуточные реле включения исполнительных аппаратов тепловоза, а также реле времени. Установка в кабине машиниста дисплейных модулей (ДМ) предоставила возможность отказаться от использования пультовых амперметров, электроmano-

метров и термометров, за исключением приборов контроля тормозного оборудования.

Важная функция МСУ-Т – автоматическая диагностика основного и вспомогательного оборудования тепловоза. Находясь в кабине, локомотивная бригада имеет возможность контролировать на ДМ практически все параметры основных и вспомогательных систем тепловоза. В случае возникновения какой-либо неисправности, а также при несанкционированной работе исполнительного аппарата и выходе за предельно допустимое значение любого из опрашиваемых параметров на ДМ индицируется аварийно-предупредительное сообщение с указанием неисправности.

Система МСУ-Т выполняет большой перечень функций, она бесконтактно управляет электрической схемой тепловоза во всех режимах его работы.

Библиографический список

1 **Рудая, К.И.** Электрическое оборудование тепловозов / К.И. Рудая. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1981. – 476 с.

2 **Вилькевич, Б.И.** Электрические схемы тепловозов. ЗТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60 / Б.И. Вилькевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 221 с.

3 Электрооборудование тепловозов. Справочник. – М. : Транспорт, 1981. – 287 с.

4 **Быков, В.Г.** Тепловоз ТЭП70 / В.Г. Быков. – М. : Транспорт, 1976. – 321 с.

5 **Нотик, З.Х.** Электрическая схема тепловоза ЧМЭЗ / З.Х. Нотик. – М. : Транспорт, 1973. – 73 с.

6 **Бородин, А.П.** Электрическое оборудование тепловозов: учебник для средних ПТУ / А.П. Бородин. – М. : Транспорт, 1988. – 287 с.

4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ЛОКОМОТИВОВ

4.1 Электрические передачи мощности постоянного тока

4.1.1 Передачи мощности тягового подвижного состава. Тяговая характеристика ТПС и внешняя характеристика дизеля. Требования, предъявляемые к передачам мощности

Передачей мощности называется совокупность устройств, передающих вращающий момент от вала силовой установки к движущим колесным парам. Основным назначением передачи мощности локомотива является приспособление характеристик силовой установки (дизеля) к условиям тяги.

Графическая зависимость между касательной силой тяги F_T и скоростью движения V_T локомотива называется *тяговой характеристикой локомотива*. Тяговая характеристика локомотива (рис. 4.1) имеет следующие ограничения:

1 Сила тяги не должна превышать силу сцепления колес локомотива с рельсами

$$F_{T \max} \leq \Psi_{\max} P_{\text{сц}},$$

где $P_{\text{сц}}$ – сцепной вес тепловоза; Ψ_{\max} – расчетный коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами.

При $F_T > \Psi_{\max} P_{\text{сц}}$ нарушается сцепление колес локомотива с рельсами и начинается *процесс боксования* (ограничение АБ).

2 Для каждого локомотива установлена *максимальная (конструкционная) скорость* $V_{T \max}$ – ограничение БВ.

3 Реализация тяговой характеристики в границах АБВ технически неосуществима и нецелесообразна. Рациональная тяговая характеристика локомотива имеет *ограничение по мощности силовой установки*.

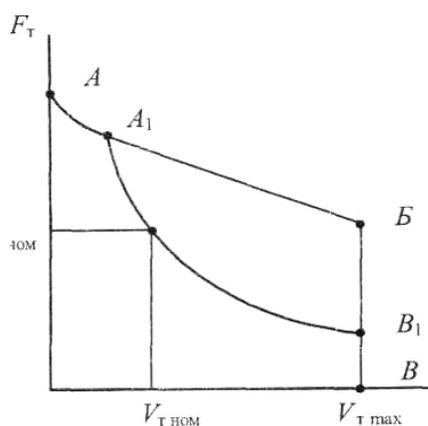


Рис. 4.1. Тяговая характеристика локомотива

Мощность силовой установки локомотива необходимо использовать полностью во всем диапазоне изменения скорости V_T . Возникает условие, отвечающее уравнению гиперболы:

$$N_K = 10^{-3} F_T \cdot V_T,$$

где F_T – сила тяги, отнесенная к ободу движущих колес (касательная сила тяги), Н.

Внутри области, ограниченной линией $A-A_1-B_1-B$, локомотив должен реализовывать любые значения силы тяги в рабочем диапазоне изменения скорости движения.

Первичным двигателем на тепловозе является дизель. Скорость движения локомотива V_T , м/с и сила тяги F_T , Н связаны с частотой вращения коленчатого вала дизеля $n_{дг}$ и вращающим моментом на валу M_T выражениями:

$$V_T = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_{дг}}{\mu_n}, \quad F_T = \mu_n \cdot \frac{2M_{дг} \cdot \eta_n}{D_k},$$

где D_k – диаметр движущих колес, м;

$n_{дг}$ – частота вращения коленчатого вала дизеля, с⁻¹;

μ_n – передаточное отношение передачи мощности ($\mu_n = n_{дг} / n_{кп}$, здесь $n_{кп}$ – частота вращения оси колесной пары);

$M_{дг}$ – вращающий момент коленвала дизеля, Нм;

η_n – КПД передачи.

Передача мощности тепловоза преобразует вращающий момент $M_{дг}$ и частоту вращения вала дизеля $n_{дг}$ в переменные величины вращающего момента и частоты вращения колесных пар.

Моментные характеристики дизелей (зависимости вращающего момента от частоты вращения вала дизеля) практически непригодны для локомотива как тягового транспортного средства (рис. 4.2).

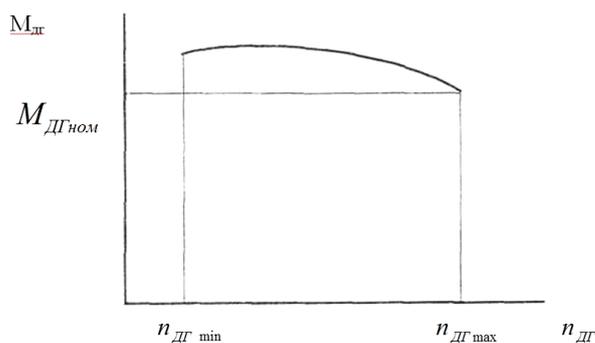


Рис. 4.2. Моментная характеристика дизеля

При постоянном значении передаточного отношения передачи мощности $\mu_n = \text{const}$ тяговая характеристика тепловоза была бы подобна моментной характеристике дизеля и такая тяговая характеристика совершенно не удовлетворяла бы требованиям тяги. Кроме того, дизель может работать под нагрузкой в достаточно узком диапазоне скоростей: $n_{дг \text{ min}} = (0,45 \div 0,60)n_{дг \text{ max}}$.

В то же время дизель как силовая установка наиболее полно удовлетворяет требованиям тяги по мощности, экономичности, надежности, габаритным размерам и весу и другим показателям.

Согласование характеристики дизеля с требуемой тяговой характеристикой осуществляется за счет изменения передаточного отношения передачи мощности $\mu_{\text{П}}$. Это позволяет при сохранении постоянной частоты вращения вала дизеля и его вращающего момента, а значит и его мощности, изменять в широком диапазоне скорость движения V_T и силу тяги тепловоза F_T в соответствии с изменением профиля пути и условий движения.

Изменение момента и частоты вращения в передаче мощности может происходить без преобразования или с преобразованием энергии из одного вида в другой. Если передача мощности способна передавать вращающий момент и частоту вращения без изменения характера зависимости между ними, то такая передача обладает свойствами *прозрачности* (например, механическая передача мощности).

Преобразование момента и частоты вращения может быть *ступенчатым* и *непрерывным*.

Основные требования, предъявляемые к передаче мощности:

- обеспечение требуемой тяговой характеристики и плавное изменение силы тяги и скорости локомотива во всем рабочем диапазоне (от 0 до F_{max} и от 0 до V_{max});
- обеспечение пуска дизеля без нагрузки с последующим ее подключением;
- обеспечение возможности реверсирования передачи (изменения направления движения локомотива);
- общетехнические требования (высокий КПД, надежность, минимальные вес и габариты, невысокая стоимость, минимальные эксплуатационные затраты и др.).

4.1.2 Виды передач мощности ТПС. Достоинства и недостатки

Выбор типа передачи определяется мощностью силовой установки локомотива, его назначением и условиями его работы.

Применяются передачи мощности следующих типов:

- механическая (до 150–200 кВт);
- гидравлическая и гидромеханическая (до 350–600 кВт);
- электрическая (для магистральных локомотивов, до 6000 кВт).

4.1.3 Три этапа развития тягового электропривода локомотивов

В развитии электрических передач мощности тепловозов можно отметить следующие этапы:

- 1) ЭПМ постоянного тока, где используются генераторы и тяговые двигатели постоянного тока, электромашинные либо аппаратные системы регулирования напряжения тягового генератора;

2) ЭПМ переменного-постоянного тока, где используются синхронные генераторы, полупроводниковые выпрямительные установки и коллекторные тяговые двигатели постоянного тока. Здесь находят применение либо аппаратные, либо – на современных локомотивах – микропроцессорные системы управления;

3) ЭПМ переменного тока, где используются синхронные генераторы, статические выпрямительно-инверторные преобразователи, бесколлекторные тяговые двигатели переменного тока и микропроцессорные системы управления. ЭПМ переменного тока, в которой применяются асинхронные тяговые двигатели, может быть названа асинхронным тяговым приводом локомотива.

4.2 Тяговый привод электровозов постоянного тока с коллекторными ТЭД

4.2.1. Схема тягового электропривода постоянного тока.

Устройство и конструкция коллекторного ТЭД постоянного тока

Применяются коллекторные ТЭД постоянного тока (рис. 4.3), как правило, последовательного возбуждения.

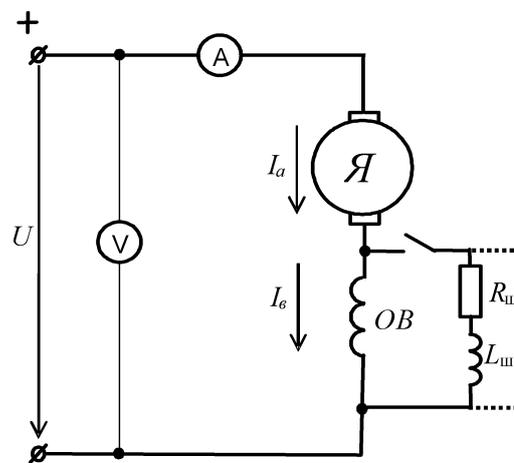


Рис. 4.3. Схема подключения коллекторного ТЭД последовательного возбуждения:

$Я$ – якорь; $ОВ$ – обмотка возбуждения; I_a – ток в якорной цепи; I_e – ток в обмотке возбуждения; $R_{ш}$ – резистор шунтировки обмотки возбуждения; $L_{ш}$ – индуктивность шунтировки; U – напряжение; A, V – датчики тока и напряжения

Электромагнитный момент на валу ТЭД, Н·м:

$$M = C_M \Phi(I_e) I_a,$$

где $\Phi(I_e)$ – магнитный поток системы возбуждения, приходящийся на одно полюсное деление, Вб; I_e – ток в обмотке возбуждения, А; I_a – ток в якорной цепи, А;

$C_m = \frac{pN}{2a\pi}$, Н·м/(Вб·А) – машинная постоянная; p – число пар главных полюсов; N – число проводников обмотки якоря; a – число параллельных ветвей обмотки якоря.

Противо-ЭДС двигателя, В:

$$E = C_e \Phi(I_e) n.$$

Мощность ТЭД, Вт:

$$P = M\omega = \frac{2\pi}{60} Mn = C_e \Phi(I_e) n I_a = EI_a.$$

Сила тока в цепи якоря, А:

$$I_a = \frac{U - C_e \Phi n}{\Sigma r}.$$

Частота вращения якоря ТЭД постоянного тока, об/мин:

$$n = \frac{U - I_a \Sigma r}{C_e \Phi}.$$

4.2.2 Способы регулирования режимов работы коллекторного ТЭД

Переключение схемы соединения. Последовательное (С), последовательно-параллельное (СП) и параллельное (П) соединение ТЭД позволяет изменять напряжение на двигателях (рис. 4.4). При соединении С напряжение U на каждом двигателе составляет $1/8$ напряжения контактной сети, то есть $U = U_{\text{КС}} / 8 = 375$ В и через каждый двигатель протекает полный ток, потребляемый электровозом из контактной сети: $I_a = I_{\text{КС}}$. В результате на малой скорости движения создается большой тяговый момент.

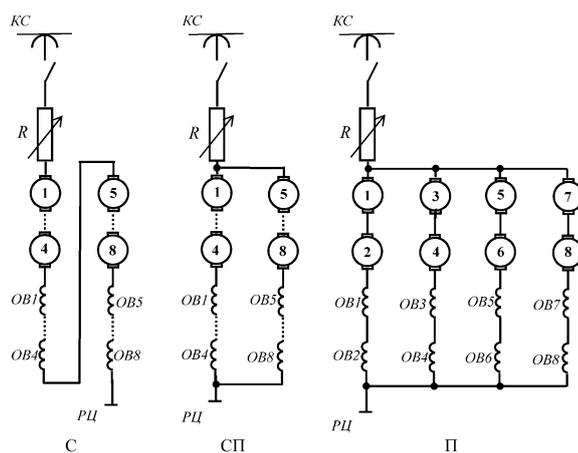


Рис. 4.4. Последовательное (С), последовательно-параллельное (СП) и параллельное (П) соединение ТЭД:
OB – обмотка возбуждения; *КС* – контактная сеть; *РЦ* – рельсовая цепь;
R – реостат

При соединении СП напряжение U на каждом двигателе составляет $1/4$ напряжения контактной сети, то есть $U = U_{\text{кc}} / 4 = 750 \text{ В}$, а через каждый двигатель протекает половина тока, потребляемого электровозом из контактной сети: $I_a = 1/2 I_{\text{кc}}$. В результате скорость движения возрастает, а тяга уменьшается.

При соединении П напряжение U на каждом двигателе составляет $1/2$ напряжения контактной сети, то есть $U = U_{\text{кc}} / 2 = 1500 \text{ В}$, а через каждый двигатель протекает четверть тока, потребляемого электровозом из контактной сети: $I_a = 1/4 I_{\text{кc}}$. В результате скорость движения еще более возрастает, а тяга становится минимальной.

Путем изменения магнитного потока возбуждения (шунтирование) (см. рис. 2.1). Частота n обратно пропорциональна величине магнитного потока Φ . Наибольшее распространение получила система ступенчатого изменения магнитного потока путем шунтирования главных полюсов как наиболее простая по конструкции.

В этом случае параллельно обмотке возбуждения OB тягового электродвигателя подключается резистор $R_{\text{ш}}$, часть тока якоря отводится через него от обмотки возбуждения, и магнитный поток полюсов тягового электродвигателя уменьшается. Включение в параллель дополнительных резисторов дает возможность получения двух и более ступеней ослабления магнитного потока.

Отношение тока обмотки возбуждения I_b к току якоря I_a носит название коэффициента ослабления возбуждения α_b :

$$\alpha_b = \frac{I_b}{I_a} = \frac{R_{\text{ш}}}{R_b + R_{\text{ш}}}.$$

Подключение реостатов при пуске. Падение напряжения $I_a \Sigma r$ во внутренних цепях двигателя невелико, оно составляет всего несколько процентов от подведенного к ТЭД напряжения U . Если же в якорную цепь подключить дополнительное сопротивление (пусковой реостат, показан на рис. 4.4), то получаем возможность плавного регулирования скорости при трогании с места и разгоне.

4.2.3 Достоинства и недостатки

Эти три способа регулирования частоты вращения ТЭД являются классическими (контактно-реостатное управление). Они были использованы на первых электровозах в начале XX века и в основном остались без принципиальных изменений на электровозах эксплуатируемого парка. Недостатки связаны в основном со значительными потерями энергии в пусковых резисторах, а также со ступенчатым характером как изменения напряжения, подаваемого на двигатели, так и ослабления поля. При этом происходит резкое изменение тока, ухудшаются коммутационные условия на коллекторе ТЭД, возникают предпосылки для возникновения боксования, искрения и кругового огня.

К недостаткам схемы относится большое число контакторов, при помощи которых осуществляются все переключения.

4.2.4 Область применения

Применяется на грузовых электровозах ВЛ10, ВЛ11 и ВЛ15, пассажирских ЧС2 и ЧС7. Начат выпуск новых электровозов постоянного тока – грузовых 2ЭС4к «Дончак», пассажирского ЭП2к.

4.3 Электрическая передача мощности постоянного тока тепловозов

4.3.1 Принципиальная силовая схема электропередачи постоянного тока

Основными элементами принципиальной схемы электрической передачи постоянного тока являются (рис. 4.5):

- тяговый генератор постоянного тока (ТГ) с независимым возбуждением, вал которого приводится во вращение от вала дизеля. При заданной позиции контроллера машиниста генератор подает на тяговые электродвигатели постоянную электрическую мощность при переменных значениях тока и напряжения, что позволяет гибко приспосабливаться к условиям ведения поезда, варьируя силу тяги и скорость движения;

- коллекторные ТЭД постоянного тока с последовательным возбуждением, приводящие во вращение колесные пары локомотива. Они также позволяют изменять силу тяги и скорость – за счет ослабления поля возбуждения.

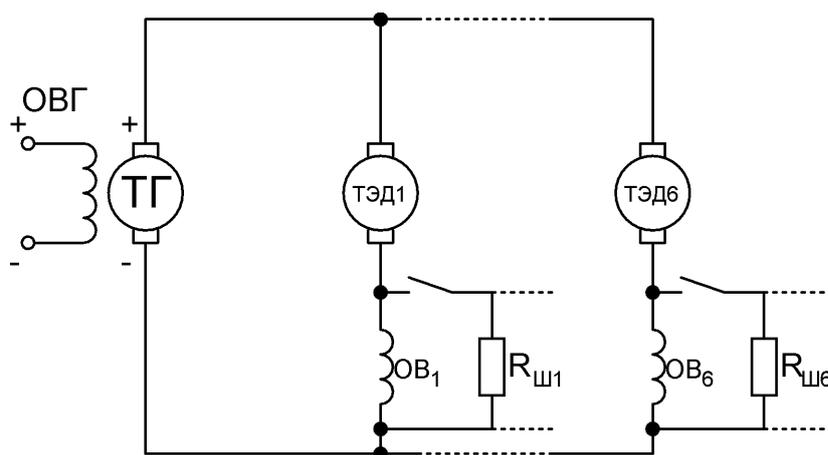


Рис. 4.5. Принципиальная схема электрической передачи постоянного тока (параллельное соединение ТЭД):

ТГ – тяговый генератор; ТЭД – тяговый электродвигатель;

ОВГ – обмотка возбуждения генератора; ОВ – обмотки возбуждения ТЭД

ЭПМ постоянного тока выполняют с постоянным соединением тягового генератора и ТЭД, а управление осуществляется изменением напряжения тягового генератора и магнитного потока электродвигателей (шунтирование).

4.3.2 Устройство и конструкция тяговых генераторов постоянного тока

Главной технической проблемой первых тепловозов с электрической передачей являлось регулирование напряжения тягового генератора с целью формирования гиперболической внешней характеристики, соответствующей постоянной мощности, подводимой к генератору от дизеля при заданной позиции контроллера машиниста.

Напряжение U_r на клеммах генератора постоянного тока равно ЭДС за вычетом падения напряжения в цепи якоря:

$$U_r = E - I_r \Sigma r,$$

где $E = C_e \Phi n$ – ЭДС генератора, В;

C_e – конструкционная постоянная;

a – число параллельных ветвей обмотки якоря;

N – число проводников обмотки якоря;

p – число пар главных полюсов;

Φ – магнитный поток на одно полюсное деление, Вб;

n – частота вращения вала генератора, об/мин;

I_r – ток генератора;

Σr – полное сопротивление цепи якоря.

Насыщение магнитной цепи учитывается с помощью кривой намагничивания $\Phi = f(i_b)$, где Φ – магнитный поток системы возбуждения, а i_b – намагничивающий ток (ток возбуждения).

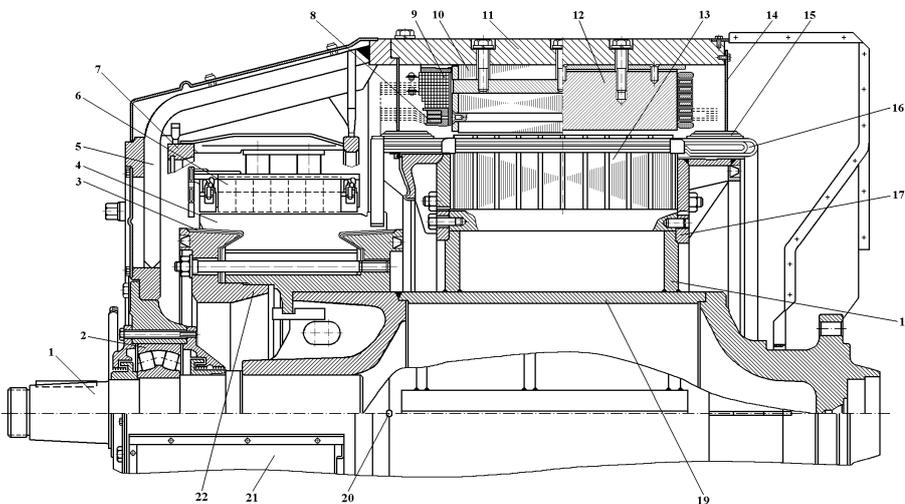


Рис. 4.6. Тяговый генератор ГП311Б

Ток генератора I_r определяется условиями ведения поезда, то есть представляет собой нагрузку. Таким образом, регулирование напряжения U_r с целью поддержания постоянной мощности генератора на фиксированной позиции контроллера машиниста (при $n = \text{const}$) может осуществляться только за счет изменения магнитного потока $\Phi = f(i_B)$ системы возбуждения генератора.

Напряжение U_r на клеммах генератора постоянного тока равно ЭДС за вычетом падения напряжения в цепи якоря: $U_r = E - I_r \Sigma r$, где $E = C_e \Phi n$ – ЭДС генератора, В.

Электромагнитный момент на валу генератора (момент полезной нагрузки дизеля) при заданной позиции контроллера машиниста: $M = C_m \Phi(I_B) I_r$.

4.3.3 Устройство и конструкция тяговых двигателей постоянного тока

Варианты исполнения ТЭД ЭДУ-133 (рис. 4.7) отличаются только конструкцией станины и моторно-осевых подшипников, обусловленных подвешиванием их на тепловозе. В зависимости от способа и класса подвески тяговый электродвигатель ЭДУ-133 имеет исполнения ЭДУ-133Ц, ЭДУ-133П и ЭДУ-133Р.

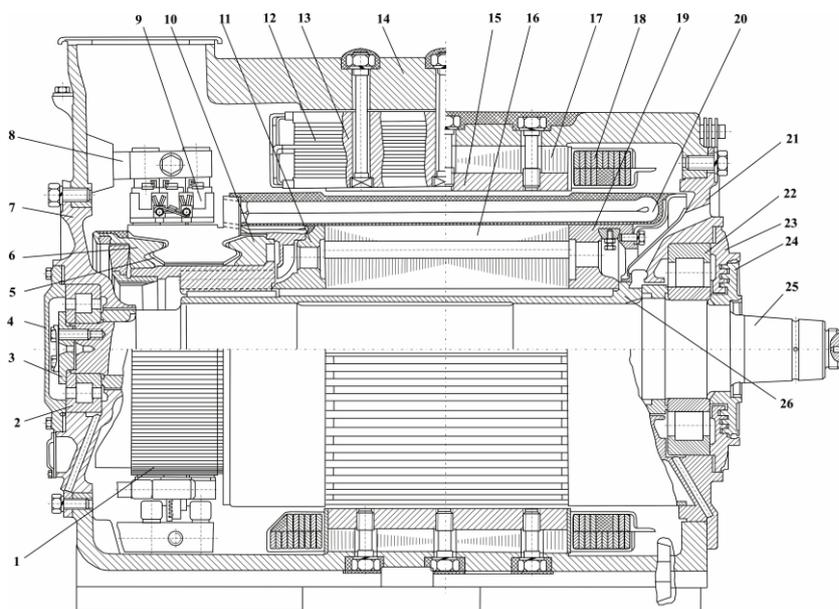


Рис. 4.7. Разрез тягового электродвигателя ЭДУ-133:

1 – коллектор; 2, 22 – подшипник; 3 – упорное кольцо; 4, 23 – крышка подшипника; 5 – изоляция коллектора; 6 – нажимной конус; 7 – малый подшипниковый щит; 8 – изолятор; 9 – щеткодержатель; 10 – нажимная втулка; 11 – передняя нажимная шайба; 12 – обмотка добавочного полюса; 13 – сердечник добавочного полюса; 14 – станина; 15 – планка; 16 – сердечник якоря; 17 – сердечник главного полюса; 18 – обмотка главного полюса; 19 – задняя нажимная шайба; 20 – обмотка якоря; 21 – большой подшипниковый щит; 24 – лабиринтное кольцо; 25 – вал; 26 – переходная втулка

Тяговые электродвигатели с опорно-осевым подвешиванием с циркуляционной и польстерной системой смазки (ЭДУ-133П) оборудованы моторно-осевыми подшипниками скольжения с вкладышами из бронзы.

Вариант ЭДУ-133Ц имеет моторно-осевые подшипники качения вместо подшипников скольжения.

Тяговый электродвигатель с опорно-рамным подвешиванием (ЭДУ-133Р) моторно-осевых подшипников не имеет.

4.3.4 Достоинства и недостатки

Главной технической проблемой первых тепловозов с электрической передачей являлось регулирование напряжения тягового генератора с целью формирования гиперболической внешней характеристики, соответствующей постоянной мощности, подводимой к генератору от дизеля при заданной позиции контроллера машиниста.

Недостатки обусловлены применением электрических машин постоянного тока (коллекторно-щеточный узел, большой расход цветных металлов, сложная конструкция и т.п.).

4.3.5 Область применения

Первые тепловозы конструкции Я.М. Гаккеля и Ю.В. Ломоносова были оснащены ЭПМ постоянного тока. Наиболее широкое применение она нашла на тепловозах выпуска 1940–60-х гг., однако маневровые тепловозы с ЭПМ постоянного тока выпускаются и в настоящее время.

Магистральные грузовые тепловозы 2ТЭ10, грузопассажирские М62, пассажирские ТЭП60, а также маневровые ТЭМ2, ЧМЭЗ и ТЭМ18ДМ.

4.4 Управление электрической передачей постоянного тока

4.4.1 Способы регулирования напряжения тяговых генераторов постоянного тока

Одним из основных требований, предъявляемых к электрической передаче тепловозов, является полное использование на тягу свободной мощности дизеля во всех условиях движения (свободная мощность дизеля N равна его эффективной мощности за вычетом мощности, расходуемой на вспомогательные нужды).

Экономичная работа дизеля возможна лишь в установившемся режиме, когда угловая скорость вращения коленчатого вала ω фиксирована (согласно набранной позиции контроллера машиниста, рис. 4.8) и мощность на валу дизеля постоянна. Тяговый генератор преобразует свободную мощность N дизеля в электрическую мощность P_r (потери учитываются коэффициентом полезного действия генератора η): $P_r = \eta N = \text{const}$, откуда $U_r I_r = \eta M \omega = \text{const}$, что и определяет необходимость формирования гиперболической внешней характеристики генератора для наиболее

полного использования свободной мощности дизеля (так называемая «тепловозная характеристика»).

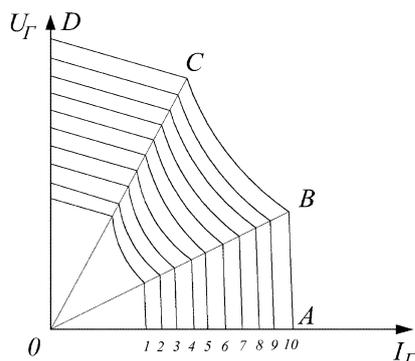


Рис. 4.8. Внешняя характеристика тягового генератора в зависимости от набранной позиции КМ: 1, ..., 10 – номера позиций

4.4.2 Схема регулирования напряжения тяговых генераторов постоянного тока

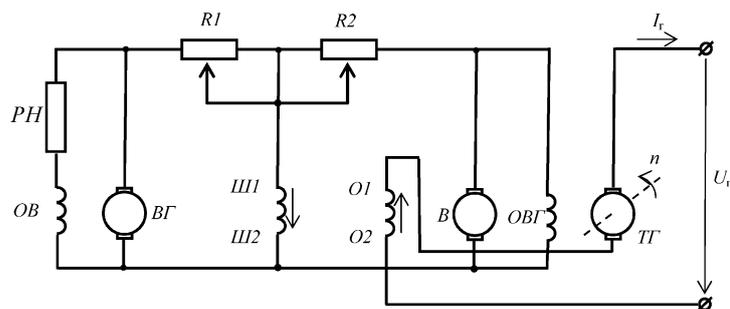


Рис. 4.9. Принципиальная блок-схема электромашинной системы автоматического регулирования напряжения тягового генератора (схема Лемпа)

ЭДС возбуждателя определяется согласно выражению (рис. 4.10, 4.11)

$$E_{\text{в}} = c_{\text{в}} \Phi_{\text{П1}} n_{\text{в}} \pm c_{\text{в}} \Phi_{\text{П2}} n_{\text{в}} = E_{\text{П1}} \pm E_{\text{П2}}.$$

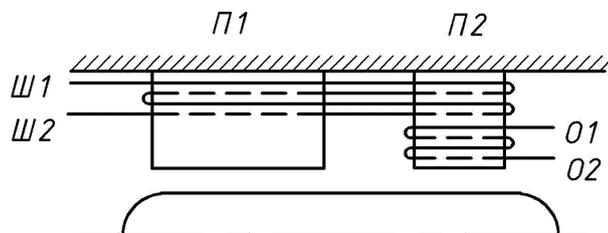


Рис. 4.10. Размещение обмоток на расщепленном полюсе возбуждателя:
Ш1–Ш2 – обмотка параллельного возбуждения;
О1–О2 – дифференциальная обмотка

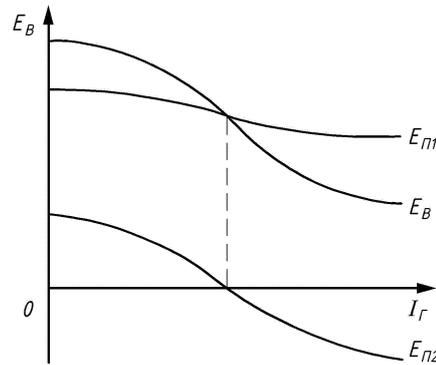


Рис. 4.11. Характеристики возбудителя с продольным расщеплением полюсов:

$E_{П1}$ – ЭДС возбудителя при возбуждении от ненасыщенной части полюсов; $E_{П2}$ – ЭДС возбудителя при возбуждении от насыщенной части полюсов; E_B – результирующая ЭДС возбудителя

Обратим внимание на то, что напряжение U_B , подаваемое на независимую обмотку возбуждения тягового генератора, измеряется десятками вольт (рис. 4.12), а напряжение U_r на его клеммах – сотнями вольт (рис. 4.13), то есть тяговый генератор работает как усилитель напряжения.

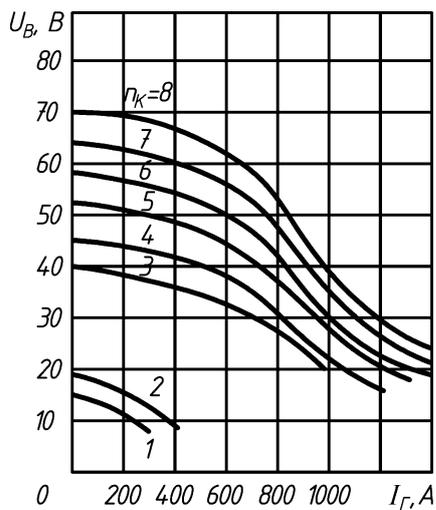


Рис. 4.12. Характеристика возбудителя

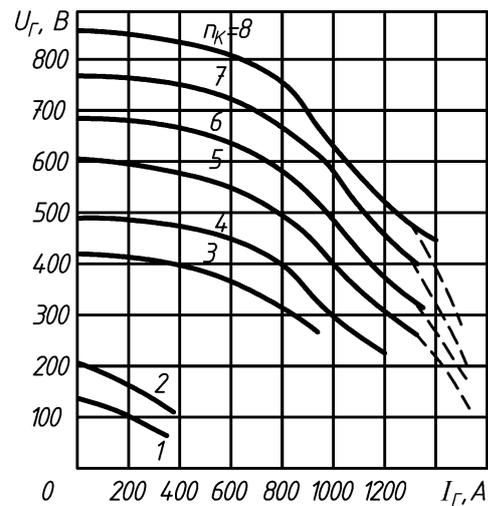


Рис. 4.13. Внешняя характеристика генератора

Таким образом, при увеличении тока I_r в силовой цепи напряжение генератора U_r автоматически понижается, а при уменьшении – повышается, что обеспечивает формирование гиперболической внешней характеристики генератора.

Кроме того, автоматически поддерживается постоянное значение электромагнитного момента на валу генератора (момента полезной нагрузки дизеля) при заданной позиции контроллера машиниста $M = C_m \Phi(I_6) I_r$, что обеспечивает устойчивую работу дизель-генераторной установки.

Применяется на тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭМ1, ТЭМ2 и ЧМЭ3.

4.4.3 Схема регулирования напряжения тяговых генераторов постоянного тока (аппаратная)

Структурная схема комбинированной автоматической системы регулирования напряжения тягового генератора U_r (рис. 4.14, а), и ее функциональная схема (рис. 4.14, б).

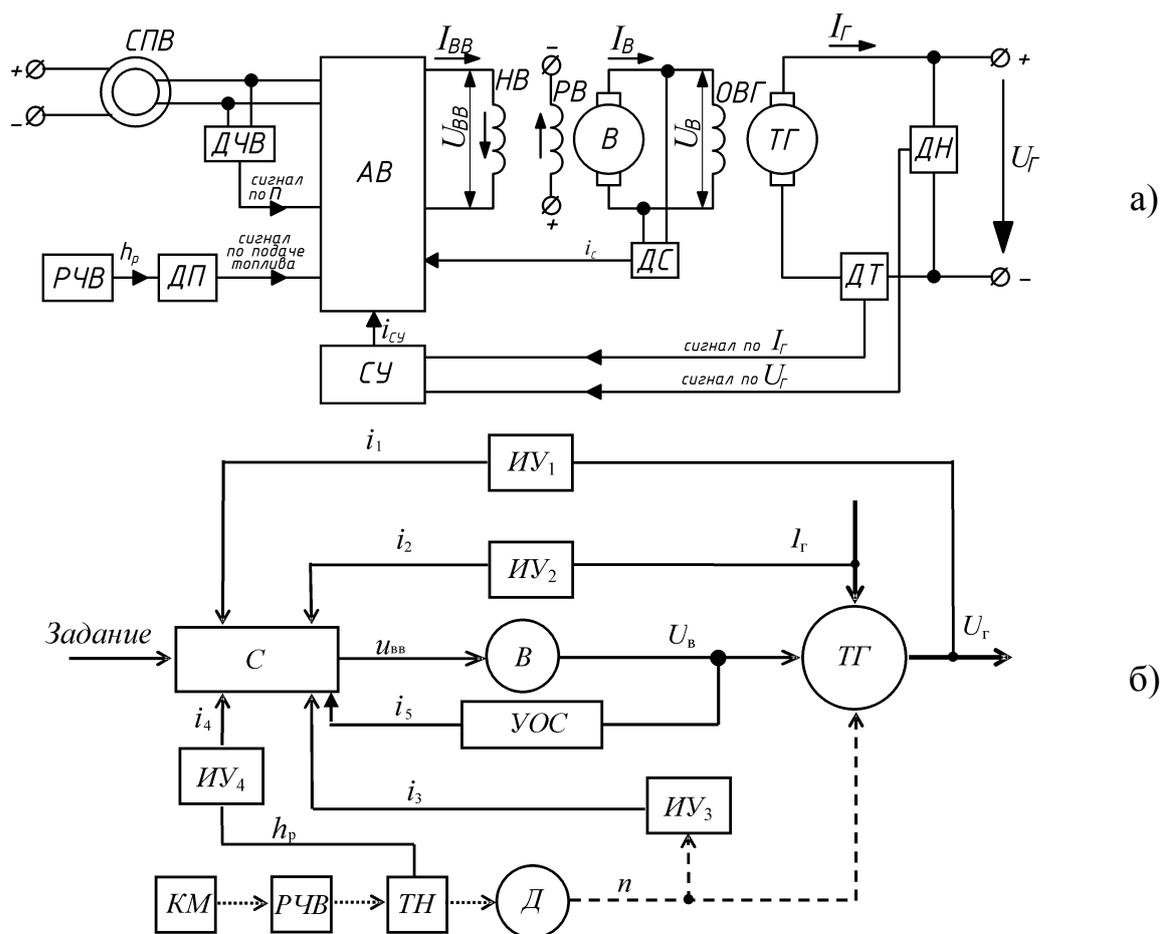


Рис. 4.14. Структурная (а) и функциональная (б) схемы комбинированной автоматической системы регулирования напряжения тягового генератора:

$КМ$ – контроллер машиниста; $РЧВ$ – регулятор частоты вращения;

$ТН$ – топливный насос; $Д$ – дизель

В качестве сигналов по возмущениям тягового генератора $ТГ$ используются ток, частота вращения и положение органа топливоподачи дизеля. Для измерения текущих значений и формирования сигналов используются измерительные устройства ($ИУ$):

- 1) датчик напряжения $ДН$ формирует сигнал i_1 по напряжению генератора;
- 2) датчик тока $ДТ$ формирует сигнал i_2 по току генератора;

3) датчик частоты вращения *ДЧВ* формирует сигнал i_3 по частоте вращения вала дизель-генератора;

4) индуктивный датчик перемещения реек топливных насосов *ДП* формирует сигнал i_4 по подаче топлива.

Полученные сигналы подаются на сумматор *С* (амплистат возбуждения *АВ*).

На выходе сумматора формируется напряжение возбуждения возбудителя $U_{вв}$, которое подается на возбудитель *В*, выполняющий функции органа регулирования. Возбудитель имеет две обмотки, причем одна из них (*НВ*) подключена к сумматору, а другая (*РВ*) – к вспомогательному генератору. Магнитодвижущие силы этих обмоток направлены встречно, то есть для формирования гиперболической характеристики здесь применен тот же принцип, что и в схеме Лемпа.

Для повышения устойчивости и улучшения качества работы используется устройство местных обратных связей (*УОС*). Датчик скорости изменения тока возбуждения генератора *ДС* выполняет функции устройства обратной отрицательной гибкой связи выхода возбудителя со входом амплистата *АВ*.

Для настройки регуляторов применены переменные сопротивления, играющие роль задающих устройств (на схеме не показаны).

Напряжение $U_{в}$, подаваемое от возбудителя на обмотку возбуждения *ТГ*, является управляющим воздействием.

Применяется на тепловозах ТЭП60, 2ТЭ10 и М62.

4.5 Тяговый привод электровозов переменного тока с неуправляемой выпрямительной установкой и коллекторными ТЭД пульсирующего тока

4.5.1 Схема силовых цепей электровозов переменного тока с неуправляемой выпрямительной установкой

От токоприемника напряжение контактной сети $U_{кс}$ подается на сетевую (первичную) обмотку понижающего тягового трансформатора *ТР* (рис. 4.1). Напряжение регулируется на первичной (электровозы ЧС) или на вторичной (электровозы ВЛ) обмотке, что требует большого числа выводов. Далее будем рассматривать только конструкцию, принятую на электровозах ВЛ.

Напряжение с выводов вторичной обмотки подается на неуправляемую выпрямительную установку *В*, а затем через сглаживающий реактор на тяговые двигатели последовательного возбуждения.

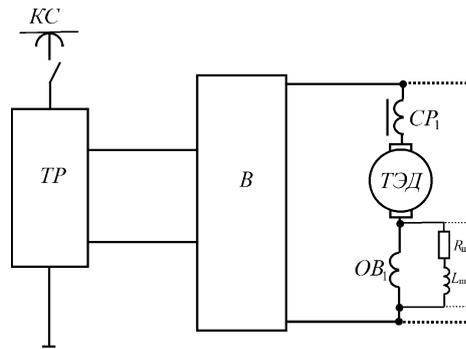


Рис. 4.15. Принципиальная блок-схема силовых цепей электровоза переменного тока с неуправляемой выпрямительной установкой

4.5.2 Схема однофазной мостовой выпрямительной установки

Диодная выпрямительная установка (рис. 4.16) выполнена по мостовой схеме и состоит из четырех плеч $VD1 - VD4$, подключенных ко вторичной обмотке трансформатора. В течение одного полупериода при направлении ЭДС, показанном на рис. 4.16 стрелкой, ток проходит от одного вывода вторичной обмотки трансформатора через вентиль $VD1$, нагрузку и вентиль $VD4$ к другому выводу. В течение второго полупериода (при противоположном направлении ЭДС) ток проходит от второго вывода трансформатора через вентиль $VD3$, нагрузку и вентиль $VD2$ к первому выводу. В обоих случаях через нагрузку ток i_d проходит в одном направлении.

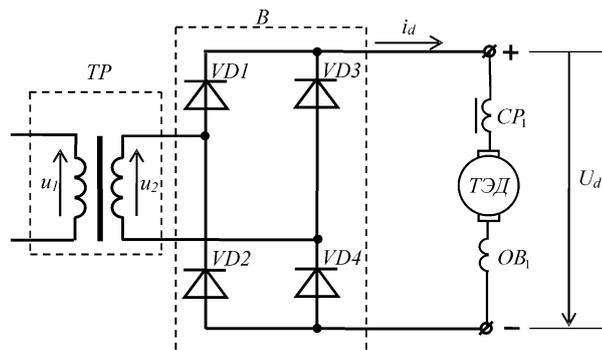


Рис. 4.16. Схема однофазной мостовой выпрямительной установки

Выпрямленное напряжение U_d при разложении в ряд Фурье содержит постоянную составляющую, равную среднему значению, и переменную составляющую, которая представляет собой сумму высших гармонических составляющих.

Среднее значение выпрямленного напряжения:

$$U_{d\text{сред}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_{M2} \sin \varphi d\varphi = \frac{U_{M2}}{\pi} (-\cos \varphi) \Big|_0^{\pi} = \frac{2}{\pi} U_{M2} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2,$$

где U_{M2} – амплитудное значение напряжения вторичной обмотки трансформатора;

U_2 – эффективное значение этого напряжения;

$$\varphi = \omega^* t; \quad \omega^* = 2\pi f^* .$$

Синусная составляющая ряда отсутствует, так как U_d – четная функция, а косинусная составляющая имеет только четные гармоники.

Амплитуды гармонических составляющих порядков $n = 2, 4, 6, \dots$ таковы:

$$a_{(n)} = \frac{2}{n^2 - 1} U_{\text{сред}} .$$

Численные значения, характеризующие интенсивность гармоник переменной составляющей выпрямленного напряжения при частоте питающей сети $f = 50$ Гц, приведены ниже в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Численные значения гармоник

n	2	4	6	8
$f_n = n f, \text{ Гц}$	100	200	300	400
$a_{(n)} / U_{\text{сред}}$	0,66	0,134	0,06	0,032

Качество выпрямленного напряжения оценивается коэффициентом пульсации, представляющим собой отношение амплитуды переменной составляющей (которая может быть приближенно принята равной амплитуде старшей гармоники) к среднему значению выпрямленного напряжения:

$$k_q \approx \frac{a_{(2)}}{U_{\text{сред}}} = 0,66 .$$

Отсюда ясно, что качество выпрямленного напряжения невысокое. Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока применяются сглаживающие реакторы CP (рис. 4.17, б). График напряжения, подаваемого на ТЭД после сглаживающего реактора, показан на рис. 4.17, в. Однако, если подать такое пульсирующее напряжение на тяговый двигатель, применяющийся на электровозах постоянного тока, это приведет к его перегреву вследствие ухудшения условий коммутации.

Поэтому были разработаны коллекторные ТЭД пульсирующего тока, специальные конструктивные меры позволили приспособить эти двигатели к нормальной работе в условиях наличия гармоники 100 Гц в питающем напряжении.

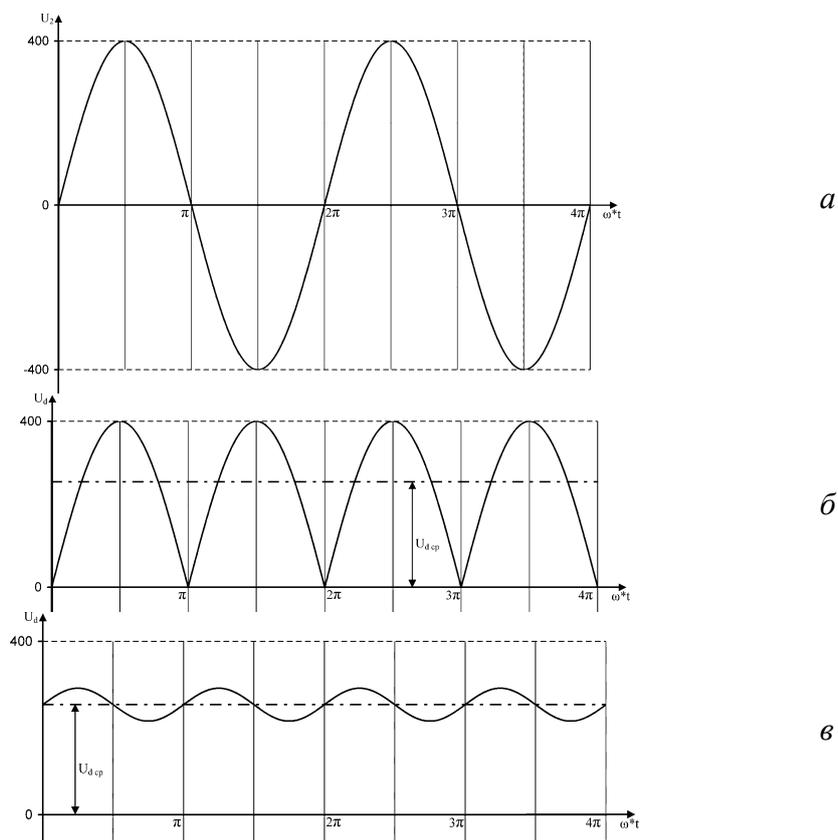


Рис. 4.17. Диаграммы напряжения на вторичной обмотке трансформатора (а), выпрямленного напряжения (б) и напряжения, подаваемого на ТЭД после сглаживающего реактора (в)

Скорость движения регулируется изменением напряжения, подводимого к ТЭД, что достигается на электровозах ВЛ переключением под нагрузкой секций тяговой обмотки трансформатора и встречным или согласованным соединением нерегулируемых и регулируемых секций этой обмотки (так называемое зонное регулирование). Переключения выполняются главным контроллером при помощи кулачковых валов и контакторов.

Применяется ослабление поля возбуждения ТЭД: три ступени на электровозах ВЛ (0,70; 0,52; 0,43), пять ступеней на электровозах ЧС (0,72; 0,60; 0,51; 0,44; 0,40).

4.6 Тяговый привод электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторным преобразователем и коллекторными ТЭД

4.6.1. Схема силовых цепей электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторным преобразователем

Существенным недостатком электровозов первого поколения являются ступенчатое изменение напряжения на ТЭД и невозможность реализации режима рекуперативного торможения. Эти недостатки удалось устранить за счет применения управляемого преобразователя на тиристо-

рах, который позволил реализовать в режиме тяги плавное регулирование напряжения путем изменения угла отпирания тиристоров (зонно-фазное регулирование).

Преобразовательная установка получила название выпрямительно-инверторного преобразователя *ВИП*, принципиальная блок-схема силовых цепей показана на рис. 4.18.

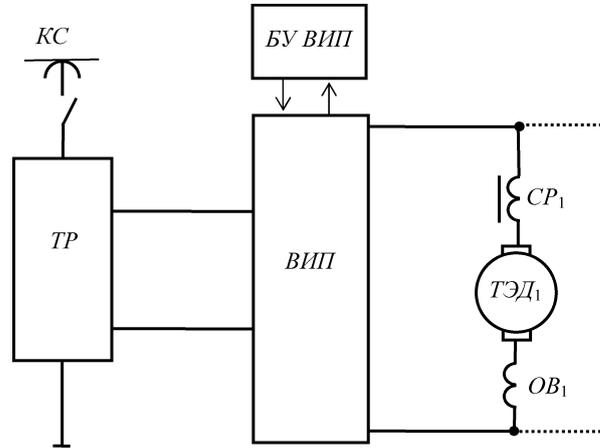


Рис. 4.18. Принципиальная блок-схема силовых цепей электровоза переменного тока с выпрямительно-инверторным преобразователем

ВИП подключается ко вторичной обмотке трансформатора, состоящей из трех секций (рис. 4.19). Каждый *ВИП* питает два тяговых электродвигателя, в цепи которых установлены сглаживающие реакторы. Для управления *ВИП* используется блок управления *БУ ВИП*. Система импульсно-фазового управления преобразует команды, поступающие с контроллера машиниста, в импульсы управления тиристорами согласно алгоритму работы.

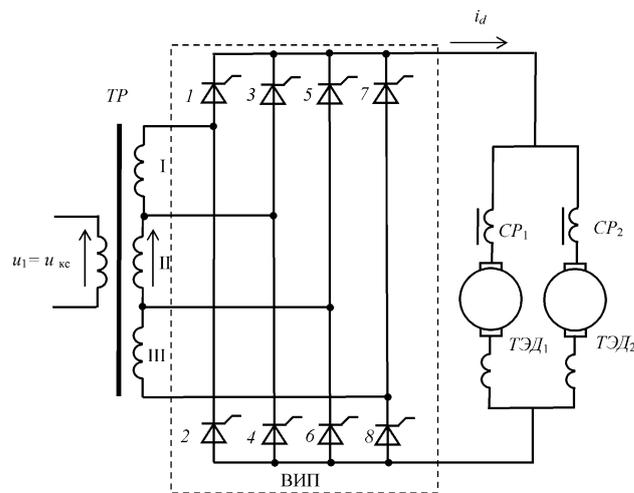


Рис. 4.19. Функциональная схема ВИП:

I, II, III – секции вторичной обмотки трансформатора; 1, ..., 8 – плечи; $СР_1$, $СР_2$ – сглаживающие реакторы; ТЭД₁, ТЭД₂ – тяговые двигатели

4.6.2 Схема и принцип выпрямительно-инверторного преобразователя. Плавное изменение питающего напряжения

ВИП подключается ко вторичной обмотке трансформатора, состоящей из трех секций. Каждый *ВИП* питает два тяговых электродвигателя, в цепи которых установлены сглаживающие реакторы. Для управления *ВИП* используется блок управления *БУ ВИП*. Система импульсно-фазового управления преобразует команды, поступающие с контроллера машиниста, в импульсы управления тиристорами согласно алгоритму работы.

ВИП позволяет реализовать четыре зоны регулирования выпрямленного напряжения при трех секциях вторичной обмотки трансформатора (табл. 4.2, где обозначены режимы работы тиристорov: «р» – регулируемый, «о» – открытый, «з» – открытый с задержкой).

Напряжение на секциях I и II составляет 350 В, на секции III – 700 В. Покажем, каким образом можно плавно увеличить напряжение на ТЭД в режиме тяги от 0 до 1400 В.

Регулирование начинается в 1-й зоне, питание осуществляется от секции II. При одном направлении ЭДС ток идет через плечо 3 (тиристоры которого полностью открыты), через нагрузку и затем через регулируемые тиристоры плеча 6 возвращается на секцию II. При противоположном направлении ЭДС ток проходит через открытое плечо 5, через нагрузку и затем возвращается через регулируемые тиристоры плеча 4. Угол отпирания регулируемых тиристорov плавно изменяется от $\alpha_{pmax} = 180^\circ - \alpha_0$ до $\alpha_{pmin} = \alpha_0$, при этом напряжение на нагрузке возрастает от 0 до 350 В.

Затем осуществляется переход на 2-ю зону, питание осуществляется от секций I и II. При направлении ЭДС, показанном стрелкой, ток идет на нагрузку через регулируемое плечо 1 и от вывода между I и II секциями через плечо 3 (открытое с задержкой по фазе $\alpha_{03} = \alpha_{0+} \gamma'_0$), и возвращается через открытое плечо 6. При обратном направлении ЭДС ток проходит через открытое плечо 5, через нагрузку и затем возвращается через регулируемое плечо 2 и через плечо 4, имеющее задержку по фазе. Напряжение на нагрузке повышается от 350 до 700 В.

В 3-й зоне регулирования питание осуществляется от секций II и III. При направлении ЭДС, показанном стрелкой, ток идет на нагрузку через регулируемое плечо 3 и от вывода между II и III секциями через плечо 5 (открытое с задержкой по фазе α_{03}) и возвращается через открытое плечо 8. При обратном направлении ЭДС ток проходит через открытое плечо 7, через нагрузку и затем возвращается через регулируемое плечо 4 и через плечо 6, имеющее задержку по фазе. Напряжение на нагрузке повышается от 700 до 1050 В.

В 4-й зоне регулирования питание осуществляется от всех трех секций. При направлении ЭДС, показанном стрелкой, ток идет на нагрузку через регулируемое плечо 1 и от отпайки между I и II секциями через плечо 3 (открытое с задержкой по фазе α_{03}), и возвращается через открытое плечо 8. При обратном направлении ЭДС ток проходит через открытое

плечо 7, через нагрузку и затем возвращается через регулируемое плечо 2 и через плечо 4, имеющее задержку по фазе. Напряжение на нагрузке повышается от 1050 до 1400 В (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Зоны регулирования напряжения ВИП

Зоны регулирования	Номера секций трансформатора	Номера плеч
1: 0 ... 350 В	II	↑(3о, 6р); ↓(5о, 4р)
2: 350 ... 700 В	I + II	↑(1р, 3з, 6о); ↓(5о, 2р, 4з)
3: 700 ... 1050 В	II + III	↑(3р, 5з, 8о); ↓(7о, 4р, 6з)
4: 1050 ... 1400 В	I + II + III	↑(1р, 3з, 8о); ↓(7о, 2р, 4з)

На рис. 4.20 показано изменение напряжения на ТЭД в зависимости от угла отпирания тиристоров α_p по зонам регулирования.

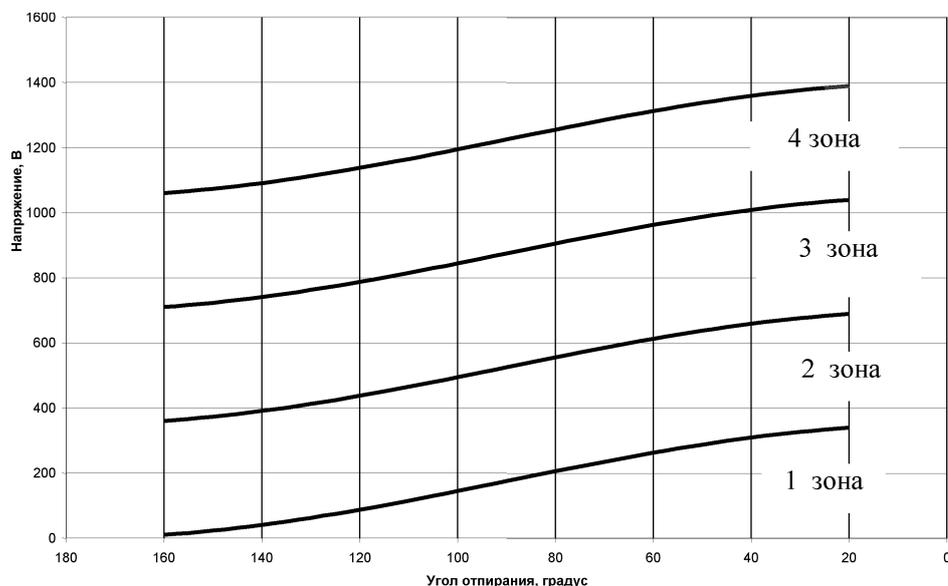


Рис. 4.20. Изменение напряжения на ТЭД в зависимости от угла отпирания тиристоров α_p по зонам

В режиме рекуперации *ВИП* работает как ведомый сетью инвертор, он преобразует постоянное напряжение на выводах ТЭД, работающих в генераторном режиме, в однофазное переменное напряжение частоты 50 Гц, которое затем повышается трансформатором *ТР* и отдается обратно в контактную сеть.

Выпускаемые в настоящее время электровозы переменного тока (семейство «Ермак», ЭП1) оснащены многоуровневыми микропроцессорными системами управления, которые осуществляют регулирование работы *ВИП*.

4.7 Электрические передачи тепловозов переменного-постоянного тока

4.7.1 Схема электрической передачи переменного-постоянного тока

Выпуск тепловозов, оснащенных ЭПМ переменного-постоянного тока, был начат в конце 60-х годов XX века практически одновременно с электровозами переменного тока. Такой передачей оснащены грузовые тепловозы 2ТЭ116 и 2ТЭ25к «Пересвет», пассажирский ТЭП70, маневровый ТЭМ7 и другие.

Тепловозы 2ТЭ25к «Пересвет» и 2ТЭ116У имеют индивидуальное (каждый от своего управляемого выпрямителя) питание ТЭД и систему поосного регулирования силы тяги.

ЭПМ переменного-постоянного тока имеет в своем составе синхронный тяговый генератор *СТГ*, выпрямительную установку *ВУ* и коллекторные ТЭД постоянного тока последовательного возбуждения (рис. 4.21).

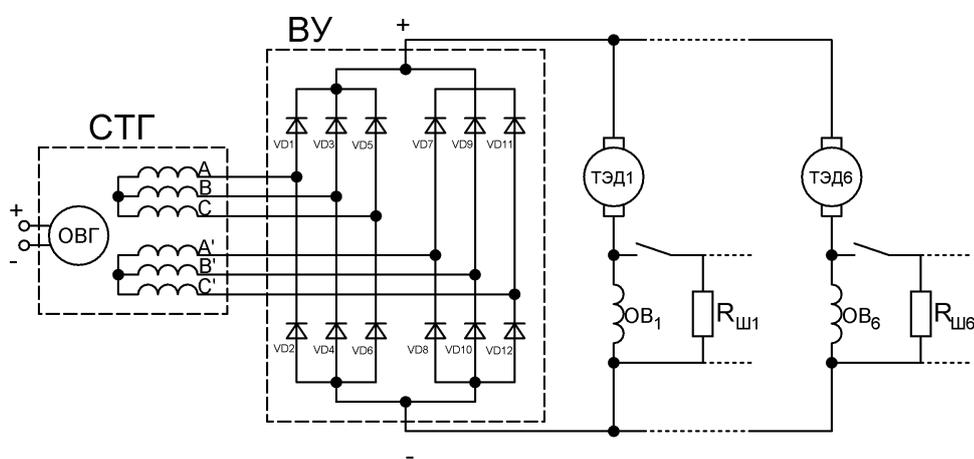


Рис. 4.21. Принципиальная схема ЭПМ переменного-постоянного тока: *СТГ* – синхронный тяговый генератор; *ОВГ* – обмотка возбуждения генератора; *ВУ* – выпрямительная установка; *ТЭД* – тяговый электродвигатель; *ОВ* – обмотка возбуждения; *R_ш* – резисторы

4.7.2 Устройство и конструкция синхронного тягового генератора

В приемлемых для тепловоза габаритах синхронный тяговый генератор (рис. 4.22) может быть выполнен мощностью более 7000 кВт.

Основные преимущества синхронного генератора перед генератором постоянного тока заключаются в отсутствии коллекторно-щеточного узла, что повышает надежность генератора и тем самым позволяет существенно уменьшить эксплуатационные расходы; отсутствии ограничения по частоте вращения ротора; снижении массы на единицу мощности в два раза; уменьшении расхода меди и электротехнической стали.

Необходимость применения выпрямительной установки несколько снижает преимущества синхронного генератора. Кроме того, в ЭПМ переменного-постоянного тока применяются коллекторные ТЭД постоянного то-

ка, параметры которых, так же как и в ЭПМ постоянного тока, приближаются к предельным по использованию электромагнитных свойств материалов и коммутации.

В отличие от генератора постоянного тока, магнитное поле которого создается полюсами, размещенными на статоре, и располагается в пространстве неподвижно, магнитное поле синхронного генератора вращается вместе с ротором. Регулируемое напряжение возбуждения подводится к полюсам, находящимся на роторе, через контактные кольца.

Синхронный генератор имеет две статорные трехфазные обмотки, соединенные по схеме «звезда». Частота тока f , Гц и частота вращения ротора n , об/мин, находятся в строго постоянном соотношении $f = \frac{pn}{60}$, где p – число пар полюсов.

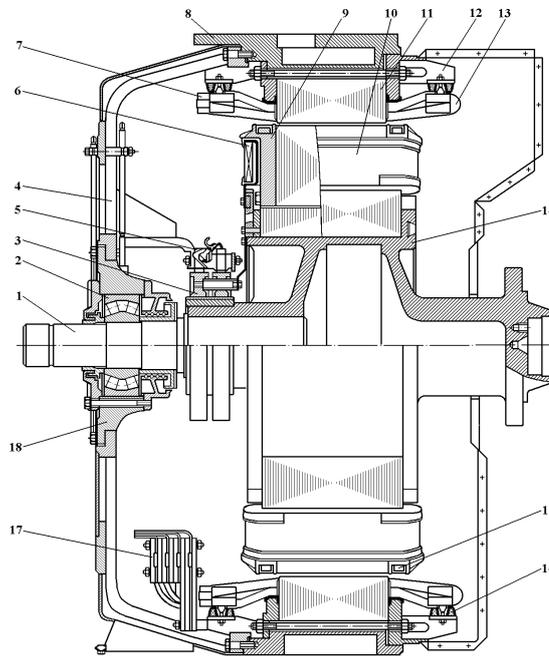


Рис. 4.22. Тяговый синхронный генератор ГС501А

Подчеркнем, что частота вырабатываемого тока f меняется в зависимости от числа оборотов вала дизель-генератора. Например, для явнополюсного генератора с 12 полюсами на роторе (то есть $p = 6$) при $n = 500$ об/мин получаем $f = 50$ Гц, при $n = 1000$ об/мин имеем $f = 100$ Гц.

ЭДС одной фазы синхронного генератора может быть представлена как $E = C_e \Phi(i_g) n$, где $\Phi(i_g)$ – магнитный поток системы возбуждения, Вб; C_e – конструкционная постоянная, в данном случае

$$C_e = 4,44 w k_{об} k_c \frac{P}{60},$$

где w – число витков фазы (число последовательно соединенных витков каждой параллельной ветви); $k_{об}$ – обмоточный коэффициент; k_c – коэффициент скоса пазов обмотки.

Свободной мощности дизеля соответствует активная составляющая мощности синхронного генератора с двумя параллельными трехфазными обмотками:

$$P_r = 2 \cdot 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos\varphi,$$

где U_ϕ, I_ϕ – действующие значения фазных напряжения и тока; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности: для номинального режима $\cos\varphi = 0,9$; при максимальном напряжении $\cos\varphi = 0,96$; при минимальном напряжении $\cos\varphi = 0,79$.

Напомним, что при соединении в «звезду» действующее значение линейного (междуфазного) напряжения в $\sqrt{3}$ больше действующего значения фазного напряжения, а линейный ток равен фазовому току.

Пренебрегая падением напряжения во внутренних цепях, получим электромагнитный момент синхронного генератора (момент полезной нагрузки дизеля) в виде:

$$M = 2 \cdot 3 \cdot \frac{U_\phi I_\phi}{\omega} \cos\varphi = 2 \cdot 3 \cdot C_M \Phi(i_s) I_\phi \cos\varphi,$$

где $\omega = 2\pi n/60$, $C_M = \frac{60}{2\pi} C_e = 4,44 w k_{o\phi} k_c \frac{p}{2\pi}$.

4.7.3 Устройство и конструкция неуправляемой выпрямительной установки УВКТ-5

Трехфазный выпрямитель, построенный по мостовой схеме, предложен А.Н. Ларионовым – «звезда Ларионова» (рис. 4.23). Он питается от трехфазной обмотки, фазы A, B, C которой соединены в звезду, и состоит из двух групп диодов: анодной и катодной, каждая из которых имеет по три диода. Ток одновременно проводят два диода: один в анодной группе, потенциал катода которого минимален, другой в катодной группе, потенциал анода которого максимален относительно нулевой точки обмотки источника напряжения. В результате на выходе формируется выпрямленное напряжение U_d , мгновенные значения которого равны на соответствующих интервалах линейным напряжениям $U_{ab}, U_{bc}, U_{ac}, U_{ba}$ и т.д.

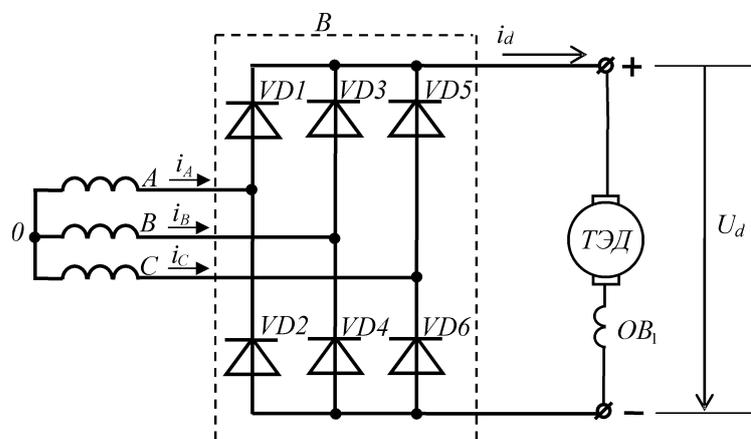


Рис. 4.23. Схема мостового выпрямителя трехфазного тока

На рис. 4.24, *а* показаны напряжения фаз *A*, *B*, *C*, на рис. 4.24, *б* – кривая выпрямленного напряжения U_d , она имеет шесть пульсаций за один период питающего напряжения, откуда и происходит термин «шестипульсовая схема».

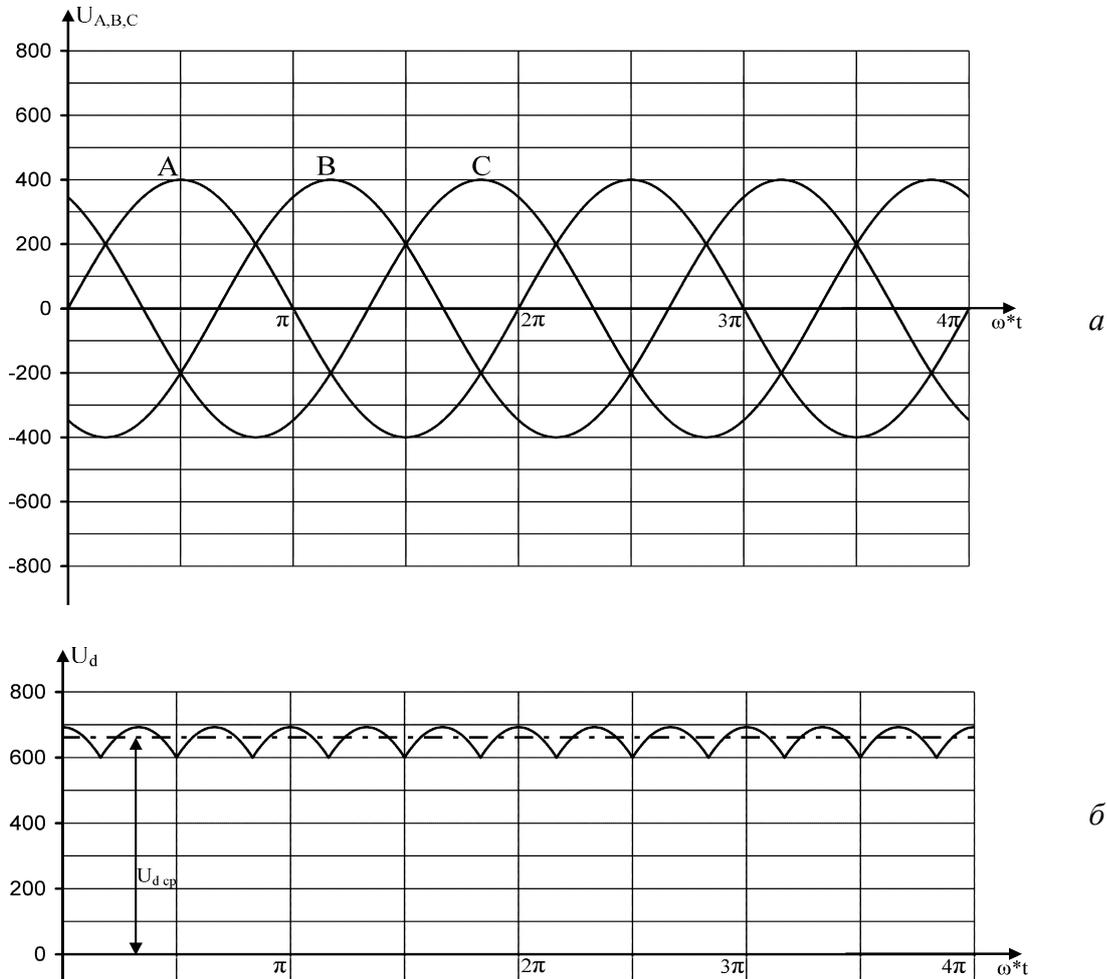


Рис. 4.24. Диаграммы работы трехфазного мостового выпрямителя: напряжения фаз (*а*), и выпрямленное напряжение (*б*)

Качество выпрямленного напряжения в такой схеме высокое. Коэффициент пульсаций $k_q = 0,057$ (напомним, что для выпрямителя однофазного тока, установленного на электровозах, $k_q = 0,66$).

Двенадцатипульсовые схемы выпрямления используются для дальнейшего уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения и снижения высших гармонических составляющих, они строятся на основе параллельного соединения двух трехфазных выпрямителей и широко применяются на тепловозах с ЭПМ переменного-постоянного тока. Такая схема используется в выпрямительной установке УВКТ-5.

Значение коэффициента пульсаций k_q при использовании двенадцатипульсовой схемы уменьшается до 0,03. Как следствие, не требуется применения дополнительных устройств (типа сглаживающих реакторов на электровозах), нет необходимости и в разработке тяговых двигателей специальной конструкции.

Средние значения выпрямленного напряжения одинаковы и равны общему выпрямленному напряжению $U_{d1} = U_{d2} = U_d$. Общий ток нагрузки I_d распределяется поровну между обеими трехфазными обмотками.

4.8 Управление электрической передачей переменного-постоянного тока

4.8.1 Структурная схема комбинированной автоматической системы регулирования напряжения СТГ

Управление ЭПМ переменного-постоянного тока осуществляется изменением частоты вращения вала дизель-генератора по позициям контроллера машиниста и регулированием магнитного потока генератора в пределах каждой позиции, что обеспечивает постоянство мощности $U_d I_d = \text{const}$.

ЭПМ переменного-постоянного тока оборудуется автоматической системой регулирования напряжения U_d , которая построена на принципах регулирования по отклонению напряжения генератора и по возмущениям (силе тока и положению органов топливоподачи дизеля), структурная схема которой показана на рис. 4.25. Принцип работы системы аналогичен рассмотренному выше для электрической передачи постоянного тока.

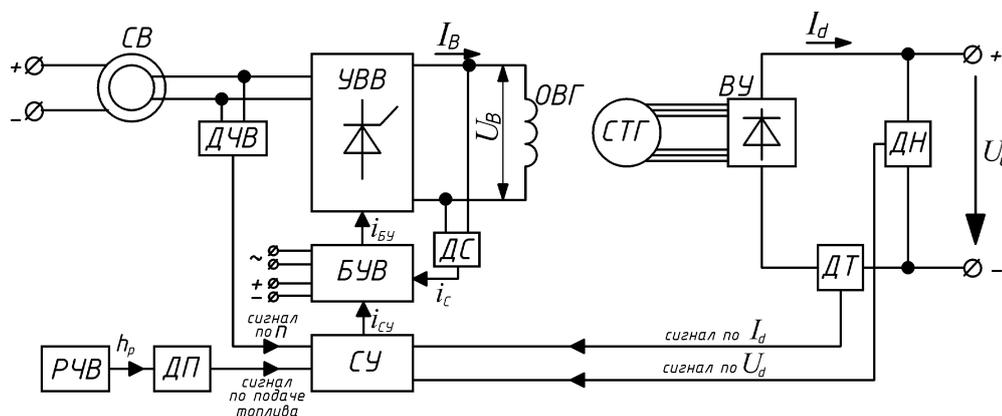


Рис. 4.25. Структурная схема комбинированной автоматической системы регулирования напряжения:

СТГ – синхронный тяговый генератор; ВУ – выпрямительная установка; ДТ – датчик тока; ДН – датчик напряжения; СУ – селективный узел; БУВ – блок управления возбуждением; УВВ – управляемый выпрямитель возбуждения; СВ – синхронный возбудитель; РЧВ – регулятор частоты вращения; ДП – индуктивный датчик положения; ДЧВ – датчик частоты вращения; ДС – датчик скорости изменения тока возбуждения

4.8.2 Регулирование частоты вращения ТЭД

В режиме тяги все ТЭД соединены параллельно и получают питание от выпрямительной установки. Поэтому напряжение на зажимах ТЭД равно U_d , а сила тока в якорной цепи равна I_d , делённому на число двигателей.

Для расширения диапазона скоростей движения применяется, так же как и на тепловозах с ЭПМ постоянного тока, ступенчатое ослабление поля путем шунтирования обмотки возбуждения ТЭД. Как правило, используются две ступени ослабления поля.

4.8.3 Поосное регулирование силы тяги (2ТЭ116у, 2ТЭ25к)

В настоящее время выпускаются грузовые тепловозы 2ТЭ116у и 2ТЭ25к «Пересвет» с электрической передачей переменного тока, где реализовано индивидуальное (поосное) регулирование силы тяги. Как видно из схемы силовых цепей (рис. 4.26), каждая из двух трехфазных обмоток СТГ питает двигатели одной тележки. Каждый двигатель подключен через свой управляемый тиристорный выпрямитель, выполненный по схеме Ларионова.

В целях получения лучших тяговых показателей – увеличения реализуемого коэффициента тяги в широком диапазоне изменения условий сцепления «колесо – рельс» – на тепловозе 2ТЭ116У выбрана схема тяговой передачи, позволяющая индивидуальное регулирование подводимой мощности к каждому из шести тяговых электродвигателей, т.е. система поосного регулирования силы тяги.

Наряду с увеличением реализуемого коэффициента тяги на 12–15 % можно ожидать улучшение и таких показателей, как:

- уменьшение износа бандажей колесных пар;
- уменьшение расхода песка;
- улучшение качества переходных процессов в тяговом приводе в режимах боксования и, как следствие, уменьшение расхода топлива.

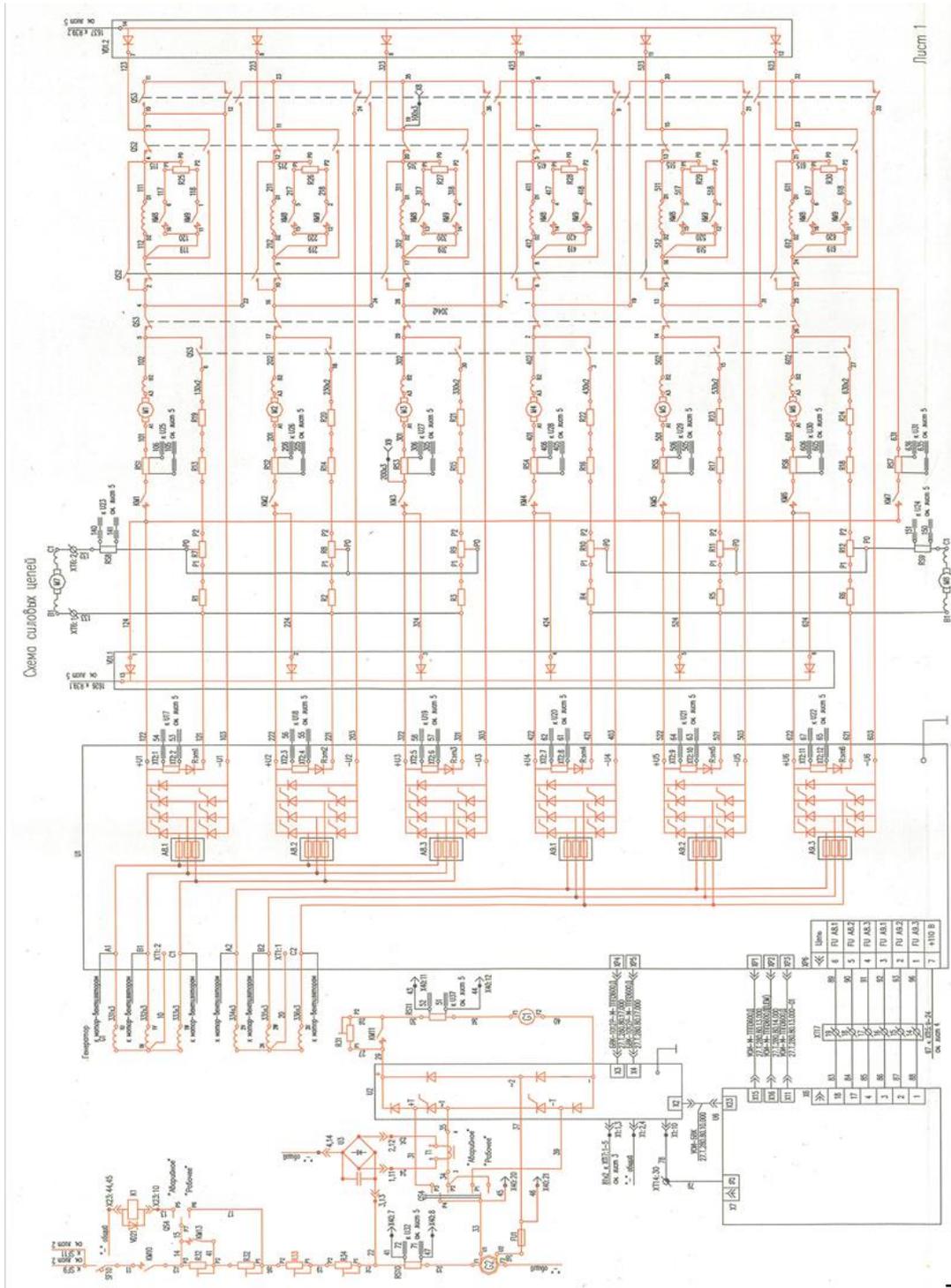


Рис. 4.26. Схема силовых цепей при индивидуальном (посном) регулировании силы тяги

4.9 Регулирование электрической передачи и согласование с работой дизеля

4.9.1 Необходимость совместной системы регулирования дизеля и электрической передачи

Системы регулирования электрической передачи тепловозов можно разделить по двум признакам:

1 По элементной базе: электромашинные, аппаратные и микропроцессорные. В тепловозах типа ТЭМ2 и ЧМЭЗ применена электромашинная система регулирования тяговой электрической передачи, основой которой является возбудитель специальной конструкции.

В тепловозах 2ТЭ10, М62, 2ТЭ116, ТЭП70, ТЭМ7 и других используется аппаратная система регулирования, когда система строится из отдельных узлов и аппаратов как общего назначения, так и специального исполнения.

В последнее время тепловозы оборудуются микропроцессорными системами регулирования, которые нашли применение на перспективных тепловозах серии 2ТЭ25К «Пересвет» (разработка ВНИКТИ, производство Брянского машиностроительного завода), 2ТЭ116у и других. От аппаратных систем автоматического регулирования микропроцессорные системы отличаются тем, что алгоритм регулирования выполняется программой.

2 По принципу действия: разомкнутые системы и системы с обратной связью. Разомкнутые системы регулирования электрической передачи в тепловозах не применяются, однако в аварийном режиме систему регулирования электрической передачи тепловозов в упрощенном виде можно считать разомкнутой.

Тепловозные системы регулирования по своей сути являются системами с обратной связью по возмущающему воздействию, которое определяется током нагрузки тягового генератора. Для полной реализации возможностей дизеля и тягового электрооборудования, упрощения управления тепловозом на всех современных тепловозах применяются только замкнутые системы регулирования с обратной связью.

Рассмотрим принципы построения замкнутой системы регулирования тяговой электрической передачи, когда необходимо точное согласование мощности тягового генератора со свободной мощностью дизеля (так называемое объединённое регулирование дизель-генератора). При этом обеспечивается оптимальное нагружение дизеля, тепловоз работает в экономичном режиме, повышается ресурс дизеля.

На рис. 4.27 показана универсальная характеристика дизеля 16ЧН 26/26 тепловоза 2ТЭ116 и нанесённые на неё изолинии удельного расхода топлива.

Для работы дизеля в наиболее экономичном режиме требуется обеспечить нахождение нагрузки дизеля в соответствии с рабочей зоной 1, или, что то же самое, выдерживать заданное положение реек топливного насоса высокого давления в зависимости от частоты вращения коленвала дизеля.

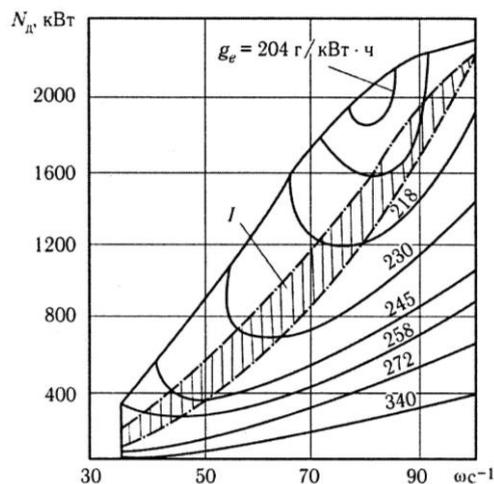


Рис. 4.27. Универсальная характеристика дизеля 16ЧН 26/26:
 I – рабочая зона; N_d – мощность дизеля; ω – угловая скорость вращения коленчатого вала дизеля ($\omega = 2\pi n/60$)

4.9.2 Структура системы объединенного регулирования

В общем случае принцип объединённого регулирования дизель-генератора можно представить следующим образом (рис. 4.28).

Контроллером машиниста (КМ) задаётся угловая скорость вращения коленвала дизеля $\omega_{\text{диз}}$ изменением затяжки всережимной пружины (ВП), реализованная аппаратным способом.

В соответствии с рассогласованием заданной величины $\omega_{\text{диз}}$ и фактического измеренного значения частоты вращения $\omega_{\text{ос}}$ (по вращающимся грузам) регулятор частоты вращения (РЧВ) коленвала дизеля увеличивает или уменьшает подачу топлива h_p реечным механизмом, изменяя тем самым вращающий момент дизеля $M_{\text{диз}}$.

В моменте сопротивления дизеля $M_{\text{сопр}}$ первые две составляющие (M_{const} и M_{var}) обусловлены самой природой дизеля и необходимостью обеспечения его нормальных режимов работы и работы различного вспомогательного оборудования тепловоза. Это расходы на вспомогательные нагрузки, обеспечивающие охлаждение дизеля, расходы на преодоление трения в подшипниковых узлах, расходы на вентиляцию электрических машин, на привод тормозного компрессора и др. Отсюда следует, что единственным способом удержания рабочей точки дизеля на оптимальной нагрузочной характеристике, в рабочей зоне, является изменение мощности (момента сопротивления) генератора $M_{\text{ген}}$.

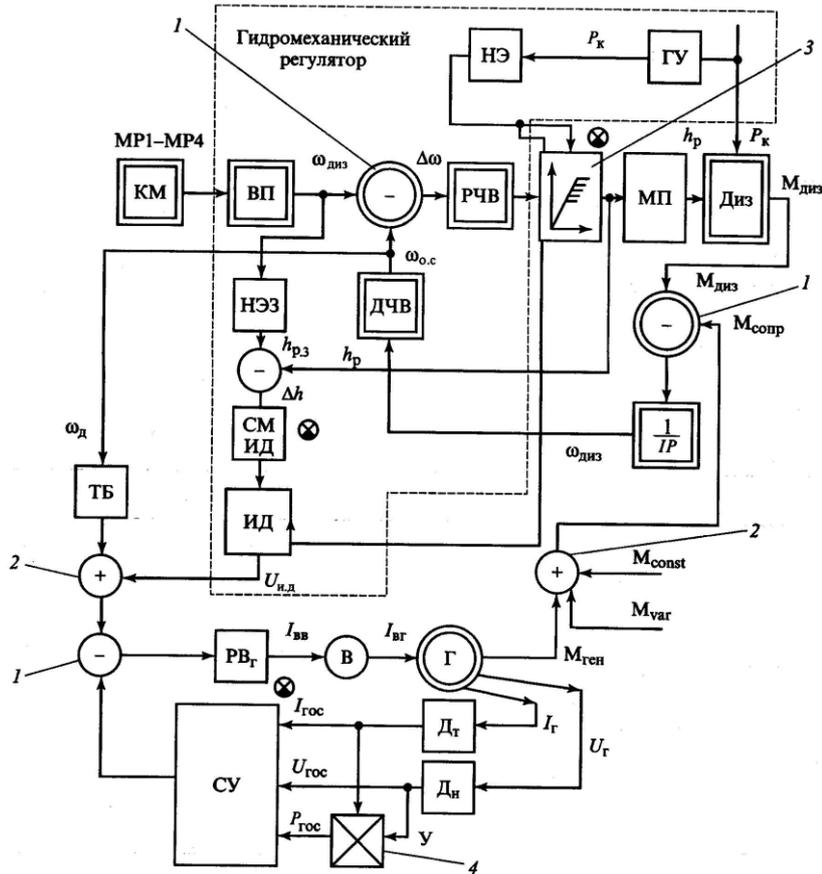


Рис. 4.28. Упрощённая структурная схема системы объединённого регулирования дизель-генератора:

КМ – контроллер машиниста; МР1 – МР4 – электромагниты регулятора дизеля; ВП – всережимная пружина; РЧВ – регулятор частоты вращения; НЭ – нелинейный элемент корректора по наддуву; ГУ – гидроусилитель корректора по наддуву; МП – передаточный механизм; Диз – дизель; НЭЗ – нелинейный элемент объединенного регулятора мощности; СМ ИД – сервомотор индуктивного датчика; В – возбудитель; Г – генератор; СУ – селективный узел; Д_т, Д_н – датчики тока и напряжения тягового генератора; $M_{диз}$ – момент дизеля; $M_{сопр}$ – момент сопротивления; M_{const} – постоянные нагрузки; M_{var} – переменные нагрузки; $M_{ген}$ – момент генератора; $I_{гос}$, $U_{гос}$, $P_{гос}$ – сигналы обратной связи по току, напряжению и мощности генератора; У – множительное устройство; \otimes – регулировочный параметр; ТБ – тахометрический блок; P_k – давление воздуха; ДЧВ – датчик частоты вращения коленвала; I_g – ток генератора; U_g – напряжение генератора; $h_{р.з}$ – заданные положения реек; h_p – фактическое положение реек; Δh – отклонение от заданного положения реек; $U_{ид}$ – сигнал индуктивного датчика; ω_d – заданная частота вращения коленвала; $\omega_{диз}$ – частота вращения коленвала; $\Delta\omega_{о.с}$ – обратная связь по частоте вращения коленвала; 1 – узел сравнения; 2 – сумматор; $1/IP$ – коэффициент учета инерционности вращающихся масс дизеля; 3 – корректор подачи топлива по наддуву; 4 – умножитель

В штатной схеме объединённого регулирования (см. рис. 4.28) можно выделить два основных элемента: блок задания селективной мощности (селективный узел СУ, датчики тока и напряжения D_T и D_H , множительное устройство У, тахометрический блок ТБ и другие вспомогательные узлы, не показанные на этом рисунке); блок коррекции, состоящий из узла суммирования, и индуктивный датчик ИД, конструктивно расположенный в регуляторе дизеля.

Будем считать, что система находится в равновесии, т.е. $M_{\text{диз}} = M_{\text{сопр}}$. При увеличении момента сопротивления дизеля (например, при включении привода тормозного компрессора) частота вращения вала дизеля уменьшается. Появление рассогласования ($\Delta\omega$) на входе регулятора частоты вращения РЧВ побуждает его устранить снижение частоты. Это может быть осуществлено только перемещением рейки топливных насосов высокого давления h_p . Таким образом, подача топлива растёт, увеличивая тем самым вращающий момент дизеля.

Однако увеличение подачи топлива h_p и соответственно момента дизеля вызывает рассогласование заданного положения реек $h_{p,z}$, выбранного из условия оптимальной нагрузочной характеристики. Появление этого рассогласования на входе сервомотора индуктивного датчика (СМ ИД) вызывает передвижение его поршня и соответственно стержня индуктивного датчика (ИД) в сторону уменьшения сигнала $U_{\text{ид}}$. Этот сигнал, входя в состав общего сигнала задания мощности тягового генератора, тем самым снижает мощность тягового генератора.

Момент сопротивления тягового генератора снижается до тех пор, пока в объединённой системе регулирования не установится равновесие по всем каналам, т.е. $\omega_{\text{диз}} = \omega_{o.c}$ и $h_p = h_{p,z}$.

Также происходят процессы при уменьшении момента сопротивления. Зона действия индуктивного датчика выбирается таким образом, чтобы соответствующим изменением мощности тягового генератора можно было перекрыть все величины колебаний вспомогательных и других нагрузок.

Итак, в штатной схеме объединённого регулирования дизель-генератора осуществляется поддержание заданного положения рейки топливных насосов в соответствии с оптимальной характеристикой нагружения дизеля (согласно универсальной характеристике).

4.9.3 Достоинства и недостатки

Недостатки такого регулирования:

1 Большое количество настроек и регулировок (показаны значком \otimes на рис. 4.28), откуда необходимость проведения периодических реостатных испытаний.

2 Эксплуатационная неустойчивость настроек из-за изменения геометрических размеров, качества и наличия рабочей жидкости; взаимозависимости регулировок; засорения каналов гидравлической системы.

3 Сложность настройки в эксплуатации, требующая высокой квалификации обслуживающего персонала.

4 Нарушение настройки канала ограничения подачи топлива по наддуву приводит к неработоспособности тепловоза в целом или снижению качества его работы.

5 В основу системы регулирования положен принцип полного использования свободной мощности дизеля в любых режимах, т.е. система очень быстродействующая, так как срабатывает в темпе изменения внешних нагрузок. Иногда, например, при боксовании это свойство наносит прямой вред, и любое боксование переходит в разносное. Поэтому для защиты от этого явления требуется принятие дополнительных мер (жёсткие динамические характеристики, уравниватели, динамический регулятор напряжения и т.д.).

4.10 Электродинамическое торможение

4.10.1 Достоинства и недостатки электрического торможения.

Область применения

Области применения электродинамического торможения условно можно подразделить следующим образом: реостатное торможение – для низких скоростей движения ЭПС, так как им можно тормозить до полной остановки, и для тепловозов, не использующих на сегодняшний день полученную электрическую энергию. Рекуперативное торможение – торможение высоких скоростей в основном для электроподвижного состава. Для пассажирского транспорта, с целью повышения безопасности движения, применяют комбинированное рекуперативно-реостатное торможение, дающее возможность применить электрический тормоз от начала торможения при высокой скорости до полной остановки поезда.

К системе электрического торможения предъявляется ряд требований: эффективное действие тормоза в заданном диапазоне скоростей, гибкость управления и автоматическое регулирование по заданным характеристикам, минимальное время подготовки к торможению, устойчивость режимов торможения, минимальное усложнение электрической передачи и высокая надежность.

Все эти требования довольно полно выполняются на отечественных машинах, таких как тепловозы 2ТЭ116 и ТЭП70, оборудованных автоматизированными системами реостатного тормоза, а также практически на всех сериях электроподвижного состава, где применяются как реостатный, так и рекуперативный тормоз.

Наряду с несомненными достоинствами электродинамических тормозов, они имеют и существенные недостатки, сдерживающие их применение и в ряде случаев снижающих к ним доверие. Основная принципиальная особенность электродинамического тормоза – торможение одним локомотивом. Учитывая, что тормозная сила при таком же токе машин

больше, чем сила тяги (к тормозной силе нужно отнести и механические потери, которые при тяговом режиме вычитались), продольная динамика поезда резко ухудшается и требует от машиниста локомотива большей осторожности при управлении тормозом.

4.10.2 Схемы электрической передачи в режимах тяги и электрического торможения

В тяговом режиме (рис. 4.29) переменное шестифазное напряжение тягового генератора СГ выпрямляется установкой ВУ и подается на шесть параллельно включенных тяговых электродвигателей 1–6 последовательного возбуждения, приводящих тепловоз в движение. К тяговому генератору электродвигатели подключаются с помощью шести электропневматических поездных контакторов П1–П6. Контактор П7 разомкнут. Скорость тепловоза и тяговое усилие регулируются изменением возбуждения тягового генератора и частоты вращения вала дизеля, задаваемой контроллером машиниста.

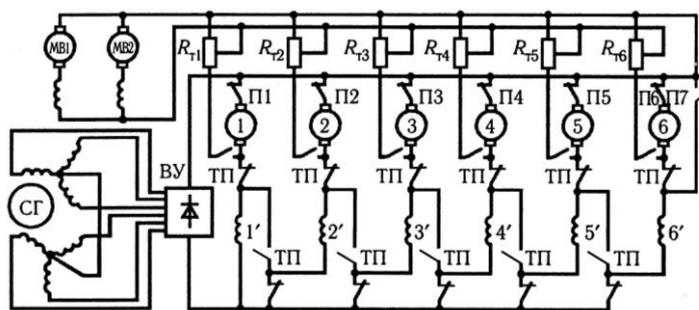


Рис. 4.29. Схема электрической передачи в режиме тяги

В режиме электродинамического торможения (рис. 4.30) тяговые двигатели работают как генераторы, якоря приводятся во вращение от колесных пар, а возбуждение осуществляется от СГ-ВУ.

Якорь каждого тягового электродвигателя подключается к отдельной группе резисторов тормозного блока $R_{т1}–R_{т6}$ через один из поездных контакторов П1–П6. При этом кинетическая энергия поезда преобразуется в электрическую, рассеиваемую в тормозных резисторах. Обмотки возбуждения 1'–6' тяговых электродвигателей соединяются последовательно и подключаются к выпрямительной установке ВУ с помощью контактора П7, получая питание от тягового генератора.

Для обдува тормозных резисторов используются мотор-вентиляторы МВ1, МВ2 с электродвигателями постоянного тока, имеющими последовательное возбуждение. Секции тормозных резисторов, с которых снимается напряжение для питания этих электродвигателей, включены параллельно с помощью уравнительных соединений.

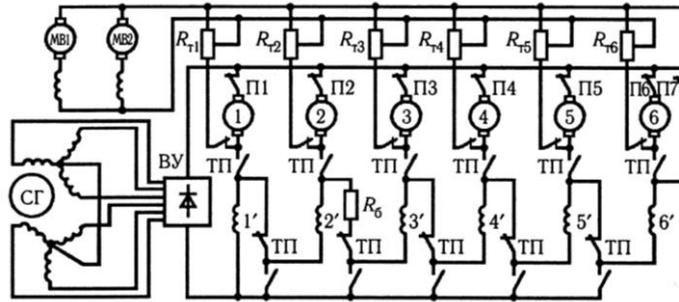


Рис. 4.30. Схема электрической передачи в режиме электрического торможения

4.10.3 Расчетные формулы. Тормозные характеристики

Построим тормозные характеристики тяговых двигателей (рис. 4.31).

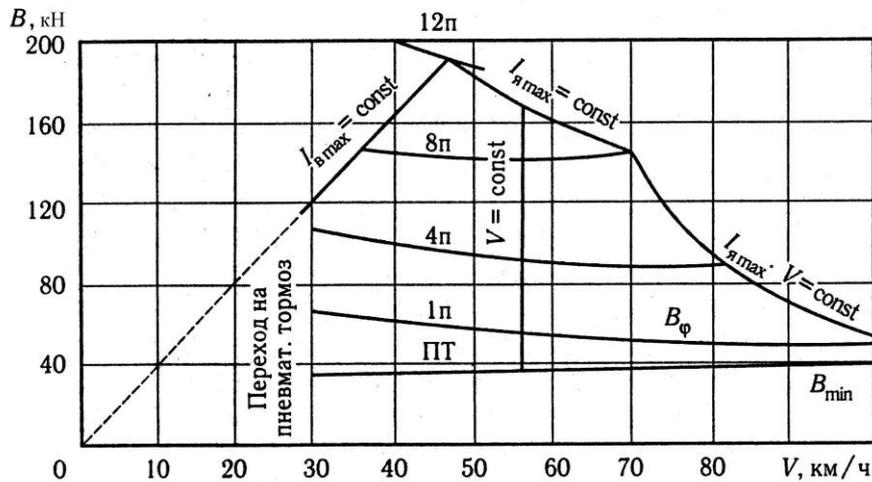


Рис. 4.31. Тормозные характеристики тепловоза:
ПТ – предварительное торможение;
1п–12п – позиции тормозного контроллера

Электромагнитный момент, развиваемый на валу двигателя в тормозном режиме

$$M_T = c_M I_T \Phi,$$

где I_T – тормозной ток.

Для цепи тормозного тока можно написать уравнение равновесия ЭДС:

$$c_e \Phi n = I_T R_T',$$

где n – частота вращения вала тягового электродвигателя;
 R_T' – сопротивление цепи тормозного тока.

Отсюда для тормозного тока I_T и магнитного потока Φ имеем:

$$I_T = \frac{c_e \Phi n}{R_T} \quad \text{и} \quad \Phi = \frac{I_T \sum R_T}{c_e n}.$$

4.11 Реостатные испытания

4.11.1 Цель и методы проведения реостатных испытаний

Реостатные испытания – это заключительный этап капитального или текущего ремонта тепловоза. На заводе кроме реостатных испытаний проводят стендовые испытания дизель-генераторных установок (ДГУ). В локомотивных депо реостатные испытания подразделяются на полные и контрольные. Полные реостатные испытания проводят при выпуске из текущих ремонтов ТР-2 и ТР-3, которые состоят из обкаточных (в течение четырех часов) и сдаточных (в пределах одного часа) испытаний.

Перед постановкой тепловоза на реостатные испытания выполняют ряд подготовительных операций, которые включают в себя экипировку тепловоза, проверку герметичности соединений трубопроводов, измерение сопротивления изоляции цепей электрооборудования и подключение тепловоза к нагружающему устройству.

4.11.2 Порядок проведения реостатных испытаний

Для подключения тепловоза к реостатной установке предварительно (со стороны цепей ТЭД) отсоединяют кабели от поездных контакторов и шунта амперметра и вместо них подсоединяют плюсовые и минусовые кабели от пластин реостата. Далее переводят реле заземления в отключенное состояние и посредством штепсельной розетки подключают пульт управления реостата с цепями управления тепловозом (секции).

Перед началом испытаний прогревают системы дизеля, контролируют работу цепей управления и полярность подключения измерительных приборов. Все работы, связанные с подготовительными операциями – пуском дизеля, регулировкой и настройкой сборочных узлов тепловоза, а также их функционированием, выполняются в соответствии с правилами ремонта и руководства по эксплуатации и обслуживанию тепловоза соответствующей серии.

Преимущества жидкостных реостатов заключаются в том, что у них отсутствуют коммутирующие аппараты и они обеспечивают плавное изменение нагрузки при любых режимах работы дизеля. Однако наряду с указанными преимуществами, жидкостные реостаты требуют значительных эксплуатационных затрат, связанных с расходом воды, периодической очисткой бака и заменой электродов (стальных пластин), а также с дополнительными расходами в холодное время года, и, главное, жидкостные реостаты практически не позволяют утилизировать тепловую энергию.

На рис. 4.32 показана расчетная схема модели «дизель – синхронный генератор – выпрямительная установка», работающая на активное сопротивление (водяной бак). Для нагрузки ДГУ в основном используют водяные реостатные установки с баками 20–30 м³. Такие нагружающие устрой-

ства позволяют плавно изменять нагрузку тепловозных ДГУ до 4000 кВт. Типовой водяной реостат состоит из металлического бака, в котором смонтирована группа неподвижных пластин (электродов), а между ними расположены подвижные пластины трапецеидальной формы толщиной 6–10 мм. При этом пластины каждой группы изолированы между собой и относительно корпуса бака.

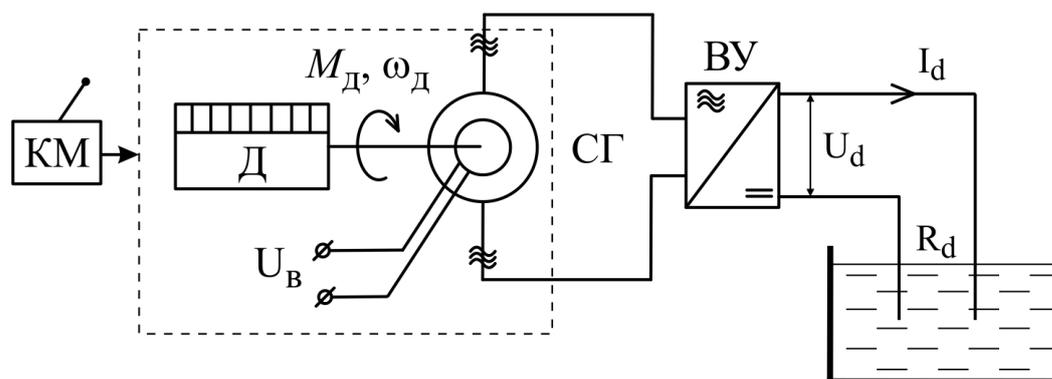


Рис. 4.32. Расчетная схема модели «дизель – синхронный генератор – выпрямительная установка» применительно к реостатным испытаниям: КМ – контроллер машиниста; Д – дизельный двигатель; СГ – синхронный тяговый генератор; ВУ – выпрямительная установка; U_B – напряжение возбуждения генератора; M_d, ω_d – момент и угловая частота дизеля; U_d, I_d, R_d – напряжение, ток, сопротивление в звене постоянного тока

Изменение нагрузки тягового генератора достигается за счет вертикального перемещения подвижных пластин в среде электролита посредством подъемного устройства, состоящего из электродвигателя, редуктора, полиспада и тросовой связи с траверсой подвижных пластин. В качестве электролита используют проточную воду с добавлением поваренной соли из расчета 0,3–0,5 кг на 1 м³. Вместимость бака, размеры и число пластин реостата зависят от мощности ДГУ тепловоза.

Для обеспечения стабильности нагрузки тягового генератора рекомендуется при проведении реостатных испытаний поддерживать температуру воды в пределах 70–80 °С. Такое условие объясняется тем, что общее электрическое сопротивление водяного реостата во многом зависит от температуры воды и содержания в ней естественных солей. Практически температуру воды в баке поддерживают за счет изменения циркуляции проточной воды.

4.11.3 Результаты реостатных испытаний (момент, мощность ДГУ)

Протоколы реостатных испытаний тепловоза серии 2ТЭ116 № 945А от 12.09.2010, проведенных в ТЧР-9 Морозовская СКЖД. Приводятся результаты реостатных испытаний при наборе позиций с первой до пятнадцатой (рис. 4.33).

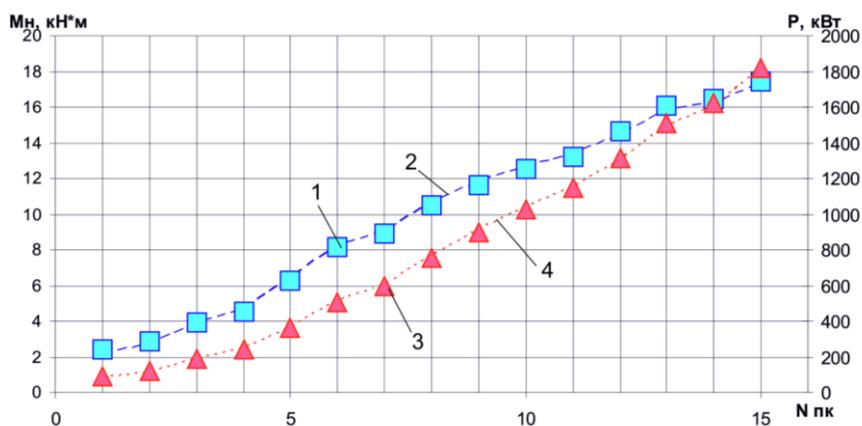


Рис. 4.33. Результаты реостатных испытаний:
1, 2 – момент; 3, 4 – мощность

Кроме того, в ходе реостатных испытаний при фиксированной 15-й позиции контроллера (т.е. при постоянной мощности) проводится построение внешней характеристики генератора. Сопротивление R_d изменяется за счет перемещения ножей в баке с водой.

В табл. 4.3 показаны полученные результаты испытаний, где обозначено U_d , I_d , P – напряжение, ток, мощность в звене постоянного тока.

Таблица 4.3

Параметры внешней характеристики синхронного генератора на 15-й позиции

Ток после НВ I_d , А	Напряжение после НВ U_d , В	Мощность P , кВт
2000	730	1460
2500	720	1800
3000	610	1830
3500	520	1820
4000	453	1812
4500	400	1800
5000	358	1790
5500	324	1782
6000	295	1770

На рис. 4.34 показана внешняя характеристика синхронного генератора при работе на 15-й позиции контроллера машиниста, где обозначено: 1 (○) – результаты реостатных испытаний согласно табл. 4.3; 3 (штрихпунктирная линия) – результаты моделирования; 2 и 4 – верхняя и нижняя границы зоны допустимых значений.

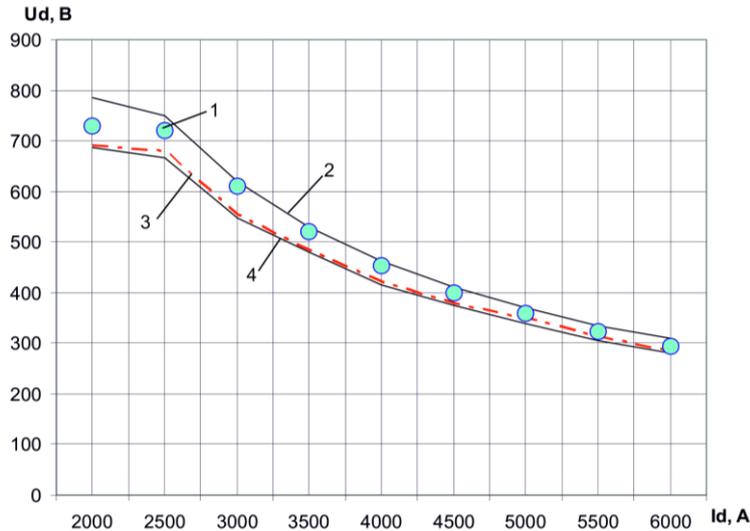


Рис. 4.34. Внешняя характеристика тягового генератора на 15-й позиции

4.12 Локомотивные микропроцессорные системы управления и диагностики

4.12.1 Состав бортовых микропроцессорных систем управления и диагностики

Микропроцессорная система автоматического регулирования (МП САР) включает в себя три основные составные части (подсистемы): вычислительную часть, интерфейсную часть и подсистему электропитания.

Практика создания микропроцессорных автоматических систем подтвердила целесообразность их изготовления в виде специализированных модулей, проблемно и функционально ориентированных в рамках определенных задач, алгоритмов и функций. Под модулем в данном случае понимается конструктивно законченное устройство, решающее вычислительные или управляющие задачи заданного класса самостоятельно или в совокупности с другими модулями. Характерной особенностью такого построения систем является то, что независимо от решаемых задач электрическая схема и набор функциональных модулей могут оставаться постоянными. Различие сводится к осуществлению заданных алгоритмов управления.

4.12.2 Основные функции

Аппаратура микропроцессорных систем автоматического регулирования осуществляет ввод информации от датчиков или командных устройств, логическую обработку этой информации в заданной последовательности и вывод полученных результатов в исполнительные устройства. Задачи, решаемые каждым конкретным устройством, определяются алгоритмом его работы, т.е. упорядоченной последовательностью действий с конечным числом операций, что приводит к получению определённого результата. Последовательность выполнения операций (программа работы) закладывается в структуру электрической схемы и в связи между программными и аппаратными средствами: электронными и электромеханическими элементами, входящими в состав системы.

4.12.3 Система УСТА, ее основные характеристики

Рассмотрим внедряемую на всех тепловозах унифицированную систему тепловозной автоматики (УСТА), которая выполняет автоматическое регулирование напряжения тягового генератора тепловоза (рис. 4.35). В данной системе нашли воплощение все передовые отечественные разработки в области электронной техники, исследования динамики работы отдельных узлов и агрегатов тепловозов и учтен весь предыдущий положительный опыт создания подобных систем.

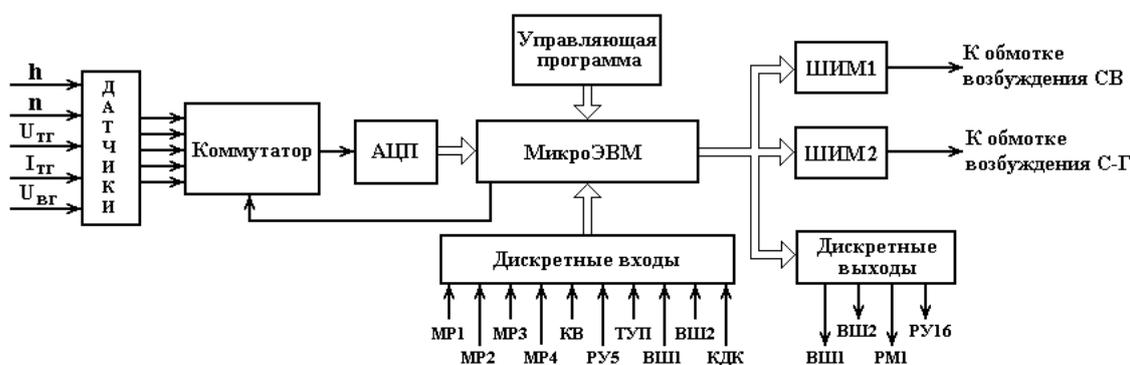


Рис. 4.35. Функциональная схема системы УСТА

Управляющая программа, которая хранится на специальной энерго-независимой интегральной микросхеме, производит анализ сигналов датчиков: напряжения тягового генератора ($U_{ТГ}$), тока тягового генератора ($I_{ТГ}$), напряжения цепей управления ($U_{ВГ}$), частоты вращения коленчатого вала дизеля (n) и положения рейки топливных насосов высокого давления (h), а также дискретных сигналов: положения рукоятки контроллера (MP1 – MP4), состояния реле РУ5, контактора КВ, КДК, ВШ1 и ВШ2 и тумблера управления переходами ТУП. В результате этого анализа вырабатывается

управляющее воздействие на изменение тока обмотки возбуждения синхронного возбудителя (тепловоз 2ТЭ116, ТЭП70) или возбудителя (тепловозы 2ТЭ10, 2М62, ТЭМ2 и ЧМЭЗ), а также стартер-генератора (тепловоз 2ТЭ116, ТЭП70) или вспомогательного генератора (тепловозы 2ТЭ10, 2М62, ТЭМ2 и ЧМЭЗ). Ток обмоток возбуждения изменяется с помощью двух широтно-импульсных модуляторов (ШИМ1 и ШИМ2).

Система УСТА осуществляет включение нескольких электрических аппаратов в схеме тепловоза. Это контакторы ослабления возбуждения ВШ1 и ВШ2, реле РУ16 – переход на электронную или штатную систему регулирования напряжения цепей управления и защитного реле РМ1.

При проектировании системы УСТА отказались от применения многофункциональных блоков и модулей промышленной автоматики, создав специализированное микропроцессорное устройство, предназначенное для эксплуатации на всех сериях тепловозов железных дорог страны. Так был решен вопрос полной унификации аппаратной части системы автоматического регулирования напряжения тягового генератора. Различие между управляющими устройствами всех серий тепловозов сводится к особенностям работы управляющей программы.

4.13 Тяговый привод ЭПС постоянного тока с асинхронными тяговыми двигателями

Применение асинхронных тяговых двигателей открывает новые возможности в конкурентной борьбе железных дорог с другими видами транспорта.

Напомним вкратце основные достоинства АТД:

- ввиду большой жёсткости характеристик АТД более полно, на 8...10 %, практически на пределе по сцеплению, может быть реализовано развиваемое тяговым двигателем касательное усилие;

- мощность АТД в тех же габаритах, по сравнению с двигателем постоянного тока, может быть увеличена в 1,5...2,0 раза (из-за отсутствия коллекторно-щеточного узла);

- номинальная мощность АТД может быть использована во всем диапазоне скоростей вплоть до конструкционной, вследствие чего локомотив становится универсальным. Опыт показывает, что за счет этого локомотивный парк может быть уменьшен на 10 %;

- конструкция АТД и привод с их использованием требует меньше дорогостоящих и экологически вредных материалов. Например, меди в 2,0...2,5 раза, изоляционных материалов на 20...25 %, асбеста и асбестосодержащих материалов на 25...30 %;

- существенно снижается трудоемкость обслуживания и ремонта из-за отсутствия коллекторно-щеточного узла и изолированной обмотки на роторе. Одновременно возрастают надежность и срок службы двигателя.

Создание электровозов и тепловозов с АТД стало реальной задачей после освоения выпуска быстродействующих полупроводниковых прибо-

ров большой единичной мощности (сначала тиристоров, а затем транзисторов) и высокопроизводительных микропроцессоров, обеспечивающих реализацию алгоритмов управления в режиме реального времени.

При создании локомотивов с АТП необходимо было найти решение ряда крупных задач, с которыми ранее сталкиваться не приходилось.

Прежде всего величина потерь в современных полупроводниковых приборах такова, что возникла необходимость применения более сложной воздушно-жидкостной системы охлаждения преобразователей вместо воздушной.

По этой же причине возникает вопрос о повышении КПД. Эта задача решается не только за счет повышения КПД оборудования, входящего в силовую цепь (трансформатор, статический преобразователь, тяговые двигатели), но и за счет разработки энергосберегающих алгоритмов управления тяговым и вспомогательным приводами.

Из-за появления на локомотиве с АТП еще одной ступени преобразования полной мощности возрастает объем, занимаемый преобразователем. Как следствие, пришлось отказаться от традиционной компоновки оборудования в кузове электровоза и выполнять ее не с двумя, а с одним центральным проходом.

На рис. 4.36 показаны возможные варианты силовых схем статических преобразователей электрической энергии магистральных электровозов с АТП.

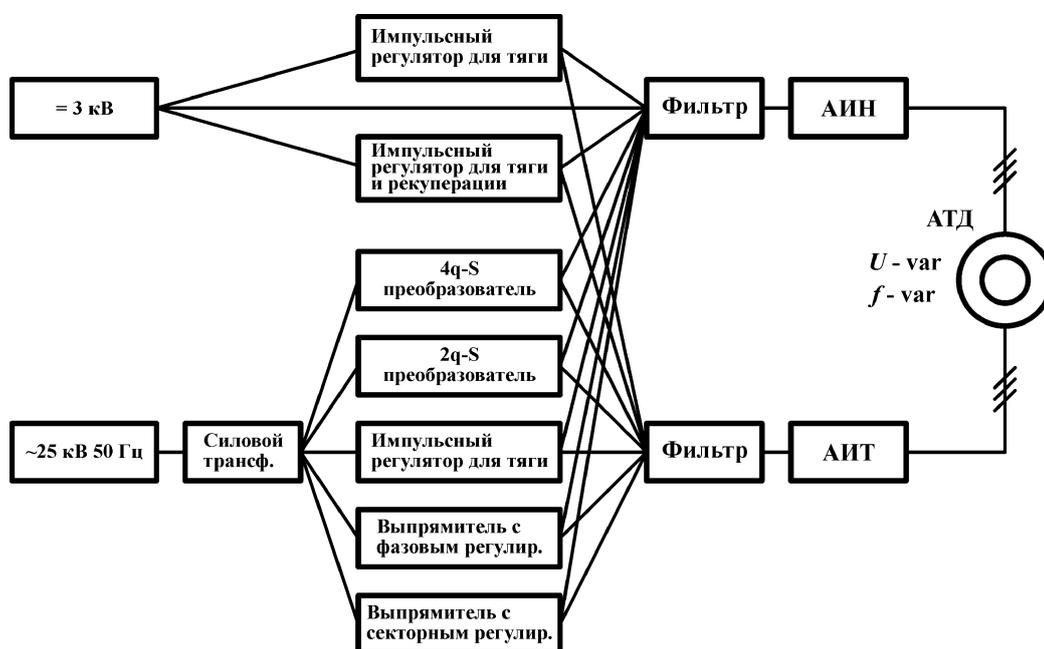


Рис. 4.36. Варианты структурных схем преобразователей частоты и числа фаз для питания АТД:

АИН – автономный инвертор напряжения;

АИТ – автономный инвертор тока

В настоящее время из показанных на рис. 4.36 вариантов силовых схем статических преобразователей частоты и числа фаз (ПЧФ) для электровозов постоянного тока наиболее широко применяется схема с входным импульсным регулятором (или без него) и автономным инвертором напряжения (АИН), а для магистральных электровозов переменного тока – схема с входным 4q-S преобразователем и автономным инвертором напряжения.

4.13.1 Схема асинхронного тягового привода электровоза при питании от сети постоянного тока.

Достоинства и недостатки

На рис. 4.37 показана структурная схема электрической части четырехосного электровоза постоянного тока с АТП. Такая структура позволяет обеспечить индивидуальное (поосное) регулирование силы тяги электровоза. На секции устанавливаются два тяговых преобразователя (обведены пунктиром).

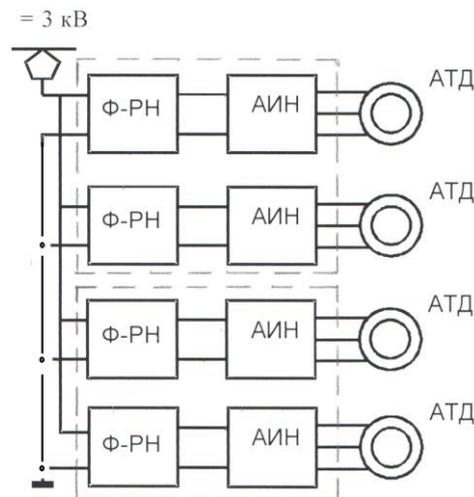


Рис. 4.37. Структурная схема электрической части четырехосного электровоза постоянного тока с АТП:

Ф – фильтр; РН – регулятор напряжения

4.13.2 Принцип действия асинхронного тягового двигателя

Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля, которое создается трехфазными обмотками, находящимися на статоре, с токами, возникающими в контурах ротора. Благодаря чередованию фаз в неподвижно расположенных обмотках создается магнитный поток Φ , вращающийся в пространстве со скоростью n_1 , соответствующей частоте питающего тока (рис. 4.38). Частота вращения ротора n_2 зависит не только от частоты приложенного напряжения, но и от величины нагрузки.

Согласно закону Ленца, взаимодействие наведенного тока с магнитным потоком создает момент, противодействующий причине возникновения этого тока. Ток вызывается в данном случае относительным перемещением потока и ротора. Следовательно, создается момент, стремящийся уменьшить относительную скорость магнитного потока и проводников ротора, т. е. момент, приводящий ротор во вращение в сторону вращения поля. Однако скорость вращения ротора всегда меньше скорости вращения потока, ибо лишь при этом условии возможно пересечение проводников ротора вращающимся полем и появление индуктированного в роторе тока. Отставание ротора от поля, лежащее в основе действия двигателя, обусловило появление термина «асинхронный», что значит «неодновременный».

Асинхронные тяговые двигатели (АТД) имеют две обмотки: статорную и роторную. Фазы *A, B, C* обмотки статора могут быть соединены либо в звезду, либо в треугольник. Для тяговых двигателей применяется соединение в звезду. Обмотка ротора – короткозамкнутая.

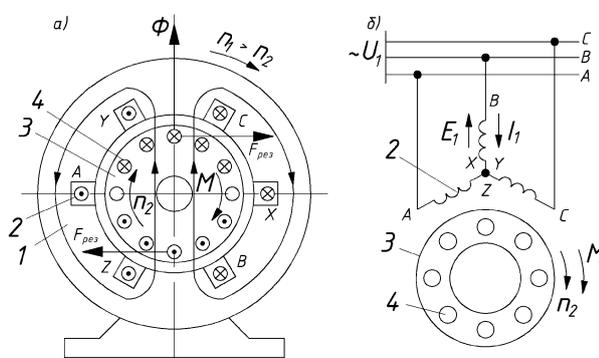


Рис. 4.38. Электромагнитная схема асинхронной машины при работе в двигательном режиме (*a* – поперечное сечение, *б* – схема питания):

1 – статор; 2 – статорные обмотки *A-X, B-Y, C-Z*; 3 – ротор;
4 – короткозамыкающие стержни ротора

4.13.3 Основные расчетные формулы

При питании обмотки статора трехфазным напряжением возникает вращающееся магнитное поле (основной характеристикой которого является магнитный поток Φ) с частотой вращения n_1 , об/мин:

$$n_1 = 60 \frac{f_1}{p},$$

где f_1 – частота питающего напряжения, Гц; p – число пар полюсов.

Если ротор двигателя неподвижен или частота его вращения меньше частоты вращения поля, то в проводниках ротора индуцируется ЭДС. На проводники с током, расположенные в магнитном поле, действуют электромагнитные силы $F_{рез}$, направленные вслед за вращением поля. Суммарное усилие всех проводников создает электромагнитный момент M , приводящий ротор во вращение. Таким образом, электрическая энергия, поступившая в обмотку статора, преобразуется в механическую.

Через тяговый зубчатый редуктор этот момент приводит во вращение колесную пару локомотива. Установившаяся частота вращения ротора n_2 соответствует режиму, когда электромагнитный момент равен моменту сопротивления. Изменение направления вращения осуществляется путем изменения порядка чередования фаз питающего напряжения.

Характерной особенностью асинхронной электрической машины является наличие скольжения s . Скольжением называется относительная разность частот вращения магнитного поля и ротора двигателя

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = 1 - \frac{n_2}{n_1}.$$

В двигательном режиме $0 < n_2 < n_1$, то есть $0 < s < 1$. В момент пуска $n_2 = 0$, поэтому $s = 1$. В режиме электрического торможения $s > 1$.

Скольжение s можно выразить в процентах, оно делается по возможности малым, порядка нескольких процентов. Поэтому скорость вращения ротора мало отличается от скорости поля.

Для расчета токов в обмотках, потребляемой мощности, мощности потерь, электромагнитного момента и т.п. асинхронный двигатель можно представить в виде электрической схемы замещения. Т-образная схема замещения асинхронного тягового электродвигателя показана на рис. 4.39, где обозначено: U_1 – напряжение питания, приложенное к статору; пренебрегая падением напряжения в обмотке статора, считаем $|U_1| \approx |E_1|$, здесь E_1 – ЭДС фазы статора; r_1 и $x_{\sigma 1}$ – активное сопротивление и индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора; r'_2 и $x'_{\sigma 2}$ – активное сопротивление и индуктивное сопротивление рассеяния цепи ротора, приведенные к статору; x_m – индуктивное сопротивление взаимоиндукции.

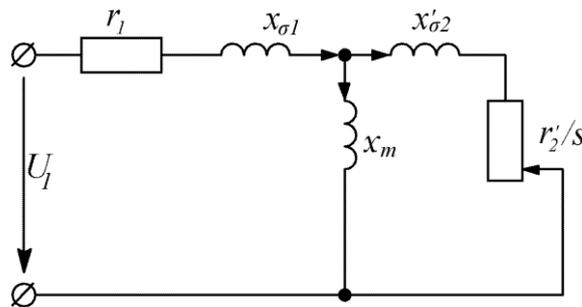


Рис. 4.39. Схема замещения асинхронного тягового электродвигателя

Для того чтобы в дальнейшем установить законы регулирования режимов работы АТД, запишем зависимость его момента M , Нм, от фазного напряжения, параметров машины и скольжения (формула Клосса):

$$M = \frac{pm_1}{2\pi f_1} \cdot \frac{U_1^2}{\left(r_1 + c_1 \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_{\sigma 1} + c_1 x'_{\sigma 2})^2} \cdot \frac{r'_2}{s},$$

где m_1 – число фаз обмотки статора, $m_1 = 3$;

c_1 – коэффициент, равный отношению питающего напряжения к противо-ЭДС двигателя, при расчетах можно положить $c_1 \approx 1,01 \dots 1,03$.

Отсюда ясно, что при заданном скольжении s момент пропорционален квадрату действующего значения приложенного напряжения.

Вид зависимости величины момента АТД от скольжения s при постоянном значении приложенного напряжения показан на рис. 4.40.

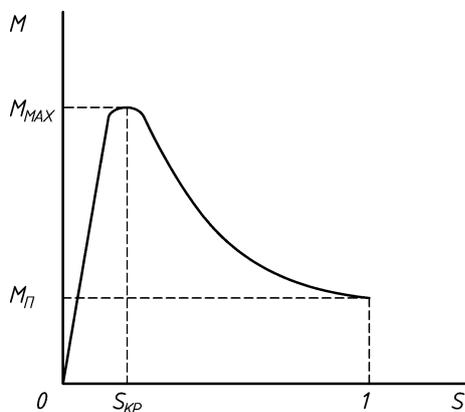


Рис. 4.40. Зависимость момента АТД от скольжения:

$s_{кр}$ – критическое скольжение; $M_{макс}$ – максимальное значение момента;
 $M_{п}$ – пусковой момент

Мощность на валу асинхронного двигателя равна

$$P = m_1(1-s) \frac{U_1^2}{\left(r_1 + c_1 \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_{\sigma 1} + c_1 x'_{\sigma 2})^2} \cdot \frac{r_2'}{s}.$$

Частота вращения ротора асинхронного двигателя n_2 , об/мин:

$$n_2 = n_1(1-s) = \frac{60f_1(1-s)}{p}.$$

При первом способе существенно усложняется конструкция АТД и схема его питания, а регулирование скорости может быть только ступенчатым, что нежелательно для тягового подвижного состава. Поэтому для регулирования скорости локомотива используется частотное регулирование, то есть питание на АТД подается от контактной сети или автономного источника (тягового генератора) через статические преобразователи частоты.

Именно проблемы, связанные с созданием статических преобразователей для регулирования частоты вращения ротора АТД, долгое время сдерживали применение асинхронных двигателей на транспорте. Решение этих проблем стало возможным после освоения производства управляемых полупроводниковых приборов большой единичной мощности. В настоящее время выпуск статических преобразователей необходимой мощности, имеющих микропроцессорную систему управления, освоен промышленностью, и они успешно применяются на тяговом подвижном составе.

4.13.4 Конструкция АД

Конструкция АД должна обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к тяговым двигателям любого типа, независимо от принципов создания вращающего момента.

Магнитные системы статора и ротора изготавливаются из штампованных листов электротехнической стали. Конструкция статора при этом может быть корпусной или бескорпусной. Корпусное исполнение статора, как правило, применяют для двигателей грузовых электровозов, имеющих опорно-осевое подвешивание, бескорпусное – при опорно-рамном подвешивании двигателей пассажирских электровозов.

Остов АД не выполняет функций магнитопровода и поэтому может быть выполнен из алюминиевого сплава с армировкой мест крепления стальной. На рис. 4.41 показан продольный разрез АД с корпусным статором.

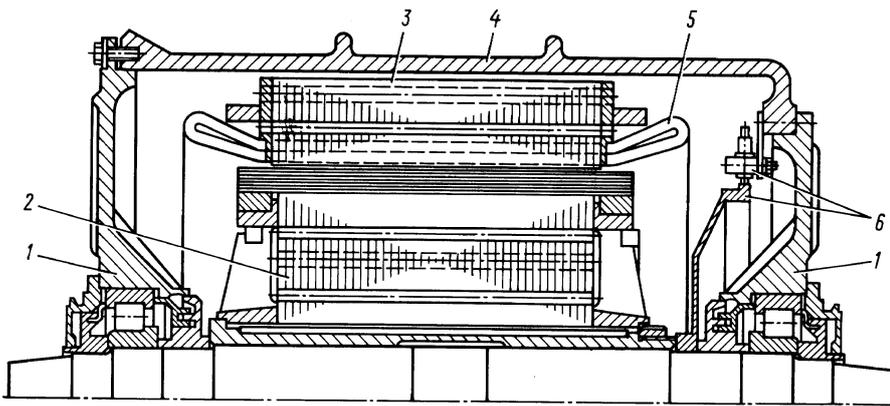


Рис. 4.41. Продольный разрез АД НБ-607
с корпусной конструкцией статора:

1 – щиты подшипниковые; 2 – ротор; 3 – статор; 4 – остов;
5 – обмотка статора; 6 – датчик частоты вращения

Двигатель бескорпусного исполнения не имеет единого литого или сварного остова. Он состоит из двух полукорпусов (подшипниковых щитов), между которыми зажат шихтованный сердечник, а вся система связана в единую конструкцию стальными стержнями (рис. 4.42). Полукорпуса имеют цилиндрические поверхности для посадки и крепления в них подшипниковых щитов, в которых размещаются подшипники качения.

Использование бескорпусного варианта позволяет снизить массу двигателя на 7...10 % при заданной мощности и частоте вращения, т.к. при этом примерно 40 мм в диаметральном направлении (удвоенная толщина стенки корпуса) используется дополнительно в качестве активного слоя для магнитного потока.

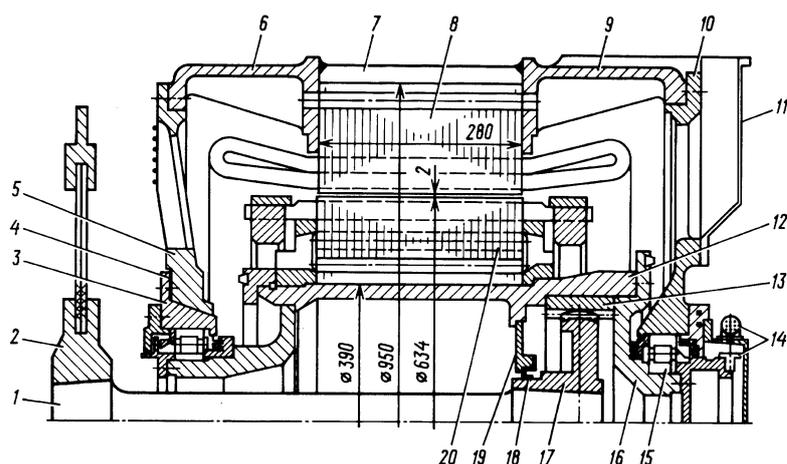


Рис. 4.42. Продольный разрез АТД НТА-1200 с бескорпусной конструкцией статора:

1 – торсионный вал; 2 – резинокордная муфта; 3 – фланец подшипниковый; 4 – манжета; 5, 10 – подшипниковые щиты; 6, 9 – боковины остова; 7 – стяжные планки; 8 – магнитопровод статора; 11 – патрубок; 12 – втулка ротора; 13 – наружный венец зубчатой муфты; 14 – датчик частоты вращения; 15 – радиально-упорный роликовый подшипник; 16 – крышка втулки ротора; 17 – внутренний венец зубчатой муфты; 18 – уплотнительная манжета; 19 – фланец; 20 – ротор

4.14 Автономный инвертор напряжения

4.14.1 Схема двухуровневого АИН. Принцип действия

Для питания АТД на перспективных локомотивах используется, как правило, инвертор напряжения (АИН), который преобразует напряжение звена постоянного тока в трехфазное переменное напряжение, регулируемое по величине и частоте. Как показывает практика, инвертор тока в конструкциях локомотивов более не применяется.

Наибольшее распространение получил трехфазный мостовой двухуровневый АИН, упрощенная принципиальная схема которого приведена на рис. 4.43. Он позволяет формировать линейное напряжение на выходе из импульсов, имеющих два уровня.

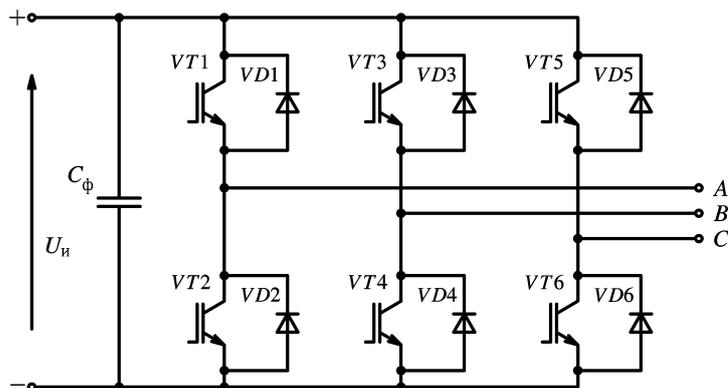


Рис. 4.43. Принципиальная схема двухуровневого АИН

Шесть плеч АИН, состоящих из IGBT-транзисторов $VT1 - VT6$ и диодов $VD1 - VD6$, образуют трехфазный мост. Параллельно мосту подключен конденсатор C_f , выполняющий роль источника реактивной мощности, необходимой для работы инвертора на индуктивную нагрузку (в данном случае АТД). Кроме того, этот конденсатор также выполняет функции фильтра. АИН питается от источника постоянного напряжения $U_{и}$.

4.14.2 Элементная база. Силовые IGBT-транзисторы

Промышленное освоение управляемых силовых полупроводниковых приборов, характеризующихся высокими значениями коммутируемой мощности, КПД, массогабаритных показателей и надежности, позволило осуществлять экономичное преобразование электроэнергии и открыло широкие возможности для создания современных преобразовательных устройств.

Основными элементами силовой электроники служат полупроводниковые приборы, обладающие характеристикой ключевого элемента, которые коммутируют (включают и отключают) участки электрической цепи.

Современный силовой полупроводниковый прибор – сложное устройство, содержащее множество различных структур.

По степени управляемости управляемые полупроводниковые приборы разделяются на следующие группы:

1 Не полностью управляемые приборы, которые можно посредством управляющего сигнала переводить только в проводящее состояние, но не наоборот (традиционные тиристоры, симисторы).

2 Полностью управляемые (запираемые) приборы, которые можно переводить в проводящее состояние и обратно посредством управляющего сигнала (транзисторы, запираемые тиристоры).

За последние 20...25 лет освоено производство новых полностью управляемых приборов силовой электроники, из которых в настоящее время наибольшее распространение получили следующие типы:

1 Полевые транзисторы с изолированным затвором (*MOSFET* – Metall-Oxid-Semiconductor Field-Effect-Transistor).

2 Биполярные транзисторы с изолированным затвором (*IGBT* – Insulated Gate Bipolar Transistor).

3 Запираемые тиристоры (*GTO* – Gate-Turn-Off).

4 Запираемые тиристоры с интегрированным управлением (*IGCT* – Integrated Gate Commutated Thyristor).

Главные направления в области разработки перспективных типов *IGBT* в ближайшие годы состоят в расширении диапазона рабочих токов до 6000 А и рабочего напряжения до 10000 В и упрощения схем управления. Ток управления *IGBT*-транзисторов мал, поэтому цепь управления (драйвер) конструктивно компактна.

4.14.3 Построение системы управления

В настоящее время при разработке частотно-регулируемого асинхронного электропривода используются различные варианты пространственно-векторной ШИМ (широтно-импульсной модуляции).

На рис. 4.4 показаны графики линейного (U_{AB}) и фазного напряжения (U_A) на выходе АИН и фазного тока АТД (I_A), полученные в результате моделирования, а также электромагнитного момента ($M_{эм}$) двигателя.

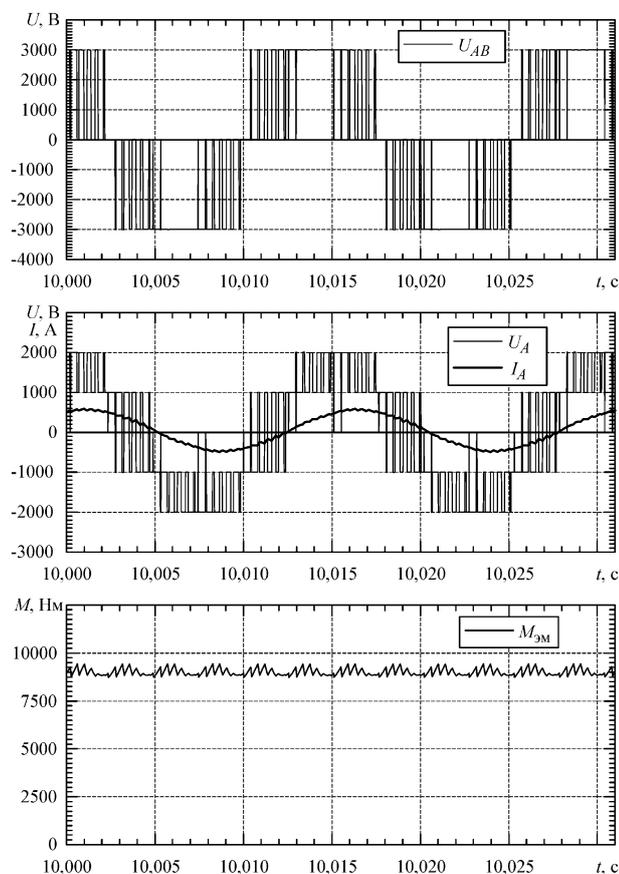


Рис. 4.44. Напряжения, ток двухуровневого АИН и электромагнитный момент АТД при использовании пространственно-векторной ШИМ

4.15 Тяговый привод ЭПС переменного тока с асинхронными тяговыми двигателями

4.15.1 Схема тягового преобразователя со звеном постоянного тока

На рис. 4.45 показана структурная схема электрической части четырехосного электровоза переменного тока с АТП. При использовании на электровозе переменного тока 4q-S преобразователя с широтно-импульсной модуляцией практически не искажается форма напряжения контактной сети и обеспечивается коэффициент мощности, близкий к единице, при изменении нагрузки в широком диапазоне.

На секции устанавливается один тяговый трансформатор, от вторичной обмотки которого питаются два тяговых преобразователя (обведены пунктиром).

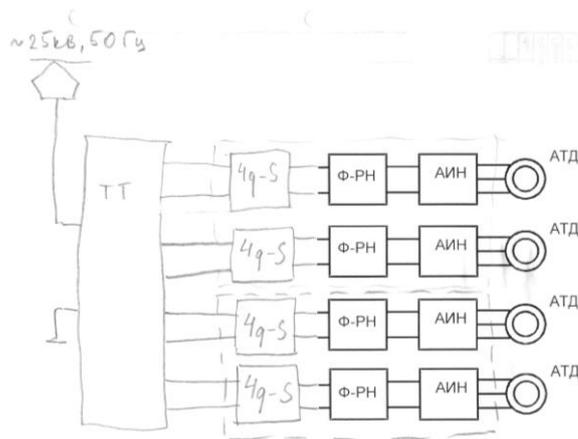


Рис. 4.45. Структурная схема электрической части четырехосного электровоза переменного тока с АТП:

ТТ – тяговый трансформатор, 4q-S – управляемый выпрямитель

4.15.2 Выпрямительная установка (варианты исполнения)

В настоящее время на ЭПС переменного тока для питания АТД преимущественно используются преобразователи с явно выраженным звеном постоянного тока, выполняющие двухступенчатое преобразование электроэнергии. В режиме тяги это выпрямление напряжения, отбираемого со вторичной обмотки трансформатора, и последующее его инвертирование в трехфазное для питания АТД.

Для того чтобы мог быть реализован режим рекуперативного торможения, входной преобразователь должен иметь возможность работы в режиме инвертора.

При использовании АИН, который выполняет функции не только преобразования частоты напряжения, но и регулирования его величины за счет модуляции, на электровозах переменного тока с АТД в качестве входного применяют 4q-S преобразователь, стабилизирующий напряжение в звене постоянного тока (то есть на входе АИН). За счет применения современной элементной базы, имеющей повышенную частоту переключений СПП, 4q-S преобразователь имеет высокий коэффициент мощности и значительно меньшие, чем при зонно-фазном регулировании, искажения формы сетевого тока.

На рис. 4.46 приведена упрощенная принципиальная схема силовых цепей 4q-S преобразователя. Первичная обмотка трансформатора T питается от сети переменного тока с напряжением U_c . Вторичная обмотка трансформатора через дроссель L_c подсоединена к четырем плечам 4q-S преобразователя, образуемым IGBT-транзисторами $VT1 - VT4$ и диодами $VD1 - VD4$. К выходу преобразователя подключены резонансный ($L_{\phi 1}, C_{\phi 1}$) и главный (C_{ϕ}) фильтры, включенные параллельно нагрузке.

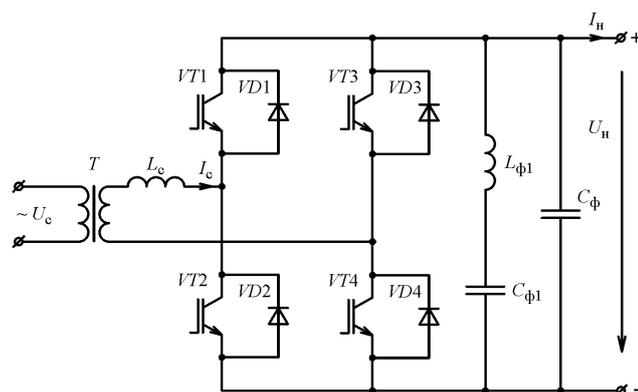


Рис. 4.46. Упрощенная принципиальная схема 4q-S преобразователя

4.16 Электрическая передача переменного тока

Тяговые преобразователи тепловозов включают в себя выпрямительное устройство и инвертор. В качестве инверторов применяются либо автономные инверторы тока (АИТ), выполняемые обычно на однооперационных тиристорах, либо автономные инверторы напряжения (АИН) на полностью управляемых GTO-тиристорах или IGBT-транзисторах.

В настоящее время на тепловозах с электрической передачей переменного тока устанавливаются преобразователи на базе АИН, выполненные на высоковольтных IGBT-транзисторах.

4.16.1 Схема электрической передачи переменного тока (на примере тепловоза 2ТЭ25а «Витязь»).

Основные характеристики тягового преобразователя

На рис. 4.47 приведена структурная схема тягового преобразователя М-ТЗТП-Т-1-У2 тепловоза 2ТЭ25А-001. Схема выполнена на основе двухуровневого АИН с использованием IGBT-транзисторов 33-го класса (используются транзисторы фирм Еupес и Mitsubishi).

Преобразователь обеспечивает следующие основные режимы работы тепловоза:

- плавный пуск и режим тяги тепловоза;
- бесконтактный реверс;
- останов;
- пуск с выбега;
- электрическое реостатное торможение;
- защита от боксования и юза колесных пар.

Питание каждого тягового преобразователя выполняется от своей звезды трехфазным напряжением тягового синхронного генератора. Максимальное линейное напряжение питания составляет 1450 В.

Преобразователь обеспечивает индивидуальное (поосное) регулирование тягового усилия.

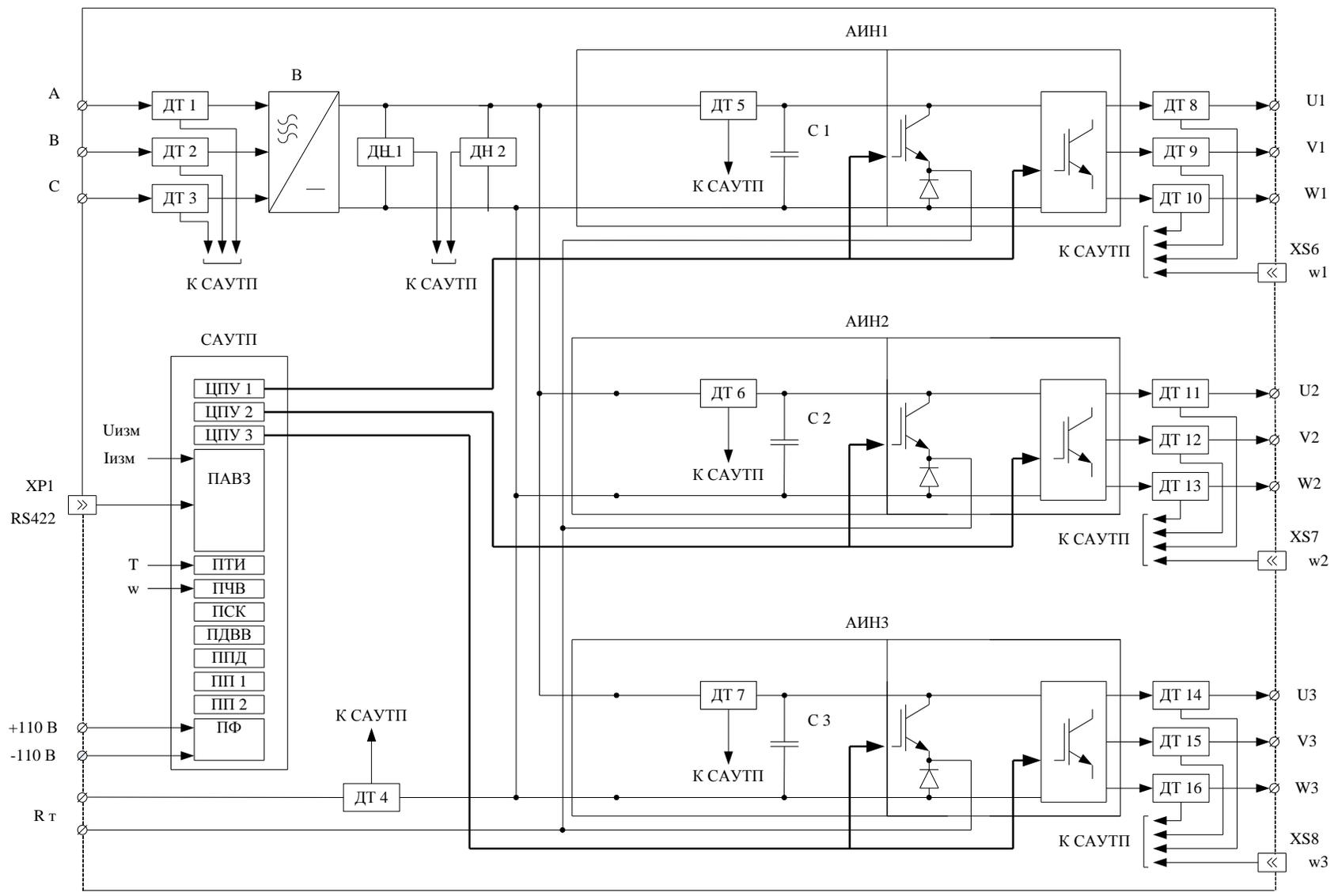


Рис. 4.47. Структурная схема тягового преобразователя М-Т3ТП-Т-1-У2 тепловоза 2ТЭ25А

На входе неуправляемого выпрямителя (В) установлен разъединитель, который позволяет в случае аварии в тяговом преобразователе отключить его целиком. При аварии в тяговых электродвигателях или датчиках частоты вращения они могут отключаться индивидуально за счет снятия импульсов управления силовыми транзисторами тягового преобразователя.

4.16.2 Особенности АД тепловозов

Особенности конструкции АД тепловозов тесно связаны с условиями их эксплуатации в составе колесно-моторного блока, которые определяют основные требования к конструктивному исполнению и массово-габаритным характеристикам электродвигателей.

Конструктивное исполнение АД грузовых тепловозов предусматривает консольное расположение шестерни на валу двигателя. Длина остова двигателя и его поперечное сечение должны обеспечивать вписывание в колесно-моторный блок с диаметром колеса тепловоза 1050 мм.

Асинхронный тяговый электродвигатель ДАТ-350-6 УХЛ1 для магистрального грузового тепловоза 2ТЭ25А-001 (рис. 4.48, 4.49) изначально создавался для опорно-осевого подвешивания с использованием подшипников качения.

Существенным отличием ДАТ-350-6 является бескорпусная конструкция статора. Пакет железа статора спрессовывается между двумя сварными боковинами. Железо статора фиксируется в сжатом состоянии запорными элементами.

В специально выштампованные в листах статора пазы установлены стяжные планки, которые приварены к торцам боковин и вдоль железа статора. К боковинам с двух сторон приварены балки, являющиеся несущими элементами крепления двигателя в колесно-моторном блоке тепловоза.



Рис. 4.48. Асинхронный тяговый электродвигатель ДАТ-350-6 УХЛ1

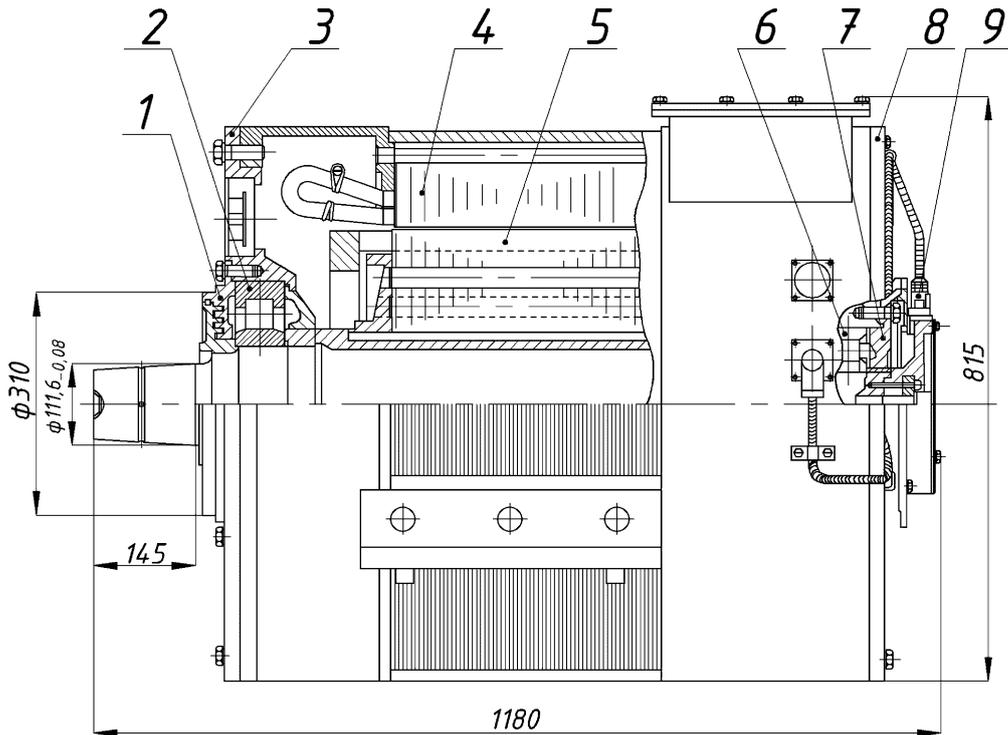


Рис. 4.49. Продольный разрез асинхронного тягового электродвигателя ДАТ-350-6 УХЛ1:

1 – крышка подшипника; 2 – подшипник роликовый; 3 – подшипниковый щит; 4 – статор; 5 – ротор; 6 – подшипник роликовый; 7 – крышка подшипника; 8 – подшипниковый щит; 9 – датчик частоты вращения

Электродвигатель ДАТ-350-6 УХЛ1 шестиполюсный выполнен с принудительной нагнетательной вентиляцией, в статорных обмотках применена изоляция класса нагревостойкости «Н».

Короткозамкнутая обмотка ротора выполнена из медных стержней. Концы медных стержней, выступающие из сердечника ротора, замкнуты накоротко медными кольцами и соединены пайкой.

Основные параметры асинхронного тягового двигателя ДАТ-350-6 УХЛ1 представлены в табл. 4.4.

Для возможности эффективного регулирования режимов работы двигателей типа ДАТ-350-6 УХЛ1 они оборудованы датчиками частоты вращения ротора и контроля теплового состояния статора.

Датчики температуры позволяют обеспечить требуемое непрерывное регулирование производительности вентилятора АТД при помощи плавно регулируемого вспомогательного асинхронного электропривода. Сигналы датчиков частоты вращения ротора и контроля теплового состояния статора используются также для диагностических целей.

Параметры ДАТ-350-6 УХЛ1

Наименование параметра	Тип двигателя ДАТ-350-6
Мощность на валу, кВт	350
Напряжение линейное, В	650 / 1410
Ток фазы, А	420 / 165
Ток фазы при трогании, А, не более	470
Частота тока статора максимальная, Гц	115
Частота вращения (синхронная) максимальная, об/мин	2370
Частота вращения, об/мин	361 / 2300
Максимальный вращающий момент на валу при трогании, Нм	10493
Мощность в тормозном режиме, кВт	500
КПД, %	92,3
Напор охлаждающего воздуха, Па	1600
Расход охлаждающего воздуха, м ³ /с	1,2
Масса, кг	2350
Удельная масса, кг/кВт	6,71

Библиографический список

- 1 **Зарифьян, А.А.** Электрические передачи локомотивов : учеб. пособие. Ч. 1 / А.А. Зарифьян, Н.В. Гребенников, А.В. Козубенко. – Ростов н/Д, 2011. – 110 с.
- 2 **Андрющенко, А.А.** Асинхронный тяговый привод локомотивов: Учебное пособие ВПО / А.А. Андрющенко, Ю.В. Бабков, А.А. Зарифьян [и др.] ; под ред. А.А. Зарифьяна. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 413 с.
- 3 **Курбасов, А.С.** Асинхронный привод электровозов: эффективность перевозок, технологичность производства / А.С. Курбасов // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 6 (19). – С. 51–53.
- 4 **Бурков, А.Т.** Электронная техника и преобразователи : учебник для вузов ж.-д. транспорта / А.Т. Бурков. – М. : Транспорт, 2001. – 464 с.
- 5 **Вилькевич, Б.И.** Автоматическое управление электрической передачей и электрические схемы тепловозов / Б.И. Вилькевич. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
- 6 **Вольдек, А.И.** Электрические машины: учебник для студентов вузов / А.И. Вольдек. – Л. : Энергия, 1978. – 832 с.
- 7 **Вольдек, А.И.** Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы : учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб. : Питер, 2007. – 320 с.

8 **Грищенко, А.В.** Новые электрические машины локомотивов / А.В. Грищенко, Е.В. Козаченко. – М. : ГОУ УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте, 2008. – 271 с.

9 Электрические машины и статические преобразователи подвижного состава / А.В. Грищенко, В.В. Стрекопытов ; под ред. А.В. Грищенко. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 320 с.

10 Техническое обслуживание и ремонт локомотивов / В.Т. Данковцев, В.И. Киселев, В.А. Четвергов ; под ред. В.А. Четвергова, В.И. Киселева. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 558 с.

11 **Дмитриев, В.А.** Народнохозяйственная эффективность электрификации железных дорог и применения тепловозной тяги / В.А. Дмитриев. – М. : Транспорт, 1980. – 273 с.

12 **Зарифьян, А.А.** Компьютерная модель подсистемы «дизель – синхронный генератор – выпрямительная установка» магистрального тепловоза / А.А. Зарифьян, А.В. Козубенко, П.Г. Колпахчян. // Вестник РГУПС. – 2011. – № 1 – С. 49–58.

13 **Иванов-Смоленский, А.В.** Электрические машины : учебник для вузов / А.В. Иванов-Смоленский. – М. : Энергия, 1980. – 928 с.

14 **Киржнер, Д.Л.** Требования к новому тяговому подвижному составу / Д.Л. Киржнер // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 8. – С. 13–14.

15 **Копылов, И.П.** Математическое моделирование электрических машин / И.П. Копылов. – М. : Высшая школа, 1994. – 318 с.

16 **Костенко, М.П.** Электрические машины. Специальная часть / М.П. Костенко. – М.-Л. : Госэнергоиздат, 1989. – 712 с.

17 **Курбасов, А.С.** Проектирование тяговых электродвигателей / А.С. Курбасов, В.И. Седов, Л.Н. Сорин. – М. : Транспорт, 1987. – 536 с.

18 **Луков, Н.М.** Автоматические системы управления и регулирования тепловозов : учеб. пособие / Н.М. Луков. – М. : Изд-во МИИТ, 1983. – 144 с.

19 **Луков, Н.М.** Автоматические системы управления локомотивов / Н.М. Луков, А.С. Космодамианский. – М. : ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007. – 429 с.

20 Магистральные электровозы. Тяговые электрические машины / В.И. Бочаров, Г.В. Василенко [и др.]; под ред. В.И. Бочарова и В.П. Янова. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 464 с.

21 Механическая часть тягового подвижного состава / под ред. И.В. Бирюкова. – М. : Транспорт, 1992.

22 Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов: учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / А.В. Грищенко, В.В. Грачев [и др.]; под ред. А.В. Грищенко. – М. : Маршрут, 2004. – 172 с.

23 Проектирование тяговых электрических машин / М.Д. Находкин, Г.В. Василенко, В.И. Бочаров, М.А. Козарезов. – М. : Транспорт, 1976. – 642 с.

- 24 **Рудая, К.И.** Тепловозы. Электрическое оборудование и схемы. Устройство и ремонт / К.И. Рудая, Е.Ю. Логинова. – М. : Транспорт, 1991. – 303 с.
- 25 **Сотников, Е.А.** История и перспективы мирового и российского железнодорожного транспорта (1800–2100 гг.) / Е.А. Сотников. – М. : Интекс, 2005.
- 26 Электрические передачи локомотивов: учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Стрекопытов, А.В. Грищенко, В.А. Кручек ; под ред. В.В. Стрекопытова. – М. : Маршрут, 2003. – 310 с.
- 27 Теория и конструкция локомотивов: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Г.С. Михальченко, В.Н. Кашников [и др.]; под ред. Г.С. Михальченко. – М. : Маршрут, 2006. – 584 с.
- 28 Тепловозы. Назначение и устройство / О.Г. Куприенко, Э.И. Нестеров, С.И. Ким, А.С. Евстратов ; под ред. О.Г. Куприенко. – М. : Маршрут, 2006. – 280 с.
- 29 **Березинец, Н.И.** Технология производства тяговых двигателей электровозов / Н.И. Березинец, В.И. Бочаров [и др.]. – Новочеркасск : Наутилус, 2003. – 574 с.
- 30 Типы и основные параметры локомотивов. Утверждено распоряжением МПС России № 747р от 27.11.2002.
- 31 **Тихменев, Д.И.** Подвижной состав электрифицированных железных дорог / Д.И. Тихменев, Л.М. Трахтман. – М. : Транспорт, 1980. – 471 с.
- 32 Тяговые электродвигатели электровозов / В.И. Бочаров, В.И. Захаров [и др.]. – Новочеркасск : Наутилус, 1998. – 672 с.

5 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИИ АВТОНОМНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

5.1 Предмет и задачи диагностики. Основные понятия и определения

Одним из важных свойств локомотива, как и любой технической продукции, является его надежность. В процессе эксплуатации надежность тепловоза постепенно снижается. Обусловлено это целым рядом факторов и процессов: изнашивание трущихся деталей, усталость металла, старение материалов и т. д.

Надежность тепловозов в каждый период эксплуатации с достаточной точностью можно оценить вероятностно-статистическими методами, а также методами и средствами технической (безразборной) диагностики.

Статистический метод оценки близок к вероятностному при достаточно большом числе и большой продолжительности наблюдений. Так как обработка и анализ статистических данных связаны со многими случайными величинами, найденные в результате наблюдений показатели надежности будут средними и за ними трудно будет различить индивидуальные особенности отдельно взятого тепловоза, степень его надежности, ресурс его исправной работы и т. д.

В процессе эксплуатации в тепловозе по тем или иным причинам возникают повреждения и отказы различного характера. Возникновение отказов в «незапланированное» время приводит к неплановым ремонтам, нарушению ритма производства и, в конечном счете, к перерасходу эксплуатационных средств.

Предупредить внезапные отказы без разборки тепловоза или его сборочных единиц, проследить за назреванием внезапных отказов и перевести их в отдельных случаях в разряд постепенных, а также установить степень надежности тепловоза или его составных частей позволяет техническая диагностика.

Техническая диагностика – отрасль знаний, исследующая техническое состояние объектов диагностирования и проявления технических состояний, разрабатывающая методы их определения, а также принципы построения и организацию использования систем диагностирования.

Технической диагностикой решается три типа задач по определению технического состояния объекта:

1 Задачи диагноза – задачи определения технического состояния объекта, в котором он находится в настоящий момент времени.

2 Задачи прогноза – определение состояния объекта, в котором он окажется в некоторый будущий момент времени.

3 Задачи генезиса – определение состояния объекта, в котором он находился в некоторый момент времени в прошлом.

Решение таких задач нужно для выявления причин возникновения повреждений, отказов или аварий.

Техническая диагностика очень тесно связана с теорией надежности и использует ее понятия, определения и количественные показатели.

Прежде чем оперировать такими понятиями, как объект, система, устройство и т.д., необходимо определиться с их значением.

Объект – техническое изделие определенного целевого назначения, рассматриваемое в периоде проектирования, производства, испытания и эксплуатации.

Объектами могут быть различные системы, устройства или их элементы.

Система – объект, представляющий собой совокупность совместно действующих устройств, предназначенных для выполнения определенного круга практических задач.

Примеры систем: топливная система; система возбуждения главного генератора.

Устройство – объект, представляющий совокупность элементов, объединенных в законченную техническую конструкцию, имеющую самостоятельное эксплуатационное назначение и выполняющую одну определенную функцию.

Примеры устройств: топливный насос; форсунка.

Элемент – объект, самостоятельно не применяющийся и не расчленяющийся на части на данном уровне рассмотрения.

Примеры: плунжер топливного насоса; игла форсунки; щетка электрической машины.

Разумеется, что понятия системы, устройства, элемента являются относительными: в одном исследовании один и тот же объект может рассматриваться как система, а в другом – как элемент.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надежность является сложным свойством объекта и включает следующие его частные свойства:

- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- сохраняемость.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность – свойства объекта сохранять работоспособное состояние до момента наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять значения показателей безопасности, долговечности и ремонтпригодности в течение (и после) хранения и (или) транспортирования.

Различают следующие технические состояния объектов:

Исправное – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической документации.

Неисправное – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической документации.

Работоспособное – состояние объекта, при котором значения всех его параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям документации.

Неработоспособное – состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно либо восстановление его исправного и работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно (списание).

Любой объект может переходить из одного состояния в другое при возникновении следующих событий: повреждения, отказа, восстановления и ремонта.

Повреждение – событие, состоящее в нарушении исправного состояния объекта при сохранении его работоспособного состояния.

Отказ – событие, состоящее в нарушении работоспособного состояния объекта.

Восстановление – процесс обнаружения и устранения отказа (или повреждения) с целью восстановления работоспособного (или исправного) состояния объекта.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправного или работоспособного состояния объекта и восстановлению ресурса ремонта объекта или его элемента.

Различают следующие виды отказов:

1 По характеру проявления:

- внезапный отказ (характеризующийся скачкообразным изменением одного или нескольких параметров объекта);
- постепенный отказ (характеризующийся постепенным изменением одного или нескольких параметров за счет старения и износа).

2 По связи между отказами:

- независимый отказ (отказ объекта, не обусловленный отказами и повреждениями других объектов);
- зависимый отказ (отказ объекта, обусловленный отказами других объектов).

Любой объект может быть также ремонтируемым, неремонтируемым, восстанавливаемым и невосстанавливаемым.

Ремонтируемый объект – это объект, исправность которого в случае возникновения отказа или повреждения подлежит восстановлению.

Неремонтируемый объект – объект, исправность которого в случае возникновения отказа или повреждения не подлежит восстановлению (лампы накаливания, элементы электроники, щётки электрических машин, ось колёсной пары с трещиной и т.д.).

Восстанавливаемый объект – объект, работоспособность которого в случае возникновения отказа подлежит восстановлению в рассматриваемой ситуации.

Невосстанавливаемый объект – объект, работоспособность которого в случае возникновения отказа восстановлению в рассматриваемой ситуации не подлежит.

Параметр технического состояния – физическая величина, характеризующая работоспособность или исправность объекта диагностирования, изменяющаяся в процессе работы.

Диагностический параметр – параметр объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения технического состояния объекта диагностирования.

Структурный параметр – параметр, непосредственно характеризующий работоспособность объекта диагностирования (износ, зазор, натяг и др.).

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Достоверность диагностирования – вероятность того, что при диагностировании определяется то техническое состояние, в котором действительно находится объект диагностирования.

Прогнозирование технического состояния – предсказание изменения параметра технического состояния объекта диагностирования в будущем.

Наработка – продолжительность функционирования объекта или объем выполненной им работы за некоторый промежуток времени.

Наработка на отказ – среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами.

Остаточный ресурс – наработка объекта диагностирования до предельного изменения его параметра технического состояния, начиная от момента диагностирования.

Безотказность – свойства объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Контролепригодность – свойство изделия, характеризующее его приспособленность к проведению контроля заданными средствами.

Ремонтопригодность – свойства объекта, заключающиеся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

5.2 Прогнозирование технического состояния.

Показатели надёжности. Расчет надёжности

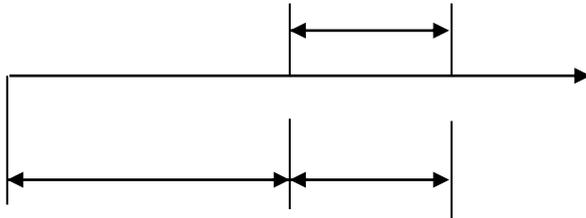
Главным свойством, определяющим надёжность объекта, является свойство безотказности.

Количественные свойства – вероятностные показатели, с помощью которых можно оценить безотказность объекта.

– вероятность безотказной работы объекта $P(t)$ на интервале $(0;t)$;

- вероятность отказа объекта $Q(t)$ на интервале $(0;t)$;
- плотность вероятности отказа $f(t)$;
- интенсивность отказа $\lambda(t)$ – важнейшая характеристика безотказности, а для отдельных элементов – основная.

Для выяснения понятия интенсивности отказа $\lambda(t)$ рассмотрим следующую задачу:



Пусть объект безотказно проработал на интервале времени $(0;t)$. Определим вероятность того, что этот объект не откажет на интервале времени Δt .

Для этого введём следующие обозначения:

A – событие, обозначающее безотказную работу объекта на интервале времени $(0;t)$;

B – событие, обозначающее безотказную работу объекта на интервале времени Δt ;

$A \cdot B$ – (произведение) означает безотказную работу объекта на интервале времени $(0;t + \Delta t)$.

Так как события A и B являются зависимыми, то на основании теоремы умножения вероятностей зависимых событий можно записать:

$$\underbrace{P(A \cdot B)} = \underbrace{P(A)} \cdot \underbrace{P(B/A)} \quad (5.1)$$

Обозначим: $P(t + \Delta t)$ $P(t)$ $P(\Delta t)$.

Из (5.1) получаем:
$$P(\Delta t) = \frac{P(t + \Delta t)}{P(t)}. \quad (5.2)$$

Вероятность отказа объекта на интервале времени Δt :

$$Q(\Delta t) = 1 - P(\Delta t) = 1 - \frac{P(t + \Delta t)}{P(t)} = \frac{P(t) - P(t + \Delta t)}{P(t)} = -\frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{P(t)}. \quad (5.3)$$

Разделим числитель и знаменатель (5.2) на величину Δt и возьмём предел от полученного выражения:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} Q(\Delta t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(-\frac{\frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t}}{P(t)} \cdot \Delta t \right) = \frac{-P'(t)}{P(t)} \cdot dt = \lambda(t)$$

Тогда
$$\lambda(t) = \frac{-P'(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (5.4)$$

Из выражения

$$\lambda(t) = \frac{-P'(t)}{P(t)} \quad (5.5)$$

можно получить важнейшую формулу, связывающую интенсивность отказа с вероятностью безотказной работы, умножив уравнение (5) на Δt и проинтегрировав на интервале $(0;t)$:

$$\int_0^t \lambda(t) \cdot dt = -\int_0^t \frac{P'(t)}{P(t)} \cdot dt = -\int_0^t \frac{dP(t)}{P(t)} = -\ln P(t) \Big|_0^t = -\ln P(t) - 0;$$

$$\ln P(t) = -\int_0^t \lambda(t) dt.$$

Из определения логарифма следует:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (5.6)$$

В процессе эксплуатации объекта вероятность отказа $\lambda(t)$ изменяется так, как показано на графике (рис. 5.1).

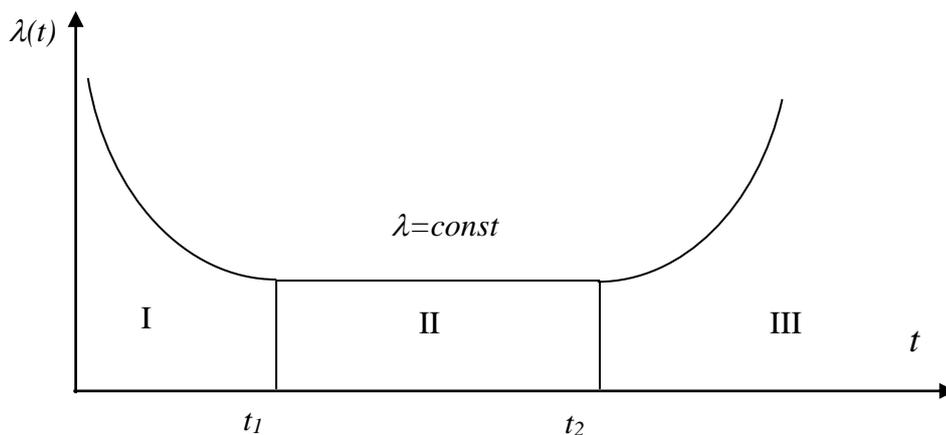


Рис. 5.1. График вероятности отказа $\lambda(t)$:
 I – период выжигания; II – период эксплуатации;
 III – старение и износ

На периодах I, II и частично III возникают внезапные отказы. На периоде I и III могут возникать постепенные отказы (помимо внезапных), связанные с изменением параметров элементов.

Для периода II выражение (5.6) примет вид:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (5.7)$$

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (5.8)$$

$$\lambda(t) = \frac{-P'(t)}{P(t)} \Rightarrow f(t) = -P'(t) = -(e^{-\lambda t})' = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (5.9)$$

Для постепенных отказов, связанных со случайными отклонениями параметров элементов, используется на периодах II и III нормальный закон распределения случайной величины τ :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_\tau \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-m_\tau)^2}{2\sigma_\tau^2}}, \quad (5.10)$$

где $m_\tau = T_0$ – математическое ожидание (среднее значение случайной величины τ);

σ_τ^2 – дисперсия случайной величины τ (разброс значений τ относительно среднего значения $m_\tau = T_0$);

$\sigma_\tau = \sqrt{\sigma_\tau^2}$ – среднее квадратическое отклонение случайной величины τ ,

σ_τ^2, m_τ – параметры нормального закона распределения.

Для оценки надёжности объекта также пользуются величиной, называемой средней наработкой на отказ T_0 .

Виды расчета надежности

В зависимости от полноты учёта факторов, влияющих на надёжность системы, различают два вида расчёта надёжности:

- 1) ориентировочный;
- 2) окончательный (полный).

Ориентировочный расчёт

Ориентировочный расчёт используется на этапе проектирования и имеет следующие цели:

- проверить выполнение требований по надёжности, которые содержатся в техническом задании на разработку системы;
- определить рациональный состав элементов системы.

Ориентировочный расчет основывается на следующих допущениях:

- все элементы данного i -го типа являются равнонадёжными, то есть интенсивности отказов элементов i -го типа являются одинаковыми и их значения выбираются средними;
- все элементы работают в номинальном режиме;
- все элементы работают в нормальных условиях эксплуатации, то есть отсутствуют вредные воздействия: вибрации, ударные нагрузки, избыточное давление, агрессивная среда.

При ориентировочном расчёте вычисляются следующие показатели надёжности:

- 1) интенсивность отказов системы:

$$\lambda_{oc} = \sum_{i=1}^k N_i \lambda_{oi}, \quad (5.11)$$

где k – число типов элементов;

N_i – число элементов i -го типа;

λ_{oi} – интенсивность отказа для лабораторных условий.

- 2) вероятность безотказной работы системы

$$P_c(t) = e^{-\lambda_{oc}t}. \quad (5.12)$$

- 3) средняя наработка системы до отказа в часах:

$$T_c = \frac{1}{\lambda_{oc}}. \quad (5.13)$$

Окончательный (полный) расчёт

Окончательный (полный) расчёт проводится с учётом реальных режимов работы и реальных условий эксплуатации. Такой расчёт проводится в несколько этапов.

I этап. Производится перерасчёт интенсивности отказов элементов, взятых для лабораторных условий с учётом реальных режимов работы и условий эксплуатации по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} \cdot a_i k_j, \quad (5.14)$$

где $a_i = f(k_n, t^0)$ – поправочный коэффициент, учитывающий отличие режимов работы элементов i -го типа от номинального режима. В справочниках по надёжности имеются таблицы, где приведены значения a_i в зависимости от k_n и t^0 ;

k_j – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на работу элементов j -го фактора.

Например: k_1 – вибрация,

k_2 – ударная нагрузка.

Затем осуществляется вычисление интенсивности отказов системы по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^k N_i \lambda_i.$$

Определяется вероятность безотказной работы системы за время t :

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t}.$$

Определяется средняя наработка системы до отказа:

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c}.$$

Результаты расчётов сравниваются с требуемыми показателями надёжности и намечаются способы повышения надёжности с тем, чтобы вычисленные характеристики надёжности были не ниже заданных.

К числу их относятся:

- 1 Выбор элементов, имеющих более высокую надёжность (элементов с низкой интенсивностью отказов).
- 2 Выбор способа резервирования.
- 3 Облегчение режима работы элемента.
- 4 Уменьшение или исключение влияния вредных воздействий на элементы.

II этап. Расчёт надёжности вторично и сравнение с первичным расчётом.

При выборе способов повышения надёжности обязательно осуществляется оценка экономической эффективности выбранных способов.

5.3 Виды диагностирования. Контролепригодность.

Выбор диагностических параметров

5.3.1 Техническое диагностирование

Техническое диагностирование – процесс установления технического состояния объекта с указанием места, вида и причин возникновения дефектов и повреждений.

Система технического диагностирования подвижного состава представляет собой совокупность объектов, методов и средств, а также исполнителей, которая позволяет осуществить диагностирование по правилам, установленным соответствующей нормативно-технической документацией.

Диагностирование выполняют на каждой стадии жизненного цикла подвижного состава: на стадии проектирования, при производстве, в эксплуатации и при всех видах ремонта.

Структурная схема системы технического диагностирования локомотивов представлена на рисунке 5.2.

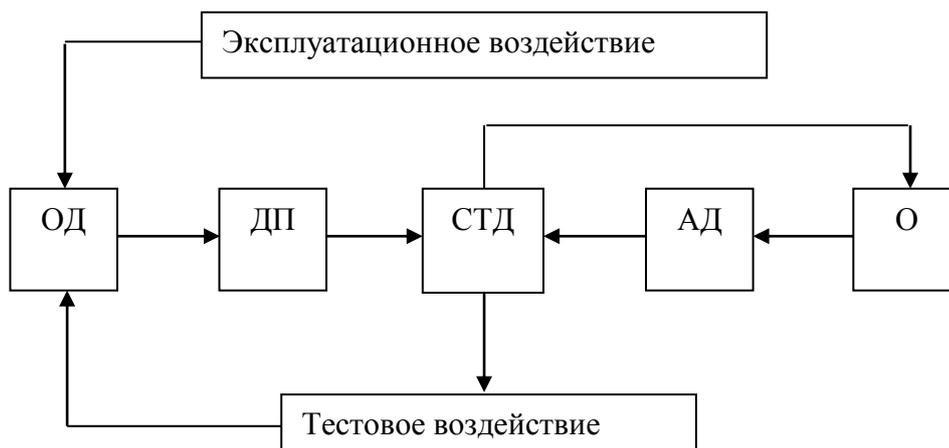


Рис. 5.2. Структурная схема системы технического диагностирования:
 ОД – объекты диагностирования; ДП – диагностический параметр;
 СТД – средства технического диагностирования;
 АД – алгоритм диагностирования; О – оператор

Локомотив, сборочная единица или деталь, как объекты диагностирования, испытывают эксплуатационные воздействия при обычном их функционировании и тестовые воздействия – от средств технического диагностирования, имитирующих условия работы объекта, близкие к эксплуатационным.

О техническом состоянии объекта диагностирования можно судить по его диагностическим параметрам. Информация от средств технического диагностирования, измеряющих и преобразующих параметры по заранее разработанному алгоритму диагностирования, поступает к оператору для принятия решения.

На стадии проектирования объекта разрабатывается его математическая модель. Определяется тактика управления работоспособностью, формулируются требования к диагностируемости и технологии проведения диагностирования, назначается последовательность профилактических и ремонтных работ на объекте.

По назначению системы диагностирования назначается последовательность профилактических и ремонтных работ на объекте.

По назначению системы диагностирования делятся на:

- системы проверки работоспособности;
- системы проверки правильности функционирования (соответствуют ли параметры работы объекта исправному его состоянию);
- системы, выявляющие наличие дефекта (определение места, типа и вида дефектов, причин их возникновения).

Системы технического диагностирования разделяются также на общие (для оценки технического состояния детали или сборочной единицы), функциональные (оценивающие состояние объекта в процессе его эксплу-

атации) и тестовые (на исследуемый объект воздействуют средства технического диагностирования).

Также могут быть комбинированные системы – сочетание функционального и тестового методов диагностирования.

5.3.2 Контролепригодность локомотивов

Под контролепригодностью локомотивов понимают приспособленность его к диагностированию с необходимыми достоверностями и глубиной поиска неисправности при минимальных затратах труда, времени и средств.

Важным условием осуществления технического диагностирования является хороший доступ для измерения параметров. Уже при проектировании должна предусматриваться возможность диагностирования объектов по необходимым параметрам. Таким образом, успешное решение вопросов контроля технического состояния подвижного состава существенно зависит от конструкции контролируемого оборудования.

Для оценки контролепригодности локомотивов необходимо располагать системой показателей, обусловленных главным образом структурой системы диагностирования, числом и трудоёмкостью элементарных проверок. Показатели контролепригодности отражают приспособленность конструкции локомотива и отдельных его узлов к диагностированию в качественном и количественном выражении.

В основе методики расчёта показателей контролепригодности локомотива положено деление его на иерархические соподчинённые системы и элементы.

От выбранного уровня детализации структуры отдельных систем зависит значение дифференцированных показателей и комплексный уровень контролепригодности всего локомотива.

К основным показателям контролепригодности локомотива относятся коэффициент полноты проверки исправности $K_{ПП}$ и коэффициент глубины поиска неисправности $K_{ГП}$.

$$K_{ПП} = \frac{\lambda_k}{\lambda_0}, \quad (5.15)$$

где λ_k и λ_0 – суммарная интенсивность отказов соответственно контролируемых и всех составных частей, сборочных единиц или элементов системы на принятом уровне деления.

Коэффициент полноты проверки можно приближённо рассчитать по формуле:

$$K_{ПП} = \frac{n_k}{n_0}, \quad (5.16)$$

где n_k – число диагностических параметров;

n_0 – число параметров технического состояния, использование которых обеспечивает методическую достоверность проверки.

Коэффициент глубины поиска неисправностей:

$$K_{ГП} = \frac{F}{B}, \quad (5.17)$$

где F – число однозначно различимых составных частей, сборочных единиц или элементов системы на принятом уровне деления, с точностью до которого определяется место неисправности;

B – общее число составных частей, сборочных единиц или элементов системы при принятом уровне деления, с точностью до которых требуется определение места неисправности.

Для вычисления этих коэффициентов необходимо хорошо знать структуру объекта и полный перечень параметров технического состояния. Эти данные получают на основе анализа диагностической модели объекта. Кроме этого необходимо установить уровни диагностирования и для каждого уровня определить показатели контролепригодности.

Для увеличения числа диагностируемых параметров или контрольных точек некоторые узлы локомотива дополняются различного рода датчиками и преобразователями, с помощью которых снимается информация и преобразуется в величину, удобную для обработки. Наличие стыковочных узлов и специальных устройств на локомотиве повышает контролепригодность и создает дополнительные удобства.

5.3.3 Выбор диагностических параметров

Разработка и внедрение эффективных методов диагностирования должны сопровождаться выбором диагностических параметров, которые зависят от многих требований, предъявляемых к системе технического диагностирования. К наиболее важным требованиям можно отнести следующие:

- цель диагностирования;
- стратегию технического обслуживания;
- время диагностирования;
- стоимость средств и самого процесса диагностирования с учетом простоя объектов в режиме диагностирования.

Выбранный диагностический параметр должен обладать достаточной информативностью, мгновенно реагировать на любые изменения, происходящие в диагностируемом объекте, предусматривать хороший доступ к измерению, обладать высокой помехозащищенностью и достоверностью, способностью к преобразованию при использовании автоматических средств обработки информации. Большое количество диагностируемых параметров позволяет получить достаточную глубину поиска неисправно-

сти, но вместе с тем удорожает диагностирование. Поэтому при разработке систем диагностирования необходимо решить задачу оптимизации диагностических параметров, средств диагностирования и потребляемой мощности. Для высокой полноты диагностирования следовало бы выбрать максимальное число параметров, но это снижает надежность системы диагностирования. Поэтому в качестве критерия построения системы диагностирования можно выбрать или некоторый экономический показатель, или показатель достаточной глубины поиска неисправности. Чаще всего учитываются оба эти показателя.

Набор параметров объекта диагностирования будет оптимальным, если контроль будет достаточным для обнаружения отказа любого из устройств локомотива. Выбор диагностических параметров следует начинать с анализа причин отказа, а также факторов, влияющих на диагностируемые объекты.

Пример: для диагностирования буксы локомотива необходимо выбрать параметры, отклонение которых от допустимых значений приводит её в аварийное состояние. К таким параметрам в первую очередь можно отнести температуру буксы и создаваемый буксой шум.

Температура внутри буксы зависит от качества и количества смазки ($K_{см}$), качества сборки ($K_{сб}$), от состояния подшипников и лабиринтных колец (K_n).

Отклонение от допустимых значений любого из этих параметров приводит к повышению температуры:

$$T_{\bar{o}} = f(K_{см}, K_{сб}, K_n).$$

Шум в буксе зависит от качества сборки, технического состояния подшипника и лабиринтных колец.

По мере нарастания износа в подшипниках или появления дефектов (трещины, отколы, электроожоги и т.д.) характер шума изменяется, появляются посторонние удары, вызванные увеличивающимися зазорами.

В принципе шум – это следствие вибрации или колебаний, которые возникают в процессе работы роликов, внешних и внутренних колец подшипников. При отсутствии износа и дефектов в подшипниках шум в буксе будет незначительным, но при появлении хотя бы одного дефекта тональность его меняется. Следует отметить, что каждый дефект имеет свой и только для него характерный шум, а точнее, свою частоту колебаний.

$$K_{ш} = f(K_{сб}, K_n).$$

Как видно, наибольшей информативностью обладает такой параметр, как температура буксы. Он, в свою очередь, контролирует три параметра, а коэффициент шума $K_{ш}$ – всего два.

Однако нужно учитывать, что контроль за смазочными материалами проводится периодически при ремонте и осмотре без разборки буксы, контроль же за техническим состоянием подшипников и лабиринтных колец требует уже полной разборки, а это возможно только при большом ремонте. К тому же наличие шума сигнализирует о начале возникновения дефекта внутри буксы, и только после того, как дефект достигнет определенного размера, начинается рост температуры.

Таким образом, в качестве диагностического параметра предпочтительнее использовать шум. Его достаточно легко измерить, преобразовать и обработать информацию о нем.

Аналитический метод выбора параметров требует большого опыта и статистических сведений о причинах отказов и их видах. Тем не менее данный метод все больше распространен при разработке средств диагностирования локомотивов.

При выборе диагностических параметров можно применять метод И.А. Биргера, основанный на формулах Байеса. Принцип этого метода состоит в том, что диагностическая ценность параметра определяется информацией, которая вносится признаком в систему состояний. Смысл метода заключается в следующем.

Выбирают основные структурные параметры (признаки состояний) и параметры, которые можно использовать в качестве диагностических. По данным статистики отказов определяют «вероятностные веса» структурных параметров при различных состояниях диагностируемого объекта и определяют вероятности его состояния при различных комбинациях этих структурных параметров.

Формула Байеса:

$$p(D_i / K) = \frac{p(D_i)p(K_1 / D_i)...p(K_m / D_i)}{\sum_{S=1}^n p(D_S)p(K_1 / D_S)...p(K_m / D_S)},$$

где $p(D_i)$ – априорная вероятность состояний, определяемая как число объектов N_i , в которых обнаружены неисправности D_i , к общему числу исследуемых объектов; $p(K_j / D_i)$ – вероятность проявления j -го диагностического параметра при состоянии D_i .

Произведение $p(K_1 / D_i)...p(K_m / D_i) = p(K / D_i)$, если

$$\sum_{i=1}^n p(D_i / K) = 1,$$

и диагностические параметры K_i являются независимыми для каждого из состояний D_i .

Знаменатель формулы представляет собой вероятность $p(K)$ того, что в диагностируемом объекте должен обнаруживаться комплекс диагностических параметров K . Так как комплекс K проявляется как минимум с одним из состояний D_i , то полная вероятность:

$$p(K) = \sum_S^n p(D_S) p(K / D_S).$$

5.4 Основные методы диагностирования

Для диагностирования технического состояния локомотивов, их систем, узлов и агрегатов используются различные методы (рис. 5.3). Многообразие методов диагностирования обусловлено в основном двумя принципами: 1 – сложность систем диагностирования, 2 – разнообразие задач диагностирования.

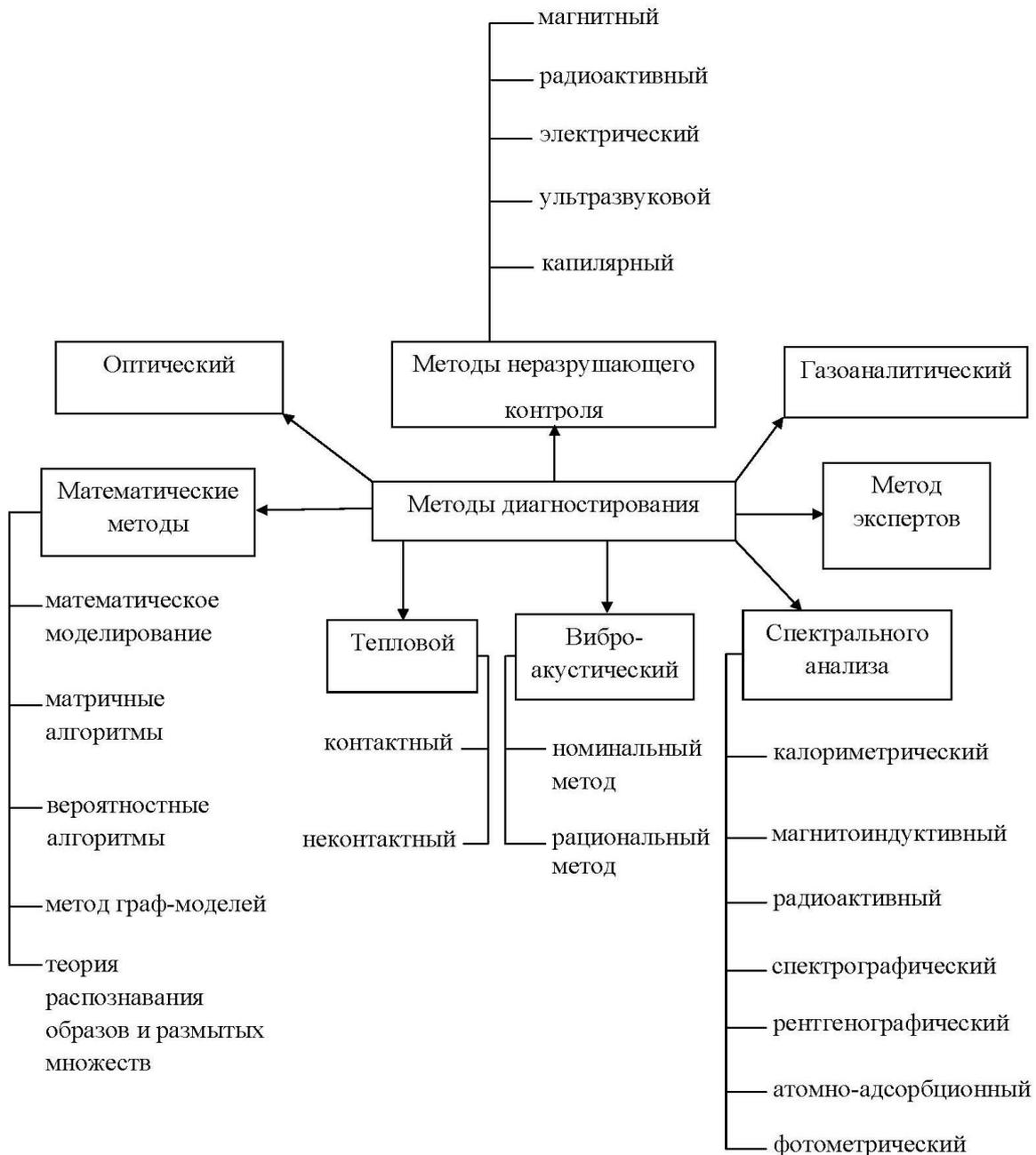


Рис. 5.3. Методы диагностирования

Метод экспертов. На этапе создания опытных образцов основным методом диагностирования сложных изделий является метод экспертов. В процессе опытной эксплуатации партии локомотивов производится анализ дефектов. Выясняется причина отказов, условия их появления и влияние на общее техническое состояние локомотива.

После проведенного анализа дефектов и их причин разрабатывается методика по их устранению. Метод экспертов субъективен, т.к. не всегда можно получить достоверную информацию о причинах появления дефектов из-за ограниченных человеческих возможностей при обработке поступающей информации.

Многие дефекты одних деталей сопутствуют появлению дефектов в других деталях, что вызывает дополнительные субъективные погрешности.

Данным методом пользуются при анализе и разработке более современных методов диагностирования и при выборе диагностических параметров.

Метод спектрального анализа. В процессе работы узлов с трением или сопряжением деталей происходит их износ. Для уменьшения износа и удаления продуктов износа применяют различные масла и смазочные материалы. О состоянии узлов и деталей можно судить по концентрации продуктов износа, используя физико-химический анализ масел и смазочных материалов. Чем больше концентрация продуктов износа, тем сильнее происходит износ деталей и узлов.

Иногда в смазочном материале можно найти продукты неполного сгорания топлива, что позволяет с помощью спектрального анализа определять состояние таких узлов, как поршни дизеля, кольца и т.д.

С помощью спектрального анализа также можно обнаружить нарушение плотности водяной системы дизеля, приводящее к обводнению картерного масла.

Методом спектрального анализа можно определить также техническое состояние масляных фильтров, моторно-осевых и буксовых подшипников и прочих узлов.

Известно несколько методов количественного определения продуктов износа в масле. В основе всех этих методов лежит зависимость между интенсивностью спектральной линии того или иного элемента и концентрацией этого элемента в анализируемой пробе.

Калориметрический метод. Калориметрическим методом можно определять техническое состояние дизелей по параметрам картерного масла. При этом пробу масла анализируют в лаборатории на содержание железа, меди и алюминия, а затем сравнивают с предельно допустимыми нормами.

Радиоактивный метод. Заключается в том, что на дизеле устанавливаются детали, активированные радиоактивными изотопами. По мере износа деталей радиоактивные частицы попадают в масло картера, где от-

бираются, анализируются и определяется интенсивность износа узлов трения.

Рентгенографический метод. Рентгенографический метод позволяет проводить не только анализ масла, но и анализ структуры поверхности деталей трения. В основе этого метода лежит способность рентгеновских лучей проникать в поверхностные слои металла. Пучок рентгеновских лучей скользит по поверхности изношенной детали, позволяя анализировать её техническое состояние. Таким образом, с помощью рентгеновских лучей можно более достоверно и объективно оценивать состояние масла и его влияние на процесс износа в узлах трения. Это позволяет прогнозировать остаточный ресурс, а также дает возможность правильно подбирать масла.

Атомно-адсорбционный метод. Основан на изучении атомных спектров резонансного поглощения. Атомы способны не только излучать свет определенной длины, но и поглощать его.

Особенно эффективно поглощается свет той длины волны, которая соответствует переходу атома в возбужденное состояние с основного нижнего энергетического уровня (так называемое резонансное поглощение).

Атомно-резонансное поглощение связано со строением атома, является его характеристикой, что и положено в основу анализа.

Чтобы добиться атомно-резонансного поглощения, необходимо задать резонансное излучение, соответствующее спектру искомого элемента, и пропустить его через атомизированную пробу. Если измерить исходное излучение до прохождения пробы и после неё, то при наличии искомого атома в пробе первоначальное излучение уменьшится из-за поглощения данным элементом и в тем большей степени, чем больше искомого элемента в пробе.

Оптический метод. Одним из наиболее распространенных методов обнаружения дефектов является визуальный осмотр. Однако для осмотра труднодоступных узлов и деталей необходима полная или частичная разборка, а иногда и разрушение детали. Для того чтобы расширить возможность проверки технического состояния цилиндров дизеля, различных резервуаров, трубопроводов, необходимо использование оптических средств.

К таким средствам относятся перископические дефектоскопы и эндоскопы. Последние получили наибольшее распространение.

По конструкции различают жесткие и гибкие эндоскопы.

Жесткие эндоскопы представляют цилиндрическую конструкцию, внутри которой располагаются линзы и механизм настройки.

Основой гибких эндоскопов являются светопроводящие волокна, из которых формируются световодные жгуты.

Обычный волоконно-оптический эндоскоп состоит из источника света, двух световодных жгутов (один из которых предназначен для передачи изображения, а другой для передачи света), окуляра и микрообъектива, соединенного с торцом световодного жгута.

Газоаналитический метод – метод диагностирования по параметрам газозооного тракта, заключается в определении скорости потока

воздуха, его температуры, давления а также химического состава выхлопных газов.

Имея эталонные данные рассматриваемых параметров, можно определить техническое состояние дизельных и карбюраторных двигателей. Этот метод нашел применение при диагностировании тепловозных дизелей.

Виброакустические методы. Эти методы диагностирования получили широкое распространение в локомотивном хозяйстве, так как не требуют разборки агрегатов и узлов локомотивов.

Виброакустический метод основан на процессах, возникающих в узлах трения и сопряжения во время их работы, которая, как правило, сопровождается шумами и колебаниями в этих узлах. Вибрации механизма – это реакция на действие приложенных возмущающих сил.

Возникновение дефектов в узлах и механизмах сопровождается появлением дополнительных колебаний. Разные дефекты имеют колебания различной частоты.

Существует несколько причин возникновения колебаний механизма. Одна из них связана с неисправностью движущихся деталей. Она вынуждает механизмы колебаться как единое целое относительно положения равновесия. Эти колебания характеризуются низкими частотами, сравнительно большими амплитудами перемещения и малыми ускорениями.

Зависимость частоты вибрации от скоростного режима механизма является характерной чертой этого колебаний, позволяющей их легко обнаружить и выделить. Основная частота вибрации механизма в этом случае равна частоте вращения вала, на котором находится несбалансированная масса. Амплитуда вибраций пропорциональна квадрату угловой скорости вращения вала и зависит от массы механизма и жёсткости крепления его к основанию.

Вторым источником колебаний механизма является соударение его деталей, вызванное увеличенными зазорами. Эти колебания характеризуются более высокими частотами, малыми амплитудами смещения и значительными ускорениями.

Появление отклонений в работе узлов и механизмов приводит к изменению периодичности колебаний. они становятся иногда непредсказуемыми и имеют случайные величины. Для получения полных характеристик таких колебаний необходимо вести постоянное наблюдение с последующими записями информации и результатов её обработки.

Таким образом, имея набор различных колебаний в узле, можно с помощью датчиков виброколебаний и фильтров частот определить степень износа той или иной детали.

Виброакустические методы обладают рядом преимуществ перед другими методами. Они позволяют получить наиболее полную информацию о состоянии объекта. Акустический сигнал обладает большой информативностью, поэтому для большой полноты диагностирования объекта требуется небольшое число датчиков.

Диагностирование с использованием виброакустического метода производится по следующему принципу: при возникновении колебаний в механизме или узле сигналы в виде упругих волн приходят к датчику колебаний, который преобразует их в электрический сигнал и направляет его в аппаратуру диагностирования.

Локомотив как объект диагностирования. Основные требования к локомотиву как объекту диагностирования – постоянное соответствие основных параметров фактическому уровню надежности, условиям эксплуатации и интенсивности использования. Такое соответствие формируется на основе объективной информации о техническом состоянии локомотива. Для этого локомотив включают в систему технического диагностирования, где он взаимодействует с техническими средствами и человеком.

Экономически целесообразным является применение встроенных в локомотив (бортовых) устройств диагностирования в условиях эксплуатации и внешних (стационарных) систем, которые устанавливаются в депо и подключаются к локомотиву перед проведением профилактических и ремонтных работ для определения технического состояния локомотива.

Такое разделение средств диагностирования даёт возможность получить достоверную и полную информацию о техническом состоянии локомотива. Бортовые средства позволяют проверить те узлы и детали, информацию о техническом состоянии которых в стационарных условиях получить трудно. Следует отметить, что наиболее достоверной будет информация, полученная при движении локомотива.

Внедрение технического диагностирования на локомотивах является не только технической, но и экономической проблемой. Согласно статистическим данным, за 30...40 лет службы локомотива затраты на техническое обслуживание, ремонт и модернизацию в 6...7 раз превышают начальную стоимость локомотива. Как показывают наблюдения, прямые и косвенные затраты на контроль технического состояния локомотивов составляют почти 55 % общих затрат, что равно 75 % затрат на заработную плату. Поэтому, разрабатывая и внедряя системы диагностирования, необходимо стремиться к тому, чтобы не только снижались затраты на технический контроль, но и уменьшался простой локомотива в ремонте.

Диагностированию должны подвергаться не все агрегаты и узлы, а только те, которые обеспечивают нормальную эксплуатацию и надежность подвижного состава. В этих агрегатах и узлах должны диагностироваться только те детали, состояние которых не может быть оценено наружным осмотром. Методика диагностирования должна обеспечивать обнаружение развития отказа на более ранней стадии, чем это мог заметить человек, давать возможность значительно быстрее и более точно сделать заключение о техническом состоянии локомотива и безошибочно указать отказавший элемент.

В качестве диагностических параметров, измеряемых аппаратурой, смонтированной непосредственно на локомотиве, необходимо выбрать такие, которые характеризуют мощностные и экономические качества локо-

мотива, безопасность движения, а также позволяют проводить оперативный поиск неисправностей и их устранение. Бортовые средства рабочего диагностирования постоянно находятся в работе и моментально реагируют на малейшие отклонения от нормального функционирования отдельных узлов и агрегатов.

Использование стационарных средств диагностирования позволяет, с одной стороны, резко сократить число разборок и ревизий оборудования локомотивов в пунктах технического обслуживания, а с другой стороны, если разборки все же проводятся, обеспечить объективный контроль сборки узла.

Таким образом, сочетание бортовых и стационарных средств диагностирования позволяет выбрать наиболее оптимальные режимы и методы проведения технического диагностирования локомотива.

В организации системы диагностирования большую роль играют принципы, положенные в основу декомпозиции локомотива как объекта диагностирования (рис. 5.4). При этом локомотив разбивается на отдельные характерные блоки, выполняющие определенные функции и имеющие между собой прямые или косвенные связи. Например, тепловоз можно разделить на четыре отдельных функциональных блока: дизель и его системы; электрические аппараты, машины и цепи управления; экипажная часть и тормозное оборудование; вспомогательное оборудование.

В каждом блоке выбираются определенные детали и узлы, влияющие на надёжную работу локомотива. Количество таких узлов в блоке зависит от сложности и значимости его в общей системе локомотива. В блоке «Дизель и его системы» имеются 18–20 узлов, подлежащих обязательному диагностированию; в блоке «Электрические аппараты, машины и цепи управления» примерно 18, в «Экипажной части» 9 наименований оборудования, а во «Вспомогательном оборудовании» – 13. Диагностируя это оборудование, можно определить техническое состояние любого локомотива. Оптимальное число диагностических параметров зависит от характера отказов и их последствий, и при этом должны учитываться стоимостные показатели плановых и неплановых ремонтов.

На современном этапе развития технического диагностирования тягового подвижного состава применение микропроцессорных средств наиболее оптимально. Обусловлено это тем, что, во-первых, современные локомотивы имеют достаточно плотную компоновку оборудования, что усложняет размещение громоздких систем диагностирования, а во-вторых, современные диагностические системы должны быть многофункциональными и универсальными.

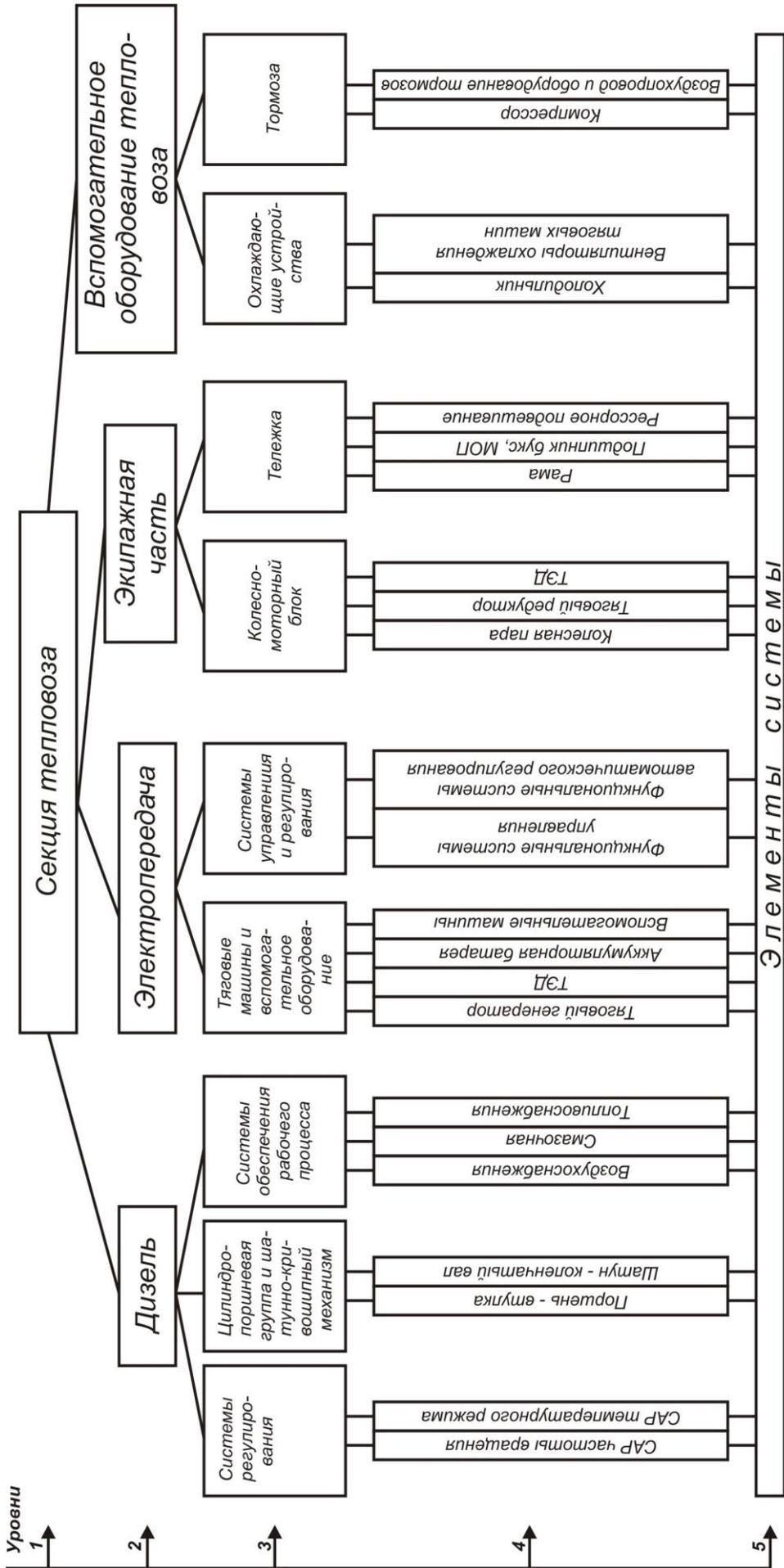


Рис. 5.4. Блочнo-функциональная декомпозиция тепловоза как объекта диагностирования

5.5 Системы диагностирования на основе метода теплового контроля

5.5.1 Понятие и сущность метода ТК

Тепловой контроль – неразрушающий контроль, основанный на регистрации температурных полей объекта контроля.

При реостатных испытаниях нагрузке подвергаются дизель, генератор, вспомогательное оборудование, топливная система, система охлаждения. ТЭД и часть электрического оборудования во время реостатных испытаний не задействованы, поэтому проведение теплового контроля этих узлов нецелесообразно. ТК (тепловой контроль) выполняется с учетом принятых технологических особенностей проведения реостатных испытаний.

Время существования тепловых аномалий для различных узлов может значительно отличаться в зависимости от массы и мощности теплового поля. Наименьшая – тепловая инерция характерна для электрических цепей. Наибольшая – для дизеля и системы охлаждения.

На магистральных и маневровых тепловозах используются различные виды вспомогательных машин с отбором мощности через приводной вал от дизеля или отдельного электродвигателя.

Следует иметь в виду, что подшипниковые узлы вспомогательных машин с отбором мощности от дизеля имеют хорошее охлаждение и обнаружение перегрева затруднительно. ТК подшипников вспомогательных машин проводят в возможно короткое время, для регистрации быстро исчезающих тепловых аномалий.

Для большей достоверности ТК рекомендуется начинать контроль с узлов, имеющих малую инертность, а именно: с электрических цепей и подшипниковых узлов вспомогательного оборудования.

Основные неисправности электрических цепей и аппаратов тепловозов, выявляемые при реостатных испытаниях, приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Неисправности электрических цепей локомотива, выявляемые при ТК

Узлы	Вид тепловой аномалии, выявляемые неисправности
1	2
Силовые шины	Неравномерный нагрев шин, работающих в режиме нагрузки
Соединения	Перегрев: плохая затяжка болтового крепления или пайки
Силовые кабели	Локальный перегрев, нарушение изоляции, внешнее механическое воздействие, повреждение
Тепловые реле	Неравномерный нагрев. Перегрев

1	2
Предохранители	Неравномерный нагрев. Перегрев
Переключатели блокировочные	Неравномерный нагрев. Перегрев
Контакты пневматические	Избыточный нагрев зоны контакта
Контакты электромагнитные	Перегрев: работа в режиме перегрузки, возможна потеря изоляции
Клеммные рейки	Неравномерный нагрев. Перегрев, плохая затяжка болтового крепления или пайки
Шунты индуктивные	Неравномерный нагрев
Шунты силовые	Неравномерный нагрев
Болтовые контактные соединения силовых кабелей	Перегрев: плохая затяжка болтового крепления или пайки
Наконечники	Неравномерный нагрев. Перегрев, плохая затяжка болтового крепления или пайки

К вспомогательным машинам тепловоза относятся устройства для получения сжатого воздуха, охлаждения воды. Последние смонтированы в шахте холодильника, и включают в себя привод главного вентилятора и компрессора, вентиляторы охлаждения ТЭД и их приводы.

ТК подшипниковых узлов вспомогательных машин тепловоза осуществляют в процессе работы под нагрузкой не менее 30 минут, или непосредственно после приложения длительной нагрузки.

Фиксируются зоны аномального нагрева подшипниковых узлов работающего оборудования. По аномальной температуре определяются зоны отсутствия смазки и наличие задиров.

Основные виды тепловых аномалий и возможные неисправности подшипниковых узлов вспомогательных агрегатов, определяемые ТК, приведены в табл. 5.2.

Основные неисправности системы охлаждения тепловоза, выявляемые при ТК, приведены в табл. 5.3.

Результаты ТК представляют собой термограммы, на основании анализа которых делаются выводы о наличии тепловых аномалий и уровне развития дефекта.

Время проведения ТК зависит от условий испытания.

Максимальные температурные показатели фиксируют на работающем оборудовании после выхода на заданный режим и достижения теплового равновесия в местах контроля.

Таблица 5.2

Неисправности подшипниковых узлов вспомогательных машин тепловоза, выявляемые при ТК

Узлы	Вид тепловой аномалии, выявляемые неисправности
Корпус и подшипники тягового генератора	Избыточный нагрев подшипникового щита: аварийное и предаварийное состояние, подшипника, отсутствие смазки
Корпус и подшипники возбuditеля	
Корпус и подшипники подвозбудителя	
Корпус и подшипники вентиляторов	
Корпус и подшипники воздушного компрессора	
Корпус и подшипники редукторов	
Корпус и подшипники насосов	
Корпус и подшипники турбокомпрессора	
Корпус и подшипники двухмашинного агрегата	Избыточный нагрев подшипникового щита: аварийное и предаварийное состояние, подшипника, отсутствие смазки. Локальный нагрев корпуса: нагрев обмотки возбуждения, недостаточное охлаждение

Таблица 5.3

Неисправности системы охлаждения тепловоза, выявляемые при ТК

Узлы	Вид тепловой аномалии, выявляемые неисправности
Секции охлаждения воды и масла	1 Выраженные затемнения отдельных поверхностей (пятен) секций – загрязнение внешних и внутренних поверхностей трубок секций, загрязнение межреберных промежутков, нарушение пайки трубок с межреберными пластинами
	2 Выраженные затемнения отдельных трубок или группы трубок по всей высоте секции – закупорка движения теплоносителя
	3 Снижение тепловой эффективности секций охлаждения без видимых тепловых аномалий – снижение производительности насоса или увеличение гидравлического сопротивления секций в результате равномерного отложения накипи, а также неисправности по пунктам 1 и 2

Если диагностические признаки проявляются в процессе выхода оборудования на рабочий режим, то тепловизионный контроль необходимо проводить во время переходного процесса с периодичностью, достаточной для построения динамической характеристики изменения тепловой аномалии.

Если после снятия нагрузки контраст тепловых аномалий снижается, рекомендуется в первую очередь осматривать узлы с малой теплоемкостью. Например, аппаратура цепей управления, обмотки катушек реле контакторов, клеммовые рейки, предохранители с плавкими вставками и т.д.

Для получения точных температурных показателей контролируемых объектов с помощью тепловизора необходимо выбрать и установить на тепловизоре соответствующее значение коэффициента излучения контролируемой поверхности.

При отсутствии информации о состоянии поверхности контролируемых узлов, при проведении ускоренных испытаний величину коэффициента излучения контролируемой поверхности устанавливают равной 0,8. При изменении коэффициента излучения в пределах $\pm 0,2$ ошибка в определении фактической температуры составляет $\pm 7\%$.

Фактическая температура объекта может быть определена по формуле:

$$T_{\text{факт}} = \frac{T_{\text{рад}}}{\sqrt[4]{\varepsilon}},$$

где $T_{\text{рад}}$ – радиационная температура, измеренная прибором;
 ε – коэффициент излучения контролируемой поверхности.

Рекомендуемая дальность ТК от 0,30 до 5 м в зависимости от габаритных размеров объекта контроля и размеров предполагаемых тепловых дефектов.

Для проведения ТК в кузове локомотива целесообразно использовать широкоугольный объектив.

При невозможности обеспечения проведения контроля объекта с оптимального расстояния контроль допускается ограничить общим панорамным снимком, охватывающим всю конструкцию.

При ТК токоведущих частей, расположенных в небольших замкнутых объемах, возможны ошибки результатов из-за теплового отражения от нагревательных элементов, ламп освещения, соседних фаз и др.

Влияние теплового отражения проявляется при контроле токоведущей части с малым коэффициентом излучения, обладающей хорошей отражательной способностью.

В результате термографическая съемка может показать горячую точку (пятно), хотя в действительности это просто тепловое отражение (блик). Поэтому рекомендуется в подобных случаях производить ТК объекта под различными углами зрения и изменением местоположения тепловизора.

При проведении ТК на объектах, подвергающихся солнечной радиа-

ции, следует отличать места нагрева внешним излучением и наличие дефектов в контролируемом объекте. Контраст тепловой аномалии при этом снижается.

Для снижения влияния отраженного излучения рекомендуется изменять положение тепловизора, чтобы контролируемый объект максимально по нормали к оптической оси (рис. 5.5). При этом также снижается влияние изменения излучательной способности поверхности.

Температура окружающей среды является одним из показателей, учитываемым при определении уровня дефекта.

При ТК объектов вне помещения для определения температуры окружающей среды следует дополнительно проводить съемку частей локомотива с солнечной и теневой стороны. За температуру окружающей среды принимают наименьшую из измеренных.

При ТК внутри кузова за температуру окружающей среды принимают наименьшую температуру, измеренную на массивных частях кузова или ненагретого оборудования.

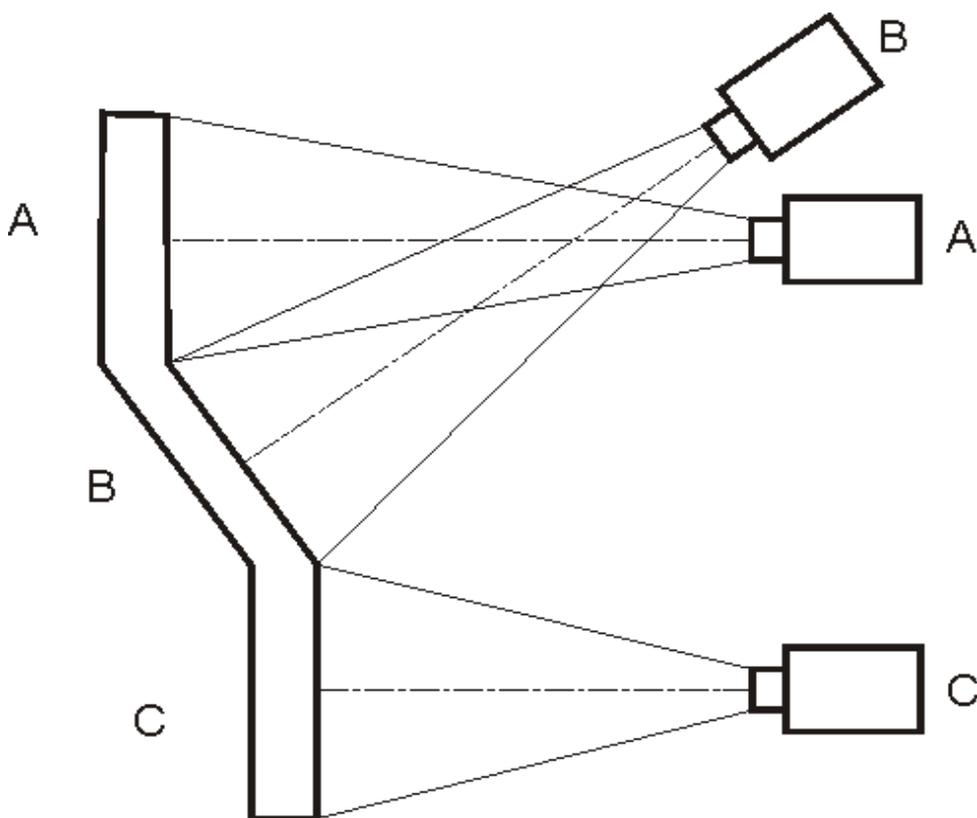


Рис. 5.5. Снижение влияния отраженного излучения при ТК

Температура объекта – интегральный показатель, зависящий от собственных тепловых процессов объекта контроля и от внешних тепловых факторов.

ТК большинства узлов локомотива может быть проведен при установке автоматического выбора диапазона температур. Верхний уровень

диапазона температур на термограмме показывает температуру самого нагретого участка. Нижний уровень диапазона температур на данной термограмме может отличаться от температуры окружающей среды. В этом случае необходимо дополнительно провести съемку ненагретого оборудования вблизи контролируемых участков, например массивных затененных частей кузова.

Ввиду плотного монтажа оборудования в кузове локомотива некоторые узлы видимы только на фоне более нагретых объектов и имеют малый нагрев относительно окружающей среды. Для анализа теплового поля таких узлов следует перейти в ручной режим настройки диапазона температур и установить верхний уровень температур, равный заданному ограничению для данного узла, а нижний уровень – равный температуре окружающей среды.

Для проведения сравнения теплового состояния аналогичных узлов следует устанавливать фиксированный диапазон температур.

Регистрацию термограмм проводят последовательно по намеченным участкам с фиксированного расстояния, покадровой записью термограмм на твердотельный носитель цифровой информации.

Контроль качества полученных при проведении ТК термограмм производится визуально с использованием средств визуализации (дисплея) тепловизора. В случаях смазывания изображения на термограмме или при ошибках выбора диапазона измеряемых температур необходимо провести повторную тепловизионную съемку.

После проведения тепловизионного контроля детальный анализ термограмм проводится с использованием ПЭВМ.

Термограммы сохраняются с указанием условий проведения ТК для последующего сравнительного анализа.

5.5.2 Последовательность проведения тепловизионного контроля

Подготовить тепловизор. Проверить наличие свободной памяти для записи термограмм.

Прибыть к месту проведения реостатных испытаний тепловоза.

Находясь на тракционных путях, необходимо соблюдать правила охраны труда и требования Инструкции по охране труда для слесаря по ремонту тепловозов и дизель-поездов в ОАО «РЖД».

Нагружение узлов тепловозов проводится при проведении реостатных испытаний в соответствии с действующей технологической документацией.

Включить тепловизор, ввести необходимые корректировки согласно текущим условиям проведения ТК (температуру окружающего фона; среднее значение расстояния от тепловизора до объекта контроля от 1 до 5 м).

Провести ТК электрических цепей.

Провести визуальный осмотр и съемку тепловизором панелей управления, предохранителей, элементов высоковольтной камеры, токоведущих шин и кабелей, клеммовых реек.

Регистрацию термограмм проводят последовательно по намеченным участкам с фиксированного расстояния, покадровой записью термограмм на флеш-памяти тепловизора.

При оценке состояния электрических цепей используются допустимые температуры.

Электрические вспомогательные машины контролируют по условиям нагрева проводников, контактных соединений и нагрева подшипниковых узлов.

Провести ТК подшипниковых узлов вспомогательных машин. ТК производится при обходе тепловоза. Основное внимание уделяется следующим подшипниковым узлам:

- подшипники вентиляторов охлаждения ТЭД на валу (в подшипниковом узле перед шкивом);
- привод водяного насоса системы охлаждения надувочного контура;
- горизонтальный карданный вал между промежуточной опорой и редуктором;
- вертикальный вал между редуктором и подпятником;
- подшипники промежуточной опоры;
- компрессор.

Другие подшипниковые узлы трудно диагностируются, однако необходимо обращать внимание на все перегретые подшипниковые узлы.

Провести анализ нагрева подшипниковых узлов и сравнить с допустимыми уровнями температуры.

Провести анализ нагрева узлов компрессора и сравнить с допустимыми уровнями температуры.

Письменно зафиксировать результаты ТК.

Примеры термограмм электрических цепей и оборудования тепловоза:

- произвести осмотр секций охлаждения с целью выявления течей и механических повреждений;
- произвести принудительное открытие жалюзи холодильной камеры и установить максимальную производительность вентилятора;
- в течение 20...30 минут привести параметры теплоносителей в стационарное состояние;
- провести съемку термограмм каждой секции охлаждения в соответствии со схемой для данного типа локомотива.

Электрические цепи локомотивов В контактных соединениях возникает слабый контакт из-за отсутствия шайб, плохой затяжки болтов, соединения алюминиевого наконечника с медными выводами оборудования в помещениях с агрессивной средой. Контактное сопротивление с течением времени увеличивается, и проявляется нагрев при прохождении тока (рис. 5.6).

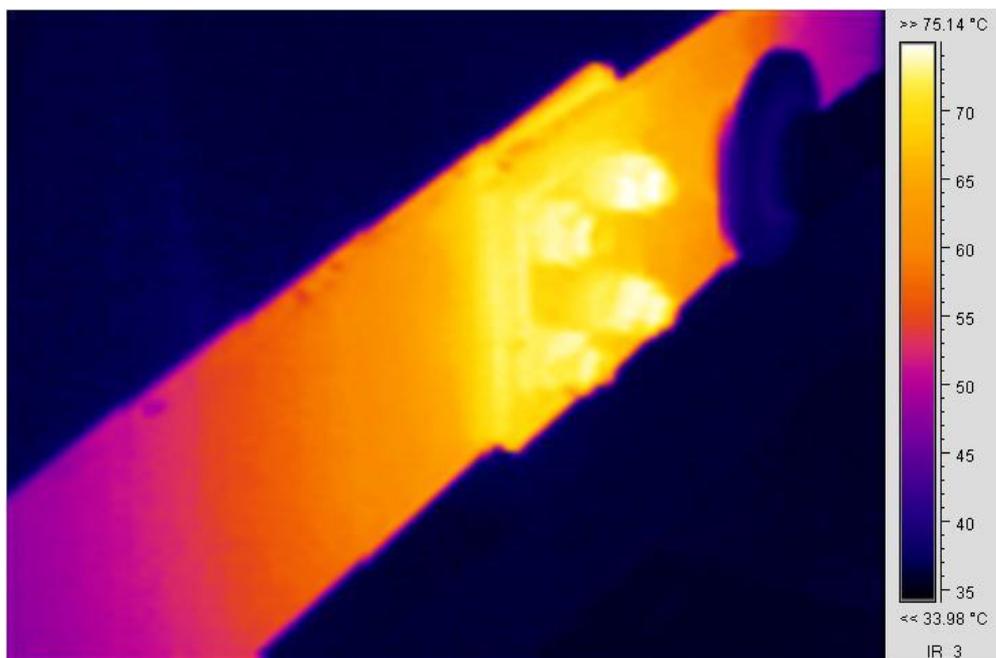


Рис. 5.6. Нагрев болтовых соединений токоведущих частей при ослабленной затяжке болтового соединения

5.5.3 Обработка результатов теплового контроля узлов локомотива

На полученных в результате ТК термограммах выделяют зоны повышенного нагрева. Тепловое состояние может быть следствием следующих причин:

- повышенное тепловое выделение вследствие повышенной нагруженности узла,
- неисправности узла.

Для фиксирования уровня развития дефекта, определяемого при ТК, используется трехуровневая система следующих показателей дефекта:

- «норма»;
- «предупреждение, требующее последующего наблюдения»;
- «неисправность, требующая вмешательства».

Распознавание неисправностей производят с применением браковочных критериев. Браковочные критерии строят исходя из максимальных допустимых значений температуры или превышения температуры узлов.

Обработка данных ТК узлов, имеющих тепловую аномалию, проводится на ПЭВМ с использованием компьютерной программы, поставляемой в комплекте с тепловизором, или специализированных программ.

Результаты ТК – термограммы сохраняются в электронном виде с соответствующими выводами и описанием неисправности.

По результатам расшифровки термограмм составляется протокол по результатам ТК узлов локомотивов с указанием вида дефекта и рекомендациями по его устранению.

5.6 Системы диагностирования на основе принципов неразрушающего контроля

5.6.1 Система контроля и диагностики электрооборудования локомотивов (Доктор-030М)

Система контроля и диагностики (СКД) «Доктор-030М» предназначена для измерения напряжения постоянного тока, напряжения переменного тока частотой 1000 Гц, сопротивлений, индуктивности, временных интервалов и выдачи напряжения постоянного и пульсирующего тока, используемых для диагностирования и настройки электрических цепей локомотивов, а также прогнозирования отказов электрокоммутационной аппаратуры и электрических машин. При помощи СКД экспресс-контроль оборудования проводится в течение 30 минут с выявлением неисправных узлов и агрегатов и дальнейшей их локализацией.

СКД позволяет измерять параметры электрических аппаратов, производить обработку и вывод результата на встроенный ЖКИ-дисплей, печатающее устройство, а также накапливать данные диагностики для дальнейшей обработки и прогнозирования состояния электрооборудования. Управление работой «Доктор-030М» производится с помощью дистанционного пульта управления, либо с помощью стандартной клавиатуры, подключаемой к базовому блоку. В составе программного обеспечения «Доктор-030М» имеется режим формирования результатов измерения для передачи в общую базу данных. После передачи в общую базу результаты диагностирования можно просмотреть и получить отчеты о работе узлов и аппаратов. Накопленные данные диагностики подвижной единицы служат для дальнейшего прогнозирования состояния электрооборудования.

Для достижения максимальной достоверности результатов диагностирования и ускорения процесса ввода СКД в эксплуатацию «Доктор-030М» включает в себя два режима формирования эталонных значений параметров оборудования: режим автоматического формирования эталонных значений в процессе накопления измерений и режим ввода эталонных значений пользователем вручную. Режим формирования выбирается оператором-диагностом.

В составе аппаратной части СКД находится управляемый источник питания, позволяющий формировать на выходных клеммах системы напряжения 50В, 75В, 110В, необходимые для срабатывания коммутационных аппаратов тяговых подвижных единиц с различной бортовой сетью.

5.6.2 Виброакустическая диагностика буксовых подшипников вагонов и ТПС

В ТПС и вагонных колесных парах используются крупногабаритные подшипники качения, работающие в условиях больших динамических нагрузок до 25г и частоте вращения до 2000 об/мин. Такие подшипники характеризуются низкой точностью изготовления по сравнению с приборными подшипниками.

Для диагностики колесных пар вагонов и ТПС в РГУПСе – РИИЖТе совместно с вагонным депо ЗАО «Лукойл – Транс» был разработан универсальный подъёмник для их вывешивания и вращения.

Проведённые испытания колесных пар РУ-1 показали, что на интересующем диапазоне частот вращения на стенде станции ($f < 25$ Гц) функция распределения амплитуд СКВ описывается нормальным законом.

Уровень СКВ пропорционален частоте вращения подшипника и радиальному зазору в нем и практически позволяет использовать узкополосный спектральный анализ вибросигналов.

Из виброосциллограммы видно, что при появлении в подшипнике скрытой периодичности дефекта (увеличенные радиальные зазоры, дефекты усталостного происхождения – раковины, шелушение; дефекты внезапного происхождения – трещины задиры и т. д.) приводят к увеличению общего уровня СКВ и повторяются с определенной периодичностью скрытых дефектов.

Если на элементах буксового подшипника нет дефектов, то уровень ускорений СКВ падает и идет процесс квантования вибрации вокруг нулевого уровня.

Теоретические исследования и экспериментальные результаты показали, что работоспособность буксовых подшипников в значительной мере зависит от величины радиального зазора.

На основании экспериментальных данных созданы нормы на общем уровне ускорений СКВ, которые приведены, и рассчитаны частоты скоростных периодичностей, которые позволили разработать диагностическую карту «болезни» буксовых подшипников.

Техническое состояние буксового подшипника определяется радиальным зазором по номограмме, а также по энергетическому спектру.

5.6.3 Комплекс программно-аппаратный КПА-1В с БПК

Комплекс в составе указанных ниже аппаратных средств и оснащенный пакетом программ DREAM32 for WINDOWS версии 4.1 (далее DREAM32 v.4.1) предназначен для автоматического мониторинга и диагностики технического состояния роторных машин и оборудования.

Комплекс КПА-1В с БПК имеет модульную структуру и состоит из аппаратных и программных модулей. Набор программных модулей позволяет решать задачи сбора, обработки и анализа сигналов, сопровождающих физические процессы работы контролируемых агрегатов.

Для оповещения обслуживающего персонала об обнаружении аварийно опасного технического состояния контролируемого оборудования в комплексе предусмотрена автоматическая сигнализация.

Параметры комплекса КПА-1В с БПК:

- количество блоков БПК-1биср в комплексе – до 16;
- количество каналов измерения вибрации – до 256;

– количество одновременно коммутируемых каналов на измерения параметров вибрации – 4;

– количество каналов измерения оборотов – до 20.

Комплекс после конфигурации обеспечивает в автоматическом режиме работы:

- 1) циклическое измерение параметров вибрации в точках контроля;
- 2) обработку результатов измерений;
- 3) постановку диагноза и долгосрочный прогноз технического состояния контролируемых узлов;
- 4) автоматическое изменение интервала времени между измерениями в зависимости от установленного системой технического состояния диагностируемого узла;
- 5) выдачу рекомендаций по обслуживанию оборудования с учетом его фактического состояния;
- 6) создание базы данных;
- 7) формирование отчетов о результатах работы комплекса.

Если в подшипниковых узлах агрегатов установлены подшипники качения, то рабочая программа комплекса DREAM32 v.4.1 (например, варианта DREAM-E) позволяет диагностировать следующие дефекты:

- дефекты смазки;
- обкатывание наружного кольца;
- неоднородный радиальный натяг;
- перекос наружного кольца;
- износ наружного кольца;
- раковины (трещины) на наружном кольце;
- износ внутреннего кольца;
- раковины на внутреннем кольце;
- износ тел качения и сепаратора;
- двойной дефект поверхностей качения;
- проскальзывание неподвижного кольца.

Если привод агрегатов осуществляется асинхронными двигателями, то в процессе эксплуатации модуль диагностики электромагнитной системы из пакета программ DREAM32 v. 4.1 позволяет обнаружить возникновение следующих дефектов:

- неуравновешенность ротора;
- дефекты вала;
- дефекты узлов крепления;
- дефекты беличьей клетки;
- дефекты обмоток статора;
- динамический эксцентриситет зазора;
- статический эксцентриситет зазора;
- несимметрия питающего напряжения;
- нелинейные искажения питающего напряжения.

5.7 Бортовая система РПРТ

РПРТ предназначен для автоматизированного сбора, регистрации и обработки информации о работе тепловоза с целью контроля, учета и анализа расхода топлива, оценки технического и теплотехнического состояния локомотивов, тяговых характеристик дизель-генераторной установки (ДГУ) и систем управления тепловоза (рис. 5.7), позволяющих формировать необходимые рекомендации ремонтным цехам и тем самым снизить объемы ремонта и затраты на него (рис. 5.8).

Применение РПРТ на маневровых тепловозах позволяет на основе результатов зарегистрированных данных разработать комплекс мероприятий по экономному расходованию дизельного топлива за счёт:

- улучшения планирования использования локомотивов на различных участках работы, уменьшения времени прогрева и снижения числа локомотивов в горячем простое;
- применения обоснованных норм контроля теплотехнического состояния тепловозов с определением и изъятием из эксплуатации локомотивов, постоянно пережигающих топливо;
- повышения точности учёта при расчёте расхода за смену и при заправке, что позволяет установить виновников его не целевого использования.

На данный момент система РПРТ введена в эксплуатацию на 633 ед. тепловозов серии ЧМЭЗ, из них на Московской ж. д. – 192 ед., Горьковской ж. д. – 157 ед., Северной ж.д. – 204 ед., Северо-Кавказской ж. д. – 50 ед., Юго-Восточной ж. д. – 30 ед.

Применение системы РПРТ позволяет:

- достигнуть снижения до 5 % расхода дизельного топлива и производить корректировку норм за счет автоматизированного процесса регистрации массы топлива в баке, проведения анализа по использованию и загруженности локомотивов на участках работы, оценки их технического и теплотехнического состояния при помощи данных расшифровок и отчетных форм АРМ РПРТ, регистрации таких параметров, как время работы тепловоза под нагрузкой и на холостом ходу, времени простоя тепловоза, пройденного пути и скорости тепловоза, а также расчета значения расхода дизельного топлива тепловозом за рабочую смену;
- регистрировать случаи несанкционированного расхода дизельного топлива;
- формировать отчетные формы для ремонтного цеха, позволяющие дать оценку работы ДГУ тепловоза по тяговой характеристике и систем управления тепловоза.

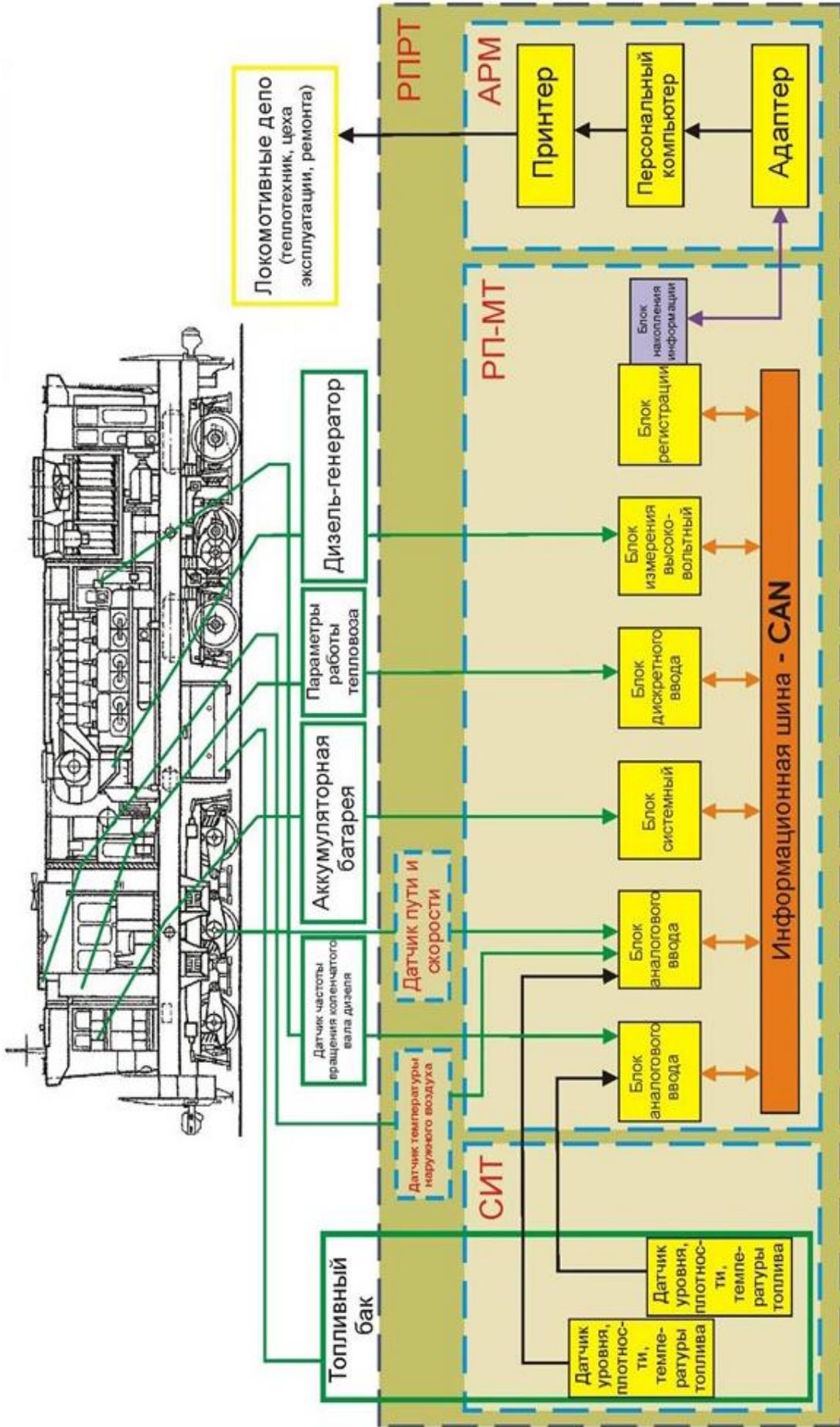


Рис. 5.7. Функциональная блок-схема

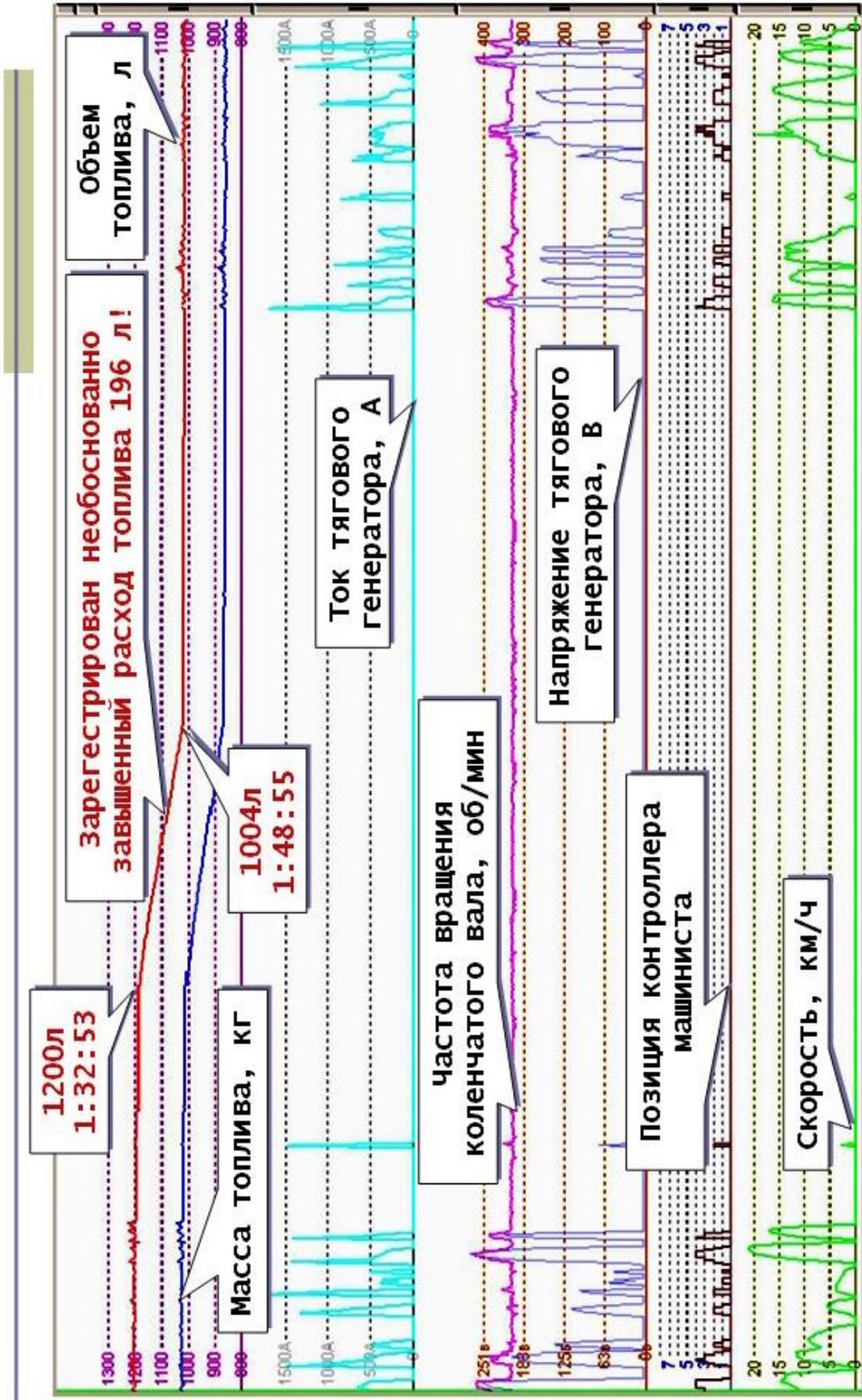


Рис. 5.8. Расшифровка данных на АРМ РПРТ

Так, к примеру:

- в локомотивном депо Бекасово-Сортировочное Московской ж. д. по результатам использования системы РПРТ во 2 и 3 кварталах 2007 г. по сравнению с 2005 г. этого же периода, когда тепловозы были еще не оборудованы РПРТ, снижение расхода дизельного топлива составило 233,3 т, при снижении удельного расхода на 14,5 %. Также внеплановое проведение настроек на реостате по данным, полученным при помощи АРМ РПРТ, позволило снизить на ряде тепловозов (ЧМЭЗ № 2878, 4618) расход дизельного топлива на 2502 кг. Эффективность проведенных внеплановых реостатных испытаний (снижение удельного расхода после настройки ДГУ на реостате) составила 2,2 %;

- в локомотивном депо Новомосковск Московской ж. д. по результатам 2 и 3 кварталов 2007 г. по сравнению с 2005 г. этого же периода, когда тепловозы были еще не оборудованы РПРТ, снижение расхода дизельного топлива составило 172,4 т, при снижении удельного расхода на 7 % и удельной нормы расхода – на 0,5 %. Также внеплановое проведение настроек на реостате по данным полученным при помощи АРМ РПРТ, позволило снизить на ряде тепловозов (ЧМЭЗ № 2154, 2437) расход дизельного топлива 170 кг (эффективность реостатных испытаний составила 2,3 %);

- в локомотивном депо Горький-Сортировочный Горьковской ж. д., по данным ТХО5 программы ИОММ-2, эффект от использования РПРТ за 2007 год составил 565,2 ТУТ;

- в локомотивном депо Краснодар Северо-Кавказской ж.д. на тепловозе ЧМЭЗ № 2601 после оборудования РПРТ экономия дизельного топлива за январь 2008 года, по сравнению с январем 2007 года составила 1362 кг при практически одинаковых условиях эксплуатации.

До настоящего времени в локомотивных депо учет расхода дизельного топлива осуществлялся на основе данных, вносимых машинистом в маршрутный лист. Объемный расход топлива за смену машинисты определяли по визуальной разности показаний мерных стекол топливных реек в начале и конце рабочей смены, а расход по массе определяли, исходя из объемного расхода и плотности топлива, которая определялась в пунктах экипировки. Погрешность таких замеров велика, что не позволяет осуществлять точный учет расхода топлива и контролировать его использование.

Система РПРТ позволяет:

- осуществлять более точный учет расхода топлива за счет автоматизированного процесса регистрации топлива в баке;

- сокращать затраты на ремонт за счет оценки работоспособности ДГУ и возможностью своевременной постановки тепловозов на реостатные испытания;

- по данным расшифровок контролировать работу машинистов в течение смены, что также влияет на такие человеческие факторы, как дисциплина и ответственность.

5.8 Система проведения реостатных испытаний КИПАРИС

Технические характеристики:

- диагностирование технического состояния автоматической системы регулирования мощности дизель-генераторной установки тепловоза;
- диагностирование технического состояния газоздушного тракта дизеля;
- диагностирование технического состояния топливной аппаратуры дизеля (безреостатное);
- ведение архива с большим объемом справочно-методической и наглядной информации;
- автоматизацию процессов регулирования нагрузки и управления тепловозом с пульта испытателя.

Комплекс Интеллектуальный Производственный Автоматизированных Реостатных Испытаний (КИПАРИС) (рис. 5.9) предназначен для автоматизированного контроля и диагностирования технического состояния дизель-генераторной установки тепловоза, ее систем и агрегатов.

КИПАРИС позволяет:

- автоматически производить обкатку дизель-генераторной установки;
- работать как с пульта комплекса, так и из кабины управления тепловозом с дублированием информации на выносной видеотерминал;
- выполнять безреостатное диагностирование топливной аппаратуры дизеля;
- производить контроль технического состояния газоздушного тракта с выдачей рекомендаций по устранению неисправностей;
- производить настройку динамических характеристик все режимного регулятора с целью сокращения расхода топлива;
- настраивать мощность ДГУ на наименьший расход топлива в эксплуатации;
- производить расчет вредных атмосферных выбросов.



Рис. 5.9. КИПАРИС

Условия эксплуатации КИПАРИС

Наименование	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	25±10
Относительная влажность, %	30...80
Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	84...106(630...795)
Частота питающей цепи, Гц	50±0,5
Напряжение питающей цепи переменного тока, В	220±20
Температура окружающего воздуха для измерительных модулей, датчиков и информационных кабелей, °С	-40...+40

Технические характеристики КИПАРИС

Наименование	Значение
Потребляемая мощность, ВА	≤350
Общая масса комплекса, кг	≤70
Общая масса модулей УИП, датчиков и кабелей, кг	≤25
Длина кабелей, м	≤25
Габаритные размеры системного блока, мм	480×430×210
Средний срок службы, лет	6

Технические возможности Комплекса позволяют решать три основных типа задач, характерных для любой автоматизированной системы контроля и испытаний (АСКИ):

- управления процессом контроля, испытаний и диагностирования тепловозов;
- сбора, обработки, представления в удобном для восприятия виде и хранения полученной при испытаниях информации;
- постановки диагноза и выдачи рекомендаций на основе полученной информации для устранения выявленных недостатков.

При внедрении комплекса в технологический процесс ремонта локомотивов в депо Елец исходили из посылки, что использование АСКИ при реостатных испытаниях будет оправдано лишь в том случае, если она позволит:

- проводить оценку технического состояния дизель-генераторной установки тепловоза при минимальном демонтаже его оборудования. Вообще проблема контролепригодности тепловоза родилась вместе с первыми его промышленными образцами, и о ней нужно говорить отдельно. Пока же отметим, что авторы КИПАРИСа нашли оптимальное количество датчиков для комплексного диагностирования технического состояния ДГУ;

– не вызывать превышения плановых норм простоя на ремонте и самих реостатных испытаниях. С этой целью пришлось отказаться от специальных испытательных режимов и полностью укладываться в регламент проведения штатных реостатных испытаний, выигрывая на сокращении времени за счет автоматизации режимов контроля;

– устанавливать оптимальные с точки зрения надежности и экономичности режимы работы ДГУ в эксплуатации за счет более рациональной настройки систем и агрегатов тепловоза;

– обслуживать Комплекс, оснащенный современной персональной ЭВМ, персоналом, не обладающим высокой квалификацией, как в части обращения с компьютером, так и в технологии контроля и настройки тепловоза при реостатных испытаниях. Обучающая программа КИПАРИСа в интерактивном режиме позволяет при отсутствии локомотива проводить виртуальные реостатные испытания, постоянно тренируясь при работе с компьютером, повышать производственную квалификацию; выполнять проверки и регулировки во время испытаний, используя интеллектуальные «подсказки» программы-эксперта.

Современный КИПАРИС-5 позволяет:

– автоматизировать управление нагрузочным реостатом и дизель-генераторной установкой тепловоза с непрерывным отслеживанием позиции контроллера машиниста, тока нагрузки, напряжения и мощности тягового генератора на соответствие полю допуска по частоте вращения коленвала дизеля при установленной позиции контроллера машиниста с учетом атмосферных параметров;

– осуществлять текущий контроль температур воды и масла, охлаждающих дизель, давления масла и топлива;

– контролировать параметры автоматической системы регулирования мощности тягового генератора;

– ток возбуждения тягового генератора;

– ток намагничивающей обмотки возбуждения возбуждителя;

– ток размагничивающей обмотки возбуждения возбуждителя;

– ток регулировочной обмотки амплитата возбуждения;

– ток задающей обмотки амплитата возбуждения;

– ток управляющей обмотки амплитата возбуждения;

– напряжение вспомогательного генератора;

– напряжение синхронного подвозбудителя;

– сигналы о срабатывании реле переходов.

Для проверки работы дизель-генераторной установки выполнять:

– контроль и настройку частоты вращения коленвала дизеля;

– контроль распределения нагрузки по цилиндрам.

Для диагностирования работы топливной аппаратуры дизеля (по ходу иглы форсунки; по изменению давления в топливоподводящей трубке проводится на режимах холостого хода ДГУ или под нагрузкой):

– определять угла опережения впрыска топлива по ТНВД;

– определять ход иглы форсунки;

– определять параметры впрыска топлива (темп подачи топлива, длительность впрыска, наличие подвпрысков).

Для диагностирования узлов и агрегатов газоздушного тракта дизеля контролировать температуру и давление воздуха (газов) по основным сечениям:

- после фильтра непрерывного действия;
- после компрессора;
- после нагнетателя второй ступени;
- после воздухоохладителя;
- перед турбиной.

Для диагностирования рабочего процесса в цилиндре дизеля:

- определять закоксованность выпускных окон;
- анализировать характеристику протекания рабочего процесса по индикаторной диаграмме.

Программное и аппаратное обеспечение КИПАРИСа позволяет оптимизировать настройку ДГУ тепловоза на наибольшую экономичность в эксплуатации путем:

- контроля и настройка изодромного механизма РЧО;
- контроля и настройка работы механизма объединенного регулирования мощности (ИД);
- проверки эффективности выполненных при испытаниях регулировок по изменению условного удельного расхода топлива.

Благодаря возможности контролировать все параметры испытателем, находящимся в тепловозе, например в дизельном помещении при работе дизеля на номинальной мощности по беспроводной связи, позволяет ускорить проведение диагностики.

Автоматический контроль вредных атмосферных выбросов без привлечения оборудования поста экологического контроля – это мощный математический аппарат, позволяющий на основе контроля текущих параметров дизель-генераторной установки тепловоза расчетным путем определять до 40 составляющих вредных атмосферных выбросов. Официальное признание разработки позволило бы сэкономить десятки и сотни тысяч рублей, расходовемых ежегодно на содержание постов экологического контроля:

- информации, полученной от посторонних источников;
- информации, полученной из архива испытаний;
- информации, которую имеет возможность вносить сам диагност на основе опыта, приобретенного при работе с объектом испытаний, то есть тепловозом, работе с нормативно-справочной документацией, знакомстве с технической литературой.

Рекомендации по обустройству помещения для установки комплекса производственных автоматизированных реостатных испытаний КИПАРИС-5:

- площадь производственного помещения должна быть не менее 6 м²;
- наличие стола для установки компьютера с периферийным оборудованием;

- наличие принтера;
- наличие блока бесперебойного питания и сетевого фильтра;
- наличие евророзеток (с заземляющим выводом) не менее 2 шт. в районе установки КИПАРИСа;
- расстояние от силовых кабелей реостата до компьютера КИПАРИСа должно быть не менее 3,0 метров.

Обязательное требование – шунт реостата должен быть в минусовой цепи.

Библиографический список

- 1 **Бервинов, В.И.** Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов : учеб. пособие для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / В.И. Бервинов, Е.Ю. Доронин, И.П. Зенин; под ред. В.И. Бервинова. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 332 с.
- 2 **Векслер, М.С.** Системы диагностики подвижного состава : тексты лекций. Ч. 1 / М.С. Векслер. – Челябинск : ЧИПС, 2005. – 116 с.
- 3 **Биргер, И.А.** Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с.
- 4 **Генкин, М.Д.** Вибродиагностика машин и механизмов / М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
- 5 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – М. : Трансинфо ЛТД, 2011. – 255 с.
- 6 **ГОСТ 20759-90.** Дизели тепловозов. Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла.
- 7 **ГОСТ 20911-89.** Техническая диагностика. Термины и определения.
- 8 **ГОСТ Р 52120-2003.** Техническая диагностика. Локомотивы магистральные.
- 9 **Бервинов, В.И.** Техническая диагностика локомотивов : учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.И. Бервинов. – М. : Маршрут, 1998. – 67 с.
- 10 **Четвергов, В.А.** Надежность локомотивов : учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков. – М. : Маршрут, 2003. – 415 с.
- 11 **Скепский, В.П.** Диагностика тепловозов : учеб. пособие / В.П. Скепский, А.Д. Пузанков, И.П. Аникиев. – М. : МИИТ, 1993. – 108 с.

6 ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

6.1 Общие обязанности работников железнодорожного транспорта

Работникам локомотивной специальности, связанным с движением поездов, необходимо знать следующее:

1 Основными обязанностями работников ж.-д. транспорта являются удовлетворение потребности в перевозках пассажиров и грузов при безусловном обеспечении безопасности движения и сохранности перевозимых грузов, эффективное использование технических средств, соблюдение требований охраны окружающей природной среды.

2 Каждый работник, связанный с движением поездов, несет по кругу своих обязанностей личную ответственность за выполнение ПТЭ и безопасность движения.

3 Каждый работник железнодорожного транспорта обязан принимать меры по предотвращению случаев, угрожающих жизни людей или безопасности движения.

4 Запрещается допускать к подвижным единицам, аппаратам, механизмам и устройствам, связанным с обеспечением безопасности движения поездов, и управления ими лиц, не имеющих права доступа к ним.

5 Лица, поступающие на железнодорожный транспорт на должности, связанные с движением поездов, сдают экзамены, проходят медицинское освидетельствование, а моложе 18 лет не допускаются к занятию должностей, непосредственно связанных с движением поездов.

6 Работники железнодорожного транспорта должны зорко охранять имущество железных дорог и перевозимые грузы.

7 Лица в нетрезвом состоянии к работе не допускаются и привлекаются к строгой ответственности.

6.2 Сооружения и устройства

6.2.1 Общие положения. Габарит

1 Сооружения и устройства железных дорог должны содержаться в исправном состоянии и соответствовать требованиям, обеспечивающим пропуск поездов с наибольшими установленными скоростями, км/ч: пассажирских – 140; рефрижераторных – 120; грузовых – 90.

2 Сооружения и устройства железных дорог должны удовлетворять требованиям габарита приближения строений С и Сп.

3 Расстояние между осями путей должно быть не менее, мм:

- на перегонах двухпутных линий на прямых участках	4100
- то же между осями второго и третьего пути на 3- и 4-путных линиях	5000
- на основных путях станции, не менее	4800
- на второстепенных путях и путях грузовых дорог	4500
- при расположении главных путей крайними	4100

- между путями, предназначенными для непосредственной перегрузки грузов из вагона в вагон 3600

4 Погруженный на открытом подвижном составе груз (с учетом упаковки и крепления) должен размещаться в пределах, установленных МПС габаритов погрузки.

Расстояние между выгруженным грузом и наружной гранью головки рельса, м:

- при высоте до 1200 мм, не ближе 2

- при высоте более 1200 мм, не ближе 2,5

6.2.2 Путьевое хозяйство

1 Все элементы железнодорожного пути по прочности, устойчивости и состоянию должны обеспечивать безопасное и плавное движение поездов с наибольшими скоростями, установленными для данного участка.

2 Железнодорожный путь должен соответствовать утвержденному плану и профилю линии.

3 Величина уклонов, на которых могут размещаться отдельные пункты:

- в обычных условиях, не более 1,5

- в трудных условиях, не более 2,5

- в особо трудных условиях, круче 2,5

Радиус кривых, на которых могут размещаться отдельные пункты и парки, м:

- в обычных условиях прямые участки

- в трудных условиях, не менее 1500

- в особо трудных топографических условиях, не менее 600

- в горных условиях, не менее 500

4 Ширина колеи между внутренними гранями головки рельсов – 1520 мм.

5 Верх головок рельсов обеих нитей пути на прямых участках должен быть в одном уровне.

Допустимое возвышение одной рельсовой нити над другой, мм:

- на прямых участках пути, не более 6

- на кривых участках пути (устанавливается в зависимости от радиуса кривой и скорости движения), не более 150

6 Рельсы и стрелочные переводы на главных и станционных путях по мощности и состоянию должны соответствовать условиям эксплуатации (грузонапряженности, осевым нагрузкам и скоростям движения поездов).

7 Марки крестовин стрелочных переводов, не круче:

а) на главных и приемоотправочных и пассажирских путях 1/11

- перекрестные и одиночные, являющиеся продолжением перекрестных 1/9

- если замену переводов на марку 1/11 осуществить в данное время невозможно 1/9

б) на приемоотправочных путях грузового движения..... 1/9

- симметричные 1/6

в) на прочих путях 1/8

- симметричные.....1/4,5

8 Запрещается эксплуатировать стрелочные и глухие пересечения, у которых имеется:

- разъединение стрелочных острияков и подвижных сердечников крестовин с тягами;

- выкрашивание острияка или подвижного сердечника, при котором создается опасность набегания гребня;

- расстояние между рабочей гранью сердечника крестовины и рабочей гранью головки контррельса менее 1472 мм;

- расстояние между рабочими гранями головки контррельса и усовика более 1435 мм;

- излом острияка или рамного рельса;

- излом крестовины (сердечника, усовика или контррельса);

- разрыв контррельсового болта в одноболтовом или обоих в двухболтовом вкладыше.

9 Нецентрализованные стрелки должны быть оборудованы стрелочными указателями.

10 Переезды всех четырех категорий должны иметь электрическое освещение.

11 Переезды должны иметь типовой настил, подъезды, огражденные столбиками или перилами, предупредительные знаки, сигнальные знаки С.

12 Дежурный по переезду должен обеспечивать безопасное движение поездов и транспортных средств, а при обнаружении опасности для движения принять меры к остановке поезда.

13 Расстояние сигнальных знаков, мм:

- от оси крайнего пути, не менее 3100

- то же в выемках (кроме скальных) и на выходе из них,

не менее 5700

- то же между осями путей, посередине которых устанавливаются предельные столбики..... 4100

- то же на существующих станционных путях, по которым не обращается подвижной состав, построенный по габариту Т 3810

- то же на перегрузочных путях с суженным междупутьем..... 3600

6.2.3 Локомотивное и вагонное хозяйство, восстановительные средства

1 Размещение и техническое оснащение локомотивных и вагонных депо, экипировочных и других устройств и сооружений должны обеспечивать установленные размеры движения поездов, эффективное использова-

ние локомотивов и вагонов, высокое качество технического обслуживания и ремонта, высокую производительность и безопасные условия труда, рациональное использование материальных ресурсов.

2 В пунктах, установленных начальником дороги, должны быть в готовности: восстановительные и пожарные поезда с командами, автомотрисы, дрезины и автомашины для восстановления пути и устройств электроснабжения, вагоны и автомашины ремонтно-восстановительных летучек связи, аварийно-полевые команды.

6.2.4 Станционное хозяйство

1 Сортировочные горки должны быть оборудованы светофорной сигнализацией, радиосвязью и устройствами двусторонней парковой связи для переговоров и передачи машинистам горочных локомотивов, составительским бригадам и другим работникам необходимых указаний.

2 Все сортировочные, пассажирские и грузовые станции с большим объемом работы должны быть оборудованы диспетчерской внутростанционной связью, маневровой и другими видами станционной радиосвязи и устройствами двухсторонней парковой связи, а крупные станции – автоматизированными системами управления, средствами связи с информационно-вычислительной сетью дороги.

3 Освещенность всех сооружений, устройств и мест производства работ должна быть такой, чтобы обеспечить безопасность движения поездов, маневровых передвижений, пассажиров, бесперебойную и безопасную работу обслуживающего персонала и охрану грузов. Наружное освещение не должно влиять на отчетливую видимость сигнальных огней.

6.2.5 Сигнализация, связь и вычислительная техника

1 Сигнал является приказом и подлежит безусловному выполнению. Работники железнодорожного транспорта должны использовать все возможные средства для выполнения требования сигнала.

Проезд закрытого светофора запрещается.

Погасшие сигнальные огни светофоров (кроме предупредительных на участках, не оборудованных автоматической блокировкой, заградительных и повторительных), непонятное их показание, а также непонятная подача сигналов другими сигнальными приборами требуют остановки.

2 В сигнализации, связанной с движением поездов, применяются следующие основные сигнальные цвета:

- зеленый, разрешающий движение с установленной скоростью;
- желтый, разрешающий движение и требующий уменьшения скорости;
- красный, требующий остановки.

В сигнализации при маневровой работе применяются, кроме того, следующие цвета:

- лунно-белый – разрешающий маневры;
- синий – запрещающий маневры.

Запрещается установка декоративных полотнищ, плакатов и огней красного, желтого и зеленого цветов, мешающих восприятию сигналов и искажающих сигнальные показания.

3 В качестве постоянных сигналов применяются светофоры.

4 Сигнальные огни светофоров должны быть круглосуточно отчетливо различимы из кабины управления локомотива приближающегося поезда на расстоянии, м:

- на прямых участках пути, не менее 1000
- на кривых участках пути, не менее 400
- в сильно пересеченной местности 200
- то же выходных и маршрутных светофоров главных путей, не менее 400
- боковых путей, а также пригласительных сигналов и маневровых светофоров, не менее 200

5 Перед всеми входными и проходными светофорами и светофорами прикрытия устанавливаются предупредительные светофоры. На участках, оборудованных автоблокировкой, каждый проходной светофор является предупредительным по отношению к следующему.

На линиях, оборудованных автоблокировкой с 3-значной сигнализацией, расстояние между смежными светофорами должно быть не менее 1000 м.

При обращении на этих линиях пассажирских поездов со скоростью более 120 км/ч или грузовых более 80 км/ч движение их с установленной максимальной скоростью разрешается при зеленом огне локомотивного светофора, если обеспечивается остановка поезда перед путевым светофором с запрещающим показанием при применении служебного торможения после смены зеленого огня локомотивного светофора на желтый.

6 Светофоры устанавливаются с правой стороны по направлению движения или над осью ограждаемого участка. Заградительные и предупредительные к ним могут быть и с левой стороны.

7 На линиях с путевой блокировкой применяются светофоры, как правило, с нормально горящими сигнальными огнями, а с загорающимися при приближении поезда допускаются только на проходных светофорах.

При повреждении светофоры должны принимать запрещающие показания.

8 На участках с автоблокировкой нормальное показание проходных светофоров разрешающее, а входных, маршрутных и выходных – запрещающее.

9 Расстояние от входных светофоров до первого входного стрелочного перевода не ближе 50 м, считая от острья противошерстного или предельного столбика пошерстного стрелочного перевода. То же, ранее установленных светофоров, не ближе 15 м.

10 Выходные светофоры должны устанавливаться для каждого отправочного пути впереди места, предназначенного для стоянки отправляющегося поезда. Допускается установка групповых и маршрутных указателей и повторительных головок.

11 Проходные светофоры автоблокировки устанавливаются на границах между блок-участками, при полуавтоматической – между межпостовыми перегонами.

12 Стрелки на станциях, входящие в маршруты приема и отправления поезда, должны иметь взаимозависимость с входными, выходными и маршрутными светофорами.

При наличии стрелок ответвлений от главного пути на перегонах открытие ближайшего проходного или выходного светофора или изъятие жезла должно быть возможно только при нормальном положении стрелки по главному пути.

13 Пересечения в одном уровне и сплетения путей, а также разводные мосты ограждаются светофорами прикрытия, установленными с обеих сторон не ближе 50 м, соответственно от предельных столбиков или начала моста.

14 При безостановочном пропуске поездов по станции на входных и маршрутных светофорах применяется сигнализация безостановочного пропуска поездов.

15 При автоматической и полуавтоматической блокировке:

- не допускается открытие выходного или проходного светофора до освобождения ограждаемого ими блок-участка (межстанционного или межпостового перегона);

- после открытия выходного светофора (на однопутном участке) должна быть исключена возможность открытия соседней станцией выходных и проходных светофоров для отправления поездов на этот же перегон в противоположном направлении;

- все светофоры должны автоматически закрываться при входе поезда на ограждаемые ими блок-участки, а также в случае нарушения целостности рельсовых цепей этих участков;

- на станции должны быть ключи-жезлы для хозяйственных поездов и подталкивающих локомотивов, а на станциях, где производится значительная маневровая работа с выходом маневрирующего состава за границу станции, устройства автоматической блокировки при необходимости дополняются связанными с ними маневровыми светофорами;

- не допускается открытие входного светофора при маршруте, установленном на занятый путь, и обеспечивается на аппарате управления контроль занятости путей и стрелок;

- допускается (при полуавтоматической блокировке) повторное открытие закрывшегося выходного светофора, если поезд фактически его не проследовал;

- автоблокировка должна дополняться локомотивной сигнализацией и устройствами диспетчерского контроля.

- 16 Устройства электрической централизации должны обеспечивать:
- взаимное замыкание стрелок и светофоров;
 - контроль взреза стрелки с одновременным закрытием светофора, ограждающего данный маршрут;
 - контроль положения стрелок и занятости путей и стрелочных секций на аппарате управления;
 - возможность маршрутного или отдельного управления стрелками и сигналами, а также производства маневровых передвижений по показаниям маневровых светофоров;
 - передачу стрелок на местное управление.

Устройства электрической централизации стрелок и сигналов не должны допускать: открытия входного светофора при маршруте, установленном на занятый путь; перевода стрелки под подвижным составом; открытия светофоров, соответствующих данному маршруту, если стрелки не поставлены в надлежащее положение, а светофоры враждебных маршрутов не закрыты; перевода входящей в маршрут стрелки или открытия светофора враждебного маршрута при открытом светофоре, ограждающем установленный маршрут.

Приводы и замыкатели централизованных стрелок должны обеспечивать надежную их работу.

17 На всех участках железных дорог должна быть соответствующая связь.

Радиосвязь (УКВ и КВ диапазона) должна обеспечивать непрерывную надежную двухстороннюю связь машинистов поездных локомотивов: с поездным диспетчером – в пределах диспетчерского участка, с ДСП – в пределах смежных перегонов с машинистами других локомотивов, находящимися на одном перегоне, и с другими работниками с локомотивов, оборудованных радиостанциями УКВ и КВ.

18 Техническое обслуживание устройств СЦБ и связи осуществляется в соответствии с требованиями ПТЭ.

6.2.6 Электроснабжение железных дорог

1 Устройства электроснабжения должны обеспечивать надежное электроснабжение:

- ЭПС для движения поездов с установленными весовыми нормами, скоростями и интервалами между ними при требуемых размерах движения;
- устройств СЦБ, связи и вычислительной техники как электроприемников I категории;
- всех остальных потребителей железнодорожного транспорта.

2 Уровень напряжения на токоприемники электроподвижного состава:

- при переменном токе – не менее 21 и не более 29 кВ;
- при постоянном токе – не менее 2,7 и не более 4 кВ.

На отдельных участках с разрешения МПС:

- при переменном токе – не менее 19 кВ;
- при постоянном токе – не менее 2,4 кВ.

Номинальное напряжение переменного тока на устройствах СЦБ – 115, 230 или 380 В, отклонения –10 %, +5 %.

Устройства электроснабжения защищаются от токов короткого замыкания, перенапряжений и перегрузок сверх установленных норм. Все металлические подземные и наземные сооружения, находящиеся в районе линий, электрифицированных на постоянном токе, – от электрической коррозии.

3 Высота подвески контактного провода над уровнем верха головки рельса, мм:

- на перегонах и станциях, не ниже..... 5750
- на переездах, не ниже..... 6000
- в исключительных случаях: при переменном токе 5675
- при постоянном токе..... 5550

Максимальная высота подвески контактного провода..... 6800

4 Расстояние от токонесущих элементов токоприемника и частей контактной сети, находящихся под напряжением, до заземленных частей сооружений и подвижного состава, мм:

- при переменном токе, не менее..... 350
- при постоянном токе, не менее 200

В особых случаях допускается уменьшение указанных расстояний.

5 Расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края опор контактной сети:

- на перегонах и станциях, мм, не менее 3100
- то же в особо сильно снегозаносимых выемках (кроме скальных) и на выходах из них (на длине 100 м) 5700

То же на существующих электрифицированных линиях, а также в особо трудных условиях на вновь электрифицируемых линиях:

- на станциях, не менее..... 2450
- на перегонах, не менее 2750

На кривых участках эти расстояния увеличиваются в соответствии с габаритным уширением, установленным для опор контактной сети. Опоры в выемках должны устанавливаться вне пределов кюветов.

6 Все металлические сооружения, на которых крепятся элементы контактной сети и отдельно стоящие металлические конструкции, расположенные на расстоянии не менее 5 м от частей контактной сети, находящихся под напряжением, заземляются или оборудуются устройствами защитного отключения при попадании на них высокого напряжения.

7 Контактная сеть разделяется на участки воздушными промежутками. Опоры контактной сети или щиты, установленные на границах этих промежутков, должны иметь отличительную окраску. Остановка электроподвижного состава с поднятым токоприемником между этими опорами запрещается.

8 Схема питания и секционирования контактной сети утверждается начальником дороги и выкопировки включаются в техническо-распорядительный акт станции.

9 Переключение разъединителей контактной сети электродепо, экипировочных устройств и путей, где осматривается крышное оборудование электроподвижного состава, производится работниками локомотивного депо. Переключение остальных разъединителей производится только по приказу энергодиспетчера.

10 Расстояние от нижней точки проводов воздушных линий электропередачи напряжением свыше 1000 В до земли при максимальной стреле провеса должно быть не менее:

- на перегонах 6 м
- в том числе в труднодоступных местах 5 м
- на пересечениях с автомобильными дорогами, станциях и в населенных пунктах 7 м.

6.2.7 Осмотр сооружений и устройств и их ремонт

1 Ремонт сооружений и устройств производится при обеспечении безопасности движения поездов и техники безопасности, как правило, без нарушения движения поездов. При большом объеме работ графиком движения поездов предусматриваются «окна» (1–2 часа).

При производстве работ с перерывом в движении поездов у руководителя должна быть постоянная связь (телефонная или по радио) с поездным диспетчером.

При работе в темное время суток место их производства обязательно должно быть освещено.

2 ТО и ремонт устройств механизации и автоматизации сортировочных горок, путей и других сооружений и устройств на горках должны производиться в установленные «окна» продолжительностью 0,7–1,5 ч.

3 Всякое препятствие для движения (место, требующее остановки) на перегоне и станции, а также место производства работ, требующее остановки или уменьшения скорости, должно быть ограждено сигналами с обеих сторон, независимо от того, ожидается поезд (маневровый состав) или нет.

Запрещается приступать к работам до ограждения места препятствия или производства работ сигналами и снимать их до устранения препятствия, полного окончания работ и их проверки.

4 Для установки и охраны переносных сигналов выделяются сигналисты из числа работников бригады, сдавших соответствующие экзамены.

При производстве работ на пути развернутым фронтом, на кривых участках малого радиуса, в выемках и других местах с плохой видимостью должна быть связь (телефонная или по радио) руководителя работ с сигнальщиками.

6.3 Подвижной состав

6.3.1 Общие требования

1 Подвижной состав должен содержаться в исправном состоянии, обеспечивающем его бесперебойную работу, безопасность движения и технику безопасности.

Предупреждение появления каких-либо неисправностей и обеспечение установленных сроков службы подвижного состава является главным в работе лиц, ответственных за его техническое обслуживание и ремонт.

2 Подвижной состав должен удовлетворять требованиям габарита подвижного состава, установленного Государственным стандартом.

3 Локомотивы и моторвагонный подвижной состав должны быть оборудованы:

- радиостанциями и скоростемерами;
- АЛС на участках с автоблокировкой;
- устройствами, сигнализирующими о разрыве тормозной магистрали (поездные локомотивы);
- устройствами автоматической остановки в случае потери машинистом способности к ведению поезда.

Маневровые локомотивы должны быть оборудованы устройствами для отцепки их от вагонов из кабины машиниста, а локомотивы, обслуживаемые одним машинистом, – вторым пультом.

4 Локомотивы и вагоны, принадлежащие другим ведомствам и выходящие на пути общей сети железных дорог, должны соответствовать требованиям ПТЭ. Порядок их обращения на путях общей сети железных дорог и выхода локомотивов на станцию примыкания устанавливается начальником отделения дороги.

6.3.2 Колесные пары

1 Каждая колесная пара должна удовлетворять требованиям Инструкции по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар и иметь установленные знаки и клейма.

2 Расстояния между внутренними гранями колес у ненагруженной колесной пары должно быть, мм.....1440

с учетом отклонений при скоростях движения до

120 км/ч.....1440±3

то же при скоростях движения свыше

120 до 140 км/ч.....1440±³₁

3 Запрещается выпускать в эксплуатацию подвижной состав с трещиной в любой части оси колесной пары или трещиной в ободу, диске и ступице, а также при следующих износах и повреждениях колесных пар:

Прокат по кругу катания, мм, более:

- у локомотивов, моторвагонного ПС и пассажирских вагонов

при скоростях движения свыше 120 до 140 км/ч5

- то же при скоростях движения до 120 км/ч	7
- то же у моторвагонного ПС и пассажирских вагонов в поездах местного и пригородного сообщения.....	8
- у вагонов рефрижераторного парка и грузовых вагонов	9
Толщина гребня у локомотивов и подвижного состава, мм:	
- при скоростях движения свыше 120 до 140 км/ч.....	более 33
	или менее 28
- при скоростях движения до 120 км/ч	33 и 25
Ползун (выбоина) на поверхности катания, мм:	
- у локомотивов, моторвагонного ПС, тендеров и вагонов с роликовыми буксовыми подшипниками, более	1
- то же у тендеров и вагонов с подшипниками скольжения, более.....	2
Разрешается провести без отцепки от поезда до ближайшего ПТО: вагон, кроме моторного, или тендер с роликовыми подшипниками при ползуне (выбоине) более 1, но не более 2 мм при скоростях движения, км/ч:	
- пассажирского поезда, не более.....	100
- грузового поезда, не более.....	70
то же вагонов, кроме моторного, при ползуне:	
- от 2 до 6 мм	15
- свыше 6 до 12 мм.....	10
- более 12 мм.....	10
- то же локомотивов и моторных вагонов от 1 до 2 мм.....	15
- свыше 2 до 4 мм.....	10
- более 4 мм.....	10
При включении грузовых вагонов в пассажирские поезда нормы со- держания колесных пар должны удовлетворять нормам, установленным для пассажирских поездов.	

6.3.3 Тормозное оборудование и автосцепное устройство

1 Автотормоза должны содержаться по установленным нормам, обладать управляемостью и надежностью действий в различных условиях в соответствии с требованиями ПТЭ и соответствующих инструкций.

2 Высота оси автосцепки над уровнем верха головок рельсов должна быть:

- у локомотивов, пассажирских и грузовых порожних вагонов, не более.....	1080 мм
- у локомотивов и пассажирских вагонов с людьми не менее	980 мм
- у грузовых вагонов (груженых), не менее.....	950 мм
Разница по высоте между продольными осями автосцепок допуска- ется не более:	
- в грузовом поезде	100 мм
- между локомотивом и первым груженым вагоном грузового поезда	110 мм

- в пассажирском поезде, следующем со скоростью до 120 км/ч	70 мм
- то же со скоростью 121–140 км/ч.....	50 мм
- между локомотивом и первым вагоном пассажирского поезда.....	100 мм

Автосцепка пассажирских вагонов должна иметь ограничители вертикальных перемещений.

3 Ответственным за техническое состояние автосцепных устройств и правильное сцепление вагонов в составе поезда является осмотрщик вагонов, на станциях, где их нет, при маневровой работе – руководитель маневров.

За правильность сцепления локомотива с первым вагоном поезда ответственным является машинист локомотива. Отцепка поездного локомотива от состава и прицепка к составу (в том числе разъединение, соединение и подвешивание тормозных рукавов, открытие и закрытие концевых кранов) производятся локомотивной бригадой.

Отцепка локомотива от пассажирского поезда, оборудованного электрическим отоплением, производится также локомотивной бригадой, но только после разъединения поездным электромехаником высоковольтных межвагонных электрических соединений.

6.3.4 Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава

1 Запрещается выпускать в эксплуатацию и допускать к следованию в поездах подвижной состав, имеющий неисправности, угрожающие безопасности движения, и ставить в поезда грузовые вагоны, состояние которых не обеспечивает сохранности перевозимых грузов.

Ответственность за качество выполнения ТР и ТО и безопасность ПС несут работники, непосредственно осуществляющие ТО и ТР.

2 Техническое состояние локомотивов и моторвагонного ПС проверяется при ТО локомотивными бригадами, бригадами пунктов ТО-2, а также комплексными и специализированными бригадами (перечень проверяемых узлов при ТО и неисправностей, при которых запрещается выпуск локомотивов и моторвагонного ПС, представлен в ПТЭ).

3 Локомотивы и МВПС два раза в год (весной и осенью) осматриваются комиссионно.

Устройства автостопов, АЛСН и поездной радиосвязи периодически осматриваются на контрольном пункте.

Манометры, предохранительные клапаны и аппараты, регистрирующие расход топлива и энергии на локомотивах, должны быть запломбированы, а контрольные пробки на котлах паровозов – иметь клейма.

Устройства электрозащиты, средства пожаротушения, сигнализации, автоматики, манометров, сосудов, работающих под давлением, подвергаются освидетельствованию в установленные сроки.

4 ТО и ремонт вагонов производятся в пунктах подготовки вагонов к перевозкам, ПТО, вагонных депо и на заводах. Запрещается подача вагонов под погрузку грузов и посадку людей без предъявления их к техническому обслуживанию и записи в специальном журнале о признании их годными.

5 На станциях формирования, расформирования и в пути следования – на станциях, предусмотренных графиком движения поездов, – каждый вагон должен пройти ТО и при необходимости отремонтирован.

6 Ответственность за безопасность движения и проследования вагонов без отцепки от поезда в пределах гарантийного участка несут работники указанных выше пунктов.

6.4 Организация движения поездов

6.4.1 График движения поездов

1 Основой организации движения поездов является график движения, который объединяет деятельность всех подразделений и выражает план эксплуатационной работы железных дорог.

График движения поездов – непреложный закон для работников железнодорожного транспорта, выполнение которого является одним из важнейших качественных показателей работы железных дорог.

2 График движения поездов должен обеспечивать:

- удовлетворение потребностей в перевозках пассажиров и грузов;
- безопасность движения поездов;
- рациональное использование подвижного состава;
- соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад;
- возможность производства работ по текущему содержанию и ремонту пути, сооружений, устройств СЦБ, связи и электроснабжения.

3 Назначение и отмена поездов в зависимости от вида поезда, а также дальности его следования производится заместителем министра, начальником дороги, отделения или поездным диспетчером.

4 Каждому поезду присваивается номер, установленный графиком движения, – четный и нечетный.

Поезда делятся по старшинству на:

- а) внеочередные;
- б) очередные – в порядке приоритетности;
- в) назначаемые по особым требованиям.

Движение поездов производится по московскому поясному времени в 24-часовом исчислении. Показание времени на часах должно быть одинаковым на всей сети железных дорог.

6.4.2 Раздельные пункты

1 Движение поездов производится с разграничением их раздельными пунктами, которыми являются: станции, разъезды, обгонные пункты и путевые посты, проходные светофоры автоблокировки и границы блок-участков.

2 Границами станции являются:

на однопутных участках – входные светофоры;

на двухпутных – по каждому в отдельности главному пути с одной стороны – входной светофор, а с другой – сигнальный знак «Граница станции» на расстоянии не менее 50 м за последним выходным стрелочным переводом.

3 Каждый отдельный пункт, вспомогательный пост и пассажирский остановочный пункт должен иметь наименование или номер.

4 Железнодорожные пути делятся на главные на перегонах, станционные (в том числе главные на станции) и специального назначения.

5 Каждый путь на станции и перегонах, стрелочный перевод, станционный пост централизации и стрелочный пост должны иметь свой номер. Устанавливать одинаковые номера путям, постам и устройствам на станции и в пределах одного парка запрещается.

6.4.3 Организация технической работы станции

6.4.3.1 Общие положения. Эксплуатация стрелочных переводов

1 Порядок использования технических средств станции устанавливается технико-распорядительным актом (ТРА), регламентирующим безопасный и беспрепятственный прием, отправление и проследование поездов по станции, безопасность внутрисканционной маневровой работы и соблюдение техники безопасности.

2 Выписки из ТРА, необходимые для соответствующих работников, находятся в помещениях их работы.

3 Стрелки, расположенные на главных и приемо-отправочных путях, а также охранные должны находиться в нормальном положении.

4 Каждый пост управления стрелками и сигналами находится в ведении только одного работника, являющегося ответственным за перевод управляемых им стрелок и сигналов и за безопасность движения (дежурный по станции, оператор поста централизации, дежурный стрелочного поста, оператор или дежурный по горке).

Ключи от запертых стрелок хранятся у дежурного по станции или у старшего дежурного стрелочного поста.

5 Перевод стрелок при маневровых передвижениях производится сигналистами или дежурными стрелочного поста, а централизованных стрелок – дежурным по станции или оператором поста централизации.

При местном управлении перевод нецентрализованных стрелок, не обслуживаемых дежурными стрелочного поста, допускается работниками депо, составительских и локомотивных бригад, кондукторами, дежурными по паркам и др.

6 Стрелочные переводы находятся в распоряжении начальника станции, а на путях других служб и организаций – в распоряжении начальников этих железнодорожных организаций, которые должны обеспечить содержание их в надлежащем состоянии.

6.4.3.2 Производство маневров

1 Маневры должны производиться по указанию только одного работника – дежурного по станции, маневрового диспетчера, дежурного по сортировочной горке или парку, поездного диспетчера согласно ТРА станции.

2 Основные средства передачи указаний – радиосвязь, двухсторонняя парковая связь, ручные сигнальные приборы.

3 Машинисту локомотива, производящему маневры, запрещается приводить в движение локомотив без получения указания руководителя маневров лично или указанными выше средствами связи. Кроме того, он должен перед выездом на стрелки централизованных маневровых маршрутов убедиться в наличии разрешающего показания маневрового светофора, а на нецентрализованные стрелки – получить от дежурного стрелочного поста сигнал или сообщение о готовности стрелок для маневровых передвижений.

При отсутствии маневровых светофоров перед выездом на централизованные стрелки должно быть получено сообщение о готовности стрелок для маневровых передвижений от дежурного по станции или переданное через руководителя маневров.

В случаях передачи стрелок с центрального на местное управление выезд на них разрешается по указанию или сигналу работника, на которого возложен перевод этих стрелок.

4 Маневры производятся со скоростью не более:

- 60 км/ч – при следовании по свободным путям одиночных локомотивов и локомотивов с вагонами, прицепленными сзади с включенными и опробованными автотормозами;

- 40 км/ч – при движении локомотива с вагонами, прицепленными сзади, по свободным путям;

- 25 км/ч – при движении вагонами вперед по свободным путям, а также восстановительных и пожарных поездов;

- 15 км/ч – при движении с вагонами, занятыми людьми, а также негабаритными грузами боковой и нижней негабаритности 4, 5 и 6-й степени;

- 3 км/ч – при подходе локомотива (с вагонами или без них) к вагонам.

Скорость передвижения ПС по вагонным весам устанавливается ТРА станции, а роспуск вагонов с горки – начальником дороги.

Скорость подхода отцепа вагонов к другому отцепу в подгорочном парке и при маневрах толчками – не более 5 км/ч.

5 Маневры на главных путях или с пересечением их, а также с выходом за входные стрелки допускаются только с разрешения дежурного по станции при закрытых соответствующих входных сигналах, ограждающих вход на пути и стрелки, на которых производятся маневры.

Выход состава за границу станции допускается:

- а) на однопутных и по неправильному пути на двухпутных участках – только с согласия поездного диспетчера и дежурного соседней станции и при выдаче машинисту разрешения;

б) по правильному пути на двухпутных участках – с согласия поездного диспетчера по устному разрешению дежурного по станции.

При наличии на мачте светофора со стороны станции специального маневрового светофора выход маневрирующего состава за границу станции производится по его сигналу.

6 Маневры, где имеется опасность ухода вагонов (из-за уклона) на перегон, могут производиться с постановкой локомотива со стороны спуска и в необходимых случаях с включением тормозов, а при невозможности постановки локомотива со стороны спуска маневры должны производиться путем осаживания с включенными и опробированными тормозами.

7 Виды ПС, который не разрешается распускать с горки, приведен в ПТЭ. Указанный ПС может быть пропущен через горку только с маневровым локомотивом.

8 Подвижной состав на станционных путях должен устанавливаться в границах, обозначенных предельными столбиками.

9 Особая осторожность требуется с отдельными категориями грузов при производстве маневровой работы и накопления их на путях парка приема.

10 Движением локомотива, производящего маневры, должен руководить только один работник – руководитель маневров (составитель поездов), ответственный за правильное их выполнение.

11 Локомотивная бригада при производстве маневров обязана:

- точно и своевременно выполнять задания на маневровую работу;
- внимательно следить за подаваемыми сигналами, точно и своевременно выполнять сигналы и указания о передвижениях;
- внимательно следить за людьми, находящимися на путях, положением стрелок и расположением подвижного состава;
- обеспечивать безопасность производства маневров и сохранность подвижного состава.

12 Локомотивные бригады, работающие со сборными поездами, а также выделенные для производства маневровой работы кондукторы и составительские бригады должны знать порядок маневровой работы на станции, указанный в ТРА.

6.4.3.3 Формирование поездов

1 Поезда должны формироваться в соответствии с ПТЭ, графиком движения поездов и планом формирования поездов.

Порядок формирования и пропуска длинносоставных, тяжеловесных, соединенных, а также повышенной массы и длины грузовых поездов устанавливается начальником дороги.

Порядок прицепки к пассажирским поездам вагонов сверх нормы и следования длинносоставных пассажирских поездов устанавливается МПС.

2 Перечень случаев и неисправностей вагонов, при которых запрещается ставить их в поезда, приведен в ПТЭ.

3 Допускается прицеплять к пассажирским поездам дальнего и местного сообщений не цельнометаллические вагоны служебно-технического назначения. Перечень вагонов, которые запрещается ставить в пассажирские и почтово-багажные поезда, приведен в ПТЭ.

4 Размещение вагонов в почтово-багажных поездах производится в порядке, установленном для пассажирских поездов, а в грузо-пассажирских – для грузовых поездов.

5 В исключительных случаях на малодеятельных участках, где никакие другие поезда, кроме грузо-пассажирских, не обращаются, может допускаться постанковка в них вагонов с опасными (за исключением разрядных) грузами с разрешения начальника дороги.

6 Формирование грузовых поездов производится без подборки вагонов по количеству осей и весу. МВПС при следовании в ремонт или из ремонта ставится в хвост грузового поезда одной группой.

7 Порядок постанковки и расстановки вагонов с людьми в грузовые поезда, в том числе с опасными и негабаритными грузами, а также в хозяйственных поездах представлен в ПТЭ.

6.4.3.4 Порядок включения тормозов в поезда

1 В зависимости от технического оснащения подвижного состава тормозными средствами МПС устанавливает:

- единое наименьшее нажатие на каждые 100 т веса поездов;
- наибольший руководящий спуск, на котором допускается движение поездов с максимальными скоростями;
- зависимости между скоростью движения, величиной уклона, тормозным нажатием и тормозным путем;
- расчетные нормы нажатия тормозных колодок на оси ПС;
- нормы обеспечения поездов ручными тормозами и другие данные, необходимые для производства тормозных расчетов.

2 Установленные в графике скорости движения поездов по участкам согласовываются и объявляются приказом начальника дороги.

3 В автотормозную сеть в пассажирских поездах должны включаться все вагоны с автотормозами пассажирского, а в грузовых поездах – грузового типа. Пассажирские поезда должны эксплуатироваться только на электропневматическом торможении.

Во всех поездах автотормоза всех локомотивов и тендеров паровозов (кроме тендеров, следующих в нерабочем состоянии) должны включаться в автотормозную сеть.

В грузовом поезде может быть ПС с пролетной магистралью, но не более 8 осей, а в хвосте перед последними двумя вагонами – не более 4 осей. Последние два вагона должны иметь исправно действующие включенные автотормоза.

4 Полное опробование тормозной магистрали и действия тормозов у всех вагонов производится:

- а) на станциях формирования перед отправлением поезда;
- б) после смены локомотива;
- в) если участок обращения локомотивов более 600 км (кроме того, осуществляется такое опробование грузового поезда на одной из станций, где производится смена локомотивных бригад и имеется ПТО вагонов);
- г) перед выдачей моторвагонного поезда из депо или после отстоя его без бригады на станции;
- д) на станциях, предшествующих перегонам с затяжными спусками (18 и круче).

Сокращенное опробование с проверкой состояния тормозной магистрали по действию тормоза у хвостового вагона производится:

- а) после прицепки поездного локомотива к составу, если на станции было произведено полное опробование автотормозов;
- б) после перемены кабины управления моторвагонного поезда и после смены локомотивных бригад, когда локомотив не отцепляется;
- в) после всякого разъединения рукавов в составе поезда, соединения рукавов вследствие прицепки подвижного состава, а также после перекрытия концевого крана в составе;
- г) в пассажирских поездах после стоянки более 20 мин; при падении давления в главных резервуарах ниже $5,5 \text{ кг/см}^2$;
- д) в грузовых поездах, если при стоянке поезда произошло самопроизвольное срабатывание автотормозов или изменение плотности более чем на 20 % от указанной в справке формы ВУ-45;
- е) в грузовых поездах после стоянки более 30 мин.

Кроме того, в пути следования должна проводиться проверка действия автотормозов.

После полного опробования тормозов в поезде машинисту ведущего локомотива вручается справка об обеспеченности поезда тормозами с указанием номера последнего вагона.

Для проверки (с расшифровкой скоростемерных лент) режимов управления тормозами в поездах должны применяться тормозоиспытательные вагоны.

6.4.3.5 Снаряжение и обслуживание поездов

1 Поезда и локомотивы снабжаются:

- пассажирские, воинские и людские – средствами для оказания первой медицинской помощи, противопожарными средствами и другими снаряжениями;
- грузовые с разрядными грузами – противопожарными средствами и противогазами;
- локомотивы – двумя УКВ радиостанциями, средствами пожаротушения и подъемки ПС на путь, необходимыми сигнальными приборами,

инструментами и другим инвентарем, а также четырьмя тормозными башмаками.

2 Поезд обслуживается локомотивной бригадой, а пассажирский, кроме того, проводниками и другими работниками. Для выполнения маневровой работы на промежуточных станциях и работы на перегонах назначаются кондукторы (составители поездов), руководители работ.

Для отдыха локомотивных бригад и кондукторов в пунктах оборота должны быть специальные помещения.

6.4.3.6 Постановка локомотивов в поезда

1 Действующие электровозы и тепловозы ставятся в голове поезда и управляются машинистом из передней кабины. Тепловозы с одной кабиной и паровозы ставятся в голове поезда для движения передним ходом.

В поездах с несколькими локомотивами по всему участку обращения в голове поезда ставится локомотив с более мощными компрессорами (паровоздушными насосами).

При маневровых передвижениях управление локомотивом допускается из любой кабины.

Порядок перемещения локомотивов с двумя кабинами при следовании из депо к составу и от состава в депо устанавливается начальником дороги.

Локомотивы, занятые на поездной работе, должны эксплуатироваться в пределах участков обращения.

2 Движение задним ходом локомотивов, имеющих одну кабину управления, допускается только в случаях, указанных в ПТЭ.

3 Недействующие локомотивы могут ставиться вслед за ведущим локомотивом при следовании по двум и более дорогам.

6.4.4 Движение поездов

6.4.4.1 Общие требования

1 Движением поезда на участке руководит только один работник – поездной диспетчер, отвечающий за выполнение графика движения поездов по обслуживаемому им участку. Его приказы подлежат безоговорочному выполнению. Давать оперативные указания помимо него запрещается.

2 В распоряжении только одного работника находятся:

станция – дежурного по станции;

участки, оборудованные диспетчерской централизацией, – поездного диспетчера;

пост – дежурного по посту;

поезд – машиниста ведущего локомотива (моторвагонного поезда).

Разграничение районов управления и определение круга обязанностей на крупных станциях указывается в ТРА станции.

3 Порядок использования путей для отправления и приема поездов указывается в ТРА станции.

4 Наличие и готовность свободных путей для своевременного приема поездов являются обязательным. За задержку поезда у закрытого входного сигнала дежурный по станции несет строгую ответственность. Запрещается занимать отдельными вагонами приемо-отправочные пути, а также улавливающие и предохранительные тупики.

5 Начальник станции обязан контролировать работу всех подчиненных по смене работников и должен так организовать работу, чтобы при безусловном обеспечении безопасности движения не допускать задержки поездов.

6.4.4.2 Прием поездов

1 Прием поездов производится на свободные пути и только при открытом входном сигнале.

На отдельных станциях допускается установка на одном пути двух моторвагонных поездов, но одновременный их прием с противоположных направлений запрещается.

Порядок приема на станцию подталкивающих локомотивов и локомотивов, следующих в депо или из депо под составы, устанавливается начальником отделения дороги, а специальных (восстановительных, пожарных, хозяйственных и др.) – порядком, установленным ИДП.

2 Входной светофор должен открываться дежурным по станции, оператором поста централизации или поездным диспетчером, а закрываться автоматически после прохода его первой колесной парой прибывающего поезда, а на станциях, не имеющих электрических рельсовых цепей, - дежурным по станции, оператором поста или дежурным стрелочного поста после прохода всем составом прибывающего поезда.

3 Не допускается прием поезда на станцию при запрещающем показании или погасших огнях входного светофора. Прием допускается по пригласительному сигналу или специальному разрешению со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановиться, если встретится препятствие для дальнейшего движения.

4 Дежурный по станции и поездной диспетчер перед приемом поезда обязан:

- убедиться в свободности пути приема поезда;
- прекратить маневры с выходом на путь и маршрут приема поезда;
- приготовить маршрут приема поезда;
- открыть входной сигнал.

5 Одновременный прием на станцию поездов противоположных направлений запрещается в случаях, указанных в ПТЭ.

6 Прибывающий на станцию поезд должен быть установлен между входным сигналом и предельным столбиком пути приема, а где нет выходного сигнала – между предельными столбиками.

7 Дежурный по станции встречает каждый прибывающий поезд, следя за его исправным состоянием, наличием и правильным показанием поездных сигналов. При отсутствии дежурных по станции и других работников прибытие поезда контролируется по показаниям приборов управления, а машинистом поездного локомотива – по показаниям приборов, характеризующих целостность тормозной магистрали.

8 Время фактического прибытия или проследования каждого поезда и его номер записываются в журнале движения поездов, сообщается дежурному по станции, отправившей поезд, поездному диспетчеру и передается в автоматизированную систему управления.

6.4.4.3 Отправление поездов

1 Дежурному по станции запрещается отправлять поезда на однопутных и по неправильному пути двухпутных участках без согласия дежурного по станции, на которую отправляется поезд.

Поезда отправляются:

- на однопутных участках, оборудованных автоблокировкой, – по указанию поездного диспетчера после освобождения первого блок-участка;

- на двухпутных участках по правильному пути – после получения уведомления о прибытии ранее отправленного поезда;

- то же при автоблокировке – после освобождения первого блок-участка;

- на участках с диспетчерской централизацией – только по указанию диспетчера.

2 Дежурный по станции или диспетчер перед отправлением поезда обязан:

- убедиться в свободности перегона (первого блок-участка);
- прекратить маневры с выходом на маршрут отправления поезда;
- приготовить маршрут отправления;
- открыть выходной светофор или вручить машинисту другое разрешение на занятие перегона.

3 Запрещается отправлять поезда на перегон без разрешения дежурного по станции. Разрешением на занятие перегона для машиниста является:

- разрешающее показание светофора;
- письменное разрешение установленной формы;
- приказ дежурного, переданный по радиосвязи или жезл.

Запрещается отправление пассажирских и почтово-багажных поездов раньше времени, установленного расписанием, и проследование безостановочно станции, где предусмотрена остановка для посадки и высадки пассажиров.

4 Запрещается дежурному по станции и поездному диспетчеру открывать выходной светофор или давать другое разрешение на занятие перегона:

- не убедившись в том, что маршрут отправления готов, стрелки заперты, маневры на стрелках маршрута отправления прекращены, ТО и коммерческий осмотр состава закончены;

- не убедившись в наличии поездного сигнала на последнем вагоне.

Выходной светофор открывается дежурным по станции, оператором поста или поездным диспетчером. Закрывается светофор автоматически после прохода его первой колесной парой поезда, а на станциях, не имеющих электрических рельсовых цепей, – дежурным по станции, оператором поста централизации или дежурным стрелочного поста после прохода светофора всем составом отправившегося поезда.

5 Запрещается машинисту при наличии разрешения на занятие перегона с путей при запрещающем показании выходного светофора или не имеющих выходных светофоров приводить в движение поезд без указания дежурного по станции или другими лицами по его указанию.

Перед приведением поезда в движение машинист и его помощник должны проверить, не подаются ли с поезда или работниками станции сигналы остановки.

При остановке моторвагонного поезда на перегоне помощник машиниста обязан выяснить причину и доложить машинисту. В остальных поездах он должен осмотреть поезд, выяснить, в полном ли он составе по номеру последнего вагона и проверить наличие поездного сигнала на этом вагоне.

Движение пассажирского поезда возобновляется после снятия сигналов остановки всеми проводниками вагонов, а остальных поездов по докладу помощника машиниста.

6 Разрешение на занятие перегона при отсутствии выходного сигнала или запрещающем его показании вручается дежурным по станции лично машинисту или другим лицом по его указанию. Машинист обязан убедиться в правильности полученного разрешения на занятие перегона.

7 Одновременное отправление и прием на станцию поезда, следующего в том же направлении, запрещается, если подход к станции со стороны принимаемого поезда расположен на затяжном спуске и при этом его маршрут не изолирован от маршрута отправляемого (предохранительным тупиком или взаимным расположением приемо-отправочных путей).

8 Дежурный по станции или другие работники провожают каждый отправляемый или следующий безостановочно по станции поезд, следя исправным его состоянием, наличием и правильным показанием поездных сигналов. При отсутствии дежурных и других работников отправление поездов контролируется по показаниям приборов управления.

9 Ответственность за правильность формирования поезда несут работники станции. ТО поездных сигнальных приборов, обозначающих хвост грузовых и грузо-пассажирских поездов, навешивание сигнальных приборов на эти поезда и снятие их возлагаются на работников службы вагонного хозяйства.

10 На все грузовые и грузо-пассажирские поезда машинисту выдаются натурный лист и перевозочные документы в запечатанном виде. При выдаче этих документов кондуктору (составителю) он обязан ознакомить машиниста по натурному листу с составом отправляемого поезда.

На пассажирские поезда (кроме моторвагонных) натурный лист поезда вручается начальнику (механику-бригадиру) пассажирского поезда.

11 Время фактического отправления или проследования каждого поезда, его номер и другие данные записываются в журнале движения поездов, немедленно сообщаются дежурному по соседней станции, на которую отправлен поезд, и поезвному диспетчеру, а также в автоматизированную систему управления.

6.4.4.4 Средства сигнализации и связи при движении поездов

Основные – автоматическая и полуавтоматическая путевые блокировки.

На отдельных участках – автоматическая локомотивная сигнализация как самостоятельное средство сигнализации и связи.

На малодеятельных участках и подъездных путях допускается электрожелезная система и телефон.

В исключительных случаях – с разграничением временем.

На двухпутных участках с автоблокировкой в период ремонтных, строительных и восстановительных работ разрешается следование поездов по неправильному пути по сигналам локомотивных светофоров.

На отдельных малодеятельных и подъездных путях движение допускается:

- по приказам поездного диспетчера;
- при посредстве одного жезла;
- при посредстве одного локомотива.

При автоблокировке разрешением на занятие поездом блок-участка служит разрешающее показание выходного или проходного светофора.

Как исключение на затяжных подъемах разрешается проезд грузовому поезду проходного светофора (кроме находящихся перед входными светофорами) с красным огнем или щитом с отражательным знаком в виде буквы Т (условно-разрешающий сигнал) со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановить его, если встретится препятствие для дальнейшего движения.

После остановки поезда перед проходным светофором с красным огнем, а также с непонятным показанием или погасшим и если машинисту видно или известно о занятости блок-участка, ему запрещается движение до тех пор, пока он не освободится. Если не известно о занятости блок-участка, то машинист после отпуска тормозов, если за это время на светофоре не появится разрешающий огонь, должен вести поезд до следующего светофора со скоростью не более 20 км/ч в соответствии с вышеуказанными требованиями.

Если и следующий проходной светофор будет в таком же положении, движение поезда после остановки продолжается тем же порядком.

Если после проследования проходного светофора с запрещающим показанием на локомотивном светофоре появится разрешающее показание, машинист может следовать, руководствуясь его показаниями, но со скоростью не более 40 км/ч до следующего светофора.

При наличии разрешающего огня на локомотивном светофоре проходной светофор с погасшим огнем разрешается проследовать безостановочно, руководствуясь показанием локомотивного светофора.

При полуавтоматической блокировке разрешением на занятие поездом перегона служит разрешающее показание выходного или проходного светофора.

На однопутных участках для открытия выходного светофора необходимо предварительно получить по блок-аппарату от дежурного по соседней станции, на которую отправляется поезд, блокировочный сигнал согласия или переключить блок-систему на соответствующее направление движения.

При перерыве действия всех установленных средств сигнализации и связи движение поездов производится:

- на однопутных участках – по письменным извещениям;
- на двухпутных участках – с разграничением временем.

6.4.4.5 Порядок движения поездов

1 Максимальные допускаемые скорости движения поездов на сети железных дорог устанавливаются в зависимости от конструкции пути и типов подвижного состава.

Скорость движения поездов, км/ч, на боковые пути по стрелочным переводам с крестовинами марки:

1/11 и круче, не более	40
1/9 – пассажирских поездов, не более	25
1/11 (по переводам из рельсов типа Р65), не более	50
1/11 (по симметричным стрелочным переводам), не более	70
1/18, не более	80

Допускаемые скорости проследования светофоров с одним желтым (немигающим) огнем на участках обращения, оборудованных автоблокировкой, не более (км/ч):

пассажирских поездов	60
грузовых поездов.....	60
вагонами вперед	25

для хозяйственных поездов при наличии радиосвязи на локомотиве и путевой машине в зависимости от конструкции путевых машин, восстановительных и пожарных поездов.....

при приеме на тупиковые станционные пути

моторвагонного поезда при приеме на путь, занятый другим моторвагонным поездом

по месту, требующему уменьшения скорости, при отсутствии предупреждения или приказа начальника дороги 25

Светофор с одним желтым (немигающим) огнем разрешается проследовать с такой скоростью, чтобы была гарантирована остановка перед следующим сигналом с запрещающим показанием при применении служебного торможения.

При расположении светофора с одним желтым (немигающим) огнем на расстоянии менее требуемого тормозного пути от следующего светофора (при автоблокировке) и на расстоянии менее тормозного пути при полном служебном торможении (при полуавтоблокировке) разрешается проследовать со скоростью не более установленной начальником дороги.

2 Когда при следовании поездов необходимо обеспечить особую бдительность локомотивных бригад и предупредить их о производстве работ на поезда выдаются предупреждения в случаях, указанных в ПТЭ.

3 Порядок движения поездов по главным путям:

а) на двухпутных перегонах каждый главный путь, как правило, служит для движения в одном определенном направлении;

б) на многопутных линиях по каждому главному пути в пределах дороги устанавливается начальником дороги;

в) на участках трех- или четырехниточного пути (при сплетении путей) устанавливается начальником дороги.

4 Отправление поездов по неправильному пути применяется:

а) для регулирования движения поездов – по приказу поездного диспетчера;

б) пассажирских поездов – по приказу дежурного по отделению дороги.

5 Допускается при необходимости соединение поездов и следование их соединенными с действующими локомотивами в голове каждого из этих поездов.

б Следование поездов вагонами вперед допускается:

- при движении на подъездные пути и обратно;

- при движении хозяйственных, восстановительных и пожарных поездов.

В голове такого поезда ставится вагон с переходной площадкой (обращенной в сторону движения), на которой должен находиться работник, обязанный следить за обстановкой и при необходимости принимать меры для остановки поезда.

6.4.4.6 Порядок вождения поездов машинистами локомотивов и моторвагонных поездов

1 Машинист обязан:

- хорошо знать конструкцию локомотива, профиль своего участка, расположение на нем сигналов, указателей и знаков и их назначение, расписание движения поездов;

- при приеме локомотива убедиться в его исправности, особенно тормозов, песочниц, радиосвязи, АЛСН и автостопа;

- проверить наличие сигнальных принадлежностей, противопожарных приборов и устройств;

- обеспечить безопасность следования с точным соблюдением графика движения.

2 После прицепки локомотива к составу поезда машинист обязан:

- убедиться в правильности сцепления локомотива с первым вагоном состава, соединения воздушных рукавов и в открытии концевых кранов между ними;

- зарядить тормозную магистраль воздухом, проверить падение давления и опробовать автотормоза;

- получить справку об обеспечении поезда тормозами, сверить указанный в ней номер хвостового вагона с натурным листом и убедиться в соответствии тормозного нажатия в поезде установленным нормам;

- ознакомиться по натурному листу с составом поезда;

- установить присвоенный номер поезда, в пассажирских поездах с электроотоплением опустить токоприемники для подключения высоковольтных междувагонных электрических соединений, на участках с АЛС перед отправлением со станции включить эти устройства и убедиться, что радиостанция включена.

3 При ведении поезда машинист и его помощник обязаны:

- следить за свободностью пути, сигналами, указателями, знаками, выполнять их требования и повторять друг другу все подаваемые им сигналы светофорами с пути и поезда;

- следить за состоянием и целостью поезда, подаваемыми с него сигналами и состоянием контактной сети на электрифицированных участках;

- наблюдать за показаниями приборов, контролирующих бесперебойность и безопасность работы локомотива;

- обеспечивать наиболее полное использование мощности локомотива при экономном расходовании электроэнергии, топлива и смазки;

- при входе на станцию и проходе по станционным путям подавать установленные сигналы, внимательно следить за подаваемыми сигналами, перемещениями подвижного состава, принимая немедленно меры к остановке при угрозе безопасности движения;

- при обнаружении каких-либо неисправностей после остановки на станции немедленно доложить об этом дежурному по станции или поезднему диспетчеру;

- при остановке на станции установить поезд в границах полезной длины приема;

- в случаях обнаружения в пути следования неисправностей на смежном пути или поездах, следующих по этому пути, – сообщить об этом дежурному по ближайшей станции или поезднему диспетчеру, а при необходимости и машинисту поезда, следующего по смежному пути.

4 При ведении поезда машинист должен:

- иметь тормозные устройства всегда готовыми к действию, проверять их в пути следования и не допускать падения давления в главном резервуаре ниже установленных норм;
- следовать со скоростями движения в соответствии с требованиями подаваемых сигналов;
- проследовать сигнальный знак, ограждающий нейтральную вставку, со скоростью не менее 20 км/ч;
- при внезапной подаче сигнала остановки или внезапном возникновении препятствия немедленно применить все имеющиеся в его распоряжении средства экстренного торможения для остановки поезда;
- при ограниченной видимости сигналов (сильный туман, ливень, метель) вести поезд с особой бдительностью и в необходимых случаях снижать скорость, чтобы была обеспечена безопасность движения.

5 В пути следования машинисту запрещается:

- превышать установленные скорости движения;
- отвлекаться от управления локомотивом, его обслуживания и наблюдения за сигналами и состоянием пути.

6 Движением поезда управляет машинист ведущего локомотива. Машинисты других локомотивов обязаны подчиняться ему и повторять подаваемые им сигналы.

7 Запрещается проезд на локомотиве лиц, не входящих в состав локомотивной бригады, за исключением кондукторов (составительской бригады), а также работников, имеющих разрешения, но не более двух человек одновременно.

6.4.4.7 Порядок действий при вынужденной остановке поезда на перегоне

1 При вынужденной остановке поезда на перегоне машинист обязан:

- остановить поезд по возможности на прямом горизонтальном пути, если не требуется экстренной остановки;
- привести в действие автотормоза поезда и вспомогательный тормоз локомотива;
- немедленно объявить по радиосвязи об остановке машинистам, следующим по перегону, и дежурным по станциям, ограничивающим перегон;
- выяснить ее причины и возможность дальнейшего следования;
- если движение не может быть возобновлено в течение 20 и более минут, привести в действие все тормозные средства, используя при необходимости также тормозные башмаки;
- дополнительно сообщить дежурному по станции или поезвному диспетчеру о причинах остановки и необходимых мерах по ликвидации возникших препятствий для движения;

- совместно со всеми работниками, обслуживающими поезд, принять меры к устранению возникшего препятствия для движения, а в необходимых случаях обеспечить ограждение поезда и смежного пути.

2 Ограждение поезда, остановившегося на перегоне, производится:

- пассажирского – при затребовании восстановительного, пожарного или вспомогательного локомотива – немедленно после вызова;
- если поезд был отправлен при перерыве действия всех средств сигнализации и связи, – немедленно после остановки поезда.

Во всех случаях немедленно ограждается место препятствия для движения поездов на смежном пути двухпутного и многопутного перегонов и в первую очередь со стороны ожидаемого поезда.

3 При остановке пассажирского поезда на перегоне с автоблокировкой проводник последнего пассажирского вагона обязан проверить видимость поездных сигналов, внимательно наблюдать за перегоном и в случае появления вслед идущего поезда принять меры к его остановке.

4 При необходимости машинист может осадить поезд, остановившийся на перегоне, на более легкий профиль со скоростью не более 5 км/ч, но при этом впереди него должен находиться работник локомотивной бригады, главный кондуктор или руководитель работ.

Осаживание не допускается:

- пассажирских поездов;
- на перегонах, оборудованных автоблокировкой и АЛСН;
- в условиях плохой видимости, когда сигналы плохо различимы;
- если поезд был отправлен при перерыве действия всех установленных средств сигнализации и связи.

При остановке на подъеме поезда, масса которого превышает норму по условиям трогания с места на данном подъеме, осаживание его не допускается – немедленно затребуется вспомогательный локомотив.

5 Поезд может быть возвращен с перегона обратно на станцию только по распоряжению дежурного по этой станции порядком, установленным ИДП.

6 Если поезд не может самостоятельно следовать после остановки, то он выводится с перегона вспомогательным локомотивом порядком, установленным ИДП.

На участках с автоблокировкой и поездной связью для оказания помощи остановившемуся на перегоне поезду может быть использован локомотив следом идущего поезда и в исключительных случаях подталкивание следом идущим поездом нормальной массы и длины.

К моторвагонному электропоезду разрешается прицеплять следом идущий электропоезд для вывода сдвоенным составом на станцию.

7 Если затребован вспомогательный локомотив, восстановительный или пожарный поезд, то не разрешается движение остановившемуся поезду, пока не прибудет затребованная помощь или не будет дано соответствующее разрешение на движение.

6.4.4.8 Движение съемных подвижных единиц

Движение съемных подвижных единиц производится без выдачи поездных документов на право занятия перегона. Все съемные единицы должны иметь оси с электрической изоляцией и не должны вызывать нарушения следования поездов по расписанию.

Библиографический список

1 **Астрахан, В.И.** Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У) : учеб. пособие / В.И. Астрахан, В.И. Зорин. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 177 с.

2 **Козубенко, В.Г.** Безопасное управление поездом: вопросы и ответы: учеб. пособие для образовательных учреждений ж.-д. транспорта, осуществляющих профессиональную подготовку / В.Г. Козубенко. – М. : Маршрут, 2005. – 320 с.

3 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации.

4 Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации.

5 Инструкция о порядке пользования автоматической локомотивной сигнализацией непрерывного типа (АЛСН) и устройствами контроля бдительности машиниста.

6 Типовая инструкция по охране труда для локомотивных бригад ТОИ Р-32 ЦТ-555-08.

7 СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ЛОКОМОТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Введение

Система менеджмента качества (СМК) – совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством. Она предназначена для постоянного улучшения деятельности, для повышения конкурентоспособности организации на отечественном и мировом рынках, определяет конкурентоспособность любой организации. Она является частью системы менеджмента организации.

Современные СМК базируются на принципах TQM (всеобщее управление качеством). Различные части системы менеджмента организации могут быть интегрированы вместе с системой менеджмента качества в единую систему менеджмента, использующую общие элементы. Это повышает результативность планирования, эффективность использования ресурсов, создает синергетический эффект в достижении общих бизнес-целей организации.

Широко применяется сертификация СМК по ИСО 9000 (серия международных стандартов, описывающих требования к системе менеджмента качества организаций и предприятий). Сертификация СМК основана на проведении независимых аудитов третьей стороной (органом по сертификации).

Системы менеджмента качества приводятся в движение требованиями потребителя организации. Потребителям необходима продукция (услуга), характеристики которой удовлетворяли бы их потребности и ожидания. Потребности и ожидания потребителей постоянно изменяются, из-за чего организации испытывают давление, создаваемое конкурентной средой (рынком) и техническим прогрессом. Для поддержания постоянной удовлетворенности потребителя организации должны постоянно совершенствовать свою продукцию и свои процессы. СМК организации как один из инструментов менеджмента дает уверенность высшему руководству самой организации и ее потребителям, что организация способна поставлять продукцию, полностью соответствующую требованиям (необходимого качества, в необходимом количестве за установленный период времени, затратив на это установленные ресурсы).

7.1 Качество как экономическая категория и объект управления

В экономической литературе встречаются различные формулировки определения качества продукции, их можно объединить в две основные группы:

- 1) характеристика качества как совокупности свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением;

2) определение качества продукции как степени удовлетворения этой продукцией определенных потребностей.

Таким образом, **качество продукции** – это совокупность свойств продукции, обуславливающих степень удовлетворения определенных потребностей в соответствии с ее назначением и с учетом затрат на ее производство и потребление. Под качеством продукции понимают новизну, технический уровень, отсутствие дефектов, надежность и долговечность в эксплуатации.

Качество продукции как экономическая категория тесно связано и в значительной степени формирует такие экономические показатели работы предприятия, как себестоимость, цена, прибыль, рентабельность и др.

Значение повышения качества продукции необходимо рассматривать как на макро-, так и на микроуровне, т.е. на уровне предприятия.

Повышение качества на макроуровне позволяет:

- увеличить экспорт товаров и услуг;
- улучшить структуру экспорта;
- осуществить на практике ускорение НТП;
- повысить эффективность общественного производства;
- повысить благосостояние народа;
- повысить престиж государства;
- воспитывать граждан в духе прекрасного.

Таким образом, высокий уровень качества продукции для государства означает ускорение НТП, повышение эффективности общественного производства и экспорта, могущество и процветание.

Показатель качества продукции – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Показатели качества группируют по следующим признакам:

- по количеству характеризующих свойств;
- по характеризующим свойствам;
- по способу выражения;
- по методу определения;
- по применению для оценки качества;
- по стадии определения.

На формирование и применение системы показателей качества оказывают влияние разнообразные факторы: многоплановость (сложность) свойств, образующих качество изделия; уровень новизны и сложности его конструкции; своеобразие условий использования и восстановления свойств эксплуатируемых изделий. Эти факторы определяют номенклатуру показателей качества особенности их выбора и применения конкретных условий разработки, изготовления и использования изделия по назначению.

В истории развития документированных систем качества можно выделить **пять этапов**, которые иногда представляют в виде пяти звезд качества.

Первый этап соответствует начальным задачам системного подхода к управлению, когда появилась первая система – система Тейлора (1905 г).

Второй этап. Система Тейлора дала великолепный механизм управления качеством каждого конкретного изделия (деталь, сборочная единица). Однако продукция – это результат осуществления производственных процессов, и вскоре стало ясно, что управлять надо процессами.

Третий этап. В 1950-е годы была выдвинута концепция тотального (всеобщего) контроля качества – ТQC (Total Quality Control). К главным задачам ТQC относятся прогнозируемое устранение потенциальных несоответствий в продукции на стадии конструкторской разработки, проверка качества поставляемой продукции, комплектующих и материалов, а также управление производством, развитие службы сервисного обслуживания и надзор за соблюдением соответствия заданным требованиям к качеству. **Четвертый этап.** В 80-е гг. начался переход от тотального контроля качеством (ТQC) к тотальному менеджменту качества (ТQM). В это время появилась серия новых международных стандартов на системы качества – стандарты ИСО 9000 (1987 г.), оказавшие весьма существенное влияние на менеджмент и обеспечение качества.

Пятый этап. В 90-е гг. усилилось влияние общества на предприятия, а предприятия стали все больше учитывать интересы общества.

Современное управление качеством исходит из того, что деятельность по управлению качеством не может быть эффективной после того, как продукция произведена, эта деятельность должна осуществляться в ходе производства продукции. Важна также деятельность по обеспечению качества, которая предшествует процессу производства.

Качество определяется действием многих случайных, местных и субъективных факторов. Для предупреждения влияния этих факторов на уровень качества необходима система управления качеством. При этом нужна совокупность мер постоянного воздействия на процесс создания продукта с целью поддержания соответствующего уровня качества.

Управление качеством неизбежно оперирует понятиями: **система, среда, цель, программа** и др.

Различают **управляющую и управляемую системы**.

Управляемая система представлена различными уровнями управления организацией (фирмой и другими структурами).

Управляющая система создает и обеспечивает менеджмент качества.

7.2 Эволюция подходов к менеджменту качества

Интерес к менеджменту качества возник со становлением массового промышленного производства. С конца XIX века и до сегодняшнего времени менеджмент качества прошел несколько этапов, которые связаны с развитием определенных технологий производства. Эти этапы не имеют четко выделенных границ.

На первом этапе менеджмент качества уделял наибольшее внимание контролю параметров и характеристик изделий (конец XIX, начало XX века). Он характеризуется пристальным вниманием к продукту и выявлению проблем в продукте. В этот период на заводах появляются развитые и большие службы контроля качества, которые занимаются проверкой каждого изделия. Контроль, как правило, осуществляется в конце производственного цикла и требует привлечения специально подготовленных инспекторов.

Второй этап относится примерно к периоду 20-х, 50-х годов 20 века. Этот этап называют «**этапом контроля процессов**» или «**управления процессами**». Менеджмент качества переносит акцент с продукта на производственные процессы. Такой переход стал возможен за счет разработки статистических методов контроля процессов и контрольных карт. В результате удалось значительно снизить затраты на контроль и повысить качество изделий.

Третий этап своего развития менеджмент качества прошел в период с 50-х до начала 80-х годов. В значительной степени переход связан с усилиями, которые предпринимались японскими компаниями для повышения конкуренции своей продукции. Этот этап можно назвать «**этапом повышения качества**» или «**гарантии качества**». В этот период менеджмент качества основное внимание фокусирует на улучшении подсистем предприятия в комплексе – производственные процессы, процессы управления, процессы обеспечения, управления персоналом, закупок, продаж, сбыта продукции и пр.

Четвертый этап начал формироваться примерно в конце 60-х, начале 70-х годов. Он связан с акцентированием внимания на наиболее важных для потребителя характеристиках изделия. В этот период значительно возрастает конкуренция между производителями. Менеджмент качества наибольшее внимание стал уделять планированию качества.

Основой и общего менеджмента, и менеджмента качества является система Ф.У. Тейлора, который, по существу, создал концепцию научного менеджмента. Система Тейлора включала понятия верхнего и нижнего пределов качества, поля допуска, вводила такие измерительные инструменты, как шаблоны и калибры, а также обосновывала необходимость независимой должности инспектора по качеству, разнообразную систему штрафов для бракоделов, форм и методов воздействия на качество продукции. Но целевая установка системы управления качеством сводилась к обеспечению определенных кондиций отдельных изделий, узлов и деталей. Дальнейшие действия в этом направлении приводили к значительному росту затрат, снижению эффективности производства.

В период с 1920-х до начала 1980-х гг. пути развития общего менеджмента и менеджмента качества разошлись. **Главная проблема качества** воспринималась и разрабатывалась специалистами преимущественно как инженерно-техническая проблема контроля и управления перемен-

ностью продукции и процессов производства, а **проблема менеджмента** – как проблема (в основном организационного, экономического и социально-психологического характера), связанная с решением задач повышения эффективности деятельности. На этом этапе управление качеством представляло собой ярко выраженную конкретную функцию управления, т.е. структурно, организационно, ресурсно выделенную подсистему общего менеджмента.

На втором этапе систем управления качеством (1920–1950-е гг.) развитие получили статистические методы контроля качества – SQC (А. Шухарт, Г.Ф. Додж и др.). Появились контрольные карты, обосновывались выборочные методы контроля качества продукции и регулирования техпроцессов. Шухарт оказал существенное влияние на таких авторитетов в области качества, как Э.У. Деминг и Д.М. Джуран. И Деминг, и Джуран активно пропагандировали статистические подходы к производству, однако именно они первыми обратили внимание на организационные вопросы обеспечения качества, сделали акцент на роль высшего руководства в решении его проблем.

Международные стандарты ИСО серии 9000 появились в конце 80-х годов как логическое продолжение истории развития подходов к управлению качеством. В условиях жесткой конкурентной борьбы как на внутреннем, так и на внешнем рынках главной целью предприятий становится обеспечение высокого уровня качества продукции.

Создание единообразного подхода к решению вопросов обеспечения качества, устранение различий и гармонизация требований на международном уровне было возложено на международную организацию по стандартизации ИСО.

Главной целевой установкой международных стандартов является построение систем качества, обеспечивающих изготовление продукции, соответствующей требованиям заказчиков и соответственно ориентированных на предоставление доказательств заказчику способности предприятия стабильно выпускать продукцию определенного уровня качества.

Следовательно, стандарты являются средством регулирования интересов производителей, потребителей и общества. Серия этих международных стандартов способствует устранению технических барьеров в сотрудничестве, устанавливает унифицированные подходы к системе качества и методам ее оценки, а также является хорошим инструментом для достижения главной цели фирм в рыночных условиях – удовлетворения потребителя через высокое качество стабильно производимой продукции.

7.3 Общие принципы построения систем управления качеством

Управление – неотъемлемый элемент, функция организованных систем различной природы (биологических, социальных, технических). Управление обеспечивает сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности.

Управление различными системами имеет общие закономерности, базирующиеся на следующих основных принципах:

- принцип новых задач;
- принцип системного подхода;
- принцип первого руководителя;
- принцип непрерывного развития системы;
- принцип единства информационной базы;
- принцип комплексности задач и рабочих программ;
- принцип согласования пропускной способности различных звеньев системы;
- принцип унификации.

К перечисленным общесистемным принципам следует добавить **принцип простоты и доходчивости**, которые следует реализовывать для понимания каждым работающим всего того, что касается основополагающих вопросов управления, особенно управления качеством и обеспечения конкурентоспособности не только продукции, но и всего предприятия.

Существует множество методов улучшения качества. Эти методы предполагают совершенствование продукта, совершенствование процесса, а также совершенствование персонала.

Главное требование в организации работы по качеству – это комплексность охвата всех факторов, обеспечивающих качество на всем жизненном цикле продукции, увязка их по конечному результату, определяемому системой стандартов (включая международные стандарты ИСО) и дополнительными договорными условиями между заказчиком и производителем.

Согласно философии доктора Д.М. Джурана, работа по улучшению качества может быть разделена на три этапа:

- 1) **планирование;**
- 2) **контроль;**
- 3) **совершенствование.**

Все действия управления качеством осуществляются на основе специальных функций. В этой связи их можно подразделить на следующие управленческие функции:

- функция прогнозирования потребностей, технического уровня и качества продукции;
- функция планирования повышения качества продукции;
- функция разработки и налаживания производства продукции;
- функция технологического обеспечения качества продукции;
- функция метрологического обеспечения качества продукции;
- функция материально-технологического обеспечения качества продукции;
- функция подготовки и повышения квалификации персонала в области улучшения качества продукции;
- функция организации взаимоотношений по качеству продукции между потребителями и поставщиками;
- функция обеспечения стабильности запланированного уровня качества;

- функция контроля качества при испытаниях продукции;
- функция технико-экономического анализа улучшения продукции;
- функция правового обеспечения системы управления качеством продукции;

- функция стимулирования повышения качества продукции.

В соответствии с международным стандартом ИСО 9000-2000 **система управления качеством** (система менеджмента качества – СМК) – это система для установления политики качества, целей качества и достижения этих целей.

Постоянное улучшение СМК – это ориентация на потребителя, которая заключается в том, что организации зависят от своих потребителей, поэтому должны понимать настоящие и будущие потребности потребителя, выполнять его требования и стремиться превзойти его ожидания.

Ключевые преимущества данного подхода:

- 1) возрастающие прибыли и доли рынков, получаемые посредством гибких и быстрых откликов на возможности рынка;

- 2) повышение лояльности потребителей, ведущее к повторению бизнеса и хорошим отзывам.

Применение принципа ориентации на потребителя обычно проявляется в следующих действиях:

- понимание потребностей и ожиданий потребителей;
- обеспечение соответствия целей и задач организации потребностям и ожиданиям потребителей;
- распространение информации о потребителях и ожиданиях потребителей внутри организации;
- измерение удовлетворенности потребителей и результатов действий;
- управление (менеджмент) взаимоотношениями с потребителями;
- обеспечение сбалансированного подхода к потребителю и к другим заинтересованным сторонам.

Принципы построения системы обеспечения качеством:

- лидерство руководителя;
- вовлечение работников;
- процессный подход;
- системный подход к менеджменту;
- постоянное улучшение;
- принятие решений, основанное на фактах;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками;
- ориентация на потребителя.

7.4 Управление качеством на основе стандартов ИСО

Международная организация по стандартизации, ИСО, (The International Organization for Standardization, ISO) содействует развитию стандартизации и активизации роли стандартов во всем мире. Ее основной задачей является развитие сотрудничества и международный обмен в интеллектуальной, научной, технической и экономической сферах деятель-

ности. Эта неправительственная организация, учрежденная в 1947 году, в настоящее время объединяет представителей из 140 стран.

Стандарты ИСО используются организациями всех типов и размеров, государственными и контрольными органами, поставщиками и потребителями, они также являются полезными для конечных потребителей и для общества в целом. Стандарты позволяют сделать разработку, производство и поставку продуктов и услуг более эффективными, безопасными и простыми. Они предлагают техническую базу для законодательства в здравоохранении, экологии и безопасности. С помощью стандартов торговля между странами становится проще и честнее. И, что самое главное, именно стандарты защищают потребителей и даже в некоторой степени облегчают им жизнь.

Деятельность ИСО осуществляется следующим образом. Представители различных государств самостоятельно выбирают для себя форму участия в работе организации и могут являться действительными членами, членами с совещательным голосом и наблюдателями. Главным органом управления ИСО является **Генеральная ассамблея**. В промежутках между сессиями Генеральной ассамблеи управление осуществляется **Советом**.

Текущая работа организации происходит по двум вертикалям – **политики развития и технического управления**, представленных Комитетами Совета.

На сегодняшний день в ИСО присутствуют следующие основные Комитеты:

- **КАСКО** – комитет по оценке соответствия;
- **КОПОЛКО** – комитет по защите интересов потребителей;
- **ДЕВКО** – комитет по оказанию помощи развивающимся странам;
- **РЕМКО** – комитет по стандартным образцам.

Серия стандартов в диапазоне номеров 9000–11000 была определена Международной организацией по стандартизации для стандартов по системам управления качеством. Стандарты этой серии определяют требования именно к системе управления, а не к продукции или услугам, предоставляемым организациями и предприятиями. В состав стандартов серии входят стандарты непосредственно представляющие требования, стандарты, представляющие справочную информацию и руководящие указания, а также стандарты, обеспечивающие (разъясняющие) частные вопросы систем менеджмента качества.

Система менеджмента – совокупность организационной структуры, документов, планов, методов и накопленного опыта. СМК могут функционировать в организации наряду с другими системами менеджмента: системой экологического менеджмента, системой менеджмента охраны труда, системой менеджмента информационной безопасности и системой рационального использования недвижимости.

Идентифицированы восемь принципов менеджмента качества, способствующие достижению целей качества:

- организация сфокусирована на заказчика;

- роль руководства;
- вовлечение людей;
- процессный подход;
- системный подход к управлению;
- постоянное улучшение;
- принятие решений, основанное на фактах;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Настоящий стандарт ОАО «РЖД» утвержден и введен в действие Распоряжением ОАО «РЖД» от 26 июня 2012 г. Он входит в комплекс стандартов, определяющих нормативную базу инновационной деятельности ОАО «РЖД».

Целью разработки настоящего стандарта является введение основных норм и правил, обеспечивающих реализацию инновационной деятельности в ОАО «РЖД».

Данный стандарт направлен на решение важнейших задач инновационного развития компании, рост её научно-технического потенциала, реализацию эффективных инновационных проектов, имеющих реальный потенциал практического применения, повышения доходности и эффективности производственно-хозяйственной деятельности ОАО «РЖД».

Настоящий стандарт устанавливает общие процедуры и правила, основные понятия, термины, определения и организационно-методические основы, используемые при осуществлении инновационной деятельности в компании ОАО «РЖД».

Он определяет основные цели и принципы осуществления инновационной деятельности, и основные механизмы её реализации, в том числе комплекс мероприятий, направленных на разработку и внедрение новых технологий, инновационных продуктов и услуг, соответствующих мировому уровню, содействующих модернизации и технологическому развитию компании путем значительного улучшения основных показателей эффективности производственных процессов.

В стандарте определяется система управления инновационной деятельностью и её финансирование.

Настоящий стандарт предназначен для применения подразделениями аппарата управления, филиалами ОАО «РЖД» и иными структурными подразделениями ОАО «РЖД».

7.5 Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД»

Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД» разработана в целях детализации и развития стратегической программы развития ОАО «РЖД» в области управления качеством.

Целью разработки стратегии является формирование принципов и направлений достижения к 2010 году целевого состояния в области качества услуг и внутренних процессов ОАО «РЖД», а также оценка направ-

лений совершенствования системы управления качеством на перспективу до 2015 года.

Роль и место стратегии в системе стратегического управления ОАО «РЖД» определяются ее взаимосвязью с другими функциональными стратегиями.

Базовым документом формирования функциональной стратегии управления качеством является стратегическая программа развития ОАО «РЖД». Функциональная стратегия при этом рассматривается как один из главных инструментов управления эффективным развитием ОАО «РЖД» и достижения целевого состояния, предусмотренного стратегической программой развития ОАО «РЖД».

Согласно международным стандартам в области управления качеством, понятия «**качество**», «**требование**» и «**характеристика**» определяются следующим образом:

- 1) **качество** – степень соответствия присущих характеристик требованиям;
- 2) **требование** – потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным;
- 3) **характеристика** – отличительное свойство.

В настоящей функциональной стратегии используются следующие определения и понятия:

- качество услуги (продукции);
- качество процесса;
- качество транспортного обслуживания;
- обеспечение качества продукции;
- управление качеством (менеджмент качества);
- система управления качеством.

Одним из важнейших инструментов реализации настоящей функциональной стратегии должна стать **корпоративная интегрированная система управления качеством** (менеджмента качества) (далее – КИСМ), которая будет являться основой организации и совершенствования всех технологических и бизнес-процессов в ОАО «РЖД».

Целями разработки и внедрения корпоративной интегрированной системы управления качеством являются:

- 1) достижение системного улучшения обеспечения безопасности движения;
- 2) снижение издержек ОАО «РЖД»;
- 3) существенное повышение качества предоставляемых услуг;
- 4) комплексное развитие кадрового потенциала.

Результатом достижения поставленных целей станет ликвидация существующих проблем и «узких мест», препятствующих укреплению позиций ОАО «РЖД» на ключевых рынках, росту рентабельности активов и развитию кадрового потенциала, что обеспечит возможность формирования организации нового типа – динамично развивающейся, клиентоориентированной и высокоэффективной.

Анализ внешней среды показывает, что устойчивому развитию ОАО «РЖД» в перспективе будут угрожать следующие негативные тенденции:

- усиливающаяся конкуренция на рынке транспортных услуг и на международных транспортных рынках;
- снижение прибыльности работы в условиях жесткого государственного тарифного регулирования и сохранения перекрестного субсидирования;
- рост конкуренции на региональных рынках труда;
- рост цен на приобретаемые ОАО «РЖД» ресурсы;
- высокая динамичность изменения товаропотоков.

Риски ОАО «РЖД» в перспективе не исчерпываются воздействием внешних факторов. Они также подвержены воздействию и внутренних факторов, существующих в ОАО «РЖД».

Переход к целевому состоянию системы управления качеством будет обеспечиваться путем последовательного внедрения и использования в деятельности ОАО «РЖД» базовых принципов управления качеством, соответствующих требованиям международных стандартов в области качества, с учетом специфики деятельности ОАО «РЖД».

К основным принципам управления качеством относятся:

- 1) лидерство руководителя;
- 2) ориентация на потребителя;
- 3) деятельность, ориентированная на стратегию;
- 4) процессный подход;
- 5) непрерывное совершенствование деятельности Компании;
- 6) системный подход к управлению;
- 7) вовлеченность работников;
- 8) принятие решений на основе достоверной информации;
- 9) взаимовыгодное сотрудничество с поставщиками;
- 10) ориентация на баланс всех заинтересованных сторон;
- 11) бережливое производство.

Управление качеством в ОАО «РЖД» будет основываться на лучшем международном опыте с учетом специфики железнодорожного транспорта и стратегических приоритетов Компании в области обеспечения качества работ и услуг.

7.6 Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД» и внедрение СМК в локомотивном ремонтном депо

Реализация настоящей функциональной стратегии предполагает осуществление ряда взаимосвязанных проектов. Модель реализации функциональной стратегии управления качеством в ОАО «РЖД» включает в себя следующие системообразующие проекты:

- 1) формирование организационной системы управления проектами в области качества;

2) организация многоуровневого обучения работников ОАО «РЖД» принципам и методам внедрения системы управления качеством;

3) реализация пилотных проектов по внедрению системы управления качеством на опытных полигонах отдельных железных дорог;

4) разработка и поэтапная реализация программы «Ступени перехода к новому качеству» на основе функциональных проектов улучшения качества.

План мероприятий по переходу к целевому состоянию системы управления качеством на период до 2015 года:

I формирование организационной системы управления проектами в области качества;

II организация многоуровневого обучения работников ОАО «РЖД» принципам и методам внедрения системы управления качеством;

III реализация пилотных проектов по внедрению системы управления качеством на опытных полигонах отдельных железных дорог;

IV разработка и реализация программы «Ступени перехода к новому качеству» на основе функциональных проектов улучшения качества.

В результате реализации Плана мероприятий по переходу к целевому состоянию системы управления качеством будут достигнуты следующие результаты:

- концентрация базовых функций управления проектами по созданию КИ СМК в сфере ответственности единого управляющего органа – рабочей группы по управлению качеством в ОАО «РЖД»;

- координация хода работ по созданию системы управления качеством на основе единой корпоративной методологической базы, формируемой под непосредственным руководством рабочей группы по управлению качеством в ОАО «РЖД»;

- обеспечение вовлеченности сотрудников в процесс построения корпоративной системы управления качеством в ОАО «РЖД»;

- обеспечение эффективного распределения ответственности менеджмента за реализацию стратегии управления качеством на каждом уровне управления ОАО «РЖД»;

- общекорпоративная методология и последовательность создания системы управления качеством, обязательная к использованию при проведении дальнейших работ по внедрению КИ СМК в ОАО «РЖД»;

- направления, последовательность и сроки внедрения проектных решений в области совершенствования качества услуг и внутренних процессов ОАО «РЖД»;

- достижение системных улучшений в области управления качеством на основе оптимизации внутренних бизнес- и технологических процессов ОАО «РЖД» и проведения комплексных преобразований во всех функциональных направлениях деятельности ОАО «РЖД» и др.

Локомотивное хозяйство обеспечивает перевозочную работу железных дорог тяговыми средствами и содержание этих средств в соответствии с техническими требованиями. В состав этого хозяйства входят ос-

новные локомотивные депо, специализированные мастерские по ремонту отдельных узлов локомотивов, пункты технического обслуживания, экипировки локомотивов и смены бригад, базы запаса локомотивов. Таким образом, **локомотивные депо** – это структурные единицы локомотивного хозяйства, в которые активными темпами внедряется СМК.

Для поддержания локомотивов в исправном состоянии организована **система проведения технического обслуживания и текущего ремонта** после определенного пробега или времени их работы. Для повышения качества, ускорения и удешевления ремонта локомотивов осуществляют концентрацию, кооперирование и специализацию деповского ремонта локомотивов, внедряют агрегатный метод ремонта с широким применением поточных форм организации производства и сетевого планирования.

Общее руководство всей работой возложено на начальника депо, у которого в подчинении четыре заместителя.

В Депо проводятся «Дни» и «Часы качества» – особые формы совещаний, на которых подводятся итоги удовлетворенности потребителей и работы подразделений по обеспечению запланированного уровня качества работ и услуг за прошедший период (месяц, квартал и т.п.), намечаются меры по дальнейшему улучшению качества.

В соответствии с принципом вовлечения в деятельность по улучшению качества всего персонала за каждым работником закреплены функции и обязанности в области качества, на каждого работника возлагается ответственность за качество реализации закрепленных за ним функций и выполнение возложенных на него обязанностей.

Степень ответственности каждого работника в СМК определена функциональной специализацией и уровнем влияния результатов его деятельности на безопасность и качество локомотивов, выполняемых ремонтных и эксплуатационных работ.

Эффективность использования трудовых ресурсов выражается в уровне **производительности труда**. Это обобщающий показатель работы предприятия. Данный показатель определяет как положительные стороны работы, так и все недостатки. Производительность труда характеризует результативность, плодотворность и эффективность конкретного вида труда.

7.7 Методологические основы управления качеством

Под **управлением качеством продукции** понимают постоянный, планомерный, целеустремленный процесс воздействия на всех уровнях на факторы и условия, обеспечивающие создание продукта оптимального качества и полноценное его использование.

Сущность управления заключается в выработке управляющих решений и последующей реализации, предусмотренных этими решениями управляющих воздействий на определенный объект управления.

Основными задачами управления качеством являются: изучение рынка сбыта; изучение национальных и международных требований к выпускаемой продукции; разработка методов и средств воздействия на процессы исследования, проектирования и производства; сбор, анализ, хранение информации о качестве продукции.

В теории и практике управления качеством выделяют следующие пять основных этапов:

- 1) принятие решений «что производить» и подготовка технических условий для производства;
- 2) проверка готовности производства и распределение организационной ответственности;
- 3) процесс изготовления продукции;
- 4) устранение дефектов и обеспечение информацией обратной связи в целях внесения в процесс производства и контроля изменений, позволяющих избегать выявленные дефекты в будущем;
- 5) разработка долгосрочных планов по качеству выпускаемой продукции.

Как известно, СМК – это система, эффективная работа которой невозможна без объективной и достоверной информации. Именно такая информация позволяет принимать правильные решения по управлению качеством продукции, процессами, системами и различными видами ресурсов организации. Но для того чтобы принимаемые решения действительно были правильными, они должны основываться на определенном наборе исходных данных, характеризующих продукцию, процесс или систему управления организации. Получить этот набор данных можно в том случае, если организация систематически применяет инструменты качества.

Инструменты качества – это различные методы и техники по сбору, обработке и представлению количественных и качественных данных какого-либо объекта (продукта, процесса, системы и т.п.).

Все инструменты качества можно сгруппировать по целям их применения:

- инструменты контроля качества;
- инструменты управления качеством;
- инструменты анализа качества;
- инструменты проектирования качества.

Инструменты контроля качества – инструменты контроля, которые позволяют принимать управленческие решения. Без контроля качества невозможно управлять качеством и тем более повышать качество.

Из всего разнообразия статистических методов для контроля наиболее часто применяют самые простые статистические инструменты качества. Их еще называют **семь инструментов качества** или **семь инструментов контроля качества**. Особенность этих инструментов заключается в их простоте, наглядности и доступности для понимания получаемых результатов.

Инструменты контроля качества включают в себя:

- гистограмму;

- диаграмму Парето;
- контрольную карту;
- диаграмму разброса;
- стратификацию;
- контрольный листок;
- диаграмму Исикавы.

Далеко не всегда информация, характеризующая объект, может быть представлена в виде параметров, имеющих количественные показатели. В таком случае для анализа объекта и принятия управленческих решений приходится использовать качественные показатели.

Методология «Шесть сигм» – это методология, служащая для измерения и повышения производительности компании посредством определения и выявления дефектов в процессах производства или предоставления услуг. Она опирается на сочетание статистических методов контроля качества, различных методов анализа данных и системы постоянного повышения квалификации специалистов.

Цель методологии «Шесть сигм» – сокращение отклонений в ходе производственного процесса и его совершенствование путем реализации так называемого проекта совершенствования «Шесть сигм», который распадается на последовательность шагов: **определение, измерение, анализ, совершенствование и контроль.**

Есть следующие основания для применения системы качества «Шесть сигм»:

- 1) потребность в идентификации предоставляемого продукта или услуги;
- 2) способность определять процессы, используемые для доставки продукта или услуги, и отображать их;
- 3) возможность находить потенциальные ошибки для каждого шага процесса.

Если существует возможность подсчитать дефекты и ошибки, то можно установить уровень отклонений от нормального распределения.

«Шесть сигм» – такой уровень эффективности процесса, при котором на каждый миллион возможностей или операций приходится всего 3, 4 дефекта.

Дефектом считается все, что лежит вне требований клиента.

7.8 Использование статистических методов управления качеством на предприятиях локомотивного хозяйства

Задача статистического регулирования технологического процесса в локомотивном депо состоит в том, чтобы на основании результатов периодического контроля выборок малого объема приходиться к заключению: «процесс налажен» или «процесс разлажен».

Выявление разладки технологического процесса основано на результатах периодического контроля малых выборок, осуществляемого по количественному или альтернативному признакам. Для каждого из этих способов контроля используются свои статистические методы регулирования.

Контроль по количественному признаку заключается в определении с требуемой точностью фактических значений контролируемого параметра у единиц продукции из выборки. Фактические значения контролируемого параметра необходимы для последующего вычисления статистических характеристик, по которым принимается решение о состоянии технологического процесса.

Контроль по альтернативному признаку заключается в определении соответствия контролируемого параметра или единицы продукции установленным требованиям. При этом каждое отдельное несоответствие установленным требованиям считается дефектом, а единица продукции, имеющая хотя бы один дефект, считается дефектной.

При контроле по альтернативному признаку не требуется знать фактическое значение контролируемого параметра – достаточно установить факт соответствия или несоответствия его установленным требованиям. Поэтому можно использовать простейшие средства контроля: шаблоны, калибры, контроль по образцу и др.

Решение о состоянии технологического процесса принимается в зависимости от числа дефектов или числа дефектных единиц продукции, обнаруженных в выборке.

Каждый из перечисленных способов контроля имеет свои преимущества и свои недостатки. **Преимущество контроля по количественному признаку** состоит в том, что он более информативен и поэтому требует меньшего объема выборки. **Недостатки** – более дорогой, поскольку для него необходимы такие технические средства контроля, которые позволяют получать фактические значения контролируемого параметра. Кроме того, для статистического регулирования при контроле по количественному признаку необходимы вычисления, связанные с определением статистических характеристик.

Преимущество контроля по альтернативному признаку заключается в его простоте и относительной дешевизне, поскольку можно использовать простейшие средства контроля или визуальный контроль. **К недостаткам такого контроля относится** его меньшая информативность, что требует значительно большего объема выборки при равных исходных данных.

С учетом изложенных фактов выбирают тот или иной способ контроля для статистического регулирования.

Любой контролируемый параметр по своей природе является случайной величиной, поскольку он может принять то или иное значение, причем заранее нам неизвестное.

Случайная величина (показатель качества – масса, диаметр отверстия, вала и пр.) может быть, в частности, **непрерывной или дискретной**.

Например, диаметр вала представляет собой непрерывную случайную величину, которая теоретически может принимать все значения в интервале, ограниченном допуском, скажем, между 34,5 и 35,5 мм.

Непрерывную величину получают при контроле качества продукции по количественному признаку с помощью измерительных средств, позволяющих получить значение контролируемого параметра с большой точностью.

Дискретную величину получают, например, при контроле качества продукции по альтернативному признаку «годен» или «не годен». В результате такого контроля подсчитывается число дефектных единиц или число дефектов. При этом нас не интересует истинное значение параметра X , достаточно лишь установить соответствует ли оно установленному требованию или нет.

Наиболее часто применяемым при решении задач статистического контроля качества распределением непрерывной случайной величины X является нормальное распределение.

Статистический приемочный контроль качества продукции – это выборочный контроль качества продукции, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям.

В отличие от статистического регулирования технологических процессов, где по результатам контроля выборки принимается решение о состоянии процесса (налажен или разлажен), при статистическом приемочном контроле по результатам контроля выборки принимается решение – принять или отклонить партию продукции. Поэтому статистический приемочный контроль применяется при входном контроле материалов, сырья и комплектующих изделий, контроле закупок, при операционном контроле, при контроле готовой продукции.

Контролируемой партией продукции называется предназначенная для контроля совокупность единиц продукции одного наименования, типоминерала или типоразмера и использования, произведенная в течение определенного интервала времени в одних и тех же условиях.

Статистический приемочный контроль может осуществляться по количественному, качественному и альтернативному признакам.

Статистический приемочный контроль может быть: одноступенчатым, двухступенчатым, многоступенчатым и последовательным.

7.9 Выборочный контроль при исследовании надежности

Под надежностью локомотива (тепловоза) понимается его свойство перевозить грузы, пассажиров, сохраняя при этом мощность, тяговые свойства, скорость и т. д., в течение времени от начала эксплуатации до списания.

Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения технического объекта и условий его применения может включать: **безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость** или определенные сочетания этих свойств.

Показателями надежности являются **количественные характеристики** одного или нескольких свойств, составляющих надежность всего объекта в целом.

Определение на практике количественных показателей надежности позволяют решить в процессе эксплуатации следующие задачи:

- **во-первых**, производить расчет надежности объекта, находящегося в эксплуатации;
- **во вторых**, сформулировать требования, предъявляемые к вновь создаваемым объектам;
- **в-третьих**, заранее рассчитать сроки службы объекта и необходимое количество запасных частей, плановое задание на ремонт и т. д.

Количественные показатели, характеризующие надежность объекта, подразделяются на два типа: **единичные и комплексные**.

Единичным показателем надежности является показатель, характеризующий одно из свойств, составляющих надежность объекта.

Комплексный показатель характеризует несколько свойств, составляющих надежность объекта.

Показатели надежности локомотива, как и любого другого изделия, не могут измеряться непосредственно; они определяются по априорной (статистической) информации о повреждениях и отказах элементов оборудования статистическими методами по математическим выражениям.

По способу отбора изделий, подвергаемых контролю качества, различают **сплошной** (сто процентный) и **выборочный контроль**.

Выборочный контроль качества устанавливается по соглашению заинтересованных сторон.

Выборочный контроль качества партий (состоящих, например, из некоторого числа деталей) возможен **по качественному и количественному признакам**. Согласно ГОСТ, единицы продукции при контроле по качественному признаку подразделяют на несколько групп качества, а решение о контролируемой партии принимают в зависимости от соотношения между численностью единиц продукции, оказавшихся в разных группах.

Выборочный контроль качества комплектующих изделий применяют при их поставках в количествах, достаточных для получения выборок.

Для сокращения затрат на контроль в крупносерийном и массовом производстве больших партий изделий (генеральной совокупности) контролю подвергают только часть партии – **выборку**. Очевидно, что выборка должна производиться случайным образом.

Если уровень качества изделий в выборке соответствует установленным требованиям, то считают, что всю партию можно принять как годную. В противном случае партия бракуется.

Выборочный контроль, процедуры и правила которого основаны на законах математической статистики, называется **статистическим контролем качества продукции**. Благодаря небольшим затратам и высокой степени достоверности результатов, статистический контроль является эффективным средством обеспечения качества продукции. Выборочный контроль, не основанный на законах математической статистики, может приводить к ошибочным заключениям.

В таблице 7.1 показаны основные количественные показатели свойств надежности.

Таблица 7.1

Количественные показатели свойств надежности

Свойства надежности	Показатели надежности
Единичные показатели надежности	
Безотказность	Вероятность безотказной работы
	Вероятность отказа
	Частота отказов
	Интенсивность отказов
	Средняя наработка до отказа
	Параметр потока отказов
	Среднее значение параметра потока отказов
	Средняя наработка на отказ
Долговечность	Пробеги между ТО и Р
	Назначенный ресурс
	Гарантийный срок службы
	Гамма-процентная наработка
	Срок службы до списания
Ремонтопригодность	Среднее время простоя в ремонте
	Среднее время восстановления
	Средняя трудоемкость восстановления
	Средняя стоимость ремонта
Сохраняемость	Срок сохраняемости
	Среднее время исправного состояния при хранении
Комплексные показатели надежности	
Коэффициент готовности	
Коэффициент оперативной готовности	
Коэффициент простоя	
Коэффициент технического использования локомотивов	
Коэффициент затрат на техническое обслуживание и ремонт	
Ремонтоемкость	

7.10 Управление персоналом

Человеческий аспект в организационных изменениях является фундаментальным, потому что именно поведение людей в организации – руководящих, технических кадров, исполнителей – в конечном итоге определяет, что можно изменить и какую это даст пользу. Это происходит потому, что **организация – человеческая система**. Люди должны понимать, хотеть и иметь возможность претворить в жизнь изменения, которые на первый взгляд могут показаться чисто техническими или структурными, но фактически определенным образом на них повлияют.

Системы управления качеством также являются человеческими системами – они создаются людьми, управляются людьми и служат людям. И они хороши или совершенны настолько, насколько профессиональны и способны люди, создающие эти системы. Однако даже если все проблемы, о которых шла речь, решены, остается еще один из ключевых моментов, на котором следует заострить внимание. Какие результаты достигнуты от внедрения системы управления качеством? Достигнуты ли ожидаемые улучшение продукции, эффективность сервиса, и удовлетворены ли потребители, пользователи и персонал?

Поэтому необходимы методологии, основанные на систематическом подходе к решению проблем и одновременно учитывающие человеческий аспект любых изменений, позволяющие не только избежать упомянутых трудностей, но и достигнуть существенных, измеряемых результатов.

Персонал является неотъемлемой частью любой организации, т.к. любая организация представляет собой взаимодействие людей, объединенных общими целями. Поэтому **управление персоналом**, впрочем, как и организацией в целом, является необходимым элементом этого взаимодействия.

Можно выделить несколько подходов управления персоналом:

- 1) институциональный;
- 2) содержательный;
- 3) организационный;
- 4) подход, полагающий объектом системы управления персоналом процесс целенаправленного взаимодействия и взаимовлияния в совместной продуктивной деятельности управленцев и персонала.

Исходя из этого, можно говорить об управлении персоналом как системе, которая имеет объект и субъект управления, между которыми существуют организационные и управленческие отношения, а также функции управления, которые реализуются через систему определенных методов.

Управление персоналом, являясь социальным, содержит в себе несколько аспектов.

В частности, выделяют следующие аспекты управления персоналом:
- технико-экономический;

- организационно-экономический;
- правовой;
- социально-психологический;
- педагогический.

Система управления персоналом является непременной составляющей управления и развития любой организации, она является объективной, т.к. возникает с возникновением самой организации и не зависимо от чьей-то воли. Являясь, по сути, одной из важнейших подсистем организации, система управления персоналом определяет успех ее развития.

Мотивация труда занимает центральное место в управлении персоналом на ж.-д. транспорте. Максимально эффективное использование человеческого капитала сотрудников – важная задача каждой организации.

Комплексный подход к управлению мотивацией персонала предполагает использование максимально широкого набора средств воздействия на мотивацию персонала.

Система мотивации в ОАО «РЖД» не только соответствует классическим теориям и практике передовых компаний, но и учитывает многие специфические особенности ж.-д. транспорта: масштабность; непрерывность технологического процесса; многочисленность и территориальную разобщенность предприятий; использование автоматизированных систем управления; высокий динамизм перевозочного процесса; необходимость обеспечения безопасности движения и т.д.

Настоящая система организации управления персоналом в ОАО «РЖД» разрабатывается с целью реализации:

- 1) стратегической программы развития ОАО «РЖД»;
- 2) функциональной Стратегии развития кадрового потенциала ОАО «РЖД»;
- 3) единой системы управления персоналом в рамках Холдинга.

Потребность в формировании единой системы управления персоналом в ОАО «РЖД» связана с особенностями работы Холдинга в рамках единого технологического процесса. Такой подход требует обеспечения единых стандартов работы в области управления персоналом, высокого профессионального уровня и эффективности использования кадрового потенциала компании, а также удовлетворения потребностей в качественных кадровых ресурсах.

В дальнейшем, после завершения структурной перестройки Холдинга, планируется перейти к централизации функций управления персоналом, т.е. сформировать кадровый корпоративный центр, который будет реализовывать ключевые стратегические и операционные функции в области управления персоналом.

Такой подход качественно повысит уровень контроля над системой управления, расширит возможности маневрирования персоналом Холдинга и позволит эффективно решать проблемы в области управления персоналом.

7.11 Управление затратами на обеспечение качества

Обеспечение качества продукции связано с затратами. **Качество продукции** должно гарантировать потребителю удовлетворение его запросов, ее надежность и экономию затрат. Эти свойства формируются в процессе всей воспроизводственной деятельности предприятия, на всех ее этапах и во всех звеньях. Вместе с ними образуется стоимостная величина продукта, характеризующая эти свойства от планирования разработок продукции до ее реализации и послепродажного обслуживания. На рис. 7.1 представлена цепочка формирования затрат и стоимости товара или услуги.



Рис. 7.1. Цепочка формирования затрат и создание стоимости продукции

Данная цепочка позволяет конкретизировать принцип гарантии качества и увидеть когда, т.е. на каком этапе деятельности и где, в каком подразделении, он реализуется. Поскольку за каждый этап и подразделение несет ответственность руководитель, становится ясно, кто отвечает за качество продукции.

То, что подразумевается под гарантиями, есть технические, технологические, экологические, эргономические, экономические и иные показатели качества, которые и обеспечивают удовлетворение запросов потребителя.

Анализ величины затрат предприятия на обеспечение качества выпускаемой им продукции базируется на большом объеме информационных материалов, имеющих различную природу и характеризующих соответствующую проблему с разных сторон. Сбор данных для анализа затрат на обеспечение качества должен быть увязан с непосредственными целями такого анализа, налагающими определенные ограничения на характер требующихся информационных материалов.

Так, например, при анализе брака рассчитывают **абсолютные и относительные показатели**.

Абсолютный размер брака представляет собой сумму затрат на окончательно забракованные изделия и расходов на исправление исправимого брака (Аб).

Абсолютный размер потерь от брака получают вычитанием из абсолютного размера брака стоимости брака по цене использования, суммы удержаний с лиц-виновников брака и суммы взысканий с поставщиков за поставку некачественных материалов (АП.б.).

Как правило, Аб \geq АП.б.

Относительные показатели размера брака и потерь от брака рассчитывают процентным отношением абсолютного размера брака или потерь от брака соответственно к производственной себестоимости товарной продукции.

Технический анализ основан на рассмотрении графиков движения рынка, точнее, двух его компонентов – ценовых движений и движений объемов торговли за определенный период времени. Главным объектом анализа является цена, так как изучение ценовых движений удобно и информация об этом общедоступна. Именно **цена** – главный уравнитель спроса и предложения на рынках.

Экономический анализ представляет собой экономическую науку, которая изучает экономику организаций, их деятельность с точки зрения оценки их работы по выполнению бизнес-планов, оценки их имущественно-финансового состояния и с целью выявления неиспользованных резервов повышения эффективности деятельности организаций.

Предметом экономического анализа является имущественно-финансовое состояние и текущая хозяйственная деятельность организаций, изучаемая с точки зрения ее соответствия заданиям бизнес-планов и с целью выявления неиспользованных резервов повышения эффективности работы организации.

Содержание экономического анализа – это всестороннее и детальное изучение на основе всех имеющихся источников информации различных аспектов функционирования данной организации, направленное на улучшение её работы путем разработки и внедрения оптимальных управленческих решений, отражающих резервы, выявленные в процессе проведения анализа, и пути использования этих резервов.

Экономическая эффективность предполагает соотношение полученного результата и затрат, произведенных для его получения.

Из определения экономической эффективности можно сформулировать две основные задачи: **прямую** – достижение максимального эффекта при заданном уровне затрат (что чаще всего обуславливается ограниченностью ресурсов) и **обратную** – достижение заданного эффекта при мини-

мальных затратах. Каждому предприятию за время своей деятельности приходится решать как ту, так и другую задачу.

7.12 Сертификация продукции и систем качества

Сертификация в общепринятой международной терминологии определяется как установление соответствия. Национальные законодательные акты различных стран конкретизируют: соответствие чему устанавливается, и кто устанавливает это соответствие.

Сертификация – это документальное подтверждение соответствия продукции определенным требованиям, конкретным стандартам или техническим условиям.

Сертификация продукции представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью подтверждения посредством сертификата соответствия, что продукция отвечает определенным стандартам или другим нормативно-технической документации.

Для того чтобы завоевать популярность на рынке и доверие потребителя, крайне важно не только уделять внимание разработке рекламных и маркетинговых стратегий, но и использовать другие формы взаимодействия с клиентом. Одной из них является сертификация. Предоставление потенциальному клиенту объективной и достоверной информации о соответствии уровня качества продукта установленным стандартам и нормам – мощный инструмент продвижения товаров на рынке, который по достоинству оценили многие компании.

Для выполнения сертификации осуществляется определенный перечень проверок и исследований, по результатам которых осуществляется сертификация и выдача документа государственного образца. Каждая группа товаров и услуг имеет свои требования к сертификации. Она может проводиться как в обязательном порядке, так и по собственной инициативе руководства компании. **Обязательной сертификация является** в том случае, если производимая продукция или предоставляемые услуги входят в законодательно установленный список. Игнорирование этого правила может привести к признанию деятельности предприятия незаконной.

Это позволяет руководству компании-производителя избежать административной ответственности и позволяет вести деятельность организации без каких-либо ограничений.

Даже если продукция компании не входит в список обязательной сертификации, провести эту процедуру на добровольной основе весьма полезно. Данное мероприятие имеет ряд преимуществ как для потребителя, так и для производителя. Задача выбора наиболее качественной и безопасной продукции, которая стоит перед покупателем, значительно облегчается. Для производителя же эта процедура является эффективным способом увеличения потока клиентов, что делает обращение в орган по сертификации просто необходимым для каждого, кто хочет расширить воз-

возможности своего бизнеса и вывести свою деятельность на качественно новый уровень.

Сертификация – это надежный инструмент взаимодействия с целевой аудиторией, не требующий значительных финансовых затрат и обладающий мощным экономическим эффектом.

Сертификация системы управления качеством – это высокоэффективный рыночный инструмент, так как сертификат, выданный авторитетной международной организацией, признается во всем мире как осязаемое свидетельство качества, которого вправе ожидать потребитель или заказчик. За рубежом требование наличия авторитетного сертификата стало обязательным.

Современная система качества – это совершенствование системы управления предприятием, непосредственное участие в решении проблем качества всех сотрудников. Это и обучение основным методам обеспечения качества всех сотрудников сверху донизу, и мотивация работников к высококачественному труду.

Направленность сертификации в последние годы переместилась от сертификации продукции к сертификации систем качества. Это связано с тем, что во втором случае покупатель уверен, что качество всей продукции данного предприятия находится на высоком уровне. Полученный сертификат распространяется не только на управляющую компанию, но и на все ее подразделения, филиалы и дочерние компании, входящие в ее состав.

Международная сертификация включает два этапа: подготовку к сертификации и непосредственно процесс сертификации. Эти два этапа выполняются различными организациями.

Подготовка к сертификации предполагает следующее: оценку действующего производства – так называемый оценочный аудит; разработку и внедрение систем качества; подготовку необходимых документов: приказов и распоряжений, мероприятий, методик, отчета; написание руководства по качеству, пакета документированных процедур, описание основных бизнес-процессов организации; разработку политики в области качества; консультации по внедрению; предварительный аудит; сертификационный аудит и выдачу сертификата; обучение специалистов компании: высшего звена, среднего звена и исполнителей по специально разрабатываемым программам.

Международная практика сертификации помогает:

- 1) устранять технические барьеры, возникающие при сертификации продукции;
- 2) обеспечивать ее беспрепятственное продвижение на соответствующих рынках.

Самой крупной международной организацией является **Генеральное соглашение по тарифам и торговле (ГАТТ)**. Соглашение содержит специальные рекомендации для его участников (более 100 стран) в области стандартизации и сертификации.

Библиографический список

1 Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учебник для вузов / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. М.М. Кане. – СПб. : Питер, 2009. – 560 с.

2 **Басовский, Л.Е.** Управление качеством : учебник / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 224 с.

3 **Ильенкова, С.Д.** Управление качеством: учебник для вузов / С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова, В.С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 352 с.

4 **Мазур, И.И.** Управление качеством: учеб. пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М. : Высш. школа, 2010. – 334 с.

Учебное издание

Коротков Вячеслав Михайлович
Донченко Андрей Владимирович
Зарифьян Александр Александрович
Черников Виктор Васильевич
Жулькин Михаил Николаевич
Трубицина Надежда Анатольевна
Илларионов Алексей Викторович
Склифус Ярослав Константинович

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ЛОКОМОТИВЫ»**

Часть II

Редактор Н.С. Федорова
Техническое редактирование и корректура А.В. Артамонова

Подписано в печать 15.07.15. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 14,6.
Тираж 500 экз. Изд. № 12. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, 2