

629(075)

Ш32 Синчук О. Н., Гузов Э. С.,
Дебелый В. Л., Дебелый Л. Л.

ШАХТНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗНЫЙ ТРАНСПОРТ.

ТЕОРИЯ, КОНСТРУКЦИИ,
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ



Кривой Рог - Донецк
2015

629 (075)
ШЗ2

Синчук О. Н., Гузов Э. С.,
Дебелый В. Л., Дебелый Л. Л.

**ШАХТНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗНЫЙ ТРАНСПОРТ.
ТЕОРИЯ, КОНСТРУКЦИИ,
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ**

УЧЕБНИК



Под редакцией
доктора технических наук
профессора Синчука О. Н.

Кривой Рог – Донецк

2015

УДК 622. 625. 28
ББК 39.299+33.16
Ш 31

Авторский коллектив:

О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, В. Л. Дебелый, Л. Л. Дебелый

Рекомендовано к печати Учёным советом ГВУЗ «Криворожский национальный университет» Министерства образования и науки Украины
(протокол № 7 от 24 февраля 2015 р.)

Рецензенты:

С. И. Выпаиасенко, доктор технических наук, профессор (Национальный горный университет, г. Днепропетровск)

В. В. Грбко, доктор технических наук, профессор (Винницкий национальный технический университет, г. Винница)

В. Ф. Далека, доктор технических наук, профессор (Харьковский национальный университет городского хозяйства им. академика Бекетова, г. Харьков)

Ш 31 **Шахтный** электровозный транспорт. Теория, конструкции,
электрооборудование: учебник / О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, В. Л. Дебелый, Л. Л. Дебелый; под ред. доктора технических наук, профессора О.Н. Синчука. – Кривой Рог – Донецк : ЧП Щербатых А. В., 2015 – 428 с.

ISBN 978-617-639-081-7

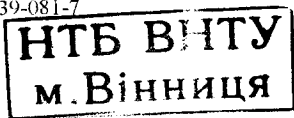
В учебнике изложены основные элементы и направления развития шахтного электровозного транспорта. Рассмотрены технологические основы электровозного транспорта, теория движения поезда, электромеханические комплексы шахтных электровозов. Особое внимание уделено современным разработкам в области систем тягового электропривода с использованием импульсных преобразователей и преобразователей частоты. Рассмотрены также тяговые сети и подстанции, тяговые аккумуляторные батареи и зарядные установки. Должное внимание уделено эксплуатации и техническому обслуживанию электровозов, а также обеспечению безопасности на электровозном транспорте. Рассмотрены вопросы расчета параметров подвижного состава с учетом специфики шахтных условий. Изложение материала иллюстрируется большим количеством рисунков, схем, графиков, дополняется необходимой справочной информацией. Достаточно подробно рассмотрены схемы и электрооборудование выпускаемых отечественных и зарубежных шахтных электровозов, рассмотрены пути их совершенствования.

Учебник может быть полезен студентам электромеханических и горных специальностей, а также работникам горной промышленности, занятым разработкой, изготовлением оборудования и эксплуатацией электровозного транспорта.

НУЧ385

УДК 622.625.28
ББК 39.299+33.16

ISBN 978-617-639-081-7



© О. Н. Синчук, Э. С. Гузов,
В. Л. Дебелый, Л. Л. Дебелый, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Общие сведения о шахтном электровозном транспорте	14
1.1 Технологические основы электровозного транспорта	14
1.2 Требования к электровозному транспорту	22
1.3 Основные элементы электровозного транспорта	26
Контрольные вопросы	29
2. Теория движения поезда	30
2.1 Силы, действующие на поезд	30
2.2 Реализация сил тяги и торможения	31
2.3 Статические сопротивления движению	36
2.4 Динамические сопротивления движению	40
2.5 Уравнение движения поезда	41
2.6 Определение параметров поезда	43
Контрольные вопросы	46
3. Виды шахтных электровозов	48
3.1 Контактные электровозы	49
3.2 Аккумуляторные электровозы	53
3.3 Высокочастотные электровозы	59
3.4 Электровозы с комбинированным питанием	63
Контрольные вопросы	66
4. Механическое оборудование электровозов	67
4.1 Несущие конструкции	68
4.2 Ходовая часть	70
4.3 Передаточные устройства	73
4.4 Тормозные устройства	75
4.5 Пневматическое и гидравлическое оборудование	78
Контрольные вопросы	83

5. Тяговые двигатели и системы электропривода	84
5.1 Системы тягового электропривода	84
5.2 Характеристики ТД постоянного тока	86
5.3 Характеристики ТД переменного тока	90
5.4 Устройство и эксплуатация ТД	93
5.5 Повышение надежности ТД	98
Контрольные вопросы	105
6. Реостатно-контакторные системы управления	107
6.1 Реостатный пуск ТД	107
6.2 Регулирование скорости ТД	108
6.3 Электрическое торможение ТД	110
6.4 Достоинства и недостатки реостатных систем управления	116
Контрольные вопросы	117
7. Импульсные системы управления	118
7.1 Структура и принципы работы	118
7.2 Входные фильтры преобразователей	121
7.3 Схемы импульсных преобразователей	122
7.4 Работа ТД при импульсном питании	126
Контрольные вопросы	130
8. Тяговые электроприводы переменного тока	131
8.1 Преобразователи частоты	131
8.2 Структура и схемы электропривода	134
8.3 Двухфазные схемы электропривода	138
8.4 Параметры асинхронных тяговых электроприводов	139
Контрольные вопросы	144
9. Схемы и электрооборудование шахтных электровозов	145
9.1 Контактные электровозы	145
9.2 Аккумуляторные электровозы	153
9.3 Вспомогательное электрооборудование	164
9.4 Перспективы совершенствования электровозов	175

Контрольные вопросы	182
10. Тяговые аккумуляторные батареи	183
10.1 Виды и характеристики аккумуляторов	191
10.2 Техническое обслуживание аккумуляторных батарей	202
10.3 Батарейные ящики	209
10.4 Выключатель автоматический батарейный ВАБ	220
Контрольные вопросы	221
11. Тяговое электроснабжение	221
11.1 Устройство и оборудование тяговых сетей	221
11.2 Расчет тяговых сетей	230
11.3 Тяговые подстанции	233
11.4 Зарядные установки	242
Контрольные вопросы	250
12. Эксплуатация и техническое обслуживание	251
12.1 Требования к эксплуатации электровозов	251
12.2 Техническое обслуживание и текущий ремонт	260
12.3 Техническое обслуживание электрооборудования	268
Контрольные вопросы	272
13. Ремонт электровозов	273
13.1 Технология ремонта	273
13.2 Ремонт механического оборудования	277
13.3 Ремонт электрооборудования	279
13.4 Смазка узлов электровоза	282
Контрольные вопросы	284
14. Оборудование подземных гаражей и камер	285
14.1 Оборудование подземных гаражей	285
14.2 Оборудование зарядных камер	288
14.3 Зарядно-разрядные устройства	290
Контрольные вопросы	293

15. Обеспечение безопасности на электровозном транспорте	294
15.1 Безопасность при эксплуатации электровозов	294
15.2 Безопасность при техническом обслуживании	297
15.3 Безопасность при перевозке людей	304
15.4 Обеспечение электробезопасности	308
Контрольные вопросы	313
16. Шахтные вагонетки и поезда	314
16.1 Шахтные грузовые вагонетки	314
16.2 Специальные вагонетки и поезда	322
16.3 Эксплуатация и техническое обслуживание	340
Контрольные вопросы	342
17. Оборудование погрузочных и разгрузочных пунктов	343
17.1 Оборудование погрузочных пунктов	343
17.2 Оборудование для передвижения вагонеток	350
17.3 Оборудование разгрузочных пунктов	357
Контрольные вопросы	360
18. Проектирование локомотивной откатки в угольных шахтах	361
18.1 Расчет параметров подвижного состава	361
18.2 Определение числа локомотивов и расхода энергии	368
Контрольные вопросы	370
19. Система управления движением	371
19.1 Организация движения поездов	371
19.2 СЦБ на шахтном транспорте	375
19.3 Управление стрелочными переводами	380
19.4 Сигнализация и связь на транспорте	391
Контрольные вопросы	405
Литература	406
Приложение. А. Технические характеристики шахтных электровозов .	408
Б. Новое электрооборудование	420

ВВЕДЕНИЕ

Топливо-энергетический и горно-металлургический комплексы Украины, имея определяющее влияние на состояние экономики государства, социальную сферу и уровень жизни людей, в последние десятилетия претерпевают сложный процесс как внутренних, так и внешних глобальных изменений, связанных с новыми для страны экономическими и политическими условиями [1-3].

По данным западных экспертов, мировых запасов нефти и газа хватит на 80-90 лет, угля – на 350 лет, запасов угля в Украине – на 400 лет. Это дает возможность рассматривать современную угольную энергетику как приоритетную, а уголь – как основной энергетический ресурс Украины. Так, если в 1995 г. потребность Украины в энергетическом угле составляла 115 млн. т, то после 2000-го года объемы спроса на разные виды угля составили 170-172 млн. т, в том числе 118-120 млн. т для энергетики [1].

Важное место в экономике Украины занимает железорудная промышленность. Годовое потребление железной руды на душу населения является одним из важнейших показателей индустриализации страны. Например, в Японии оно составляет около 1000 кг, в Германии – 510 кг, в Китае – 218 кг. Среднемировое потребление железа в настоящее время – около 182 кг в год на душу населения. Учитывая современный уровень железо добывающего производства, нынешних статических запасов железной руды человечеству хватит на 140 лет.

Украина располагает крупной минерально-сырьевой базой железных руд, которая представлена 80 месторождениями, 23 из которых эксплуатируется (58 % разведанных запасов). Отрадно, что в последние года наблюдается устойчивая тенденция роста объемов производства на железорудных предприятиях [2]. Не безинтересен и тот факт, что в способах добычи полезных ископаемых снова акцент делается на подземные способы, которые экологически целесообразны, а также имеют бесспорные преимущества в качестве добываемого сырья.

Согласно ряду государственных программ с 2002 года прекращено необоснованное закрытие угольных и рудных шахт, предусмотрено возрождение отраслей в направлении, прежде всего, реконструкции действующих горных предприятий. К 2010г. было намечено довести до 40 количество шахт с объемом добычи свыше 1 млн. т. угля в год за счет применения отечественной техники, которая должна соответствовать требованиям соответствующих международных стандартов и новым технологиям угледобычи. При этом общее число предприятий, пройдя соответствующую реструктуризацию, составит 159 шахт и три разреза.

Не умоляя роли и необходимости структурных изменений в отрасли, отметим, что второй не менее важной слагаемой двуединой системы ожидаемых комплексных изменений, является изношенность и большая

энергоёмкость используемого оборудования. Решение этой части проблемы (модернизация, замена и т.д.) требует колоссальных средств и усилий*. Определяющей проблемой продолжает оставаться энергосбережение, а точнее, эффективное использование энергии вообще и электрической в частности. В ситуации, когда затраты на электроэнергию в среднем по отрасли составляют около 20 %, а по отдельным подразделениям – 50 % и более, в общей себестоимости угледобычи, ожидать должного эффекта не приходится**. Проблема энергосбережения должна решаться на каждом технологическом объекте, на каждом участке производства. Это тем более важно, поскольку отрасль находится в начале процесса стабильного улучшения экономических показателей [2,3].

По-прежнему важным и требующим внимания к себе, как к звену целостного технологического процесса добычи полезного ископаемого остается процесс его транспортировки, поскольку затраты при этом довольно велики и во многом определяют себестоимость угля, а следовательно конкурентоспособность его как на внутреннем, так и на внешнем энергорынках. В среднем по отрасли на 1 грн. затрат на добычу угля около 30 коп. - это затраты на транспортирование последнего. В связи с естественным понижением глубин добычи полезных ископаемых затраты на их транспортировку естественно будут продолжать увеличиваться***.

Уже в 2003 году на большинстве шахт Украины добыча угля проводилась вблизи границ шахтного поля при значительной протяженности «транспортного коридора» от ствола до очистного забоя (до 9,7 км.). В дальнейшем этот «коридор» увеличится.

Основным видом транспорта, как в угольных, так и в рудных шахтах, на отечественных предприятиях продолжает оставаться электровозный, который за последние 25 лет практически не претерпел необходимых и ожидаемых технических усовершенствований. Вместе с тем, локомотивный транспорт сохраняет свое доминирующее положение при доставке грузов и людей в подземных выработках. Существующий парк рудничных локомотивов в отечественных шахтах, а это около 4-х тысяч электровозов 20-ти типов, состоит из аккумуляторных (80 %), контактных электровозов (12 %) и гировозов (8 %). Все отечественные рудничные электровозы оборудованы тяговыми двигателями постоянного тока последовательного возбуждения.

Стремительное развитие в последние десятилетия силовой электроники и микроэлектроники позволило создавать высокоэффективные преобразователи и системы управления для тягового электропривода.

* по данным ряда экспертов на техническое переоснащение ТЭК Украины потребуется 35...40 млрд грн..

** в 1990 г. по Угольной отрасли СССР удельный вес затрат на электроэнергию в общих затратах на добычу угля подземным способом составил 4-5%.

*** в 2003 г. средняя глубина донецких шахт достигла 700 м, 15% шахт имели глубину около 1000 м. В 2010 году эти цифры составят соответственно 950 м и 35%.

Применение полупроводниковых преобразователей в тяговом электроприводе по сравнению с традиционными реостатными системами управления имеет весомые преимущества:

- уменьшение расхода электроэнергии на величину потерь в резисторах при пуске и регулировании скорости;
- плавное регулирование без толчков тока и момента, что повышает надежность механических систем, а также дает возможность увеличить тяговые и тормозные усилия и вес состава;
- бесконтактные схемы более надежны и требуют меньших затрат на обслуживание электрооборудования;
- открываются возможности автоматизации управления электроприводами с использованием оптимальных режимов, ограничением опасных режимов и др.;
- особенно ощутимы преимущества новых систем управления применительно к аккумуляторным электровозам, имеющим источник питания с ограниченным ресурсом.

В электрической тяге уже длительное время развиваются параллельно два направления в разработке и применении полупроводниковых преобразователей для тяговых электроприводов:

1. импульсные преобразователи для управления традиционными тяговыми двигателями постоянного тока;
2. преобразователи частоты для управления тяговыми двигателями переменного тока.

Оба направления имеют свои достоинства и недостатки: в первом направлении используются более простые преобразователи с более дорогими и менее надежными тяговыми двигателями постоянного тока, во втором наоборот - более сложные и дорогие преобразователи частоты с простыми и надежными тяговыми двигателями переменного тока.

Основные варианты направлений совершенствования тяговых электроприводов рудничных электровозов поясняются рис. В.1.

Перспективное, как в техническом, так и в экономическом плане, направление совершенствования существующего тягового электропривода: двигатели постоянного тока – импульсные преобразователи, в практике электровозостроения реализовано недостаточно.

К сожалению, немало перспективных научных разработок и конструкторских решений в этой области дальше экспериментальных образцов не пошли. Это не позволило достичь требуемого уровня эффективности внутришахтного транспорта, хотя разработки как отечественных, так и зарубежных ученых Л.В. Бирзникса, В.А. Бунько, С.А. Волотковского, В.Г. Вакульчика, И.И. Гаевской, Т.А. Глазенко, Э.С. Гузова, Ю.М. Инькова, Г.А. Кигеля, В.Б. Клепикова, В.Н. Кордакова, В.Г., Любарцева, Ю.Н. Мальца, Г.П. Оага, В.Х. Пироженко, Г.Г. Пивняка, Г.В. Радковской, И.Я. Раныка, Ю.С. Ремхи, А.А. Ренгевича, Н.А. Ротанова, О.Н. Синчука, Ю.П. Сердюкова, Л.Н. Трахмана, Б.Н. Тихменева, В.Д. Фурсова, А.А. Чернышева, В.И. Чернявского,

Н.И. Шулина, Bertie Oberg, L. While и ряда других позволили заложить научно-практический фундамент для успешной реализации анализируемых эффективных идей.

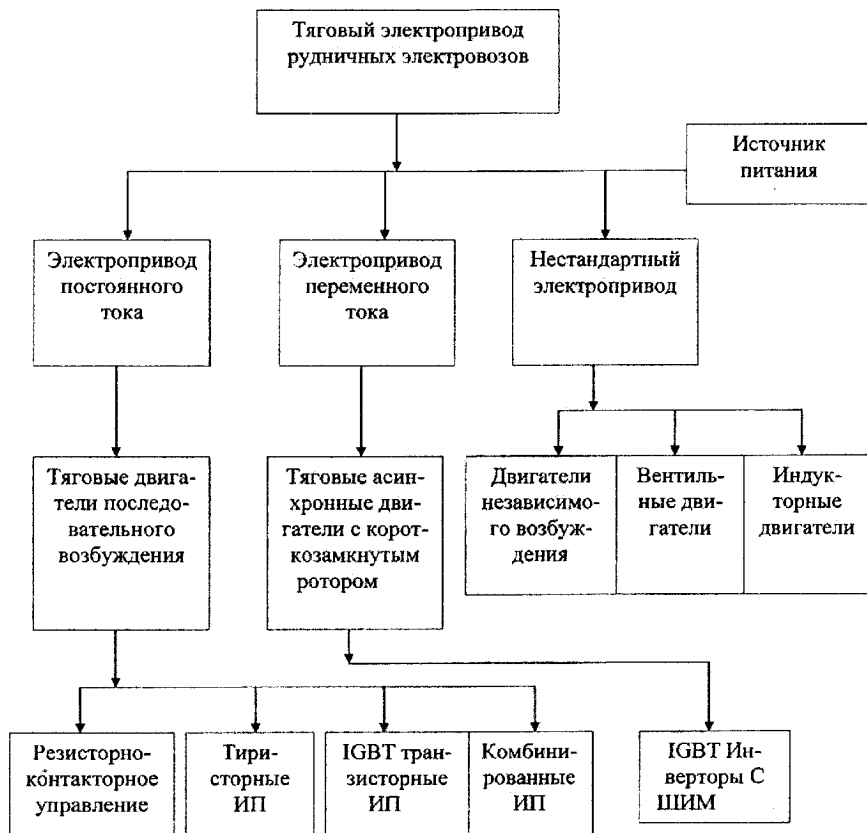


Рис. В.1. Основные варианты совершенствования СУ ТЭП рудничных электровозов

Это тем более важно, поскольку, в мировой практике имеется положительный опыт реализации подобных весьма эффективных научно-технических решений.

Вместе с тем, необходимо иметь ввиду, что недостаточно обоснованное перенесение положительных результатов использования импульсных систем управления электроприводами общепромышленных механизмов и даже тяговыми электроприводами электромобилей, магистральных и промышленных электровозов, как наиболее близкими по функциональным особенностям, к условиям рудничных электровозов, ожидаемого научно - технического эффекта

не принесет. Это обусловлено весьма влияющей на работоспособность и надежность спецификой рудничной электровозной откатки.

Надежность работы электрооборудования электровозов в подземных условиях по-прежнему остается крайне низкой. Срок службы тяговых двигателей в среднем не превышает нескольких месяцев, контролеров – 3...4-х месяцев, аккумуляторных батарей – около 6 месяцев. Только на ремонт и замену АБ электровозов ежегодно в отрасли расходуется десятки миллионов гривен. При этом, к вышеизложенному следует добавить известную истину, что около 50 % потребляемой рудничным электровозом электрической энергии теряется в пуско-регулирующих реостатах.

Конечно, в разные времена своего технического развития электротранспорт вообще и рудничный в частности всегда были своего рода «полигоном» для испытаний новых видов электроприводов. И это при том, что возможности использования достижений современной полупроводниковой техники, массового производства GTO-тиристоров, IGC-тиристоров, IGB-транзисторов и других элементов раскрывают перед отечественными разработчиками систем тягового электропривода с импульсными преобразователями реальные перспективы и возможности. Однако, увлечение суперновыми полупроводниковыми приборами, механическая замена ими обычных однооперационных тиристоров, приводит к созданию дорогих устройств, потребляющих непростительно много электроэнергии.

Одной из актуальнейших задач для угольной и рудной отраслей Украины является разработка энергосберегающего тягового электропривода с компактными и экономичными импульсными преобразователями для рудничных электровозов. Это тем более актуально, поскольку в последние 10-15 лет достигнуты ощутимые научно-практические результаты в создании эффективных систем тягового электропривода.

Трансформируя эти достижения непосредственно в практическое применение, дальнейшее совершенствование тяговых импульсных преобразователей видится в использовании более эффективного способа коммутации, а именно, E-коммутации с применением IGB-транзисторов.

При этом реально создание тяговых электроприводов рудничных электровозов, с высокими энергетическими показателями при существенно небольшой массе и объеме и не требующих значительных капитальных затрат на внедрение. Однако для этого необходимо решить задачи, связанные с освоением современной элементной базы, в первую очередь, со сверхмалыми временами переключений. Актуально и обеспечение высоких эксплуатационных показателей аккумуляторной батареи за счет плавного переключения секций и снижения токовых нагрузок. Возможно и дальнейшее повышение экономичности работы тяговых электродвигателей и электропривода в целом за счет исключения сглаживающего дросселя и снижения уровня пульсаций тока путем обоснованного повышения частоты ШИМ преобразователя. Для обеспечения экономичных режимов работы

электропривода актуальна разработка алгоритмов и систем управления на микропроцессорной основе.

Наряду с несомненными достоинствами тяговый электропривод по системе ИП-ТД имеет недостатки, обусловленные применением тягового двигателя постоянного тока.

По данным эксплуатации межремонтный срок службы тяговых двигателей составляет 2-3 месяца. Столь низкая надежность объясняется с одной стороны необычайно тяжелыми условиями эксплуатации, с другой – недостатками самих двигателей.

Анализ повреждений тяговых двигателей показывает, что наиболее уязвимыми являются коллекторный узел и обмотка якоря, на долю которых приходится около 80% повреждений – это повреждения, связанные со спецификой машин постоянного тока. Замена тяговых двигателей постоянного тока в этих условиях на асинхронные позволит увеличить их надежность приблизительно в 5 раз и соответственно уменьшить затраты на их ремонт и обслуживание.

В этом плане экономически выгодным представляется коренным образом изменить стратегию модернизации существующего и определить направления создания принципиально нового парка рудничных электровозов, а именно:

- использовать в качестве тягового асинхронный короткозамкнутый двигатель, более надежный и неприхотливый в эксплуатации, меньших габаритов и стоимости, обладающий жесткой характеристикой, гарантирующей высокие противобуксовочные свойства локомотива;
- для частотного регулирования ТАД использовать IGB- транзисторные инверторы, при этом из силовой цепи исключается практически вся контакторная аппаратура, кроме ходового (линейного) контактора, который переключается в обесточенном состоянии.

Несмотря на высокую стоимость АИН по сравнению с ИП постоянного тока, реальная суммарная стоимость мотор-комплекта электрооборудования переменного тока будет меньше, чем постоянного тока, тем более, что наметилась устойчивая тенденция к снижению стоимости IGB-транзисторов.

Таким образом, новые технологии при соответствующем научном подходе позволяют создать рудничный электровоз с тяговым IGB-транзисторным электроприводом переменного тока, обладающим:

- высокими тягово-энергетическими показателями;
- более высокой надежностью и увеличенным ресурсом работы электрооборудования;
- меньшей стоимостью в изготовлении, обслуживании и ремонте;
- перспективой увеличения использования силы тяги в прежних массогабаритных объемах.

Работы по созданию ТЭП на базе ТАД ведутся в ряде развитых в транспортном отношении стран, начиная с 60-х годов прошлого столетия.

Как свидетельствует зарубежный опыт, внедрение электроприводов переменного тока требует решения широкого круга новых проблем и, если для

магистральных электровозов направления и пути развития системы, в целом, определены, то для рудничных требуют своего исследования. Обусловлено это прежде всего спецификой рудничных электровозов, жесткими ограничениями массогабаритных показателей, требованиями к исполнению электрооборудования (РН, РП или РВ), резкоизменяющимися режимами эксплуатации в силу условий добычи полезных ископаемых подземным способом.

Обе рассмотренные системы тягового электропривода могут быть эффективно использованы как для модернизации существующих, так и для комплектации новых электровозов. Однако наиболее целесообразно использовать систему ИП-ТД для модернизации существующего парка электровозов (учитывая меньшие стоимость и габариты ИП), а систему АИН-ТАД – для оснащения новых электровозов.

При подготовке учебного пособия использованы результаты многолетних научных исследований и разработок авторов учебного пособия, а также ведущих отечественных и зарубежных специалистов в области электровозного транспорта.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ШАХТНОМ ЭЛЕКТРОВОЗНОМ ТРАНСПОРТЕ

1.1 Технологические основы электровозного транспорта

Шахтный электровозный транспорт предназначен для [4]:

- приема и транспортирования полезного ископаемого из очистных и подготовительных забоев до околоствольного двора (на шахтах с вертикальным стволом) или до поверхности (на шахтах с наклонным стволом или штольней);
- приема и транспортирования породы или горной массы из подготовительных забоев до околоствольного двора, или поверхности;
- транспортирования различных видов оборудования и материалов от околоствольного двора или поверхности (при наличии наклонного ствола или штольни) до очистных и подготовительных забоев и других производственных объектов в шахте, а также в обратном направлении, включая погрузку, перегрузку и разгрузку перевозимых грузов;
- транспортирования закладочных материалов от места их поступления в шахту или производства в шахте до мест закладки в выработанное пространство;
- перевозки людей от околоствольного двора или поверхности (при наличии наклонного ствола или штольни) к местам работы в шахте и в обратном направлении в начале и конце смены, а также перевозки лиц технического надзора и ремонтных рабочих по шахте в течение смены.

Число наименований вспомогательных грузов, используемых в угольных шахтах, достигает более 2000, к ним относятся: лесоматериалы (шпалы, стойки, затяжки), элементы металлической крепи (арочная крепь, балки), оборудование (комбайны, конвейеры, двигатели, комплексы), насыпные материалы (щебень, песок, цемент, инертная пыль), наливные материалы, длинномерные материалы (лес, рельсы, трубы). Для перевозки таких материалов, обладающих определенными габаритами (длиной, высотой, шириной) и значительной массой, требуются специальные транспортные устройства и приспособления с соответствующими параметрами. Трудоемкость доставки вспомогательных грузов составляет 30-40% общей трудоемкости работ на подземном транспорте.

Различают два вида транспорта:

- внутренний — для перевозки грузов и людей в пределах горного предприятия;
- внешний — для перевозки полезного ископаемого с горного предприятия к сети поверхностных дорог или непосредственно потребителю, а также для доставки на горное предприятие необходимых машин, оборудования и материалов.

Внутренний транспорт в зависимости от вида груза разделяют на:

- при одинаковых условиях движения и одинаковом нагрузочном токе развивает больший вращающий момент, в связи с чем вызывает меньшее колебание мощности, потребляемой из сети, при изменении нагрузки;
- основной — для перевозки полезного ископаемого (горной массы) от забоя до средств внешнего транспорта;
- вспомогательный — для доставки машин, оборудования, материалов, а также людей к месту работы и обратно.

При проведении горных выработок пустую породу и поступающие в шахту закладочные материалы можно перевозить как основным, так и вспомогательным транспортом.

По территориальному признаку и месту работы внутренний транспорт, кроме того, разделяют на подземный (забойный, участковый, магистральный и по наклонным стволам) и поверхностный (от ствола до внешнего транспорта).

По способу действия все транспортные установки делят на две группы: 1) непрерывного и 2) периодического (циклического) действия.

Транспортные установки непрерывного действия могут создавать непрерывный поток перемещаемого груза. К таким установкам относят все типы конвейеров, устройства гравитационного (самотечного), гидравлического и пневматического транспорта.

Транспортные устройства периодического действия перемещают груз отдельными порциями, размещаемыми в транспортных сосудах (вагонетках, скипах, платформах, секционных поездах, поддонах, контейнерах и др.). К установкам периодического действия относят все разновидности рельсового, монорельсового и безрельсового колесного транспорта.

Перемещение горной массы из забоев до рельсовых путей называют доставкой, по рельсовым горизонтальным и наклонным (до 30°) путям - откаткой; по рельсовым путям с углом наклона >30° и конвейерами по наклонным стволам шахт (независимо от угла наклона) - подъемом.

Шахтный электровозный транспорт является типичной универсальной системой, предназначенной для перевозки полезного ископаемого от очистных забоев и пустой породы от подготовительных в околоствольный двор, материалов и оборудования из околоствольного двора к очистным и подготовительным забоям и в обратном направлении, людей к месту работы и обратно [5].

Главной транспортной операцией, на которой занята большая часть транспортных средств, является перевозка полезного ископаемого, остальные перевозки относятся к вспомогательным. Применяемые на электровозном транспорте параметры подвижного состава и организация ведения транспортных работ зависят в первую очередь от производственной мощности предприятия, объемов и расстояния транспортирования грузов на рабочих горизонтах, принятых схем вскрытия и подготовки месторождения, применяемых систем разработки и типов погрузочно-разгрузочного оборудования.

Основным технологическим параметром шахтного электровозного транспорта является пропускная способность, т. е. возможность принять и перевезти определенное количество полезного ископаемого в единицу времени. Обязательным технологическим требованием является выполнение условия

$$P_p \geq Q_p \text{ или } P_p \geq Q_T \cdot K_B,$$

где P_p – расчетная пропускная способность системы в единицу времени, условия эксплуатации учитываются с помощью коэффициента K_B использования во времени звеньев системы;

Q_T – техническая производительность системы в единицу времени;

Q_p – расчетный грузопоток в единицу времени.

На горнодобывающих предприятиях черной металлургии годовой объем добычи товарной руды подземным способом в среднем составляет: на руднике 4-10, на шахте 2-6, на отдельном добычном горизонте 1,5-4,5 млн. т. Объем выдаваемых на поверхность пустых пород, полученных при проведении горных выработок и из очистных забоев, достигает 500—800 тыс. т в год. Длина транспортирования грузов на горизонтах в зависимости от горногеологических условий, применяемых схем вскрытия и подготовки рудных залежей и глубины разработки колеблется в широких пределах. Средняя длина откатки по всему маршруту движения состава в течение одного рейса составляет 2-6 км.

В рудных шахтах транспортировка руды осуществляется с помощью контактных электровозов со сцепной массой 7-14 т. Наиболее широко используются электровозы К14. Для транспортировки горной массы из очистных забоев применяются вагонетки ВГ-4, ВГ-4М и УВГ-4 с глухим не опрокидным кузовом вместимостью 4 м³, а также ВГ-8 вместимостью 8 м³. Удельный вес этих вагонеток составляет 85-90 % общего вагонеточного парка. Вагонетки с откидным бортом (УББ-1,6, УВБ-2,5, УВБ-4,0) и опрокидным кузовом (УВО-0,5, УВО-0,8) используются для вывозки породы от мест ведения горнопроходческих работ.

Для транспортировки железных руд, объемная насыпная масса которых составляет около 2,5 т/м³, составы формируют из одного электровоза К14 и 10-12 вагонеток вместимостью 4 м³; двух спаренных электровозов К14 и 16-20 вагонеток вместимостью 4 м³ или 10-12 вагонеток вместимостью 8 м³. Транспортирование материалов и оборудования осуществляется в специально оборудованных вагонетках или на лафетах (на базе вагонеток ВГ-4).

Транспортировка руды электровозами ведется на каждом горизонте либо через три этажа и более при едином концентрационном горизонте. Руда на концентрационные горизонты перепускается непосредственно у рудной залежи через капитальные рудоперепускные восстающие. Это устраняет жесткую зависимость процессов выпуска и доставки руды от подземного транспорта, позволяет вести усреднение руды, выдаваемой на поверхность, использовать составы с большой грузоподъемностью, полностью автоматизировать откатку.

При электровозном транспорте применяются тупиковые, кольцевые и комбинированные схемы транспортирования руды из очистных забоев.

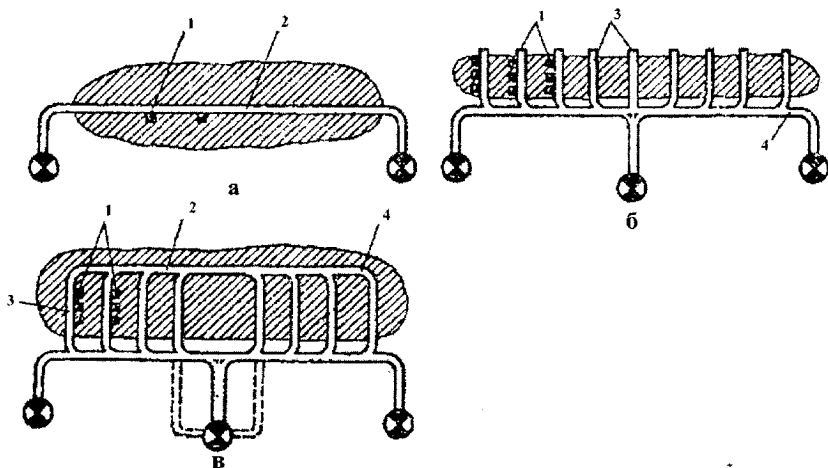


Рис 1.1. Схемы транспортирования руды по откаточным горизонтам шахт.

444385

Тупиковые схемы используются при отработке рудных залежей небольшой мощности. В зависимости от способа подготовки залежей к выемке схемы подразделяются на тупиковые без заездов и тупиковые с заездами (рис. 1.1, а и б). В первом случае подготовка залежи осуществляется проведением со стороны лежачего бока рудных 2 или полевых 4 штреков, в которых и производится погрузка руды в вагонетки. Во втором случае вкрестпростирания залежи проводятся орты-заезды 3, в которых оборудуются погрузочные пункты 1. В случае применения тупиковых схем транспорта сокращается протяженность откаточных выработок, но одновременно ограничивается их пропускная способность из-за дополнительных маневров на погрузке и движении составов в двух направлениях по одному пути. Для повышения производительности откатки при тупиковой схеме составы комплектуют двумя электровозами, устанавливая один в голове, другой в хвосте состава.

При кольцевых схемах (рис. 1.1, в) предусматривается одностороннее движение составов, тем самым обеспечивается высокая пропускная способность транспортных выработок, что позволяет организовать поточное движение поездов. Кольцевые схемы транспорта, несмотря на увеличенную длину откаточных выработок, широко используются при отработке мощных рудных залежей и в тех случаях, когда производственная мощность шахт значительна. При кольцевых схемах откатки подготовка рудной залежи заключается в проведении штреков висячем и лежачем боках залежи и ортов-заездов 3 между ними.

Главные откаточные выработки (квершлаг и штреки лежачего бока) оборудуются обычно двумя ветками рельсового пути (рельсы Р-33, Р-43, Р-50) на щебеночном балласте с шириной колеи 750 мм, погрузочные выработки (орты-заезды) – одной веткой.

На откаточных горизонтах вагонетки загружаются рудой на погрузочных

пунктах, оборудованных в блоковых аккумулирующих восстающих (при скреперной доставке руды) либо непосредственно в выпускных выработках (при вибровыпуске руды из блока). Для погрузки руды из блоковых аккумулирующих восстающих применяются вибролоки типов ВПР-4, ВПР-4М, АШЛ, АШЛ-1 и другие с производительностью 15-20 т/мин. При выпуске-погрузке обрушенной горной массы из блоков используются вибрационные погрузочно-доставочные устройства ВДПУ-4ТМ и ПВУ производительностью 16-23 т/мин. В зависимости от выпускаемых запасов руды в откаточных выработках в пределах границ каждого блока оборудуется 2-7 погрузочных пунктов. Расположение погрузочных выработок относительно откаточной может быть одно- и двухсторонним. Расстояние между погрузочными пунктами принимается равным 8-12 м.

Вагонетки с глхим не опрокидным кузовом разгружаются с помощью круговых опрокидывателей, допускающих пропуск электровозов и разгрузку одновременно двух вагонеток не расцепленного состава. В случае, если опрокидыватель не приспособлен для пропуска электровоза, последний после маневров подает вагонетки на разгрузку, находясь в хвосте состава. Производительность разгрузочных комплексов в зависимости от числа одновременно разгружаемых вагонеток составляет 120 или 240 вагонеток в час.

Схема выработок околоствольного двора соответствует принимаемой схеме транспортирования руды. На откаточных горизонтах проводятся в основном кольцевые околоствольные дворы, что позволяет обеспечить поточное движение поездов и наиболее полно механизировать и автоматизировать все транспортные операции. Обычно откаточные выработки эксплуатационных горизонтов объединяются в пределах каждого рудничного поля в одну общую транспортную магистраль посредством штрека, проведенного в лежачем боку залежи.

В условиях крупных шахт производительность электровоза на эксплуатационном горизонте составляет 300-450 т. в смену. В отдельных случаях она достигает 700-800 т., а на концентрационных горизонтах – 1000-1500 т. в смену. Общая продолжительность рейса зависит от длины откатки, средней скорости движения состава, а также от продолжительности погрузочно-разгрузочных операций. В общем виде время одного рейса

$$T_p = t_{де} + t_{ногр} + t_{раз} + t_{ман} + t_{пр}$$

где $t_{де}$ – время движения состава в течение рейса;

$t_{ногр}$ – время погрузки состава;

$t_{раз}$, $t_{ман}$ – соответственно время разгрузки состава и продолжительность маневров;

$t_{пр}$ – время простоев.

Время разгрузки состава и продолжительность маневровых операций в течение одного рейса составляют 10-15 мин. В нормальных условиях погрузка состава обеспечивается в течение 10-20 мин. При наличии завесаний руды в дучках (рудоспусках) время погрузки намного возрастает.

Время движения состава по всему маршруту откатки

$$t_{\text{дв}} = L_0 / (60v_{\text{ср}}) \text{ мин.},$$

где L_0 — длина откаточных выработок по заданному маршруту движения составов, м;

$v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения состава по всему маршруту, м/с.

Скорость движения состава определяется как средневзвешенная с учетом допускаемых скоростей движения на отдельных участках и длины этих участков и составляет, км/ч:

По квершлагу для составов:

грузженных рудой.....8-10
 порожних12-20

По штреку:

лежачего бока.....5-8
 висячего бока.....3
 На съездах.....3
 Возле опрокидывателя (не более)2

Для каждого эксплуатационного горизонта составляется схема движения поездов ВШТ по откаточным выработкам. Схема движения поездов на крупных откаточных горизонтах железорудных шахт (рис. 1.2) сочетает кольцевую и тупиковую схемы откатки. Для данного откаточного горизонта предусматривается следующая организация работы. Порожняковые составы с электровозом в голове движутся из околоствольного двора (ствол № 1) по порожняковой ветви двухпутевого квершлага и южному съезду на восточный полевой штрек лежачего бока, затем по съезду в орт 7 и из него на штрек висячего бока. Из штрека висячего бока составы подаются под погрузку в орты-заезды 8-22. Грузенные рудой поезда из ортов-заездов 16-22 выезжают с электровозом в голове состава на западный полевой штрек лежачего бока, затем по съезду в районе ортов 15-16 — на восточный полевой штрек лежачего бока и через северный съезд — на грузовую ветвь квершлага. Грузенные рудой поезда из ортов-заездов 7-15 через западный полевой штрек лежачего бока попадают на грузовую ветвь квершлага прямо либо через северный съезд.

Для загрузки составов в ортах 1-6 применяется челноковая схема движения поездов с двумя электровозами (в голове и хвосте состава). Порожняковые составы подаются по порожняковой ветви квершлага, затем через южный съезд квершлага — на восточный полевой штрек лежачего бока, по соединительному съезду в районе ортов 6-7 — на западный полевой штрек и далее — в тупиковые орты под погрузку.

Груженные рудой поезда из тупиковых ортов выезжают на западный полевой штрек, по которому движутся, включаясь в общий грузовой поток, идущий к опрокидывателю ствола № 1. Разгрузившись, составы с электровозом в голове движутся по квершлагу и северному съезду на соединительный штрек лежачего бока и далее по южному съезду квершлага, где включаются в общий поток составов, идущих в орты-заезды под погрузку.

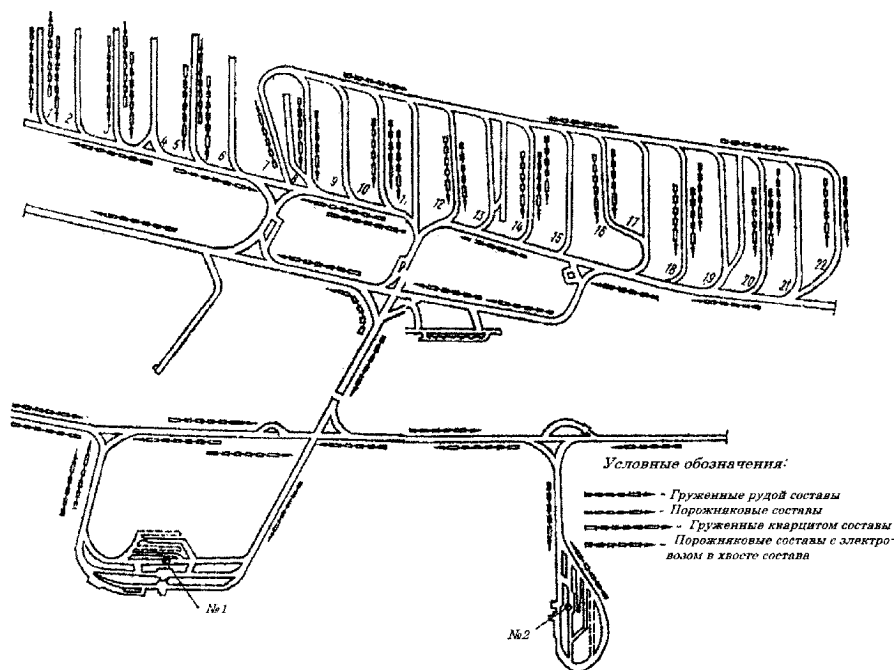


Рис. 1.2. Схема движения поездов на откаточном горизонте железорудной шахты

В случае аварии при ремонтных работах на опрокидывателе или подъеме ствола № 1 откатка осуществляется к опрокидывателю ствола № 2. Для этого грузинные рудой поезда из ортов-заездов следуют на грузовую ветвь квершлага ствола №1, затем по квершлагу и северному съезду — на соединительный штрек лежачего бока. По южному съезду квершлага ствола № 2 грузинные рудой поезда выезжают на квершлаг и направляются к опрокидывателю. Разгрузившись в опрокидывателе, составы по квершлагу ствола №2 и южному съезду выезжают на соединительный штрек лежачего бока, а затем по северному съезду — на грузовую ветвь квершлага. По съезду порожняковые составы переезжают на порожняковую ветвь и включаются в общий поток порожняка, идущего в орты под погрузку.

На горизонте вдоль всех откаточных выработок, на пересечениях и закруглениях выставляются типовые сигнальные устройства — знаки, указывающие на начало и конец кривой, пересечение путей, приближение к погрузочным пунктам, начало торможения и т. д. Езда на пересечениях и поворотах осуществляется тихим ходом, для чего за 50 м до пограничных участков устанавливается световое табло «Тихий ход». Скорость движения в районе данного сигнала не должна превышать 2 км/ч.

ВШТ на крупных горных предприятиях является самостоятельным производственным участком, имеющим службы пути, движения, тяги и диспетчерскую.

Служба пути занимается эксплуатацией рельсовых путей и контактной сети, а также поддержанием в рабочем состоянии откаточных выработок. Поэтому в подчинение начальника службы пути входят обычно две-три специализированные бригады, оснащенные парком машин, предназначенных для механизации путевых работ. В настоящее время широко используются комбайны КУВ-1 и КУВ-2 для очистки выработок, универсальные ковшевые погрузчики ПКУ-2А и комбайны ОК для очистки водоотливных канавок, самоходные краны АМШ-2К, бункера-вагоны и др. Службы пути оснащены широким ассортиментом средств малой механизации для облегчения ручного труда – домкратами, гайковертами, механизмами для изгибания рельсов и пробивки в них отверстий, переносными шпалоподбоекными машинами, устройствами для натяжения контактного провода и др.

Движение составов по откаточным выработкам организует служба движения, для чего разрабатываются графики движения электровозов и планы расстановки вагонеточного парка на начало смены, способствующие максимальной производительности откатки.

В службу тяги входят механики и бригада электрослесарей, которые осуществляют постоянный контроль состояния транспортных средств и тяговых подстанций, проводят планово-предупредительные и текущие ремонты машин и оборудования ВШТ.

Управление работой участка ВШТ осуществляется диспетчером по движению, в ведении которого находится работа подземного транспорта, подъемных установок и тяговых подстанций. В функции диспетчера входят контроль выполнения плановых графиков движения, предотвращение простоев добычных участков и транспортных средств, перераспределение грузопотоков с учетом выполнения плановых заданий по качеству руды. Помимо этого работа участка ВШТ контролируется горным диспетчером, в ведении которого находится координация работы всех добычных участков и вспомогательных служб.

Проблема совершенствования откатки руды на железорудных шахтах приобретает все большее значение. С увеличением глубины разработки сокращаются рудные площади и одновременно увеличивается длина транспортных магистралей. Это обусловлено как ухудшением горногеологических условий (выклиниванием залежей) с понижением уровня ведения горных работ, так и спецификой вскрытия железорудных месторождений – вертикальными стволами в лежачем боку залежей. При существующей интенсивности разработки понижение горных работ составляет 18-20 м в год. Объем проведения откаточных выработок (штреков, ортов, квершлагов) ежегодно увеличивается в среднем на 5%. Эти факторы отрицательно сказываются на показателях работы откатки и предприятия в целом.

Повышение эффективности производства может быть достигнуто путем дальнейшего роста уровня концентрации и интенсификации горных работ. Взяв курс на внедрение и максимальное использование горношахтного

оборудования, отвечающего современному техническому уровню, горные машины заменяются новыми, более производительными. Внедрение в очистных забоях высокопроизводительной техники, в частности виброустановок, конвейеров и самоходных погрузочно-доставочных машин, позволило внести существенные изменения в технологию ведения горных работ: осуществить переход на поточную технологию добычи руды; вести групповую подготовку блоков с целым рядом горных выработок, обслуживающих сразу несколько блоков, закладывать единые горизонты различного целевого назначения, связанные между собой наклонными съездами, закладывать единые концентрационные откаточные горизонты через три этажа и более с перепуском руды на них непосредственно рудной залежи через специально оборудованные капитальные рудоперепускные восстающие.

Основными направлениями совершенствования электровозного транспорта при наличии концентрационных горизонтов являются применение большегрузных составов с вагонетками грузоподъемностью до 40т и электровозами со сцепной массой 20-30 т, а также автоматизация управления погрузочными, разгрузочными и транспортными операциями и комплексом откатки в целом.

Это даст возможность значительно повысить эффективность ведения подземных горных работ и успешно выполнить программу развития сырьевой базы и повышения производительности труда в горной промышленности.

1.2 Требования к электровозному транспорту

Основными требованиями, предъявляемыми к локомотивной откатке, являются:

- *технические:* обеспечение бесперебойной работы очистных и подготовительных участков; минимальные затраты времени на погрузочно-разгрузочные и транспортные операции; бесперебойное обеспечение производственных звеньев доставляемыми оборудованием и вспомогательными материалами; применение новых высокопроизводительных типов локомотивов;
- *организационные:* комплексная взаимосвязка отдельных составляющих транспортного процесса основного грузопотока (погрузка, транспортирование, разгрузка) с работой вспомогательного транспорта;
- *экономические:* обеспечение высоких технико-экономических показателей за счет достижения наивысшей производительности труда в процессе погрузки, транспортирования и разгрузки, минимального количества обслуживающего персонала, наименьших капитальных и эксплуатационных расходов, минимальной себестоимости погрузочно-разгрузочных и транспортных расходов;

- *эргономические*: обеспечение простоты управления транспортным процессом и комфортных условий для обслуживающего персонала;
- *горнотехнические*: взаимосвязка параметров принципиальных технологических транспортных схем с горно-геологическими условиями разрабатываемого месторождения, технологическими схемами и параметрами вскрытия и подготовки, системами разработки и проветривания, а также условиями работы локомотивов и вспомогательного оборудования в угольной шахте;
- *безопасности*: повышение уровня безопасности за счет полного исключения технических, технологических и организационных факторов, приводящих к авариям и травматизму, и соблюдение надлежащих санитарно-гигиенических условий труда.

На угольных шахтах на основании требований и положений СОУ 10.1.00185790.007 [6] разрабатывается проект локомотивной откатки под руководством главного инженера шахты при участии главного маркшейдера, начальника участка, в ведении которого находится выработка. Проект согласовывается с начальником местного органа Госгорпромнадзора Украины и утверждается директором шахты.

Условия эксплуатации и техническое состояние локомотивов и подвижного состава должны соответствовать требованиям ГОСТ и других нормативных документов, а также руководств предприятий-изготовителей по эксплуатации локомотивов и подвижного состава.

Горизонтальные выработки, по которым производится откатка локомотивами, согласно требованиям «Правил безпеки у вугільних шахтах» [1] должны иметь уклон не более 0,005.

В тех случаях, когда горно-геологические условия не позволяют выполнить указанное требование, допускается в порядке исключения увеличение уклона более 0,050. При этом откатка должна производиться по проекту, выполненному в соответствии с Типовыми решениями по безопасной перевозке людей и грузов локомотивами в выработках с уклоном от 0,005‰ до 0,050, утвержденными Госуглепромом Украины. Проект должен быть согласован с МакНИИ и территориальным органом Госгорпромнадзора Украины [7].

При перевозке людей и грузов с уклоном рельсового пути от 0,005 до 0,050, локомотивы должны быть оборудованы колодочными тормозами, динамическим торможением и дополнительными специальными средствами торможения заводского изготовления (системой электромагнитных, магнитных, рельсовых тормозов) и другими. Локомотивы без дополнительных средств торможения могут применяться в выработках с углом наклона не более 0,020 [6].

До освоения серийного производства локомотивов, оборудованных дополнительными средствами торможения, можно применять электровозы, оборудованные только колодочными тормозами и системой

электродинамического торможения. Локомотивы обязательно должны быть оборудованы измерителями скорости (скоростемерами) [6].

Для рабочего торможения необходимо применять динамическое торможение, а для дотормаживания – колодочные тормоза. Во время динамического торможения должно осуществляться плавное замедление без возникновения юза [8].

Для торможения на стоянке необходимо применять механический тормоз с ручным (а не с гидравлическим или пневматическим) приводом (стояночным), не позволяющим происходить самопроизвольному растормаживанию [8]. Это требование не распространяется на локомотивы нормально заторможенные.

Тормозной путь состава на максимальном уклоне при перевозке грузов не должен превышать 40 м, а при перевозке людей – 20 м [7].

В отдельных случаях, в прямолинейных выработках с уклоном не более 0,005‰, освещенных стационарными светильниками, по специальному проекту, согласованному с МакНИИ и органом Госгорпромнадзора Украины, допускается увеличение тормозного пути до 80 м при перевозке грузов и до 40 м – при перевозке людей.

При эксплуатации локомотивов, не отвечающих перечисленным выше требованиям, в выработках с уклоном рельсового пути более 0,005 необходимо принимать скорость движения поезда, которая соответствует расчетной для наибольшего уклона на участках длиной, равной длине поезда плюс длина тормозного пути. При этом в выработках с уклоном пути от 0,021 до 0,030‰ вводится ограничение скорости до 2,5 м/сек [6].

В выработках с уклоном пути от 0,031 до 0,04‰ – до 2,0 м/сек, а весовая норма должна быть до 80% от расчетной.

В выработках от 0,041 до 0,050 максимальная скорость не должна превышать 1 м/сек, а весовая норма должна быть до 60% от расчетной.

Один раз в полгода, а также во время ремонта или подрывки почвы должно производиться маркшейдерское нивелирование пути.

Для ограждения приемно-отправительных площадок наклонных выработок с канатной откаткой и стационарных погрузочных пунктов должны применяться стационарные барьеры с механическим дистанционным управлением.

Для ограждения подготовительных забоев и мест проведения ремонтных работ необходимо предусматривать переносные барьеры. Ограждения должны устанавливаться на расстоянии 20 м от места проведения погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. Перед барьерами должны устанавливаться знаки, ограничивающие скорость движения локомотивами до 1,0 м/сек [6].

Во время проведения маневровых работ, связанных со сцепкой и расцепкой вагонеток, должны применяться тормозные башмаки. Установка башмаков и соблюдение мер безопасности при их установке должны производиться согласно требованиям [6].

Установка стопорных (удерживающих) цепей для удержания отдельных вагонеток или поездов при их продолжительной стоянке, закрепление вагонеток во время проведения ремонтных или взрывных работ, а также при погрузочных работах производится вручную [6].

Схемы установки стрелочных переводов, имеющих автоматическое или дистанционное управление, разрабатываются начальником участка шахтного транспорта, согласуются с участковым горнотехническим инспектором и утверждаются директором шахты.

С целью предотвращения самопроизвольного ухода отцепившихся вагонеток во время движения груженых и порожняковых составов на уклонах рельсового пути от 0,020 до 0,050, необходимо применять предохранительные канаты, имеющие разрывное статическое усилие не менее 60 кН, соединяющие последнюю вагонетку поезда с локомотивом или ловитель заводского изготовления с автоматически падающей упорной вилкой, допущенной к эксплуатации в установленном порядке. Пассажиры вагонетки и поезда, применяемые в этих условиях, должны быть оборудованы дополнительными (резервными) сцепками, предотвращающими самопроизвольное расцепление поезда [6].

Для светового обозначения идущего поезда на последней вагонетке должен быть установлен светильник с красным светом. В случае передвижения локомотива без вагонеток светильник с красным светом должен устанавливаться на задней (по ходу) части локомотива при отсутствии фары с красным светом [7].

При нахождении локомотива в хвосте состава поезда на передней наружной стенке первой по ходу движения вагонетки должен быть подвешен включенный специальный светильник, мигающий или красного цвета [6, 7].

При организации движения локомотивных составов в выработках должны выполняться дополнительные требования [6]:

- сцепка и расцепка составов может производиться только на конечных пунктах и на разминовках. Перед расцепкой поезда под первую вагонетку, стоящую в направлении уклона рельсового пути, должны быть установлены тормозные башмаки;

- выработки или отдельные участки выработок с уклоном пути от 0,005 до 0,050 должны ограждаться указателями, обозначающими допустимую (безопасную) скорость движения и отменяющими ограничения;

- во время работы локомотивной откатки в выработках с уклоном рельсового пути свыше 0,020% запрещено хождение людей и ведение всех видов работ, за исключением работ, выполняемых в выработках подготовительных забоев. В начале и конце этих выработок должны быть установлены световые табло с соответствующими надписями;

- одновременное движение грузовых и пассажирских поездов в выработках не допускается;

- передвижение людей в выработках разрешено только в определенное время: когда не работает локомотивная откатка. Это время должно быть

обозначено на специальных трафаретах, установленных на конечных участках выработки. Возможность передвижения людей оповещается на световых табло;

- маневровые работы по обмену составов на разминовках в конечных пунктах доставки грузов необходимо производить только локомотивами. Запрещено производить маневровые работы с применением длинной сцепки во время движения локомотива по рельсовому пути, параллельному движущемуся составу.

Постановка подвижного состава на рельсы должна выполняться согласно требованиям НПА ОП 10.0-5.31 «Інструкція щодо безпечної постановки рухомого складу на рейки».

Технической базой дальнейшего совершенствования локомотивной откатки являются созданные и освоенные производством высокоэффективные электровозы, имеющие улучшенные тяговые характеристики и повышенные скорости. При их создании большое внимание уделялось вопросам безопасности труда, эргономики, эстетики. Электровозы оборудованы звуковой и световой сигнализацией, скоростемерами, аппаратурой высокочастотной связи машинистов с диспетчером. Освоено серийное производство тяжелых контактных и аккумуляторных электровозов общим сцепным весом 10 и 14 тонн, а также аккумуляторных электровозов сцепным весом 28 тонн.

Электровозы имеют надежную и экономичную тиристорную схему управления, которая позволяет осуществлять плавный пуск и торможение, а также реверсирование и регулирование скорости движения поездов без перегрузки тяговых двигателей.

Качественно изменился в настоящее время и парк откаточных сосудов. Для замены малоэффективных в условиях угольных шахт вагонеток с глухим кузовом типа УВГ применяются вагонетки с донной разгрузкой типа ВД и секционные поезда типа ПС.

Для усовершенствования технологии локомотивной откатки, т.е. выделения перевозок угля в специализированную систему, требуется кроме наличия специализированных локомотивосоставов (постоянно соединенного тяжелого локомотива с большегрузным самозагружающимся составом) соответствующие технологические схемы путевого развития приемно-отправительных станций и околоствольных дворов, обеспечивающих непрерывное кольцевое (круговое) движение состава, а также оборудование в местах загрузки и разгрузки составов аккумулирующих бункеров большой емкости.

1.3 Основные элементы электровозного транспорта

В настоящее время в угольных и рудных шахтах применяют два основных типа рудничных (шахтных) электровозов – контактные и аккумуляторные [9].

В комплекс откатки контактными электровозами (рис. 1.3, а) входят:

тяговая подстанция с трансформатором 1 и преобразовательным агрегатом 2, воздушный контактный провод 4, электровоз 3 с тяговым двигателем М и системой управления СУ токоприемником 5, рельсовый путь 6. Электровозы получают питание постоянным током напряжением 250 или 550В от контактного провода через токоприемники (токосъемники). В контактную сеть электроэнергия поступает по питающим кабелям от тяговой подстанции, преобразующей трехфазный переменный ток рудничной сети в постоянный. Обратным проводом служат рельсовый путь и отсасывающие (обратные) кабели.

Комплекс окатки аккумуляторными электровозами (рис. 1.3,б) включает в себя зарядную подстанцию, на которой установлены трансформатор 1, зарядный агрегат 2, зарядный стол с заряжаемой аккумуляторной батареей 7. Вторая аккумуляторная батарея находится на электровозе 3. Другие обозначения те же, что и на рис.1.3,а. Электровоз питается постоянным током от батареи, установленной на электровозе. Зарядку и замену аккумуляторных батарей производят в камерах зарядных подстанций.

По сравнению с аккумуляторными контактные электровозы проще по конструкции и дешевле; они более удобны и экономичнее в эксплуатации; имеют большую силу тяги и скорость движения, следовательно, и большую производительность; меньше расходуют энергии. Однако, искрообразование между контактным проводом и токоприемниками, между рельсами и колесами делает невозможным их применение в опасных по газу и пыли угольных шахтах, с учетом этого применение контактных электровозов в исполнении РН допускается во всех выработках шахт, не опасных по газу и пыли, т.е. в основном во всех рудных шахтах.

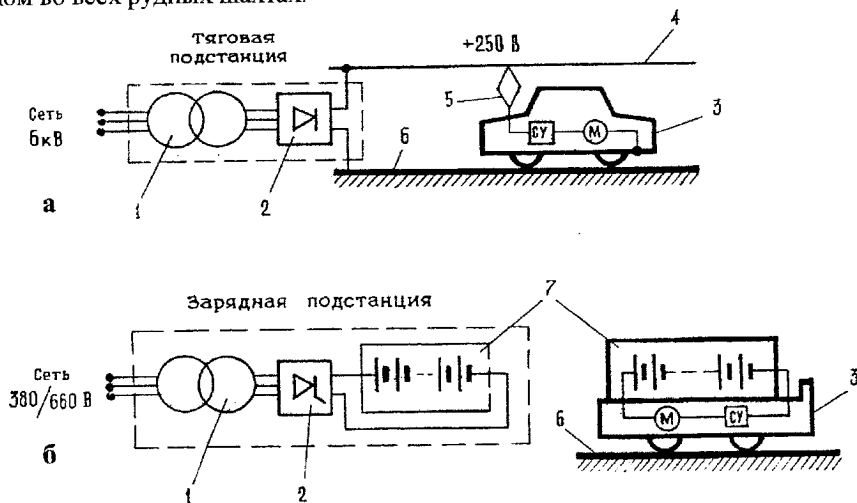


Рис. 1.3. Структурные схемы оборудования транспорта: а) контактными электровозами; б) аккумуляторными электровозами

Что же касается угольных шахт, то в соответствии с Правилами безопасности разрешается применение контактных электровозов в исполнении РН в выработках со свежей струей шахт I и II категории по газу и опасных по пыли. Однако такие электровозы должны быть снабжены двумя токоприемниками для уменьшения искрообразования.

Во всех выработках шахт, опасных по газу или пыли, должны применяться электровозы в исполнении РВ. При этом в выработках с исходящей струей воздуха и в подготовительных выработках шахт III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам метана электровозы должны быть снабжены переносными автоматическими приборами контроля содержания метана в рудничной атмосфере.

Откатка аккумуляторными электровозами в исполнении РП допускается во всех откаточных выработках шахт I и II категорий по газу или опасных по пыли, а также в откаточных выработках со свежей струей воздуха шахт III категории и сверхкатегорных по газу.

Откатка контактными электровозами является наиболее экономичной. Это объясняется значительным снижением эксплуатационных расходов, полностью перекрывающих некоторое увеличение капитальных затрат. Капитальные затраты определяются, с одной стороны, высокой стоимостью электровоза, а с другой необходимостью сооружения тяговых подстанций и тяговых сетей. Эксплуатационные расходы снижаются главным образом за счет увеличения скорости движения, больших масс груза и уменьшения расходов на обслуживание.

Эксплуатация аккумуляторных электровозов обходится значительно дороже вследствие низкого КПД, малого срока службы и большой стоимости аккумуляторных батарей.

В некоторых случаях целесообразно применять электровозы смешанного питания: контактно-кабельные и контактно-аккумуляторные,

Контактно-кабельные электровозы имеют токоприемник и кабель, намотанный на барабан, установленный на электровозе. При наличии контактного провода электровоз работает как контактный; при движении по путям, где нет контактного провода, электровоз получает питание через кабель, подключенный к наиболее близко расположенному контактному проводу. Для подключения к контактному проводу кабель имеет наконечник-крючок, который набрасывается на контактный провод. При удалении от контактного провода кабель разматывается, при приближении – наматывается на барабан с помощью специального двигателя.

Контактно-аккумуляторные электровозы имеют аккумуляторную батарею и токоприемник. Электровоз может работать как контактный, а при движении по путям, где нет контактного провода, – как аккумуляторный. Последнее является их основным преимуществом. Заряд аккумуляторной батареи может производиться на зарядной подстанции или от контактной сети с помощью специального зарядного устройства на электровозе.

Для подземной откатки представляют интерес электровозы с индукционным токоприемником, питаемые от сети с повышенной частотой тока. Такие электровозы получили название бесконтактных электровозов повышенной частоты или высокочастотных.

Высокочастотные электровозы получают питание через бесконтактные токоприемники, индуктивно связанные с тяговым кабелем, заменяющим контактный провод. Токоприемник имеет форму рамки. В качестве тягового кабеля применяется одножильный кабель. Ток в кабеле имеет повышенную частоту (5000Гц). Для компенсации индуктивного сопротивления кабеля последовательно включают емкость (конденсаторы). Питание кабелей осуществляют от преобразователя частоты, установленного в тяговой подстанции. Переменный ток повышенной частоты выпрямляется на электровозе в постоянный, для питания двигателей. По сравнению с аккумуляторными высокочастотные электровозы более безопасны, удобны в эксплуатации, КПД электровозов примерно такой же, как и аккумуляторных.

Контрольные вопросы

1. Какие грузы перевозят электровозным транспортом?
2. Можно ли перевозить людей электровозным транспортом?
3. Из каких составляющих складывается цикл откатки?
4. Какие скорости движения на различных участках?
5. Поясните организацию движения по рис. 1.2.
6. Поясните название выработок – квершлаг, штрек, орт.
7. Какой уклон имеют откаточные выработки?
8. Какова допустимая длина тормозного пути?
9. Перечислить элементы оборудования транспорта контактными электровозами (Рис. 1.3, а).
10. Перечислить элементы оборудования транспорта аккумуляторными электровозами (Рис. 1.3, б).
11. Сравните транспорт контактными и аккумуляторными электровозами по технико-экономическим характеристикам.

2. ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

2.1. Силы, действующие на поезд

Все вагоны и электровоз связаны друг с другом при помощи сцепных устройств и могут рассматриваться в кинематическом отношении как одно целое – поезд [9].

Скорость движения поезда по рельсовому пути может изменяться от нуля до некоторой наибольшей величины. Изменения скорости во времени соответствуют ускорениям поезда, которые могут иметь разные значения: положительное, если скорость возрастает, и отрицательное, если она уменьшается. Наличие ускорений в движении поезда подразумевает и наличие динамических сил, действующих на него.

Силы, действующие на поезд, могут быть двух видов. Одни из них стремятся привести поезд в движение – это силы движущие, или активные, действующие всегда в сторону движения поезда. Чаще всего движущие силы возникают в результате действия двигателей, установленных в поезде (на электровозе), но могут быть приложены и извне, например, при тяге канатами. Все эти силы могут быть приведены к одной результирующей силе тяги поезда, которую мы в дальнейшем будем обозначать через F .

Силы второго рода имеют реактивный характер: они возникают лишь при движении поезда и стремятся препятствовать этому движению. Сумма этих сил может быть сведена к некоторой результирующей силе, называемой сопротивлением движению и обозначаемой через $\sum W$. Сопротивление движению – величина непостоянная, зависящая от величины состава и массы поезда, его скорости, состояния и профиля рельсового пути.

При нахождении поезда на уклоне, независимо от направления движения поезда или даже при его неподвижном состоянии, на поезд всегда будет действовать составляющая силы собственного веса, стремящаяся заставить его двигаться вниз по наклонной плоскости. Таким образом, сила эта носит активный характер, однако ее обычно также причисляют к силам сопротивления, отмечая только знаком плюс при подъеме и знаком минус при спуске.

При равномерном движении поезда сила тяги электровоза уравновешивается силами сопротивления движению:

$$F = \sum W$$

В случае изменения скорости возникают динамические силы:

$$W_{\text{дин}} = m_{\text{пр}} \cdot a, \quad (2.1)$$

где $m_{\text{пр}}$ – приведенная (эквивалентная) масса поезда, учитывающая как линейно движущиеся массы, так и вращающиеся детали;

a – ускорение поезда (или замедление).

С учетом динамических сил, уравнение сил, приложенных к поезду, принимает вид:

$$F = \sum W + W_{\text{дин}} = \sum W + m_{\text{пр}} \cdot a. \quad (2.2)$$

Далее излагается детальное рассмотрение сил и их составляющих, входящих в это уравнение.

2.2. Реализация сил тяги и торможения

Для приведения поезда в движение и поддержания этого движения к поезду должна быть приложена определенная движущая сила, внешняя по отношению к нему. Единственными точками являются точки касания ободов колес с неподвижным рельсовым путем являются точки касания ободов колес с рельсами; следовательно, силу тяги можно считать приложенной именно в этих точках. Отсюда и происхождение часто употребляемого термина – «сила тяги на обод колеса».

Источником силы тяги являются тяговые двигатели, расположенные в рудничных поездах только на электровозе. При помощи механической передачи двигатели связываются с осями электровоза, благодаря чему тяговое усилие может быть передано его колесам.

Рассмотрим вкратце механизм передачи тягового усилия осям. Допустим, что колесная пара (рис. 2.1) связана с двигателем при помощи зубчатой передачи. При этом малое зубчатое колесо диаметром D_1 (м) насажено на вал двигателя и воспринимает развиваемый им вращающий момент M_1 (Н·м). Большое зубчатое колесо диаметром D_2 (м) закреплено на оси колесной пары и сцеплено с малым. Благодаря наличию момента M_1 малое зубчатое колесо создает касательное усилие на зубья большого, равное по величине (Н):

$$T = \frac{2 \cdot M_1}{D_1}. \quad (2.3)$$

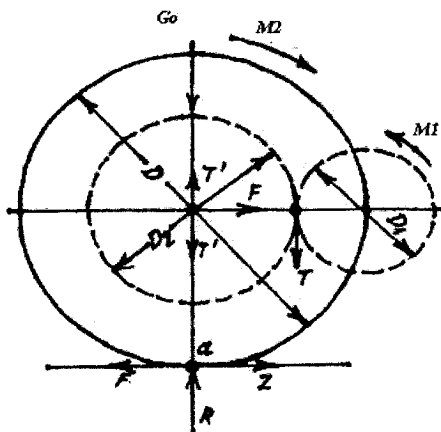


Рис.2.1. Схема действия сил, приложенных к колесной паре

В результате получаем пару сил T и T' , приложенную к колесной паре и стремящуюся заставить ее вращаться с моментом $M_2 = \frac{T \cdot D}{2}$, и силу T' , прижимающую колесную пару к рельсам. Подставляя значение T из уравнения (2.3), получаем:

$$M_2 = i \cdot M_1, \quad (2.4)$$

где i – передаточное отношение редуктора, $i = \frac{D_2}{D_1}$.

Таким образом, мы видим, что к колесной паре приложен вращающий момент M_2 , благодаря которому она может прийти во вращение. Однако это еще не обеспечивает возможности движения электровоза, так как вращающий момент колесной пары – усилие внутреннее по отношению к электровозу и, следовательно, не сообщает ему перемещение относительно рельсового пути.

Благодаря некоторому нажатию колесной пары на рельсы между колесом и рельсом возникает сцепление, препятствующее скольжению колеса по рельсу. Рассмотрим внешние силы, действующие на колесную пару. Колесам передается часть веса электровоза G_0 , приходящаяся на данную ось.

К этой силе следовало бы прибавить и силу T' . Однако если возьмем колесную пару вместе с тяговым двигателем и его подвеской к раме электровоза, то увидим, что действие вращающего момента вызывает уравновешивающие силу T' реакции на оси и в точке подвеса двигателя. Таким образом, только вес электровоза G_0 будет прижимать колесную пару к рельсам и уравновешиваться вертикальной реакцией рельсов $R = G_0$.

Для того чтобы колесо катилось по рельсу без скольжения, необходимо, чтобы та точка окружности, которая соприкасается в данный момент с рельсом, была по отношению к нему неподвижна. Так как к колесной паре приложен некоторый вращающий момент и колеса стремятся вращаться, то условием для качения колеса по рельсу должно быть наличие некоторой силы, удерживающей низшую его точку в неподвижном состоянии. Такой силой является горизонтальная сила трения Z , возникающая в результате нажатия колес на рельсы.

Сила Z , являясь внешней по отношению к поезду, может обеспечить качение колесной пары по рельсам и, следовательно, поступательное перемещение поезда. Действительно, момент M_2 мы можем представить в виде пары сил F (рис. 2.1), из которых одна приложена на ободе колеса и уравновешивается силой трения Z , а другая, равная ей, но направленная в противоположную сторону, приложена в центре вращения и действует через буксы и буксовые направляющие на раму электровоза, приводя его в поступательное движение,

$$F = \frac{2 \cdot M_2}{D}, \quad (2.5)$$

где D – диаметр колеса электровоза, м.

До тех пор пока сила тяги, приложенная на ободе колеса, будет уравновешиваться горизонтальной силой трения, относительная скорость колеса и рельса в точке касания α будет равна нулю и поэтому точка касания α

явится мгновенным центром, относительно которого под влиянием силы, приложенной в центре оси, повернется все колесо. Мы получим качение колесной пары по рельсам. Оно будет состоять из поступательного перемещения колес и вращения их относительно собственной оси. Каждая точка окружности колеса будет при этом описывать циклоиду. При соприкосновении этой точки с рельсом направление ее движения будет изменяться, и скорость ее в данный момент будет равна нулю.

Предположим теперь, что величина вращающего момента вследствие каких то причин возросла, что в свою очередь повлекло за собой увеличение силы тяги, приложенной на ободе ведущего колеса. Очевидно, что и горизонтальная сила трения между колесом и рельсом должна возрасти в том же отношении по закону равенства действия и противодействия.

Однако этот процесс не может продолжаться до бесконечности, и при достижении силой Z некоторой максимальной величины, вполне определенной для данных условий, увеличение силы тяги F не повлечет за собой автоматического увеличения силы трения Z , и тогда при $F > Z$ колесо перестанет катиться по рельсу без скольжения и забуксует, т.е. начнет скользить по рельсу.

Наибольшее значение силы трения Z определяется выражением:

$$Z = \psi_k \cdot G_0, \quad (2.6)$$

где G_0 – сила прижатия ведущей оси к рельсу;

ψ_k – коэффициент трения между бандажом колеса и рельсом.

Если бы все колеса ведущих осей были точно одного и того же диаметра, а движение их по рельсу было идеально правильным, то коэффициент ψ_k представлял бы собой коэффициент трения покоя, так как относительного перемещения колеса и рельса в точке α (см. рис. 2.1) не происходило бы. В действительности же отдельные колеса электровоза будут проскальзывать вследствие неравенства диаметров и деформирования поверхности бандажей. Поэтому величина ψ_k будет несколько меньше коэффициента трения покоя и ее называют *коэффициентом сцепления*, а величину $\psi_k \cdot G_0$ – силой сцепления. Коэффициент ψ_k определяет ту часть силы прижатия G_0 , которая реализуется в виде силы сцепления.

Для нормального движения колеса по рельсу, т.е. для правильной реализации силы тяги, необходимо, чтобы

$$F \leq \psi_k \cdot G_0, \quad (2.7)$$

т.е. сила тяги не должна превышать предельной силы сцепления.

Величина коэффициента сцепления ψ , не остается неизменной. На его величину оказывают влияние такие факторы, как материал бандажей и рельсов, состояние соприкасающихся поверхностей. Величина коэффициента повышается при увеличении твердости материалов бандажа и рельса и резко снижается при мокрой и загрязненной поверхности рельсов. Применение песка значительно повышает коэффициент сцепления.

Формула (2.7) является справедливой для одной колесной пары. Распространяя формулу (2.7) на все ведущие оси электровоза, получаем

$$F \leq \psi \cdot G, \quad (2.8)$$

где F – полная сила тяги, развиваемая электровозом;

$G = \sum G_0$ – сумма нажатий на рельсы всех ведущих (сцепных) осей электровоза, называемая сцепным весом;

ψ – коэффициент сцепления электровоза.

Для рудничных и промышленных электровозов, у которых обычно все оси ведущие, сцепной вес равен полному (конструктивному) весу электровоза.

Если выразить сцепной вес через сцепную массу P в тоннах, то

$$F \leq 10^3 \cdot P \cdot g \cdot \psi, \text{Н.} \quad (2.9)$$

Если сила тяги будет превышать силу сцепления, то наступит буксование – скольжение колес электровоза по рельсам – и появится кинетическое трение (трение скольжения). Коэффициент кинетического трения ниже коэффициента трения в покое, поэтому сила сцепления упадет до значения, обусловленного трением скольжения, и соответственно сила тяги, передаваемая раме электровоза, также уменьшится.

Коэффициент сцепления электровоза обычно не равен коэффициенту сцепления одной колесной пары. При индивидуальном приводе, широко применяемом в электрической тяге, на коэффициент сцепления электровоза оказывают влияние расхождение характеристик тяговых двигателей и возможное некоторое неравенство диаметров колес. При этом получаются неодинаковые касательные силы тяги на ободу колес разных колесных пар. Кроме того, при работе тяговых двигателей происходит перераспределение нагрузок на оси колесных пар – одни оси несколько разгружаются, а другие перегружаются. Изменение силы прижатия колес к рельсам происходит также при прохождении ими неровностей пути и вследствие динамического влияния колебаний подвешенных на рессорах частей подвижного состава.

Поясним сказанное на простейшем примере. Рассмотрим двухосный электровоз (рис.2.2). Если через G_1 и G_2 обозначить нагрузки на оси (опорные реакции в буксах), через G – полный вес электровоза, равный в рассматриваемом случае сцепному, а через F – силу тяги на крюке (сцепке), то из уравнения моментов относительно точки A получим

$$\frac{G_1 \cdot b}{2} + F \cdot h - \frac{G_2 \cdot b}{2} = 0; \quad G_2 = G_1 + \frac{2 \cdot h \cdot F}{b}.$$

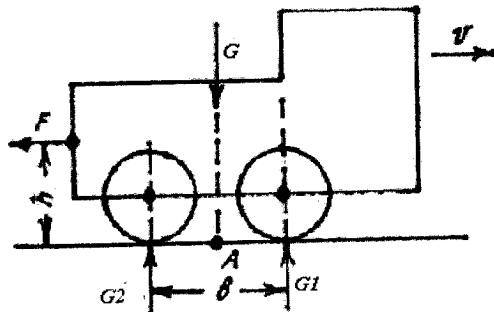


Рис 2.2. Схема сил, действующих на электровозную раму во время движения

Из приведенных выше формул видно, что при отсутствии силы тяги, т.е. при $F = 0$, нагрузка каждой колесной пары одинакова и равна $\frac{G}{2}$. При появлении силы тяги задняя ось будет нагружена больше, чем передняя, причем величина перегрузки будет тем больше, чем больше сила тяги.

Все указанные выше явления заставляют дополнительно снижать расчетное значение коэффициента сцепления электровоза ψ по сравнению с его значением для одной колесной пары, так как при реализации силы тяги ни одна из колесных пар не должна буксовать.

Скорость поезда также оказывает известное влияние на величину коэффициента сцепления. Колеса электровоза проскальзывают при больших скоростях сильнее, чем при малых, так что значение коэффициента сцепления снижается с увеличением скорости. Однако для условий рудничной электровозной откатки при небольших скоростях движения (от нуля до 10-20 км/ч) обычно влияние скорости на величину ψ во внимание не принимают.

В практике тяговых расчетов принято исходить из некоторых средних значений коэффициента сцепления ψ , установленных опытным путем во время специальных исследований.

В действительных условиях работы подвижного состава, в зависимости от его типа и состояния, а также степени загрязнения поверхности рельсов, коэффициент сцепления может изменяться в широких пределах – от весьма низких значений (0,07-0,1) до 0,3 и выше.

В результате экспериментальных исследований установлено, что величина коэффициента сцепления электровоза резко снижается из-за покрытия рельсов жидкой грязью и угольной пылью. Теми же исследованиями установлено, что коэффициент сцепления во всех случаях при трогании выше, чем при движении.

Проектные организации угольной промышленности при проектировании электровозной откатки принимают следующие значения коэффициента сцепления для электровозов: при пуске (с песком) 0,24; при движении (с песком) 0,17; при движении (без песка) 0,12, а при особенно неблагоприятных условиях может быть снижен до 0,07-0,09.

В железорудных шахтах угольная и сланцевая пыль отсутствуют, но наличие влаги и жидкой грязи также снижает величину коэффициента сцепления, хотя не в таких пределах, как на угольных шахтах. Можно принять следующие значения коэффициента сцепления для рудных шахт: при пуске (с песком) 0,25; при движении (с песком) 0,20; при движении (без песка) 0,15 [9].

Пример 2.1. Рассчитать максимальную по условиям сцепления силу тяги электровоза К14 при коэффициенте сцепления $\psi = 0,23$.

Используя (2.9) находим:

$$F_{\text{ц}} = 10^3 \cdot P \cdot g \cdot \psi = 10^3 \cdot 14 \cdot 9,8 \cdot 0,23 = 32000 \text{ Н.}$$

При торможении электровоза и тормозной момент и тормозное усилие изменяют направление. Как и в режиме тяги, тормозная сила B не должна превышать сил сцепления:

$$B \leq G \cdot \psi = 10^3 \cdot P \cdot g \cdot \psi, \text{ Н,}$$

иначе колеса будут проскальзывать – возникает юз, в результате чего тормозная сила уменьшается и снижается эффективность торможения.

2.3. Статические сопротивления движению

Обозначим полное сопротивление движению поезда через $\sum W$. Полное сопротивление движению может быть разбито на следующие составляющие:

W_0 – основное сопротивление движению, складывающееся из сопротивления пути (это главным образом, трение качения колес по рельсам) и внутреннего сопротивления подвижного состава (трение окольжения в шейках осей колес). Этот вид сопротивления имеет место при движении поезда независимо от плана и профиля пути и всегда направлен в сторону, противоположную движению;

W_i – сопротивление уклона, под которым подразумевается добавочное сопротивление при движении на подъем от составляющего веса поезда. При движении поезда вниз по уклону на поезд действует дополнительная сила (составляющая веса), направленная в сторону движения поезда; в этом случае для удобства расчетов эту силу также принимают как дополнительное сопротивление, но с обратным знаком;

W_k – сопротивление кривых, т.е. дополнительное сопротивление при прохождении поезда по кривым участка пути, возникающее вследствие ударов, проскальзывания колес, трения гребней бандажей о рельсы и т.д.

Таким образом, полное сопротивление движению

$$\sum W = W_0 + W_i + W_k. \quad (2.10)$$

Для решения тяговых задач удобнее иметь не абсолютные значения сил сопротивления движению, а величины сил, отнесенные к единице веса поезда (кН). Эти удельные величины выражаются в Н/кН. Они обозначаются соответственно через ω_0 , ω_i и ω_k . если через P обозначим массу электровоза, а через Q – массу состава в тоннах, то получим (Н/кН):

$$\begin{aligned} \omega_0 &= \frac{W_0}{(P+Q) \cdot g}; \\ \omega_i &= \frac{W_i}{(P+Q) \cdot g}; \\ \omega_k &= \frac{W_k}{(P+Q) \cdot g}; \end{aligned}$$

$$\sum \omega = \omega_0 + \omega_i + \omega_k. \quad (2.11)$$

Наиболее надежный путь определения сопротивления движению – это научно-экспериментальные исследования, результаты которых и положены в основу тяговых расчетов. При расчетах рудничной электровозной откатки

удельное основное сопротивление движению ω_0 , называется просто сопротивлением движению и обычно обозначается буквой ω (без индекса).

Величина сопротивления движению зависит от типа подшипников, которыми снабжены вагоны поездного состава, от состояния пути и подшипников. Кроме того, при очень низких скоростях, особенно при трогании с места, когда начинает сказываться стекание масла и недостаточное смазывание, коэффициент трения, а следовательно и сопротивление движению, возрастают, особенно при подшипниках скользящего трения. Поэтому различают ходовые и пусковые значения сопротивления движению.

По данным практики, ходовое сопротивление движению рудничных вагонеток ω лежит в пределах: при шариковых подшипниках – 4-8 Н/кН; при роликовых подшипниках – 6-12 Н/кН; при подшипниках скольжения – 12-22 Н/кН. Пусковое сопротивление движению (при трогании с места) обычно принимается в 1,3-1,5 раза больше ходового для вагонеток с шариковыми и роликовыми подшипниками и в 1,8-2 раза больше ходового для вагонеток с подшипниками скольжения.

При расчетах подземной электровозной откатки пусковыми значениями сопротивления движению в большинстве случаев пренебрегают, так как рудничный электровоз никогда не приводит в движение состав при натянутом состоянии сцепок. Лишь при проверке сцепной массы электровоза, которая производится в предположении наихудшего случая трогания, учитывается пусковое сопротивление движению.

Так как часть составляющих абсолютного сопротивления движению от массы не зависит, то удельное сопротивление для вагонеток большой вместимости будет меньше, чем для вагонеток малой вместимости (того же типа); кроме того, удельное сопротивление для груженой вагонетки всегда меньше, чем для порожней.

Для определения сопротивлений движению шахтных вагонеток было проведено большое число опытных исследований как в Украине, так и за рубежом (США, ФРГ, ПНР и др.) на основании этих исследований для расчетов подземного электровозного транспорта можно принимать следующие значения **ходовых удельных сопротивлений движению** вагонеток с роликовыми подшипниками (при движении в составах), Н/кН [10]:

Для угольных вагонеток

Однотонных (вместимость 1,1 м ³):	Н/кН
порожных.....	12
груженных.....	10
Двухтонных (вместимость 2,5 м ³):	
порожных.....	11
груженных.....	9
Трехтонных (вместимость 3,3 м ³):	
порожных.....	9
груженных.....	7
Пятитонных (вместимость 5,6 м ³):	

порожних.....	7
груженых.....	6

Для рудных вагонеток с глухим кузовом

грузоподъемностью 4,15 т:	
порожних.....	10,5
груженых.....	7
грузоподъемностью 5,5 т:	
порожних.....	10,5
груженых.....	6
грузоподъемностью 7,2 т:	
порожних.....	8
груженых.....	5,5
грузоподъемностью 10 т:	
порожних.....	8
груженых.....	5
грузоподъемностью 11-20 т:	
порожних.....	6
груженых.....	4

На засоренных участках пути (особенно у погрузочных пунктов), а также при трогании с места эти значения удельных сопротивлений следует увеличивать примерно на 50%.

Сопротивление движению электровоза составляет незначительную часть от сопротивления движению всего поезда, поэтому для простоты расчета удельное сопротивление движению электровоза, независимо от типа его подшипников, принимают равным сопротивлению движения вагонетки.

При движении поезда по рельсовому пути с уклоном кроме основного сопротивления движению появляется дополнительное *сопротивление от уклона*. Последнее не зависит ни от типа подвижного состава, ни от скорости движения.

Рассмотрим схему действия сил, представленную на рис.2.3. Обозначим через $(P + Q)$ массу поезда (в тоннах), поднимающегося по уклону под углом α к горизонту. Сила веса $1000(P + Q)g$ может быть разложена на две составляющие: одну, прижимающую поезд к рельсам, и другую, которую обозначим через W_i , представляющую именно силу сопротивления подъему поезда. Величина этой силы:

$$W_i = 1000 \cdot (P + Q) \cdot g \cdot \sin \alpha, \text{ Н.}$$

Вследствие малых углов наклона рельсового пути $\sin \alpha$ может быть заменен $tg \alpha$, тогда:

$$W_i = 1000 \cdot (P + Q) \cdot g \cdot tg \alpha, \text{ Н.} \quad (2.12)$$

На железнодорожном транспорте уклон принято выражать в тысячных долях (промилле), т.е. относить его к длине в тысячу метров. Если говорят, что величина подъема или спуска равна i тысячных ($i \text{ ‰}$), то это означает, что на

каждую тысячу метров рельсовый путь поднимается или понижается на i метров.

Отсюда следует, что: $tg \alpha = \frac{i}{1000}$.

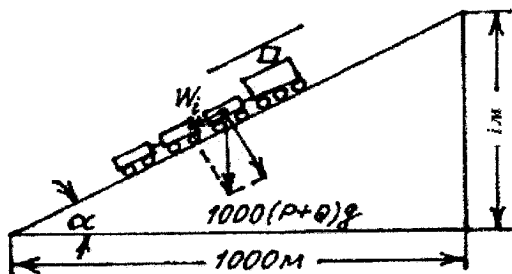


Рис.2.3. Схема действия сил, приложенных к поезду во время движения на подъем

Подставив это выражение в уравнение (2.12), получим:

$$W_i = (P + Q) \cdot g \cdot i, \text{ Н.} \quad (2.13)$$

Удельное сопротивление движению поезда от уклона:

$$\omega_i = \frac{W_i}{(P+Q) \cdot g} = i, \text{ Н/кН.} \quad (2.14)$$

Это выражение показывает, что дополнительное удельное сопротивление от уклона ω_i , выраженное в Н/кН, численно равно величине уклона i в тысячных (%). В дальнейшем дополнительное удельное сопротивление от уклона, а также величину уклона мы будем обозначать через i .

Сопротивление от уклона имеет по сравнению с другими видами сопротивления движению ту особенность, что в зависимости от направления движения поезда сопротивление уклона должно быть или прибавлено к остальным сопротивлениям (со знаком плюс) или, наоборот, вычтено из них (со знаком минус) при движении поезда вниз под уклон.

Дополнительное сопротивление движению при прохождении по кривым участкам пути W_k зависит от многих факторов, из которых наиболее существенными являются ширина колеи, жесткая база и радиус кривой.

Следует отметить, что увеличение ширины колеи, так же как и жесткой базы, должно увеличить сопротивление на кривой (чем шире колея, тем труднее колесным парам устанавливаться радиально и тем больше разность расстояний, проходимых внутренним и внешним колесами, т.е. больше проскальзывание). Что касается радиуса кривой, то по аналогичной причине уменьшение его должно увеличить сопротивление от кривой, а увеличение – уменьшить.

Для подземных рельсовых путей с вагонетками малой вместимости и, следовательно, с небольшой жесткой базой, при малых диаметрах колес применяются настолько малые радиусы кривых (от $R = 5$ м до $R = 20$ м), что абсолютная длина кривой получается чрезвычайно малой.

Так как в этих условиях длина перегона по сравнению с участками кривых получается несоразмерно большой, то при расчетах подземного электровозного транспорта обычно пренебрегают влиянием кривых, тем более, что трогание составов почти всегда происходит на прямолинейных участках пути. В отдельных случаях для откаточных путей с большим числом закруглений дополнительное сопротивление от кривой можно принимать в пределах 0,2-0,3 от основного сопротивления.

Если сложить все рассмотренные удельные сопротивления, то получится суммарное или результирующее удельное сопротивление, а именно:

$$\sum \omega = \omega \pm i + \omega_k, \text{ Н/кН.} \quad (2.15)$$

Умножая его на вес поезда, получаем полное сопротивление движению:

$$\sum W = (P + Q) \cdot g \cdot (\omega \pm i + \omega_k), \text{ Н.} \quad (2.16)$$

Пример 2.2. Рассчитать требуемую силу тяги электровоза К14 с составом из 10 груженных вагонеток ВГ-4, движущегося на подъем 4‰. Масса вагонеток 4,2 т, грузоподъемность 10 т, $\omega = 5$.

Подставив значения в выражение (2.16), получим:

$$F = (P + 10 \cdot Q_v + 10 \cdot Q_{гр}) \cdot g \cdot (\omega + i) = (14 + 10 \cdot 4,2 + 10 \cdot 10) \cdot 9,8 \cdot (5 + 4) = 13800 \text{ Н.}$$

2.4. Динамические сопротивления движению

При всяком изменении скорости движения поезда, вследствие инерции массы, возникают добавочные динамические сопротивления, противодействующие изменению скорости движения. При увеличении скорости от нуля до какого-то установившегося значения динамическое сопротивление противодействует ее увеличению и потому направлено против движения поезда. Следовательно, для его преодоления от электровоза потребуются добавочная сила тяги. Работа добавочной силы тяги за период ускорения превращается в кинетическую энергию движущегося поезда. Эта энергия полностью возвращается обратно при замедлении движения поезда в виде динамической силы, противодействующей уменьшению скорости, а потому направленной в сторону движения и преодолевающей статические сопротивления движению. Например, при выключении тяговых двигателей электровоза поезд не останавливается мгновенно, а будет еще некоторое время двигаться вперед, постепенно снижая свою скорость, и в период замедления движущей силой будет только динамическое сопротивление, направленное в сторону движения и преодолевающее статические сопротивления движению поезда.

Из уравнения движения поезда легко установить, что динамическое сопротивление (сопротивление сил инерции) равно произведению приведенной массы поезда на величину ускорения или замедления:

$$W_\alpha = m_{пр} \frac{dv}{dt} = m_{пр} \cdot \alpha, \text{ Н.} \quad (2.17)$$

Приведенную массу нетрудно выразить через вес поезда:

$$m_{\text{пр}} = (1 + \gamma) \cdot m = (1 + \gamma) \cdot 1000(P + Q), \text{ кг}, \quad (2.18)$$

где γ – коэффициент инерции вращающихся масс, учитывающих влияние на увеличение инерции поезда.

Если через α обозначить ускорение (знак плюс) или замедление (знак минус) поезда, то величина динамического сопротивления движению поезда определится выражением:

$$W_{\alpha} = m_{\text{пр}} \frac{dv}{dt} = \pm(1 + \gamma) \cdot 1000(P + Q) \cdot \alpha, \text{ Н}. \quad (2.19)$$

Удельное динамическое сопротивление, отнесенное к весу поезда:

$$\omega_{\alpha} = \frac{W_{\alpha}}{(P+Q) \cdot g} = \pm \frac{1000(1+\gamma)}{g} \cdot \alpha, \text{ Н/кН}. \quad (2.20)$$

Обозначим $\frac{1000 \cdot (1+\gamma)}{g}$ через σ , тогда $\omega_{\alpha} = \pm \sigma \cdot \alpha$.

Величина σ имеет размерность массы, отнесенной к единице массы поезда и может быть названа удельной массой поезда. Эта величина, как видно из уравнения (2.20), зависит от величин g и γ .

Величина ускорения силы тяжести g равна $9,81 \text{ м/с}^2$. Для груженых составов рудничных поездов $(1 + \gamma) \approx 1,05$; для порожних $(1 + \gamma) \approx 1,1$. Приняв в среднем $(1 + \gamma) = 1,075$, получим:

$$\sigma = \frac{1000 \cdot (1+\gamma)}{g} = \frac{1000 \cdot 1,075}{9,81} \approx 110.$$

Таким образом, удельное динамическое сопротивление:

$$\omega_{\alpha} = \pm \sigma \cdot \alpha = \pm 110 \cdot \alpha, \text{ Н/кН}. \quad (2.21)$$

Эта величина, выраженная в Н/кН, показывает, какую нужно развить силу тяги, чтобы массе в 1 т сообщить ускорение, равное α .

Умножая величину ω_{α} на вес поезда, получим окончательное значение динамического сопротивления:

$$W_{\alpha} = \pm(P + Q) \cdot g \cdot 110 \cdot \alpha, \text{ Н}. \quad (2.22)$$

Пример 2.3. Рассчитать тяговое усилие электровоза К14 при пуске груженого состава на подъеме $i = 4\%$ с ускорением $\alpha = 0,04 \text{ м/с}^2$, используя данные примера 2.2.

Рассчитаем динамическое сопротивление движению согласно (2.22)

$$W_{\alpha} = (P + Q) \cdot g \cdot 110 \cdot \alpha = (14 + 10 \cdot 4,2 + 10 \cdot 10) \cdot 9,81 \cdot 110 \cdot 0,04 = 6730, \text{ Н}.$$

$$F_{\text{пуск}} = W_{\text{ст}} + W_{\alpha} = 13800 + 6730 = 20530, \text{ Н}.$$

2.5. Уравнение движения поезда

Режим работы электровоза определяется скоростью движения и силой тяги, развиваемой в различные периоды движения.

Основное уравнение движения поезда можно представить в следующем виде:

$$F - \sum W = m_{\text{пр}} \frac{dv}{dt}. \quad (2.23)$$

В этом выражении разность $F - \sum W$ является динамическим усилием, – ускоряющим или замедляющим.

Если $F > \sum W$, то $\frac{dv}{dt} > 0$ – скорость поезда возрастает.

Если $F < \sum W$, то $\frac{dv}{dt} < 0$ – скорость поезда понижается.

Если $F = \sum W$, то $\frac{dv}{dt} = 0$ – сила тяги затрачивается на преодоление статических сопротивлений, и движение совершается с установившейся скоростью. При $F < \sum W$ остановленный поезд не может быть сдвинут с места.

На основании сделанных выше выводов об удельных значениях сил, действующих на поезд, уравнению движения поезда можно придать следующий вид:

$$f - (\omega \pm i + \omega_k) = \sigma \frac{dv}{dt}, \quad (2.24)$$

где $f = \frac{F}{(P+Q) \cdot g}$ – удельное тяговое усилие, Н/кН; $\sigma = 110$.

Выведенное уравнение движения относится к случаю движения поезда при включенных двигателях электровоза, т.е. при наличии некоторой силы тяги. На практике поезд иногда движется по инерции, т.е. при выключенных двигателях, и тогда как сила тяги F , так и удельное тяговое усилие f отсчитывают.

Этот частный случай движения легко получить из выведенного уравнения, взяв F равным нулю.

Тогда уравнение движения при свободном выбеге примет вид:

$$-\sum W = m_{\text{пр}} \frac{dv}{dt},$$

или в удельных единицах

$$-(\omega \pm i + \omega_k) = \sigma \frac{dv}{dt}.$$

При торможении к сопротивлению движения добавляется тормозная сила B , поэтому можно написать:

$$-(B + \sum W) = m_{\text{пр}} \frac{dv}{dt}; \quad -(\omega \pm i + \omega_k + b) = \sigma \frac{dv}{dt},$$

где b – удельное тормозное усилие, $b = \frac{B}{(P+Q) \cdot g}$, Н/кН.

Величина $(B + \sum W)$ получила название замедляющего усилия.

Приведенные выше выражения в принципе охватывают все встречающиеся на практике возможные комбинации сил, действующих на поезд.

Характер изменения скорости движения поезда целиком зависит от соотношений сил, действующих на поезд, и определяется основным уравнением движения. Решение этого уравнения для получения, например, зависимости $v = f(t)$, т.е. кривой скорости в функции от времени, может быть выполнено как аналитическим путем, так и графическим построением. На

практике применяются графоаналитические и графические методы построения графиков движения.

Как известно из теории электропривода, нагрузочная диаграмма характеризует изменение нагрузки двигателя (т.е. его тока, вращающего момента или мощности) во времени. В электрической тяге нагрузочная диаграмма получила название тяговой диаграммы. Она представляет собой либо диаграмму зависимости силы тяги электровоза от времени движения, т.е. $F = \varphi(t)$, либо диаграмму зависимости тока электровоза (тягового двигателя) от времени $I = f(t)$.

Подставляя в основное уравнение движения поезда выражения для удельных сопротивлений движению, можно представить уравнение движения в следующем виде:

$$F = (P + Q) \cdot g \cdot (\omega \pm i + 110 \frac{dv}{dt}), \text{ Н.} \quad (2.25)$$

Для периода ускорения

$$F = (P + Q) \cdot g \cdot (\omega \pm i + 110 \cdot \alpha_1). \quad (2.26)$$

Для периода установившейся скорости

$$F = (P + Q) \cdot g \cdot (\omega \pm i). \quad (2.27)$$

Для периода замедления при свободном выбеге

$$F = (P + Q) \cdot g \cdot (\omega \pm i - 110 \cdot \alpha_3) = 0. \quad (2.28)$$

В случае применения торможения

$$(P + Q) \cdot g \cdot (b + \omega \pm i) = 110(P + Q) \cdot g \cdot \alpha_{\tau}. \quad (2.29)$$

В приведенных выше формулах α_1 – ускорение, α_3 – замедление свободного выбега, α_{τ} – тормозное замедление, м/с^2 .

Зная пусковую силу тяги электровоза $F_{\text{пуск}}$, легко установить значение ускорения при пуске:

$$\alpha_1 = \frac{F_{\text{пуск}} - (\omega \pm i)}{(P + Q) \cdot g \cdot 110}, \text{ м/с}^2. \quad (2.30)$$

Пусковая сила тяги электровоза обычно принимается равной силе тяги часового режима.

2.6. Определение параметров поезда

В зависимости от горнотехнических условий и производительности шахты выбирается тип и масса электровоза, тип и грузоподъемность вагонеток и их количество – т.е. определяется масса поезда (см.гл.18). При этом учитывается опыт эксплуатации электровозного транспорта на аналогичных предприятиях.

Максимально допустимая масса поезда затем уточняется для конкретных условий транспорта в шахте по следующим критериям:

1. условиям сцепления при пуске и движении состава;
2. допустимому нагреву тяговых двигателей;
3. допустимой длине тормозного пути.

Величина максимально допустимого состава *по условиям сцепления* определяется исходя из наиболее тяжелого требования – трогания груженого поезда на преобладающий подъем. При этом обычно принимают: коэффициент сцепления колес электровоза с рельсами при пуске с подсыпкой песка $\psi = 0,24$; пусковое ускорение $\alpha = 0,03 \div 0,05 \text{ м/с}^2$.

Величина состава (τ) определяется по формуле:

$$P + Q_{\text{гр}} = \frac{1000 \cdot \psi \cdot P}{\omega_{\text{гр}} + i_{\text{ср}} + 110 \cdot \alpha'} \quad (2.31)$$

где P – масса электровоза, т;

$\omega_{\text{гр}}$ – сопротивление движению груженой вагонетки;

$i_{\text{ср}}$ – сопротивление от среднего уклона, Н/кН.

Допустимая масса поезда по условиям сцепления при движении с установившейся скоростью должна определяться для порожнего состава на преобладающем подъеме:

$$P + Q_{\text{пор}} = \frac{1000 \cdot \psi_x \cdot P}{\omega_{\text{пор}} + i_{\text{ср}}}, \text{ т}, \quad (2.32)$$

где ψ_x – ходовой коэффициент сцепления (без подсыпки песка), который может приниматься равным 0,12 для угольных шахт и 0,15 – для рудных [9].

Для груженого состава, идущего под уклон, тяговое усилие меньше и такая проверка не требуется.

При выборе массы поезда *по допустимому нагреву* тяговых двигателей постоянного тока пользуются методом среднеквадратичного или эквивалентного по нагреву тока в течении рейса [9]:

$$I_{\text{эк}} = \alpha \cdot \sqrt{\frac{\sum I^2 \cdot t}{T}} = \alpha \cdot \sqrt{\frac{I_{\text{гр}}^2 \cdot t_{\text{гр}} + I_{\text{пор}}^2 \cdot t_{\text{пор}} + I_{\text{ман}}^2 \cdot t_{\text{ман}}}{t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{ман}} + t_{\text{прос}}}}, \quad (2.33)$$

где $I_{\text{гр}}, I_{\text{пор}}, I_{\text{ман}}$ – соответственно токи двигателя при движении груженого, порожнего состава и выполнении маневров;

$t_{\text{гр}}, t_{\text{пор}}, t_{\text{ман}}, t_{\text{прос}}$ – время движения груженого, порожнего, маневров и простоев состава.

Коэффициент α учитывает ухудшение охлаждения двигателей во время маневров и простоев, находится в пределах 1,15-1,4. Большее значение характерно для рудных шахт, где имеется большой объем маневровых работ, связанных с загрузкой и разгрузкой вагонеток.

Допустимость нагрузки тягового двигателя по условию нагрева определяется соотношением:

$$I_{\text{эк}} \leq I_{\text{н.пр}}, \quad (2.34)$$

где $I_{\text{н.пр}}$ – номинальный ток продолжительного режима.

Для проверки по допустимому нагреву тяговых двигателей переменного тока (асинхронных) рекомендуется метод средних потерь [11]. Для самовентилируемого двигателя средние, эквивалентные по нагреву потери, рассчитывают по формуле:

$$\Delta P_{\text{ср}} = \frac{\sum \Delta P \cdot t}{\sum \beta \cdot t} = \frac{\Delta P_{\text{гр}} \cdot t_{\text{гр}} + \Delta P_{\text{пор}} \cdot t_{\text{пор}} + \Delta P_{\text{ман}} \cdot t_{\text{ман}}}{\beta_{\text{гр}} \cdot t_{\text{гр}} + \beta_{\text{пор}} \cdot t_{\text{пор}} + \beta_{\text{ман}} \cdot t_{\text{ман}} + \beta_0 \cdot t_{\text{прос}}}, \quad (2.35)$$

где ΔP – мощность потерь на интервале t , β – коэффициент ухудшения теплоотдачи на интервале t , может изменяться в пределах 0,3-1.

Зависимость коэффициента ухудшения теплоотдачи от угловой скорости можно считать линейной:

$$\beta = \beta_0 + (1 - \beta_0) \cdot \omega / \omega_{\text{н}},$$

где β_0 – коэффициент ухудшения теплоотдачи при неподвижном роторе.

Нагрузка тягового двигателя считается допустимой по условию нагрева, если

$$\Delta P_{\text{ср}} \leq \Delta P_{\text{н}}, \quad (2.36)$$

где потери номинального режима двигателя

$$\Delta P_{\text{н}} = P_{\text{н}} \cdot (1 - \eta_{\text{н}}) / \eta_{\text{н}}.$$

Важным требованием при определении массы поезда является обеспечение допустимого *тормозного пути*.

Решение тормозных задач заключается в определении тормозных путей по заданным скоростям или, наоборот, в определении скоростей по заданным (допустимым) тормозным путям при известных тормозных средствах поезда, т. е. при известной тормозной силе B .

Максимальная тормозная сила по условиям сцепления:

$$B = 1000 \cdot P \cdot g \cdot \psi_{\text{х}}, \text{ Н}, \quad (2.37)$$

где $\psi_{\text{х}}$ – ходовой коэффициент сцепления, принимаемый 0,12-0,17.

Относительное значение тормозной силы: $b = \frac{B}{(P+Q) \cdot g}$, Н/кН.

Уравнение движения поезда в тормозном режиме:

$$110 \cdot (P + Q) \cdot g \cdot \alpha_{\text{т}} = (P + Q) \cdot g \cdot (\omega \pm i + b).$$

При торможении с тормозной силой электровоза B суммируются силы сопротивления движению состава W , в результате суммарная тормозная сила

$$B_{\Sigma} = B + W = 1000 \cdot P \cdot g \cdot \psi_{\text{х}} + (P + Q) \cdot g \cdot (\omega_{\text{гр}} - i), \text{ Н}. \quad (2.38)$$

Энергия, запасенная движущейся массой, преобразуется в процессе торможения; из условия сохранения энергии:

$$\frac{m_{\text{пр}} \cdot v^2}{2} = B_{\Sigma} \cdot l_{\text{т}}, \quad (2.39)$$

откуда допустимая скорость при заданном тормозном пути

$$v_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{2 \cdot B_{\Sigma} \cdot l_{\text{т}}}{m_{\text{пр}}}}, \text{ м/с}. \quad (2.40)$$

При выполнении расчетов исходят из наиболее тяжелых условий: торможение груженого состава на преобладающем уклоне. При этом коэффициент сцепления следует принимать ходовой, т.е. $\psi_{\text{х}} = 0,12$ без песка или 0,17 с песком – для угольных шахт и 0,15 без песка для рудных шахт.

Пример 2.4. Рассчитать допустимую скорость движения состава по условию тормозного пути $l_T = 40$ м, при коэффициенте сцепления $\psi_x = 0,15$ для груженого состава на уклоне $i = 4\%$, используя данные примера 2.2.

По (2.38) рассчитаем суммарную тормозную силу

$$B_{\Sigma} = 1000 \cdot 14 \cdot 9,8 \cdot 0,15 + 156 \cdot 9,8 \cdot (5 - 4) = 20580 + 1560 = 22140,$$

Н.

По (2.40) рассчитаем максимальную скорость:

$$v_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22140 \cdot 40}{156 \cdot 1,1 \cdot 10^3}} = 3,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 11,6 \text{ км/ч}.$$

В этом примере статическое сопротивление движению $W = 1560$, Н. На естественной характеристике тягового двигателя ДТН-45 это соответствует скорости более 30 км/ч, что недопустимо. Следовательно, скорость электровоза для обеспечения безопасности движения должна контролироваться и не допускаться ее превышение на опасных участках.

Для определения тормозного пути l_T (м) по заданной начальной скорости торможения V_T (км/ч) может быть также использована формула [9]:

$$l_T = \frac{4,17 \cdot V_T^2}{\omega + b \pm i'} \quad (2.41)$$

откуда допустимая скорость: $v_{\text{доп}} = \sqrt{0,24 \cdot l_T \cdot (b + \omega - i)}$, км/ч.

В ряде случаев при тяговых расчетах электровозной откатки определяют так называемый расчетный тормозной путь l'_T который включает в себя путь подготовки к торможению l'_n и путь торможения l'_T , т. е. $l'_T = l'_n + l_T$.

Путь подготовки торможения зависит от времени, необходимого для приведения в действие тормозной системы (главным образом от времени наполнения воздухом тормозных цилиндров). Время для подготовки к торможению t_n на основе опыта может быть принято равным 2с. Тогда расчетный тормозной путь (м) будет определяться выражением

$$l'_T = \frac{t_n \cdot V_T}{3,6} + \frac{4,17 \cdot V_T^2}{\omega + b \pm i} \leq l_{\text{доп}} \cdot \quad (2.42)$$

В основе решения тормозных задач лежит допустимый тормозной путь, который устанавливается исходя из требований безопасного движения поездов. В соответствии с Правилами безопасности в угольных и рудных шахтах тормозной путь состава на преобладающем уклоне при перевозке грузов не должен превышать 40м, а при перевозке людей – 20м.

Контрольные вопросы:

1. Какие силы действуют на колесо?
2. Чем определяется соотношение моментов на колесе и двигателе?
3. Как образуется сила тяги?
4. Дать понятие коэффициента сцепления.
5. Чему равна максимальная сила тяги?

6. От чего зависит коэффициент сцепления?
7. Из чего складывается сопротивление движению?
8. Пояснить основное сопротивление движению.
9. Чему равно сопротивление уклона?
10. Пояснить динамическое сопротивление движению.
11. Дать понятие приведенной массы.
12. Как вычисляется динамическое сопротивление?
13. Пояснить уравнение движения поезда.
14. По каким критериям определяется масса поезда?
15. Как определяется масса поезда по условиям сцепления?
16. Как определяется эквивалентный по нагреву ток?
17. Чему равен допустимый тормозной путь?

3. ВИДЫ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

В связи с уникальным разнообразием горнотехнических условий, а также требований к производительности и безопасности, наблюдается многообразие шахтных (рудничных) электровозов, выпускаемых в Украине и других странах.

По источникам питания рудничные электровозы можно классифицировать на:

- контактные электровозы – для шахт не опасных по газу и пыли;
- аккумуляторные электровозы исполнений РП и РВ – для шахт опасных по газу и пыли;
- бесконтактные электровозы повышенной частоты (высокочастотные);
- электровозы с комбинированным питанием – контактно-аккумуляторные.

Шахтные электровозы имеют следующие виды исполнения:

- рудничное нормальное РН (контактные электровозы);
- рудничное повышенной надежности РП (аккумуляторные электровозы и бесконтактные электровозы переменного тока повышенной частоты);
- рудничное взрывобезопасное РВ (взрывобезопасные аккумуляторные электровозы).

Область применения локомотивов различных уровней взрывозащиты определяется «Правилами безпеки у вугільних шахтах».

В зависимости от условий откатки целесообразно применение локомотивов различного сцепного веса:

- по вентиляционным выработкам и горизонтам и по участковым выработкам (ярусные, подэтажные и этажные штреки) – локомотивы сцепным весом 7-10 т;
- по выработкам основных горизонтов (горизонт околоствольного двора) – сцепным весом 14-28 т при ширине колеи рельсового пути 750 и 900 мм и 7-10 т при ширине колеи 600 мм.

На основе анализа преимуществ и недостатков различных типов локомотивов, горно-геологических условий шахты и прогноза развития угольной промышленности рекомендуется применение на магистральном транспорте шахт с колеёй 900 и 750 мм аккумуляторных, высокочастотных и контактных электровозов сцепным весом 14 и 28 т, а для шахт с колеёй 600; 575 и 550 мм – 10 т.

На вспомогательном транспорте рекомендуется применять аккумуляторные электровозы и дизельные локомотивы сцепным весом 7 т и контактные весом 10 т.

При создании новых локомотивов основное внимание уделяется повышению скорости движения локомотивов, увеличению энергоёмкости аккумуляторных батарей, повышению тяговых и тормозных свойств,

унификации узлов и деталей, обеспечению безопасности движения и комфортности работы машиниста.

Типы выпускаемых электровозов и их технические характеристики приведены в Приложении А.

3.1. Контактные электровозы

Контактные электровозы (рисунки 3.1; 3.2) предназначены для откатки грузовых и пассажирских составов вагонеток по главным откаточным выработкам шахт.

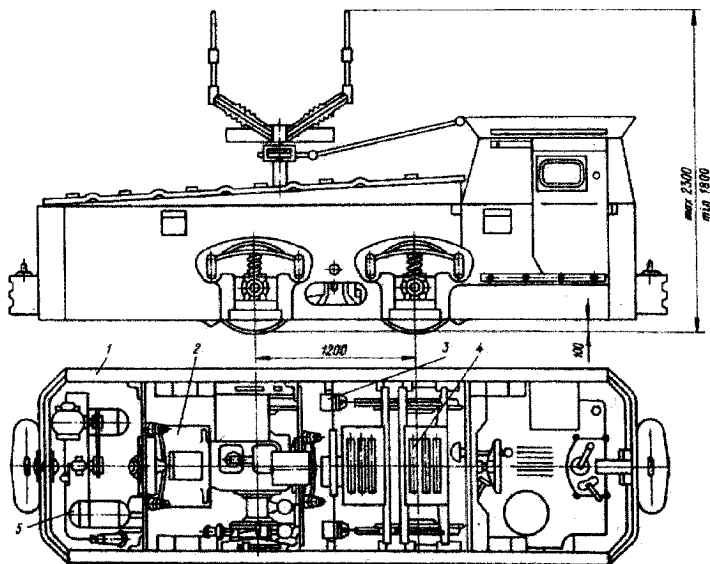
Применение контактных электровозов в исполнении РН разрешено только в выработках шахт I и II категории по газу на свежей струе воздуха и не опасных по газу [7].

Питание электровозов электроэнергией осуществляется через токоприемники от контактного провода. Обратным проводом служат рельсы.

Для уменьшения сопротивления в рельсах устанавливаются электрические соединители:

- стыковые – на каждом стыке рельс;
- обходные – на стрелках, крестовинах и т.п.;
- междурельсовые – между рельсовыми нитками одного пути;
- междупутные – между рельсами соседних линий, не реже, чем через каждые 100 м, а также в конце и начале рельсового пути.

а)



б)

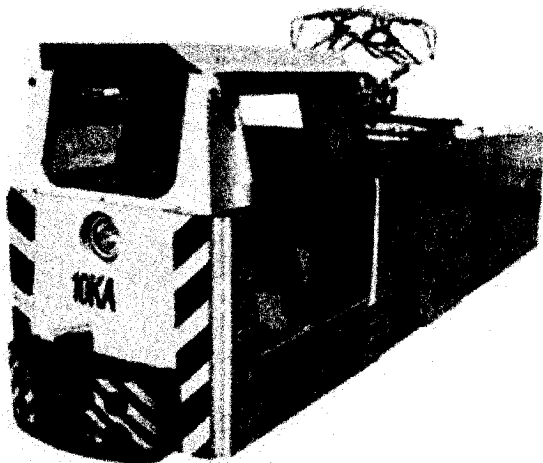
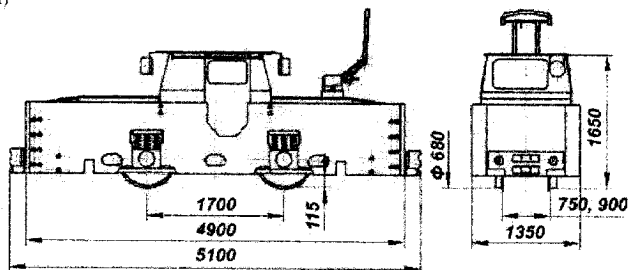


Рис.3.1. Контактный электровоз К10 (а) и его аналог 10КА (б)

а)



б)

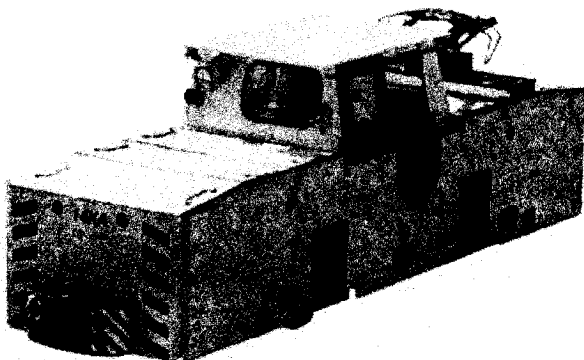


Рис.3.2. Контактный электровоз 14КА

Электрические соединители выполняются из провода, сопротивление которого эквивалентно сопротивлению медного провода, сечением не менее 50 мм² [8].

Сопротивление электрического соединения каждого стыка не должно превышать сопротивление стального рельса длиной 3 м [8].

При откатке контактными электровозами допускается применение постоянного тока напряжением не выше 600 В [7].

В свое время был разработан типажный ряд контактных электровозов, предусматривающий пять весовых категорий 7, 10, 14, 28, 50 т. На базе типажного ряда созданы новые контактные рудничные электровозы типа К7, К10, К14, КР28 для замены устаревших конструкций.

Контактные электровозы типажного ряда 7КА, 10КА и 14КА по сравнению с ранее выпускаемыми машинами того же сцепного веса значительно улучшены.

В ходовой части используются новые тяговые электродвигатели типа ДТН-33 (33 кВт) и ДТН-45 (45 кВт) с повышенным классом изоляции и улучшенной эксплуатационной характеристикой. Кроме того, улучшена подвеска тяговых электродвигателей. Рама электровозов приспособлена для монтажа буферов. В гнездах рам установлены резиновые амортизаторы, а также металлические регулирующие прокладки, позволяющие при перестановке их из верхнего положения в нижнее или обратно регулировать по высоте ось автосцепки.

Для дистанционного расцепления автосцепки на ней смонтирован пневмоцилиндр. Конструкция прицепного устройства позволяет разворачивать головку автосцепки как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Вместо автосцепки может быть установлена штыревая сцепка.

Тормозная система состоит из четырехколесного механического тормоза с пневматическим и ручным приводами и электрического тормоза.

Пневматическое оборудование электровоза состоит из:

- компрессора;
- двух воздухосборников;
- регулятора давления;
- предохранительного и обратного клапанов;
- тормозного крана;
- двух тормозных цилиндров;
- четырех пневмопесочниц;
- фильтра;
- масловодоотделителя;
- блока управления;
- соединительных шлангов.

Кабина электровозов имеет двухсторонний выход, а электрическая и пневматическая цепи заблокированы с дверями кабины. Двери кабины застеклены. Электровоз К14 имеет центральное расположение кабины, в

которой установлено дополнительное сиденье для сопровождающего лица или стажера.

На электровозах установлено: для снижения искрообразования и износа контактного провода двух дужный токоприемник, скоростемер, контроллер КС-303, обеспечивающий включение реостатного тормоза непосредственно рукояткой; фары ФГ1-В, обеспечивающие лучшую освещенность пути; преобразователь – стабилизатор напряжения СНТ2 на 24В для питания бортовой сети электровоза.

Кроме того, фары позволяют изменять световой поток на «дальний» и «ближний» свет, чем ликвидируется ослепляющее действие на машинистов встречного транспорта.

Электровозы оснащены средствами защиты, не допускающими пуск электровозов и их движение без нахождения машиниста на рабочем месте, при открытой хотя бы одной двери или исчезновении напряжения в контактном проводе [8].

В момент срабатывания средств защиты включается пневматический привод тормозной системы электровоза. Выдержка времени на срабатывание средств защиты обеспечивает нормальную работу электровоза при кратковременном отрыве дуг токоприемника от контактного провода.

После срабатывания защиты управление электровозом возможно только с нулевой позиции главной рукоятки контроллера. Электровозы могут быть оборудованы высокочастотной громкоговорящей связью ВГСЧ-2, аппаратурой дистанционного управления стрелочными переводами ЧУС-3, а также защитой от поражения электрическим током РУКС-4.

Электровозы изготавливаются с реостатной системой управления, которую в дальнейших разработках намечается заменить безреостатной с плавным регулированием скорости.

Электровоз К28 создается как спаренная машина из двух самостоятельных секций сцепной массой 14 т, с тиристорными системами управления тяговыми двигателями.

Напряжение питания выпускаемых в Украине контактных электровозов – 250 В постоянного тока.

В настоящее время машиностроительными заводами Украины и России разрабатываются и выпускаются более совершенные и модернизированные типы контактных электровозов:

- ОАО «Дружковский машиностроительный завод» (Украина) – К14М; ЭК 10Т; ЭКР10Р;
- ЧАО ПКФ «Амплитуда» (Украина) – 10КА (аналог К10); 14КА (аналог К14), 7КА (аналог 7КР);
- ОАО «Александровский машиностроительный завод» (Россия) – 7КРМ1; К10; К14М; К4.

Условия работы контактных электровозов в угольных и рудных шахтах существенно отличаются. Прежде всего, это касается коэффициента сцепления

колес с рельсами, который в угольных шахтах значительно меньше (см. п. 2.1.), соответственно меньше и реализуемая сила тяги и нагрузка на двигатели.

В рудных шахтах большой объем работы электровозов приходится на маневровые операции для перестановки вагонеток нерасцепляемого состава при выполнении погрузочных и разгрузочных работ, для этого требуется небольшие скорости.

Учитывая эти особенности целесообразно изготавливать различные модификации контактных электровозов для рудных и угольных шахт.

Так, для электровозов К14, работающих в рудных шахтах, можно использовать диаметр колес 680 мм, а для угольных шахт - 760 мм, – для движения с большими скоростями.

В рудных шахтах и руда и породы достаточно образивны и подсыпка песка для улучшения сцепления не дает заметного эффекта [10]. Поэтому на электровозах для рудных шахт не требуется установка песочниц и сопутствующего оборудования – жиклеров, пневмоклапанов, соединительных элементов.

В погрузочных выработках рудных шахт имеется по несколько пунктов погрузки, под каждым из которых контактный привод отсутствует, длина разрыва около 3 м. Существует проблема токосъема при проезде этих разрывов, которая на сегодняшний день не имеет удовлетворительного решения.

Технические характеристики выпускаемых контактных электровозов приведены в таблице 2 Приложение А.

3.2. Аккумуляторные электровозы

Откатка аккумуляторными электровозами является преобладающей в шахтах угольной промышленности. Аккумуляторные электровозы составляют 80% общего числа работающих локомотивов. Основные технические характеристики ранее выпускавшихся и выпускаемых в настоящее время аккумуляторных электровозов приведены в таблице 1 Приложения А настоящего издания.

Аккумуляторные электровозы (рисунки 3.3; 3.4; 3.5; 3.6) предназначены для транспортирования вагонеток с углем, породой, вспомогательными материалами, оборудованием, а также для перевозки людей по главным и вспомогательным откаточным горным выработкам шахт, опасных по газу и пыли с уровнем взрывозащиты РП и РВ согласно требованиям «Правил безопасности у угольных шахтах».

Применение аккумуляторных электровозов согласно требованиям «Правил безопасности у угольных шахтах» с уровнем взрывозащиты РП разрешено:

- в откаточных выработках шахт I и II категории по газу или опасных по пыли;

- в откаточных выработках со свежей струей воздуха шахт III категории, сверхкатегорийных по газу;
- в откаточных выработках со свежей струей воздуха шахт III категории, сверхкатегорийных на пластах, не опасных по внезапным выбросам, шахт, опасных по выбросам;

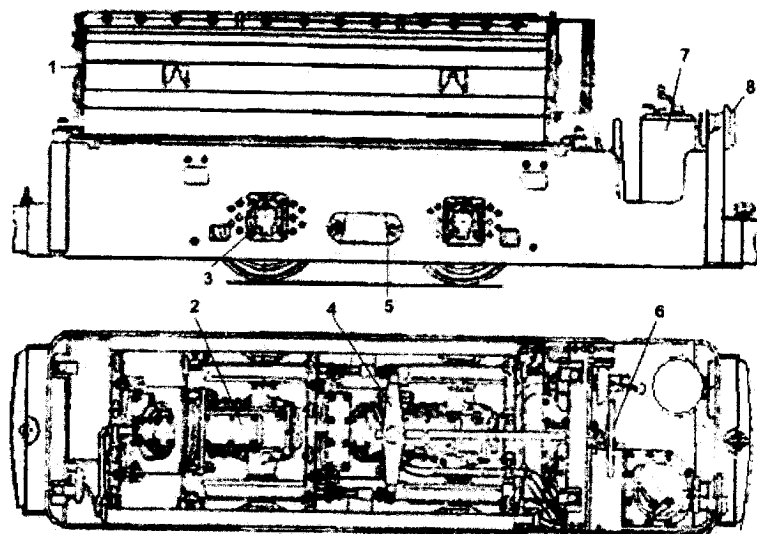


Рис.3.3 Аккумуляторный электровоз 4,5 АРП2М

1 – батарейный ящик; 2 – привод; 3 – рессорное подвешивание; 4 – тормозная система; 5 – рама;

6 – маховик привода ручного тормоза; 7 – контроллер; 8 – фара.

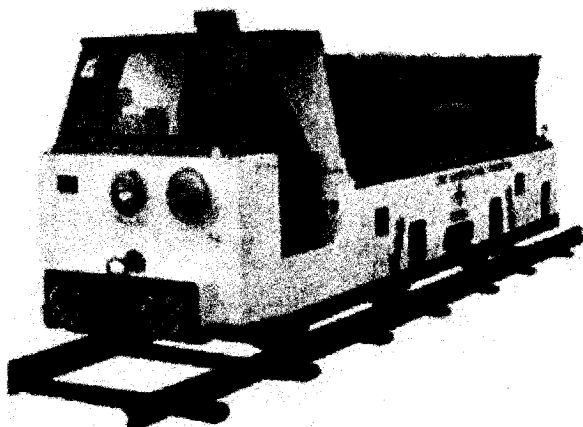


Рис.3.4. Аккумуляторный электровоз АМ8Д

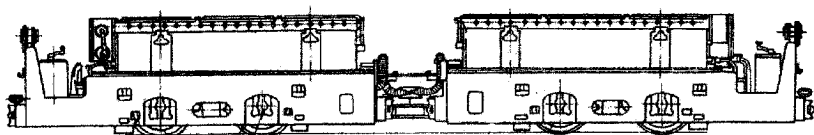


Рис.3.5. Спаренный аккумуляторный электровоз 2AM8Д

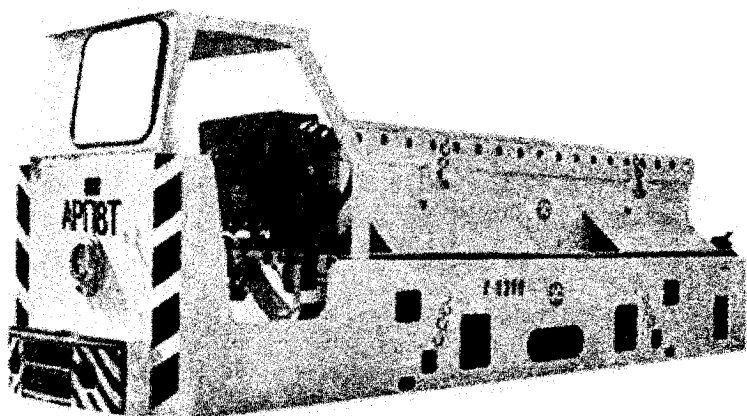


Рис.3.6. Аккумуляторный электровоз AP8T

- в выработках со свежей струей воздуха на шахтах, опасных по внезапным выбросам угля и газа и с сульфурными выделениями, при условии подхода их к очистным забоям на расстояние не ближе 50 м.

Как правило, все электрооборудование аккумуляторных электровозов, за исключением аккумуляторных батарей, имеет взрывобезопасное исполнение. Аккумуляторные батареи на большинстве электровозов имеют рудничное исполнение повышенной надежности (РП).

Основными типами, применяемыми в шахтах, являются электровозы со сцепным весом: 4,5; 5; 7; 8; 10; 14 и 28 тонн.

Источником электроэнергии на аккумуляторных электровозах является аккумуляторная батарея, заключенная в батарейный ящик.

В соответствии с требованиями «Правил технічної експлуатації вугільних шахт» такими источниками электроэнергии могут быть тяговые щелочные никель-железные (ТНЖ и ТНЖШ), никель-кадмиевые (ТНК) и кислотные тяговые аккумуляторные батареи, которые в зависимости от типа должны состоять из нормативного количества аккумуляторов, надежно закрепленных в батарейном ящике и соединенных перемычками.

В случае ввода в эксплуатацию кислотных батарей на шахте должны быть разработаны и согласованы с органами Госгорпромнадзора Украины

специальные организационно-технические мероприятия для безопасной и эффективной эксплуатации аккумуляторного хозяйства [4].

В состав аккумуляторного электровоза входят следующие составные части:

- рама;
- кабина;
- два привода;
- амортизаторы рамы;
- две подвески привода;
- тормозная система;
- два буферно-сцепных устройства;
- песочная система;
- батарейный ящик с размещенными в нем аккумуляторными батареями;
- комплект электрооборудования с проводкой (контроллер, пусковесопротивления, стабилизатор напряжения, автомат АВР-2123, АВР-2122 или ВАР-4, ВАР-4М, ВАБ, скоростемер, фары);
- звуковой сигнализатор.

Рама — основная несущая часть электровоза, служит для размещения на ней всего механического и электрического оборудования, а также для создания необходимого сцепного веса. Рамы электровозов представляют собой жесткую сварную конструкцию с размещенным на ней ящиком аккумуляторных батарей.

Рамы аккумуляторных электровозов могут иметь роликовые устройства для перекачивания батарейного ящика.

Механическая и электрическая части электровозов, кроме комплектаций батарейных ящиков, в основном идентичны.

Автоматический газоанализатор (типа ПКВ-2 или ТП-1133В и др.), позволяет машинисту электровоза, находясь в кабине, осуществлять наблюдение за изменением концентрации водорода, обеспечивает включение световой сигнализации при достижении предельно-допустимой концентрации водорода (2,5% по объему) и ее выключение после снижения концентрации водорода ниже допустимого значения (1,3%) [7].

В комплект поставки газоанализатора ТП-1133В входят первичный преобразователь и блок измерения.

Спереди и сзади рамы расположены *буфера* литой конструкции, которые крепятся к торцевым стенкам рамы болтами. Между стенкой рамы и буферами расположены резиновые амортизаторы, смягчающие удары.

Передняя часть рамы является *кабиной машиниста*, из которой осуществляется управление электровозом.

Кабина машиниста – полузакрытого типа с выходом на обе стороны имеет смотровое окно. В кабине размещены сиденье машиниста, контроллер, сигнальный звонок, штурвал тормозной системы, рукоятки управления песочницами, штепсельная коробка, фары, огнетушитель

В средней части размещены *приводы, песочная система, тормоза*. К торцам рамы приварены уголки, в которых крепятся сцепные устройства, представляющие собой буфер двухстороннего действия с резиновыми амортизаторами и штыревую сцепку карманного типа. В задней части рамы размещены *пусковые сопротивления, задняя фара*.

Элементы сопротивления представляют собой спираль из фехральной ленты, намотанной на ребра фарфоровых изоляторов.

Обе оси электровозов оборудованы индивидуальными взаимозаменяемыми приводами.

Привод электровозов состоит из тягового электродвигателя (типа ЭДР-7П мощностью 12 кВт; ДРТ-10; ДРТ-13М мощностью 13 кВт и др.), редуктора, колесных пар, двух букс и скоростемера.

Электродвигатель подвешен через пружинные амортизаторы к кронштейнам рамы. Другая часть привода через подшипники качения опирается на оси колесных пар. Включение и выключение тяговых электродвигателей, а также осуществление необходимых режимов езды (пуск, выбег, длительная езда) и реверсирование производится контроллером типа ГР-9М, КРВ-2 или КТВ-2.

Защита электродвигателей от перегрузки и силовой цепи от коротких замыканий осуществляется автоматом (АВР-2123, АВР-2122, ВАР-4, ВАР-4М и др.). Уставка реле максимального тока на 200А отрегулирована на заводе-изготовителе.

Электровозы оборудованы колодочными тормозами на четыре колеса с ручным приводом и электродинамическим реостатным торможением. В целях фиксации колодочной тормозной системы в заторможенном состоянии последняя снабжена храповым устройством.

Для подсыпки песка под колеса электровозов с целью увеличения сцепления между ободом колеса и рельсами электровозы оборудованы песочной системой, составленной из двух задних и двух передних песочниц, системой продольных и поперечных тяг, рукояток и педалей управления песочницами. Песочницы имеют ручной привод и расположены таким образом, чтобы песок всегда высыпался впереди одной из колесных пар.

Установленный на электровозах **скоростемер** (СР-20РВ1В1 или СР-35) предназначен для измерения скорости движения электровоза и состоит из двух приборов: датчика и показывающего прибора. Датчик установлен в корпусе редуктора привода и имеет механическую связь с валом электродвигателя. Показывающий прибор устанавливают в кабине машиниста.

Стабилизатор напряжения предназначен для питания постоянным напряжением 24В фар электровоза и другой вспомогательной аппаратуры. Стабилизатор выполнен во взрывобезопасном исполнении. Он установлен в кабине, под сидением машиниста.

На базе электровоза АМ8Д Дружковским машиностроительным заводом был разработан и выпущен спаренный электровоз 2АМ8Д. На электровозах АМ8Д и 2АМ8Д (рисунок 3.4; 3.5) применена безреостатная система

управления с секционированием аккумуляторной батареи и ослаблением магнитного потока тяговых электродвигателей. Такая система является более экономичной, так как снижает потери энергии в пусковом режиме электровоза.

В 2004 году ЧАО ПКФ «Амплитуда» приступила к серийному выпуску нового аккумуляторного электровоза АРП8Т, который при условии эксплуатации с кислотной аккумуляторной батареей может быть двухкабинным при тех же габаритных размерах (во второй кабине управления установлен только блок управления).

Электровоз АРП8Т (рисунок 3.6) снабжен транзисторной бесконтактной системой управления. Данная система управления позволяет выполнять все необходимые функции и обеспечивает все заданные параметры без перегрузок и аварийных ситуаций, в том числе не происходит перегрева двигателей. Однако, поскольку на шахтах используются батареи, отработавшие уже несколько лет, ЧАО ПКФ «Амплитуда» было доработано и изготовлено несколько блоков, позволяющих электровозу работать с щелочными батареями, срок службы которых истек.

Система электродинамического торможения электровоза АРП8Т дает возможность полностью заблокировать колеса, что, при наличии механических тормозов, позволяет обеспечить все необходимые виды торможения.

Также возникла необходимость в точном контроле скорости, что было предусмотрено в скоростемере СР, выпускаемым ЧАО ПКФ «Амплитуда».

Претерпели изменения и другие узлы, что в конечном итоге позволило обеспечить большую безопасность и надежность изделия в целом.

Для снижения затрат добывающих предприятий возможно проведение капитального ремонта используемых аккумуляторных электровозов с их модернизацией и установкой транзисторной бесконтактной системы управления, что увеличит ресурс электровозов минимум в два раза и обеспечит безопасность труда шахтеров.

Выпускаемый серийно шахтный аккумуляторный электровоз АРП8Т разработан на базе ходовой части наиболее распространенного и удобного в эксплуатации электровоза АМ8Д, позволяющей вписаться в существующие в настоящее время выработки угольных шахт.

Основные преимущества электровоза АРП8Т:

- наличие плавного пуска и торможения;
- защита тягового двигателя от перегрева;
- наличие источника стабильного напряжения;
- наличие системы защиты аккумуляторной батареи.

Электровоз АРП8Т может комплектоваться как щелочными никель-железными (ТНЖШ), так и кислотными тяговыми аккумуляторными батареями,

контроллером КТВ-2 (или КРВ-2), скоростемером СР, импульсным преобразователем напряжения (ИПН) для питания фар электровоза, сигнализатором звуковым СЗЭВ производства ЧАО ПКФ «Амплитуда».

В настоящее время ОАО «Дружковский машиностроительный завод» выпускает аккумуляторные электровозы АВ8Т (исполнение РВ), АРП10Г исполнения (РП), АРВ10ГЭ (для угольных шахт, опасных по газу или пыли).

Ясногорский машиностроительный завод (Россия) выпускает аккумуляторные электровозы АРВ7 исполнения (РВ), АВ-600У5 и АВ-900У5 исполнения (РП), ВВ-600У5 и ВВ-900У5 исполнения (РВ), А 5,5- 600У5 и А 5,5-900У5 исполнения (РП) и спаренные электровозы 2А8-600У5 и 2А8-900У5 исполнения (РП), 2В8-600У5 исполнения (РВ) и 2В8-900У5 исполнения (РВ) и 2В8-900У5 исполнения (РВ).

ООО НПП «Энергия» (г. Донецк) выпускает электровоз рудничный аккумуляторный типа ЭРА 900-В9(П8), 2ЭРА-В9(П8), предназначенный для локомотивной откатки в горных выработках типового сечения угольных шахт с колеёй рельсового пути – 900 мм, где «Правилами безопасности у угльных шахтах» разрешено применение аккумуляторных электровозов с уровнем взрывозащиты не ниже РВ или РП.

Электровоз со сцепным весом 9 т в рудничном взрывобезопасном исполнении (РВ) и 8 т в исполнении рудничном повышенной надежности (РП) позволяет перевозить грузы и людей по подземным выработкам угольных шахт, а также может применяться для маневровых работ на обменных пунктах, в околоствольных дворах шахт и откатке на поверхности. Электровозы предназначены для эксплуатации в горных выработках с уклоном колеи 0,005. В выработках с уклоном колеи от 0,005 до 0,050 возможность их применения регламентируется требованиями СОУ 10.1.00185790.007 [6].

Для управления двумя обособленными электроприводами на электровозе установлена аппаратура управления движением и вспомогательным электрооборудованием с бездуговой коммутацией контактов типа АУБ-120РВ.

Источником электрической энергии служит свинцово-кислотная батарея типа РзS, установленная в батарейном ящике, с закрепленным на нем автоматическим выключателем типа ВРВ.

3.3. Бесконтактные электровозы переменного тока повышенной частоты (высокочастотные)

Бесконтактные электровозы переменного тока повышенной частоты предназначаются для откатки по магистральным выработкам угольных шахт, опасных по газу или пыли, где разрешена эксплуатация локомотивов с уровнем взрывозащиты рудничной повышенной надежности (РП).

Откатка бесконтактными электровозами переменного тока повышенной частоты может быть применена на подземном транспорте шахт в экономически обоснованных условиях в соответствии с разработанными для каждой шахты проектами [8].

При одинаковом сцепном весе с аккумуляторными электровозами электровозы переменного тока повышенной частоты имеют более высокую

производительность, так как снимаемое с питающей линии напряжение всегда неизменно и не зависит от расстояния между электровозом и преобразовательной подстанцией. В связи с этим их применение особо предпочтительно в выработках большой протяженности, с большими грузопотоками и завышенным профилем пути (более 0,005).

Преимуществами этих электровозов по сравнению с контактными являются:

- отсутствие блуждающих токов;
- отсутствие искрения при съеме энергии и истирания токоприемника и энергоподводящей сети;
- исключение опасности электротравматизма при случайном касании проводников питающей сети.

Бесконтактный электровоз переменного тока повышенной частоты В14 выпускается на колею 900 мм (рис. 3.7).

Работа электровоза основана на бесконтактной индивидуальной передаче электромагнитной энергии частотой 5000 Гц из тяговой питающей линии в приемно-силовую контур электровоза и преобразования ее в электрическую энергию постоянного тока, которая используется для питания тяговых двигателей в системе привода электровоза (рисунок 3.8).

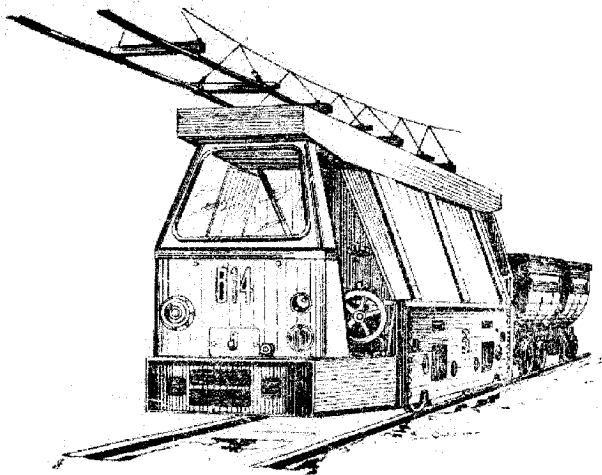


Рис.3.7. Рудничный бесконтактный электровоз повышенной частоты В14-900

Электровоз В14 выполнен с двумя постами управления, расположенными с двух сторон машины. Кабины машиниста имеют полузакрытое исполнение. Энергоприемник образует верхнее перекрытие кабины, ветровое стекло защищает машиниста от встречного потока воздуха.

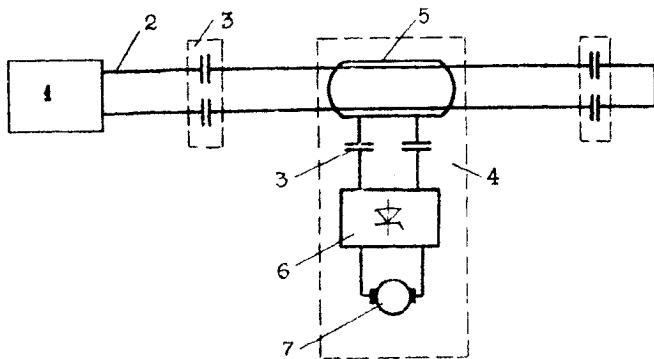


Рис.3.8. Структурная схема бесконтактного электрического транспорта:
 1 – преобразователь на подстанции; 2 – тяговая сеть; 3 – компенсирующие конденсаторы;
 4 – оборудование электровоза; 5 – энергоприемник; 6 – управляемый выпрямитель;
 7 – тяговый двигатель

Электровоз состоит из двух составных частей: приемно-силовой и ходовой. Аппаратура приемно-силовой части (приемно-силового контура) закреплена в опорно-рамной конструкции, которая устанавливается на ходовой части и образует надрамное строение локомотива.

Ходовая часть (привод, гидравлическая тормозная и песочная системы и др.) унифицирована с аккумуляторным электровозом АРП14.

При этом внутри ходовой части закреплены контроллеры управления и реверсор.

Приемно-силовой контур электровоза состоит из плоского энергоприемника, выполненного обмоткой специального кабеля, уложенного в замкнутом ферритовом сердечнике; конденсаторной батареи для компенсации индуктивности обмотки энергоприемника; полупроводникового кремниевого выпрямителя. Нагрузкой этого контура являются тяговые электродвигатели, управляемые посредством тиристорной аппаратуры типа ТЭРА.

Приемно-силовой контур настроен в резонанс на частоту 5000 Гц. Настройка осуществляется с помощью специальных конденсаторов КСПР-0,5-5У5.

Приемно-силовой контур электровоза обеспечивает питание двух тяговых двигателей, каждый из которых включен на свой выпрямитель. Выпрямители соединены между собой параллельно и собраны по мостовой схеме на частотных вентилях ВЧ-200-6.

Для регулирования скорости движения электровоза в приемно-силовой контур на переменной стороне включены дроссели с регулируемой индуктивностью. Изменение скорости в этом случае осуществляется расстройкой резонансного контура. Плавный характер изменения индуктивности дросселей обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости движения. Управление осуществляется одним дросселем.

Необходимость установки двух дросселей обусловлена наличием двух постов управления.

Электровозы оборудованы колодочным тормозом с ручным и гидравлическим приводами. Гидравлическая система – замкнутая, аккумулирующего типа, с подзарядкой во время движения. Напорная часть выполнена насосом Н-400 с подачей 5 л/мин, давлением 200 кгс/см², частотой вращения 1450 об/мин. В качестве аккумулирующего элемента в системе используются два шаровых гидроаккумулятора ГШ емкостью по 2,5 л. Давление в гидросистеме 95 кгс/см².

Песочная система электровоза состоит из четырех песочниц, работающих на сухом гидрофобном песке.

Обработка песка осуществляется на установке УСП-2, поставляемой с электровозами. Песочницы оборудованы гидравлическим приводом включения.

На электровозах В10 (В10Б) применена индивидуальная подвеска на цилиндрических витых пружинах, внутри которых установлены фрикционные гасители колебаний.

Тяговая линия прокладывается на высоте 1,8 м от уровня головки рельс – вдоль откаточного пути и представляет собой систему двух параллельных проводников, подвешенных в горизонтальной плоскости на расстоянии между кабелями 400 мм, зазор в свету между кабелями тяговой линии и энергоприемником 100 мм.

В качестве проводников используется специальный изолированный кабель КШСЛ90. С целью уменьшения наводок в посторонних проводниках (кабелях, трубопроводах и т.п.) проводники тяговой линии транспонируются (перекрещиваются) с одинаковым шагом (90-140 м). Для снижения высокого реактивного сопротивления в линию включаются компенсирующие конденсаторы КСПР-0,5-5У5. Линия обтекается стабилизированным током 150 А. Ток в линии автоматически поддерживается постоянным, независимо от числа работающих электровозов и их нагрузки.

Преобразовательная подстанция служит для преобразования тока промышленной частоты 50 Гц в ток частотой 5000 Гц и комплектуется тиристорным преобразователем частоты ТПЧ250-5У5 с водяным охлаждением мощностью 250 кВт. Подстанция обеспечивает стабилизацию тока в линии, имеет минимальную и максимальную токовые защиты со стороны нагрузки.

В 1973 г. Дружковский машиностроительный завод выпустил комплекс экспериментального оборудования рельсовой откатки с бесконтактными электровозами. Экспериментальный комплекс был испытан на шахте «Постниковская» производственного объединения «Шахтерскантрацит» и по результатам испытаний было рекомендовано изготовление опытных образцов.

Технические характеристики бесконтактных электровозов переменного тока повышенной частоты приведены в таблице 3 Приложения А.

3.4. Электровозы с комбинированным питанием

К особенностям эксплуатации электровозов в рудных шахтах относится большой объем маневровых работ, связанных с загрузкой и разгрузкой вагонеток. Существующие системы управления электровозами плохо приспособлены к таким режимам эксплуатации.

Контактный провод в условиях рудных шахт содержит разрывы у многочисленных пунктов погрузки. Все серийные токосъемники оказываются непригодными в этих условиях.

Большой интерес как для угольной, так и для рудной промышленности представляют электровозы с комбинированным питанием, которые могут получать энергию как от контактной сети, так и от автономного источника питания. Такими источниками могут быть механические накопители энергии (маховики), аккумуляторные батареи, двигатели внутреннего сгорания и др.

Использование электровозов с комбинированным питанием в условиях угольных и рудных шахт решает различные задачи:

- в угольных шахтах расширяется зона действия электровозов, по сравнению с контактными, не требуется перецепка составов между зонами работы аккумуляторных и контактных электровозов и связанные с этим маневры;
- в рудных шахтах устраняются контактные сети в погрузочных и других вспомогательных выработках, где имеются трудности монтажа и эксплуатации контактной сети и велика вероятность поражения людей электрическим током.

Развитие промышленной электроники и совершенствование электрических аккумуляторов дают реальные предпосылки для создания контактно-аккумуляторных электровозов для угольных и рудных шахт. В связи с различием решаемых задач и условий эксплуатации это должны быть различные электровозы: для угольных шахт они должны строиться на базе аккумуляторных электровозов, имеющих взрывобезопасное исполнение электрооборудования, а для рудных шахт – на базе контактных с электрооборудованием в рудничном нормальном исполнении.

Как свидетельствуют исследования, длины контактных сетей в погрузочных выработках в условиях шахт Криворожского железорудного бассейна находятся в пределах 100-350 м. В связи с большим количеством погрузочных выработок общая их протяженность оказывается значительной и составляет 25-40% общей протяженности контактной сети горизонта шахты.

Интенсивность движения в погрузочных выработках значительно меньше, чем в магистральных. В процессе цикла откатки состав движется по выработкам рудничного двора, квершлагам, штрекам и погрузочной выработке. Общая протяженность цикла движения составляет 2000-6000 м. Из них на погрузочную выработку приходится около 200 м, или 5-10%. Поэтому и энергетические затраты на движение в погрузочных выработках составляют небольшую часть общих энергетических затрат.

В погрузочной выработке скорость состава ограничена условиями движения и равна 2-5 км/ч. Поскольку длина погрузочной выработки составляет 5-10% общей протяженности цикла движения, снижение скорости практически не влияет на производительность состава.

Применительно к электровозу К14 с тяговыми двигателями типа ДТН-45, используя электромеханические характеристики, рассчитаны требуемые напряжения аккумуляторной батареи для реализации указанных скоростей движения. Так, при токе часового режима 200 А и скорости 3 км/ч требуется напряжение 66,5 В; при токе длительного режима 100 А и скорости 5 км/ч – напряжение 69 В. Таким образом, требуемое минимальное напряжение аккумуляторной батареи составляет около 70 В. Номинальное напряжение – 80 В.

Для электровозов К14 могут быть использованы тяговые аккумуляторы емкостью 400-500 А · ч. При этом, для обеспечения напряжения 80 В в тяговом режиме, батарея кислотных аккумуляторов должна содержать 40 элементов. Общая масса аккумуляторов составляет вместе с ящиком около 1000 кг. Энергоемкость такой батареи составляет 10^8 Дж, что достаточно для загрузки состава до 20 раз или движения состава на расстоянии около 10 км без дополнительной подзарядки. Это вполне удовлетворяет требования откатки рудников черной металлургии.

Блок-схема контактно-аккумуляторного электровоза представлена на рис. 3.9. Двигаясь по магистральным выработкам, электровоз работает в контактном режиме, получая питание от контактного провода КП. Напряжение на тяговых двигателях М1, М2, а, следовательно, и скорость их вращения регулируется транзисторным регулятором скорости РС, который управляется блоком управления БУ. Задание режимов блоку управления может производиться прямо (вручную) или косвенно (дистанционно) посредством системы телеуправления электровозами.

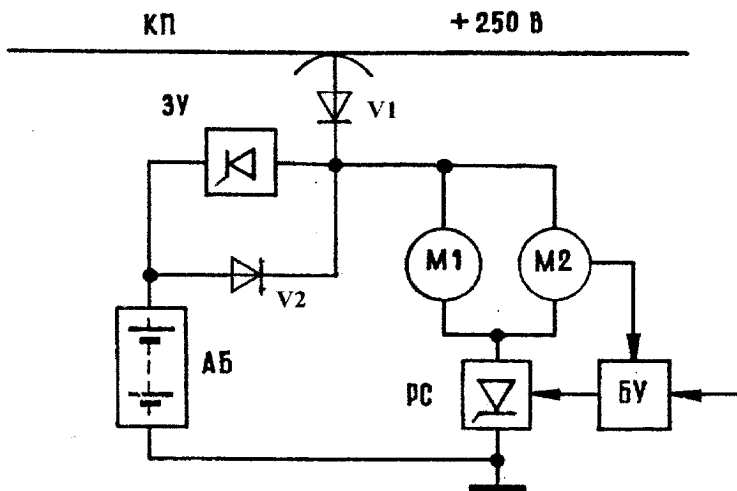


Рис. 3.9. Блок-схема контактно-аккумуляторного электровоза

При работе электровоза в контактном режиме происходит автоматическая подзарядка аккумуляторной батареи АБ с помощью транзисторного зарядного устройства ЗУ.

В автономном режиме при опущенном токосъемнике тяговые двигатели через диод V2 подключаются к аккумуляторной батарее АБ. Режим работы тяговых двигателей в автономном режиме регулируется тем же транзисторным регулятором скорости РС. Диод V1 исключает обратную подачу напряжения на токосъемник и разряд АБ через контактную сеть.

От тяговой аккумуляторной батареи целесообразно питать так же оперативные цепи электровоза и цепи освещения, ликвидируя тем самым дополнительные специальные устройства для питания этих цепей.

Опыт эксплуатации контактно-аккумуляторных электровозов на зарубежных рудниках подтверждает их эффективность. Так в Швеции изготавливаются несколько типов рудничных контактно-аккумуляторных электровозов. В качестве примера приведем наиболее тяжелый рудничный электровоз для железорудных шахт массой 62 т (рис. 3.10).



Рис.3.10. Рудничный контактно-аккумуляторный электровоз

Электровоз спроектирован для питания от контактной сети напряжением 600 В постоянного тока или от аккумуляторной батареи. В местах погрузки и разгрузки составов контактной сети нет и привод электровоза питается от аккумуляторной батареи напряжением 144 В. Также от аккумуляторной батареи электровоз получает питание в случае отсутствия напряжения в контактной сети, при этом емкости батареи достаточно для движения грузного состава в течении 24 минут.

На электровозе предусмотрен тяговый привод с импульсным управлением. Электровоз может управляться традиционно – машинистом, а также дистанционно при выполнении погрузочных и разгрузочных работ. Возможно также автоматическое ведение состава по сигналам напольных устройств.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить виды рудничных электровозов.
2. Назвать виды исполнения рудничных электровозов.
3. Область применения контактных электровозов.
4. Типажный ряд электровозов.
5. Область применения аккумуляторных электровозов.
6. Отличия условий работы электровозов в угольных и рудных шахтах.
7. Чем отличается электровоз АМ8Д от АРП8Т?
8. Область применения высокочастотных электровозов.
9. Принципы работы высокочастотного транспорта.
10. Достоинства и недостатки высокочастотного транспорта.
11. Назначение электровозов с комбинированным питанием.
12. Преимущества электровозов с комбинированным питанием.
13. Пояснить работу схемы рисунок 3.9.

4. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Механическое (экипажное) оборудование шахтного электровоза состоит из:

- рамы с одной или двумя кабинами;
- буферов;
- тормозной и песочной систем;
- редукторов;
- колесных пар;
- рессорного подвешивания рамы;
- подвески электродвигателей.

Механическое оборудование контактных и аккумуляторных электровозов практически одинаковое. У аккумуляторных электровозов к механическому оборудованию, кроме того, относят батарейный ящик и устройство для перекатывания аккумуляторных батарей.

Конструкция локомотивов должна обеспечивать [12]:

- невозможность включения тяговых двигателей машинистом, находящимся стоя в кабине или вне её;
- отключение двигателей при вставании машиниста с сиденья движущегося локомотива.

Локомотивы сцепным весом 7 т и более должны быть оборудованы двумя концевыми или одной центрально расположенной кабиной с выходом на обе стороны.

Конструкция кабин локомотивов должна обеспечивать:

- обзор пути при движении в обоих направлениях;
- установку кресла машиниста по направлению движения. При наличии одной кабины допускается поперечное расположение кресла;
- покрытие крышки кабины машиниста стальным листом, шириной не более ширины рамы локомотива и длиной, обеспечивающей перекрытие всей кабины;
- место для размещения аппаратуры связи машиниста с диспетчером;
- устройство для дистанционного управления стрелочными переводами;
- на локомотивах сцепным весом 7 т и более – аппаратурой для принятия сигналов из пассажирских вагонеток;
- установку второго сиденья в кабинах локомотивов шириной более 1050 мм;
- установку безопасных стекол в оконных проемах кабин;
- установку необходимых измерительных приборов (контроль скорости, давления воздуха в пневмосистеме тормозов, контроль концентрации метана, контроль концентрации водорода для аккумуляторных взрывозащищенных электровозов);
- блокировочные устройства, исключющие движение локомотива при отсутствии машиниста на рабочем месте.

4.1. Несущие конструкции

Рама – основная несущая часть электровоза, служит для размещения на ней всего механического и электрического оборудования, а также для создания необходимого сцепного веса. Рама аккумуляторных электровозов могут иметь роликовые устройства для перекачивания батарейного ящика и представляют собой жесткую стальную конструкцию, состоящую из боковых и поперечных листов прокатной стали, скрепляемых сваркой или болтами. Для усиления рамы посередине приваривают связывающую полосу, которая предохраняет ее от деформации при ударах. Раму контактных электровозов накрывают сверху стальными листами, которые защищают оборудование от капежа и механических повреждений.

У электровозов 7КР1У рама (рисунок 4.1) разборной конструкции состоит из двух продольных боковин – 4, соединенных между собой, промежуточных стенок – 5, торцевых стенок – 1 и двух стальных литых буферов – 3, кабины – 2. Между буферами и промежуточными стенками проложены передний и задний литые балластные полы – 6.

Продольные боковины электровоза 7КР1У изготовляют из стального листа толщиной 30 мм, а боковины электровозов 10КР1 и 10КР2 для создания необходимого сцепного веса – из двух стальных листов толщиной 30 и 40 мм каждый, соединенных между собой пятнадцатью заклепками. При этом внутреннее расстояние между продольными боковинами рам у электровозов 7КР1У, 10КР1 и 10КР2 одинаково. Продольные листы связаны между собой передними и задними лобовыми листами и двумя промежуточными поперечными стенками. Толщина листов передней лобовой и промежуточной стенок – 30 мм, задней промежуточной – 16 мм и задней лобовой – 12 мм.

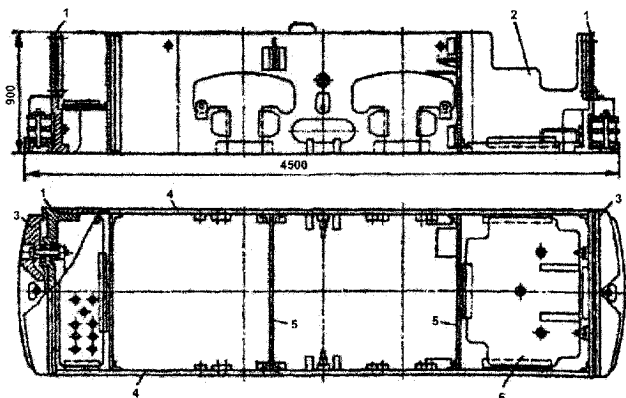


Рис. 4.1. Рама электровоза 7КР1У:

- 1 – торцевые стенки; 2 – кабина; 3 – стальные литые буфера; 4 – боковины;
5 – промежуточные стенки; 6 – балластные полы.

Промежуточные стенки делят раму на три части: переднюю, центральную и заднюю. В передней находится кабина машиниста электровоза – 2. В центральной расположены электродвигатели, ходовая часть, тормозная и песочные системы, а также пневматическое оборудование электровоза. В задней части (отсеке) рамы электровоза 7КР1У размещены силовые сопротивления и сиденья для кондуктора, а у электровоза 10КР2 установлен воздушный компрессор с двигателем. Для увеличения сцепного веса электровоза и придания ему устойчивости пол кабины машиниста и заднего отсека выполняют из чугуновых плит. Для установки буксовых челюстей, удобства монтажа и демонтажа рессорного подвешивания и для осмотра и регулирования тормозной системы на продольных листах рамы имеются вырезы и окна.

Рама электровоза через рессорное подвешивание опирается на стальные буксы. На торцевых стенках рамы болтами крепят буфера со сцепными устройствами. Головки болтов утоплены в поперечных листах. Для подвески тяговых двигателей имеется четыре кронштейна, по два на каждый двигатель. Кронштейны переднего двигателя крепят к поперечной балке, а заднего – к задней промежуточной стенке рамы.

Верх кабины крепят к раме болтами. Со стороны переднего буфера кабина открыта, в задней стенке ее имеется окно, через которое машинист наблюдает за токоприемником и вагонетками во время движения электровоза.

В кабине машиниста расположены рукоятки управления, контроллер, автоматический выключатель, звуковой сигнал, фары освещения и сидение машиниста.

На контактных электровозах К14 кабина машиниста расположена в центральной части рамы, а у аккумуляторных электровозов АРП10 и АРП14 имеются две кабины, расположенные с двух сторон рамы.

Конструкция рамы электровоза К10 аналогична конструкции рамы электровоза 10КР2. Каркас рамы состоит из двух стальных боковин толщиной по 70 мм, стальных литой конструкции буферов, стальных полов и промежуточных стенок. Масса рамы составляет примерно 40% всей массы электровоза.

Рама электровоза К14 (рисунок 4.2) изготовлена из двух стальных литых буферов – 1 и двух боковин – 3, 4 толщиной по 110 мм, состоящих из стальных листов, склепанных между собой, поперечных балок – 2, 8, предназначенных для подвески тяговых электродвигателей, центрально расположенной кабины машиниста – 5, двух сидений – 6, 7, направляющих букс – 9.

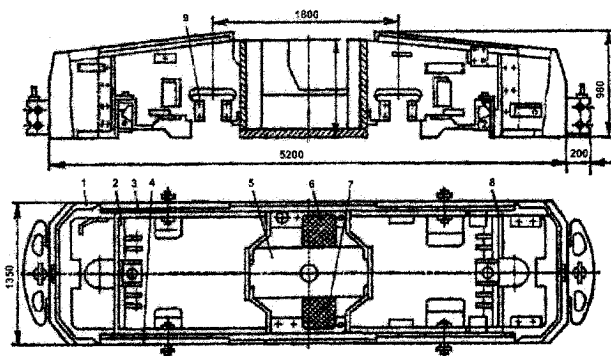


Рис. 4.2 Рама электровоза К14:

1 – два стальных буфера; 3,4 – две боковины; 2,8 – поперечные балки;
5 – кабина; 6 и 7 – сиденья; 9 – направляющие буксы.

4.2. Ходовая часть

Ходовая часть электровоза К14М состоит из двух одинаковых по конструкции приводов (рис. 4.3,а), включает в себя электродвигатель – 1, редуктор – 2, колесную пару – 3, буксы – 4 и подвеску двигателя – 5. К ходовой части электровоза относятся колесные пары и буксы.

Колесная пара электровоза К14М (рис. 4.3,б) представляет собой ось – 6, на которую напрессованы колесные центры – 7, с бандажами – 8, и зубчатое колесо – 9.

На каждом бандаже имеется реборда, не допускающая схода колеса с рельса. На электровозах между колесными центрами и зубчатым колесом на ось колесной пары насажены подшипники качения – 10, с помощью которых корпус редуктора электровоза, эластично подвешенного на амортизаторах к балке рамы электровоза, опирается на ось колесной пары.

Зубчатое колесо – 9 колесной пары входит в зацепление с зубчатым колесом двухступенчатого цилиндрикоконического редуктора ходовой части электровоза. При движении электровоза корпус редуктора вместе с электродвигателем может поворачиваться (покачиваться) на подшипниках – 10 относительно оси – 6 колесной пары.

Ось колесной пары изготавливают из круглой высококачественной стали марки 40Х, колесные центры – из стального или чугунного литья, а бандажи – из прокатной стали. Колесные центры и шестерню насаживают на ось полусквата гидравлическим прессом. У электровозов 4КР, 4.5АРП-2М и 5АРВ2 колесные центры и зубчатые колеса насаживают на ось с помощью шлицевых соединений.

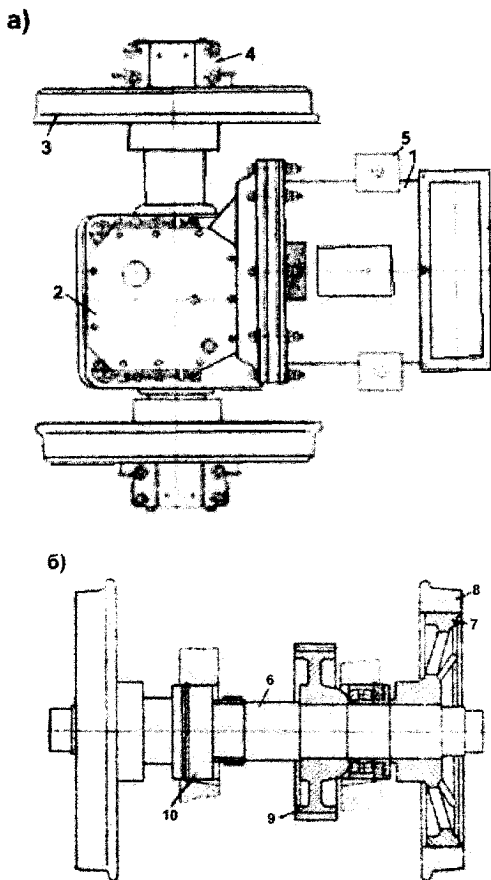


Рис. 4.3 Ходовая часть электровоза К14М:

- а) привод с колесной парой: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – колесная пара; 4 – букса; 5 – подвеска двигателя
- б) колесная пара: 6 – ходовая ось; 7 – колесные центры; 8 – бандажи; 9 – зубчатое колесо; 10 – подшипники.

Проскальзывание колес вызывает износ их поверхности качения и рельсов. Обод колеса истирают также тормозные колодки при торможении, поэтому на обод колеса всех шахтных локомотивов насаживают бандажи, которые заменяют по мере их износа.

Ось колеса вращается в буксах на конических роликовых подшипниках. Буксы воспринимают нагрузку от веса электровоза, силы тяги, тормозных усилий и боковых сил и передают ее раме электровоза. Букса (рисунок 4.4) представляет собой литой корпус – 3, выполненный для удобства монтажа и демонтажа разъемным. Обе половины буксы соединяют четырьмя болтами –

10. Снаружи буксы закрывают упорной – 7 и вспомогательной – 5 крышками. Последняя необходима для смазки подшипника – 9 без нарушения его регулировки. С внутренней стороны корпуса буксы сделана проточка для войлочного уплотнения – 1, препятствующего вытеканию смазки из буксы и попаданию в нее пыли. Войлочная шайба охватывает шейку оси возле металлической шайбы – 2. По бокам корпуса буксы имеются пазы – 11, которыми она входит в боковые направляющие рамы электровоза. В пределах деформации рессорных пружин букса может своими пазами свободно перемещаться вертикально по направляющим. В верхней части корпуса буксы имеется цилиндрическая выточка – 4, в которую входят пружины подвески рамы. Снизу корпус буксы удерживается в раме подбуксовой планкой.

Упорная крышка – 7 служит для регулирования подшипников и воспринимает на себя через верхнее кольцо наружного подшипника осевое усилие, крепится к корпусу болтами – 6. Точность регулирования подшипников достигают прокладками – 8, устанавливаемыми между корпусом буксы и крышкой. Прокладку изготавливают из жести толщиной 0,1-0,2 мм, число прокладок подбирают для каждой буксы отдельно. При правильно подобранном числе прокладок букса должна легко вращаться на оси и свободно перемещаться вдоль оси на 0,1-0,2 мм. В связи с тем, что регулирование букс довольно сложное и требует определенного навыка, бандажи рекомендуют перетачивать не снимая букс.

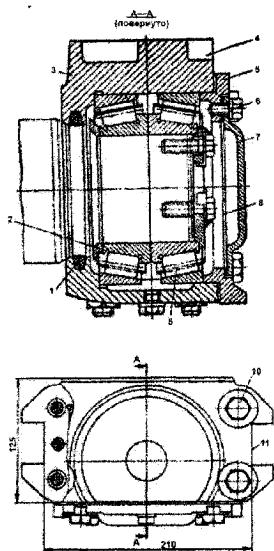


Рис. 4.4. Букса:

- 1 – войлочное уплотнение; 2 – металлическая шайба; 3 – литой корпус;
4 – цилиндрическая выточка; 5 – вспомогательная крышка; 6 – болты; 7 – упорная
крышка; 8 – прокладки; 9 – подшипники; 10 – болты; 11 – пазы.

Рессорная подвеска предназначена для передачи и равномерного распределения сцепного веса электровоза на шейки колесных осей, а также для смягчения ударов и толчков, получаемых электровозом при прохождении стыков рельсов, закруглений, неровностей пути и стрелочных переводов.

Подвеска рамы на рессорах создает более благоприятные условия для работы обслуживающего персонала, а также предохраняет путь от ударов и улучшает сцепление колес с рельсами.

Различают два способа подвески:

- индивидуальную, при которой каждая рессора работает независимо от других рессор;
- сопряженную, или балансирную, при которой рессоры работают в виде целой системы, построенной на шарнирных соединениях.

При индивидуальной подвеске распределение сцепного веса локомотива между отдельными осями неравномерное (особенно при движении локомотива), в результате этого возможен сход с рельсового пути. Кроме того, при индивидуальной подвеске в случае деформированного пути (оседание рельсовых стыков и т. д.) одно из колес электровоза вследствие жесткости рамы может оказаться на весу, что также может служить причиной схода электровоза с рельс.

Балансирную подвеску локомотивных рам применяют для улучшения ходовых и тяговых качеств локомотивов. При балансирной подвеске отдельные рессоры объединены между собой продольными балансирными, благодаря чему происходит равномерное распределение массы на все колеса локомотива.

4.3. Передаточные устройства

Привод ходовых осей на всех шахтных электровозах выполнен с редуктором. На большинстве шахтных электровозах применяют индивидуальный привод: каждый двигатель приводит во вращение отдельную ось через одноступенчатый или двухступенчатый редуктор.

Шахтные электровозы, как правило, оборудованы индивидуальными приводами на каждую ось с двухступенчатым цилиндрическим редуктором. Крепление электродвигателя к редуктору фланцевое (см. рис. 4.3).

Цилиндроконический двухступенчатый редуктор (рисунок 4.5) состоит из конической спиральнозубой шестерни – 12, насаженной на ось электродвигателя, конического спиральнозубого колеса – 13, вала-шестерни – 11, зубатого колеса – 6, конических роликоподшипников – 10, двух радиально-сферических роликоподшипников или моторно-осевых вкладышей – 7, заключенных в стальной литой корпус, состоящий из двух частей – 2 и 4, соединенных болтами – 3.

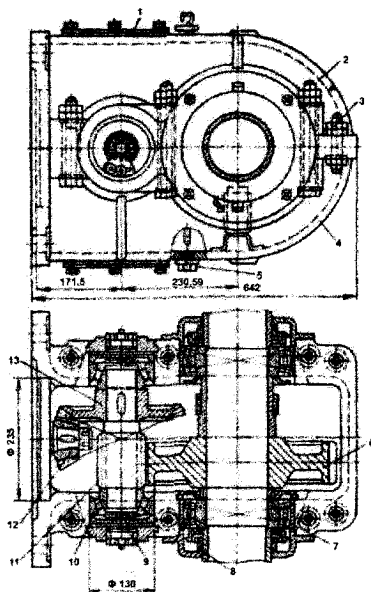


Рис. 4.5. Цилиндроконический двухступенчатый редуктор: 1 – крышка редуктора с окном; 2 и 4 – две части литого корпуса; 3 – болты; 5 – пробка для слива отработанного масла; 6 – зубчатое колесо; 7 – моторно-осевые вкладыши; 8 – лабиринтное уплотнение; 9 – регулирующие винты; 10 – конические подшипники; 11 – вал-шестерня; 12 – коническая спиральнозубчатая шестерня; 13 – коническое спиральнозубчатое колесо.

Герметичности разъема корпуса редуктора достигают шабровкой плоскостей разъема и прокладкой на эти поверхности льняной нити, а герметичности в местах выхода оси из редуктора лабиринтным уплотнением – 8.

Правильность зацепления конической пары зубчатых колес регулируют винтами – 9 и металлическими прокладками, установленными между фланцами редуктора и электродвигателя. В верхней половине корпуса редуктора имеется окно с крышкой – 1, служащее для осмотра зубчатых колес и заливки масла в редуктор. Для спуска отработанного масла предусмотрена пробка – 5.

Шестерню – 12 и вал-шестерню – 11 изготавливают из стали 12ХНЗА с последующей цементацией и закалкой, а зубчатые колеса – 13 и 6 – из стали 40Х.

Подвешивают тяговые двигатели с помощью двух верхних и двух нижних витых пружин, опирающихся на кронштейн рамы электровоза. Пружинная подвеска смягчает динамические нагрузки на электродвигатель при движении электровоза.

Расположение тяговых электродвигателей относительно осей электровоза бывает внешним, внутренним и последовательным.

При внешнем расположении (рисунок 4.6, а) двигатели размещаются с наружных сторон электровозных осей, что позволяет уменьшить жесткую базу электровоза, но ухудшает его устойчивость.

При внутреннем расположении (рисунок 4.6, б) двигатели размещают между осями, что обеспечивает наибольшую устойчивость и спокойный ход электровоза, но увеличивает жесткую базу.

При последовательном расположении (рисунок 4.6, в) двигатели размещают с передней или задней стороны каждой электровозной оси.

На электровозах 7КР1У, 10КР2А, К10, 7КА, 10КА применено последовательное по отношению к осям расположение двигателей. Это создает удовлетворительную устойчивость электровозов и позволяет иметь сравнительно небольшую жесткую базу (1200 мм). На электровозах 14КР1, 14КР2, 14КА – внутреннее центральное расположение двигателей, которое увеличило жесткую базу электровоза до 1700 мм.

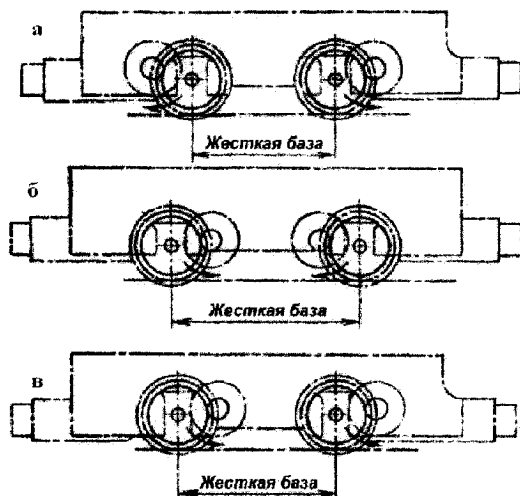


Рис. 4.6. Расположение тяговых двигателей.

4.4. Тормозные устройства

Электровозы оборудованы двумя тормозными системами – электрической и механической.

Электрическое реостатное торможение является основным видом рабочего торможения.

Механическое торможение используют для экстренной остановки электровоза или его затормаживания на стоянках. Механическая тормозная

система включает в себя четырехколodочный тормоз с ручным, пневматическим или гидравлическим приводом.

Возможна также установка дополнительных рельсовых электромагнитных тормозов.

Колодки тормоза прижимаются в момент торможения к бандажам колес электровоза через шарнирно-рычажную систему вручную, через цепь и винтовую пару (на электровозах со сцепным весом 2,0-8,0 т), пневматическими или гидравлическими цилиндрами (на электровозах со сцепным весом 10,0 т и более).

Шахтные электровозы оборудованы четырехколodочным тормозом. Торможение колес производят тормозные колодки, соединенные системой рычагов с ручным тормозом, а также, дополнительно, пневматическим или гидравлическим приводом.

Ручное тормозное устройство (рисунок 4.7) состоит из маховика – 1 расположенного в кабине машиниста, тормозного одноходового винта – 2, пропущенного через втулку, тормозной гайки – 4, которая при вращении винта перемещает коромысло – 3 и тягу – 5. Коромысло и тяга воздействуют через тормозные рычаги – 7, 9 и 11 на четыре чугунные тормозные колодки – 8. Рычаги 9 и 7 поворачиваются на шарнире – 6. Для регулирования тормозного устройства на электровозе имеется две регулировочные муфты – 10. При торможении электровоза маховик вращают по часовой стрелке. Торможение начинается с момента соприкосновения задних и передних колодок с бандажами скатов. При оттормаживании маховик вращают против часовой стрелки. Наибольшая сила нажатия тормозных колодок возникает на обode колесной пары при полностью затянутом маховике. При подтормаживании маховик вращают против часовой стрелки.

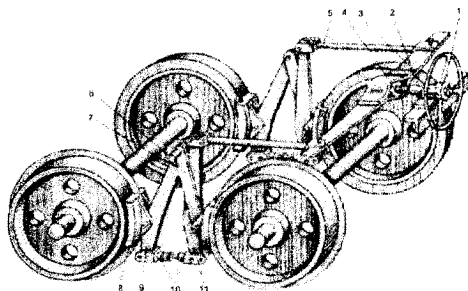


Рис. 4.7. Ручное тормозное устройство: 1 – маховик; 2 – тормозной одноходовой винт; 3 – коромысло; 4 – тормозная гайка; 5 – тяга; 6 – шарнир; 7, 9 и 11 – тормозные рычаги; 8 – тормозные колодки; 10 – регулировочные муфты.

Пневматическая тормозная система питается сжатым воздухом от компрессора, установленного на электровозе. При торможении пневмоприводом необходимое усилие нажатия на тормозные рычаги создается двумя тормозными цилиндрами, установленными с каждой стороны электровоза. Управление механическим ручным, пневматическим и

гидравлическим тормозами является независимым. Торможение производится четырьмя колодками одновременно.

Оригинальная конструкция пневматического тормоза (рисунок 4.8) электровоза КТ14 включает в себя четыре колодки – 1, шарнирно закрепленные на рычагах – 2. Последние также шарнирно соединены с рычагами – 3, концы которых в свою очередь шарнирно соединены с рамой электровоза. Нижние концы рычагов – 2 соединены между собой тягой – 4, регулирующей зазор между колодками – 1 и бандажами колес в процессе изнашивания колодок. Верхний конец правого рычага – 2 шарнирно соединен с пружинным демпфером – 5, а через рычаг 6 со штоком пневмоцилиндра – 7. Верхний конец левого рычага 2 шарнирно соединен со штоком пневмоцилиндра – 5. Пружина – 9, закрепленная на рычаге – 2 и корпусе пневмоцилиндра – 8, предназначена для возврата штока пневмоцилиндра в исходное положение.

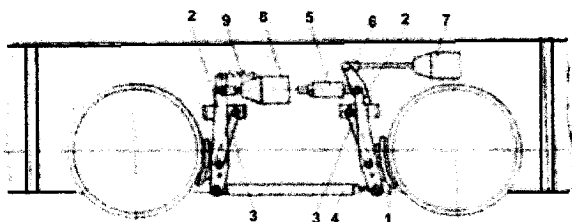


Рис. 4.8. Механическая тормозная система электровоза КТ14: 1 – четыре колодки; 2 – рычаги; 3 – рычаги; 4 – тяга; 5 – пружинный демпфер; 6 – рычаг; 7, 8 – пневмоцилиндры; 9 – пружина.

Принцип действия тормозной системы заключается в следующем: при подаче воздуха в пневмоцилиндр – 7, шток через рычаг – 6 сжимает пружину демпфера – 5 и перемещает рычаг – 1, обеспечивая тем самым отход колодок – 1 от поверхности колес и растормаживание электровоза на стоянке. При движении торможение электровоза осуществляется путем подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр – 8, обеспечивая через рычажную систему прижатие колодок – 1 к поверхности колес электровоза. Регулирование силы прижатия колодок к колесам осуществляется регулятором давления воздуха, подаваемого в пневмоцилиндр – 8. При выпуске воздуха из пневмоцилиндра – 8 колодки под действием пружины – 9 отходят от колес, обеспечивая растормаживание электровоза.

Торможение электровоза на стоянках осуществляется путем выпуска воздуха из пневмоцилиндра – 8 и прижатия колодок к колесам пружиной демпфера – 5.

При необходимости экстренного торможения электровоза можно использовать оба пневмоцилиндра, подавая воздух в пневмоцилиндр – 8 и выпуская воздух из пневмоцилиндра – 7.

Установленные на некоторых типах тяжелых электровозов рельсовые электромагнитные тормоза позволяют увеличить тормозное усилие. Тормоз

такого типа представляет собой подвешенный к раме электровоза электромагнит постоянного тока с башмаком, взаимодействующим с головкой рельса при торможении.

4.5. Пневматическое и гидравлическое оборудование электровозов

Шахтные контактные электровозы со сцепным весом 10 и 14 т имеют пневматическое оборудование, которое делят на напорную, рабочую (или исполнительную) и вспомогательные части.

К напорной части относят:

- двигатель-компрессор;
- резервуары для сжатого воздуха (ресиверы);
- регулятор давления;
- обратный, предохранительный и редукционный клапаны;
- манометры;
- напорный трубопровод.

Аппаратура, приборы и трубопровод напорной части пневматического оборудования постоянно находятся под давлением сжатого воздуха.

К рабочей части пневматического оборудования относят:

- цилиндры;
- инжекторы песочниц;
- цилиндр пантографа;
- сигнал;
- краны управления.

Все аппараты и воздухопровод рабочей части находятся под давлением сжатого воздуха только во время рабочих операций.

С помощью сжатого воздуха на электровозе выполняют следующие рабочие операции:

- торможение состава;
- подачу песка на рельсы;
- подачу звуковых сигналов;
- подъем и опускание токоприемника.

К вспомогательной части пневматического оборудования относят:

- аппараты, выполняющие вспомогательные операции;
- фильтры для очистки наружного воздуха;
- маслоотделители;
- спускные и продувные краны.

Все пневматические аппараты и приборы соединены между собой воздухопроводами в единую систему.

Источник сжатого воздуха на электровозе – компрессорная установка, состоящая из компрессора и электродвигателя постоянного тока. Передача вращения от двигателя к компрессору осуществляется двумя приводными клиновыми ремнями Б-1400.

Особое внимание необходимо уделять смазке компрессора.

Масло в компрессор следует доливать через каждые 12 смен работы и заменять через 3 месяца работы. Температура головки компрессора не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 100°C, а температура масла в картере – более чем на 50°C. Избыточное давление масла у нагретого компрессора должно быть в пределах 0,12-0,17 МПа.

Для аккумуляции сжатого воздуха и сглаживания неравномерности в подаче воздуха на локомотивах устанавливаются воздухоотборники. Наличие воздухоотборников позволяет сделать работу компрессорной установки периодической, что положительно влияет на срок службы и тепловой режим компрессора и его электродвигателя.

В процессе эксплуатации в воздухоотборниках скапливается конденсат, который отрицательно влияет на нормальную работу всей пневмосистемы и может явиться причиной выхода из строя электродвигателя или компрессора. Его необходимо удалять через спускной клапан перед выездом.

Для автоматического включения и выключения компрессора и регулирования давления сжатого воздуха в пневматической системе электровозов применяют регулятор давления АК-11А.

Регулятор давления, устанавливаемый на шахтных электровозах, отрегулирован так, что при избыточном давлении ниже 0,45 МПа он включает электродвигатель компрессора, а при повышении давления до 0,60 МПа выключает его [4].

Если компрессор остановлен, сжатый воздух из пневмосистемы устремляется обратно к компрессору и через клапанную систему может выходить в атмосферу. Для предотвращения этого явления установлен *обратный клапан*, пропускающий сжатый воздух только в одном направлении – от компрессора к воздухоотборникам.

Перед установкой на локомотив обратный клапан так же, как и предохранительный, испытывают на непроницаемость сжатым воздухом под избыточным давлением 0,8 МПа. Обратный клапан установлен на клапанной пробке компрессора.

Для предохранения пневмосистемы и воздухоотборника от большого давления в случае неисправности регулятора давления на воздухоотборнике установлен *предохранительный клапан*.

Перед установкой на локомотив предохранительный клапан настраивают на избыточное давление 0,8 МПа [4] и пломбируют. В случае повышения давления в пневмосистеме свыше 0,8 МПа сжатый воздух открывает клапан и выходит через отверстия в атмосферу.

Тормозной цилиндр (рис. 4.9) предназначен для передачи усилия на тормозные колодки сжатым воздухом. Он состоит из корпуса – 5 и горловины – 6, соединенных болтами, поршня – 4, манжетного уплотнения – 3, направляющей трубки – 2, пружины – 1, штока – 7 со сферической головкой,

пробки – 8 с фильтром, шариковой масленки – 9 и вилки – 10. Максимальный ход поршня 60 мм.

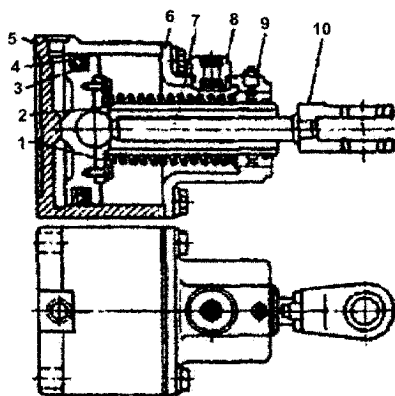


Рис. 4.9. Тормозной цилиндр электровоза 13АРП1: 1 – пружина; 2 – направляющие трубки; 3 – манжетное уплотнение; 4 – поршень; 5 – корпус; 6 – горловина; 7 – шток со сферической головкой; 8 – пробки с фильтром; 9 – шариковая масленка; 10 – вилка.

Сжатый воздух требуемого давления, поступаая из тормозного клапана в цилиндр, перемещает поршень вместе со штоком, в результате чего через рычаги тормозной системы передается необходимое усилие на тормозные колодки. После прекращения торможения сжатый воздух из тормозных цилиндров через тормозной кран выйдет в атмосферу и пружина – 1 возвратит поршень в исходное положение. Полость цилиндра (под поршнем) за счет образуемого вакуума заполняется из атмосферы воздухом через пробку – 8. Прижатие тормозных колодок к бандажам колес электровоза осуществляется через 0,4-0,9 сек после включения крана. При ручном торможении колодки прижимаются только через 5-6 сек после начала вращения штурвала машинистом. Таким образом, при ручном торможении тормозной путь электровоза удлинняется на 15-20 м.

Для обеспечения независимой работы пневматического привода тормозной системы как при управлении тормозной педалью, так и при автоматическом наложении тормоза с помощью электропневматического вентиля в пневмосхеме электровозов К10 и К14 применен *распределительный клапан*.

Для приведения в действие тормозной системы электровоза применен тормозной кран автомобиля ЗИЛ-130. Особенность этого крана состоит в том, что величина усилия, прилагаемого к его тормозной педали, прямо пропорциональна величине тормозного усилия на тормозные колодки. Благодаря этому свойству достигают плавности торможения локомотива.

Сжатый воздух, нагнетаемый в воздухооборнники, содержит частицы масла и влаги, попадающие из компрессора. Для очистки воздуха от этих примесей в пневмосистему локомотива включают *маслоотборный фильтр*.

Сжатый воздух, попадая в маслоотделитель, резко меняет направление движения и скорость, вследствие чего капельки масла и влаги, обладающие большей массой, двигаясь по инерции в прежнем направлении, осаждаются на стенки овального конуса и стекают вниз к спускному винту. Конденсат рекомендуют сливать не реже одного раза в смену. Маслоотборный фильтр устанавливают на боковой стенке компрессора.

Засасываемый компрессором шахтный воздух содержит большое количество пыли и влаги, поэтому для очистки воздуха на всасывающей стороне компрессора установлен воздухоочиститель.

Заменять загрязненное масло необходимо в назначенные сроки согласно требованиям руководства по эксплуатации локомотива [4], а также промывать фильтр в керосине рекомендуют не реже двух раз в месяц.

На электровозах устанавливают четыре песочницы с инжекторами и пескоотводящими трубками. Песок из бункера песочницы через отверстия попадает в корпус инжектора, где подхватывается струей сжатого воздуха, выходящего из сопла, и по трубке и шлангу на рельсы.

Для управления токоприемником служит пневматический привод, состоящий из цилиндра с рычажной системой. При подаче в цилиндр сжатого воздуха шток цилиндра через систему рычагов регулирует положение токоприемника. Кроме пневматического привода предусматривают ручное поднятие токоприемника. К нему прибегают при отсутствии давления в пневмосистеме.

Для контроля за давлением сжатого воздуха в пневмосистеме служит манометр, установленный в кабине машиниста.

Все пневмоприемники и аппараты соединены между собой пневмосетью, состоящей из металлических цельнотянутых труб и резинотканевых рукавов.

Гидравлическое оборудование.

Для приведения в действие колодочного тормоза электровозов, открытия шиберов и поворота роторов песочниц, автоматического наложения тормозных колодок на ходовые колеса электровозов, когда машинист оставляет свое рабочее место, и дистанционного управления расцепителями автосцепки электровозы АРП14 и АРП28 оборудованы гидравлической системой.

Для создания необходимого давления в гидросистеме предназначен **насос М400Е**, трехцилиндровый нерегулируемой подачи. Насос работает на индустриальном масле И20А при температуре, не превышающей 50 °С.

Маслобак служит для компенсации разностей объемов полостей гидрооборудования и потерь в гидросистеме, для охлаждения рабочей жидкости и ее отстоя, а также для выпуска паров и воздуха из гидросистемы и фильтрации масла при его заливке. Гидросистему при ремонтных работах

отключают от маслобака краном. Для контроля уровня масла маслобак имеет трубчатый маслоуказатель.

Фильтруют масло при заливке в бак с помощью сетчатого фильтра, встроенного в горловину маслобака. Фильтр закрыт пробкой, которая одновременно является сапуном. Кроме того, на напорной магистрали гидросистемы установлен пластинчатый фильтр 0.08Г41-11.

Блок переключения насоса применяют для перевода насоса на холостой режим работы при достижении в гидросистеме давления 10 ± 1 МПа и перевода насоса на рабочий режим при падении давления в гидросистеме до 8 ± 1 МПа, а также для предохранения от перегрузок.

Гидроаккумуляторы служат для восполнения утечек жидкости при работе насоса на холостом ходу, а также для использования накопленной энергии агрегатов гидросистемы с целью сглаживания пульсации и смягчения гидравлических ударов.

Внутренняя часть гидроаккумулятора разделена диафрагмой на две половины: верхнюю, заполненную сжатым азотом, и нижнюю, заполненную жидкостью из линии нагнетания гидросистемы. Когда давление в гидросистеме равно нулю, диафрагма находится в нижнем положении и объем азотной полости максимальный.

Газовую полость заряжают техническим азотом под давлением 3 МПа. При работающем насосе давление в гидросистеме повышается до 10 ± 1 МПа. Жидкость, поднимая диафрагму, начинает заполнять жидкостную камеру, что уменьшает объем азотной камеры до тех пор, пока давление сжатого азота не сравняется с давлением жидкости. При снижении давления в гидросистеме, т.е. когда потребление жидкости будет превышать ее подачу насосом, сжатый азот, расширяясь, расправляет диафрагму, выталкивает жидкость из надкостной камеры в линию нагнетания гидросистемы. При неработающем насосе сжатый азот, расширяясь, выталкивает жидкость из жидкостной полости в линию нагнетания гидросистемы. Если подача насоса не позволяет совместно с жидкостью гидроаккумуляторов поддерживать давление в гидросистеме выше 4 МПа, то необходимо временно пользоваться ручным тормозом, чтобы избежать полной разрядки гидроаккумуляторов.

Для подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры тормозной системы и плавного регулирования давления на тормозные колодки (от нуля до номинального) электровозы оборудованы тормозными кранами.

Для срабатывания колодочного тормоза, при отсутствии машиниста в кабине, гидросистема оборудована редукционным клапаном, пружины которого отрегулированы на поддержание необходимого давления в тормозных цилиндрах. Работа редукционного клапана аналогична работе тормозного крана.

Перемещение тормозных колодок и их нажатие на ходовые колеса (бандажи) осуществляют с помощью тормозных цилиндров.

Гидроцилиндр служит для привода тормозной системы электровоза и работает следующим образом. При подаче рабочей жидкости под давлением в

поршневою полостью цилиндра его шток выдвигается и через рычажную систему воздействует на тормозные колодки, которые прижимаются с необходимым усилием к бандажам колес. При снятии давления с поршневой полости шток под действием пружины, находящейся внутри цилиндра, возвращается в исходное положение. Для автоматического включения тормозов оба сиденья машиниста заблокированы с двухпозиционным золотником.

Контрольные вопросы:

1. Какие основные узлы механического оборудования электровозов?
2. Перечислить требования к устройству кабин.
3. Может ли двигаться электровоз, если машинист вне кабины?
4. Назвать элементы колесной пары по рис.4.3.
5. Пояснить устройство букс по рис.4.4.
6. Какие подшипники используются в буксах?
7. Как регулируется зацепление конической пары редуктора?
8. Варианты размещения тяговых двигателей.
9. Какие виды торможения применяются на электровозах?
10. Пояснить конструкцию ручного тормозного устройства.
11. Пояснить работу пневматической тормозной системы (рис.4.8).
12. Перечислить функции, выполняемые пневматической системой.

5. ТЯГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

5.1. Системы тягового электропривода

Тяговый электропривод содержит две основные составляющие – тяговый двигатель и систему управления, поэтому выбор типа двигателя определяется не только его характеристиками, но также системой регулирования, условиями эксплуатации, надежностью тягового привода в целом. В этой связи выбор тягового двигателя необходимо производить совместно с системой регулирования, – как один из элементов системы тягового электропривода.

В настоящее время просматривается 3 основных направления применения и совершенствования тяговых электроприводов:

1. с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения и реостатно-контакторной системой управления;
2. с традиционными двигателями постоянного тока и импульсными преобразователями (ИП);
3. с двигателями переменного тока, обычно асинхронными, и преобразователями частоты (ПЧ).

В первом варианте применен тяговый двигатель постоянного тока последовательного возбуждения, имеющий мягкие электромеханические характеристики, что позволило применить самую простую, компактную и дешевую реостатно-контакторную систему управления (рис.5.1).

В связи с простотой эта система электропривода получила широчайшее применение на электрическом транспорте и по сей день чаще всего используется.

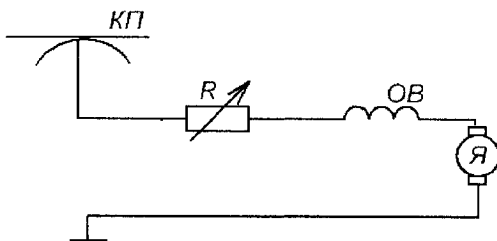


Рис 5.1. Блок-схема привода с реостатно-контакторной системой управления

Во втором варианте вместо реостатной системы управления используется импульсный преобразователь напряжения, что позволяет, исключить потери в реостатах и сэкономить около 30 % электроэнергии. Блок-схема привода в этом случае (рис.5.2):

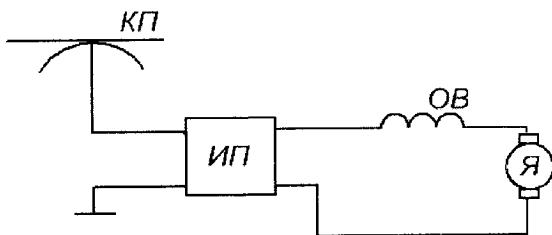


Рис.5.2. Блок-схема привода с импульсным преобразователем напряжения

Появление мощных транзисторов открыло возможность создания несложных и надежных импульсных преобразователей. Однако тяговый двигатель постоянного тока со всеми его недостатками остается. Как показал анализ надежности работы тяговых двигателей, в условиях рудников Кривбасса их средний срок службы составляет всего несколько месяцев.

Наиболее уязвимыми в тяговых двигателях постоянного тока являются щеточно-коллекторный узел и обмотка якоря, на долю которых приходится около 80% всех повреждений, и этот недостаток является принципиальным, который устранить невозможно.

Системы привода с импульсными преобразователями удобны для модернизации действующего парка электровозов. При этом вместо силового контроллера устанавливается импульсный преобразователь, а тяговый двигатель остается прежним.

В третьем варианте привод заменяется полностью: вместо двигателя постоянного тока применяется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АД, питающийся от преобразователя частоты ПЧ (рис.5.3).

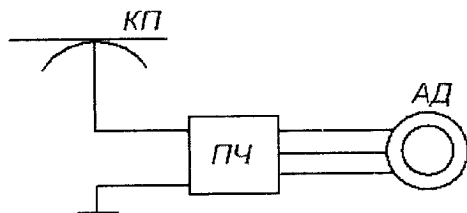


Рис.5.3. Блок-схема асинхронного привода с преобразователем частоты

Достоинства этого варианта определяются преимуществами асинхронных двигателей в сравнении с двигателями постоянного тока: высокая надежность, низкая стоимость, небольшие затраты на эксплуатацию.

Недостатком асинхронного привода является более сложная система управления. Преобразователь частоты содержит в несколько раз больше силовых полупроводниковых элементов, чем импульсный преобразователь, соответственно больше стоимость, габариты, усложняется размещение на электровозе.

Привод переменного тока для рудничных электровозов является перспективным, его внедрение в производство позволит значительно снизить затраты и повысить технико-экономические показатели работы шахтного транспорта. Имеются примеры успешной реализации асинхронного привода с частотным управлением на других видах электрического транспорта, например на магистральном электровозе ДС-3, выпускаемом Днепропетровским электровозостроительным заводом.

5.2. Характеристики ТД постоянного тока

Электродвигатели шахтных электровозов работают в тяжелых условиях, характеризующихся значительно изменяющимися нагрузками, тряской, частыми толчками и ударами, воздействием пыли, грязи и влаги.

Для обеспечения необходимого тягового усилия при трогании с места и разгона состава, преодоления подъемов тяговые электродвигатели обладают большой перегрузочной способностью, имеют высокий КПД (коэффициент полезного действия) и механические характеристики, позволяющие максимально использовать их мощность при различных условиях движения, а также более равномерное распределение нагрузки между параллельно соединенными электродвигателями по сравнению с двигателями, имеющими жесткие характеристики.

Напряжение питания тяговых электродвигателей изменяется в широких пределах: от -20 до 20% $U_{ном}$ для аккумуляторных электровозов и от -20 до +30% для контактных электровозов.

Для обеспечения доступа и удобства осмотра, ремонта и обслуживания тяговых электродвигателей, в связи с ограниченным пространством для установки, требуется уменьшение их габаритов.

Из всех существующих типов электрических двигателей больше всего подходит для приведенных условий эксплуатации двигатель постоянного тока последовательного возбуждения, обладающий по сравнению с другими типами следующими преимуществами:

- при одинаковых условиях движения и одинаковом нагрузочном токе развивает больший вращающий момент, в связи с чем вызывает меньшее колебание мощности, потребляемой из сети, при изменении нагрузки;
- на работе двигателя, практически, не отражаются колебания напряжения в контактной сети, так как при этом изменяется частота вращения якоря двигателя, а сила тяги остается неизменной;
- переходные процессы пуска и торможения протекают в более благоприятных условиях, обеспечивающих повышенную эксплуатационную надежность в тяжелых режимах работы;

- нагрузка между двигателями, работающими параллельно на общую механическую систему, распределяется более равномерно и работа в этих условиях происходит стабильнее.

В шахтной электровозной тяге применяют тяговые электродвигатели различных напряжений и мощностей. На контактных электровозах устанавливают тяговые двигатели типа ЭДР, ЭТ и ДТН в рудничном нормальном исполнении (РН) на напряжение 250В.

Для аккумуляторных электровозов применяют тяговые электродвигатели типа МТ, ЭДР, ДРТ, ДПТР в рудничном взрывобезопасном исполнении (РВ) на напряжение от 40 до 200В.

Срок службы электродвигателей ДРТ, ЭТ до капитального ремонта составляет 6 лет, вероятность безотказной работы в течение 720 час равна 0.96 при среднесуточной наработке 14 час.

На шахтных электровозах в зависимости от конструктивных особенностей и типа устанавливают два или четыре двигателя серий ЭДР, ЭТ, ДПТР, мощность которых колеблется у аккумуляторных электровозов от 6 кВт (ЭДР-7П на электровозах 4.5 АРП-2М и 5 АРВ-2) до 15 кВт (ЭДР-15 на электровозах 13 АРП-1), а у контактных электровозов от 11 кВт (ЭДР-11 на электровозах 4 КР-1) до 45 кВт (ДТН-45 на электровозах 14КА).

Свойства тяговых двигателей выражаются его электромеханическими характеристиками, представляющими зависимость между током в якоре и величинами, определяющими рабочий режим двигателя (частота вращения, вращающий момент и к.п.д.). В практике тяговых расчетов приходится иметь дело с величинами тяговых усилий, отнесенных к ободу ведущих колес. Поэтому электромеханические характеристики тяговых двигателей также относятся к ободу ведущих колес. При этом характеристики частоты (скорости) вращения двигателя $n = f(I)$ заменяется характеристикой скорости движения $v = f_1(I)$, а характеристика вращающего момента $M = f(I)$ – характеристикой силы тяги на ободе колеса $F = f_2(I)$. Что же касается характеристики к.п.д. двигателя, то она заменяется общим к.п.д. двигателя вместе с зубчатой передачей $\eta_0 = f_3(I)$ - к.п.д. на оси.

На рис.5.4, 5.5 приведены электромеханические характеристики тяговых двигателей электровозов К10 и К14. По оси абсцисс отложен ток якоря I (А), а по оси ординат сила тяги F (кН) и скорость v (км/ч) [4].

Мощность тягового двигателя обычно относят либо к часовому, либо к длительному режиму его работы. Часовая мощность двигателя – наибольшая мощность, которую он может развивать в течении одного часа, не превосходя допустимой для изоляции температуры нагревания обмоток. Эта мощность является номинальной для тягового двигателя и указывается в его паспорте. Предельно допустимое превышение температуры элементов тяговых двигателей над температурой окружающей среды не должно превышать значений, установленных для соответствующего класса изоляции.

F, кН V, км/час

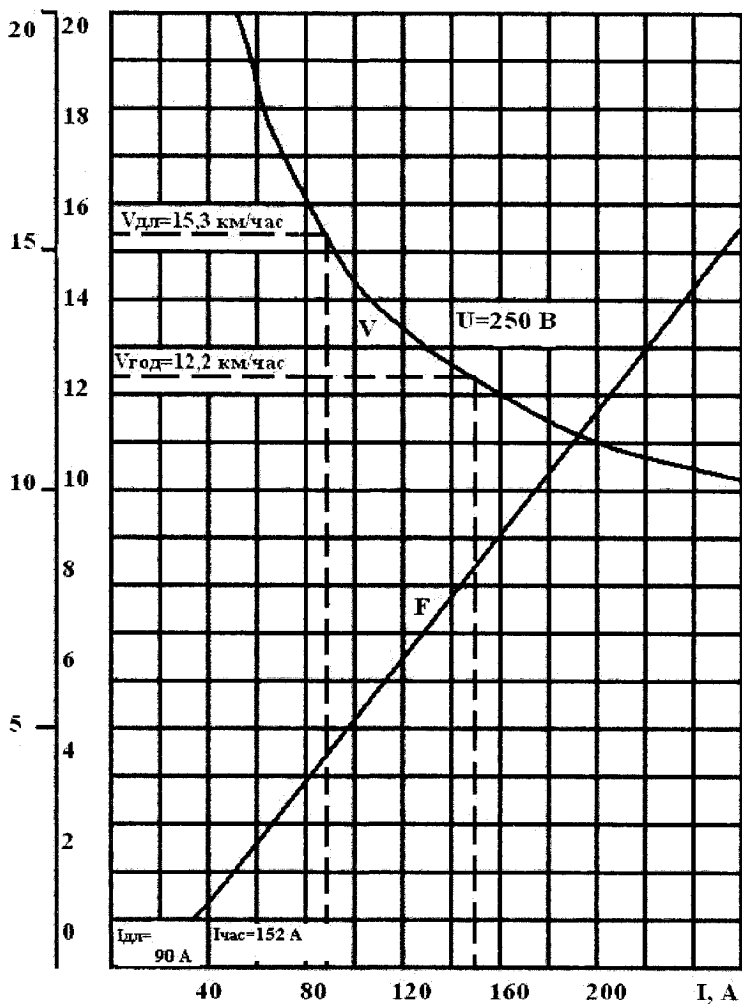


Рис. 5.4. Электромеханическая характеристика электродвигателя мощностью 33 кВт

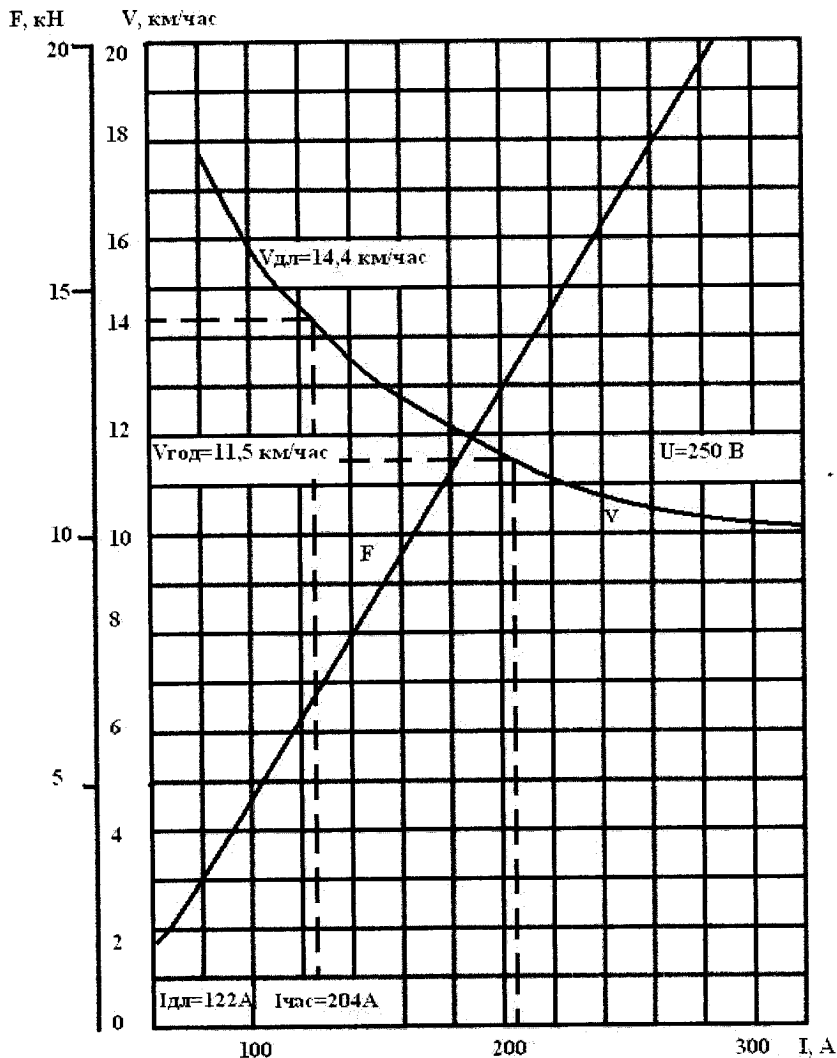


Рис. 5.5. Электромеханическая характеристика двигателя ДТН-45/27 электровоза К14 мощностью 45 кВт

Продолжительная мощность – наибольшая мощность, которую двигатель может развивать непрерывно достаточно продолжительное время, не превосходя допустимых по условиям изоляции пределов нагревания обмоток.

Соответственно указанным мощностям различают также часовой $I_{ч}$ и продолжительный $I_{дл}$ токи двигателя. Соотношение между продолжительным

и часовым токами (или мощностями) у тяговых двигателей различно и зависит от условий охлаждения. Это соотношение для закрытых двигателей с естественным охлаждением рудничных электровозов можно принять равным 0,4, т.е.

$$\frac{I_{дл}}{I_{ч}} = 0,4.$$

Указанное соотношение часто называют коэффициентом вентиляции – ρ . Для двигателей с самовентиляцией обычно $\rho = 0,6 \div 0,8$, для двигателей с принудительной вентиляцией $\rho = 0,8 \div 0,9$.

Номинальное напряжение тяговых двигателей аккумуляторных электровозов должно соответствовать среднему разрядному (номинальному) напряжению батареи. В части коммутации тяговые двигатели должны быть рассчитаны на максимально допустимый ток якоря, равный 175% номинального при номинальном напряжении, и на максимальную частоту вращения при ослаблении поля, равную 200% частоты вращения при часовом режиме работы. Коммутация в зоне рабочих характеристик должна быть удовлетворительной при всех расчетных токах, независимо от направления движения. Удовлетворительной коммутация считается в том случае, если не требуется внеочередная чистка коллектора. Тяговые двигатели должны быть рассчитаны также на использование электрического торможения – динамического (реостатного) или рекуперативного.

Приводим некоторые формулы для подсчета основных технических величин тяговых двигателей, а также для пересчета характеристик с вала двигателя на обод движущего колеса и обратно.

1. Мощность, подводимая к двигателю из сети (кВт),

$$P_c = UI \cdot 10^{-3}, \quad (5.1)$$

где U – напряжение на зажимах двигателя, В; I — ток двигателя, А.

2. Полезная мощность на валу двигателя (кВт)

$$P_e = P_c \eta_d, \quad (5.2)$$

где η_d – КПД двигателя.

3. Полезная мощность на ободе колес (кВт)

$$P_o = P_e \eta_o = F v, \quad (5.3)$$

где η_o – КПД электровоза (общий КПД двигателя и зубчатой передачи); F – сила тяги на ободе, кН; v – скорость движения, м/с.

5.3. Характеристики ТД переменного тока

Асинхронный короткозамкнутый двигатель имеет самую простую конструкцию, – обмотка ротора выполнена в виде литой алюминиевой неизолированной «беличьей клетки», нет коллектора и подвижного электрического контакта. Как следствие, эта машина характеризуется в 2,5 раза меньшей стоимостью, в 1,5 раза меньшей массой, габаритами и моментом

инерции ротора по сравнению с машиной постоянного тока той же мощности и частоты вращения. К достоинствам ТД переменного тока следует добавить в 4-5 раз более высокую надежность и соответственно меньшие затраты на обслуживание и ремонт [13].

При подключении обмотки статора к сети трехфазного напряжения в двигателе возникает вращающееся магнитное поле, угловая скорость которого ω_0 , называемая **синхронной**, пропорциональна частоте питающего напряжения f и обратно пропорциональна числу пар полюсов p обмотки статора:

$$\omega_0 = 2\pi f / p, \text{ рад/с.} \quad (5.4)$$

В практике электропривода часто используется схожая величина – **синхронная частота** вращения:

$$n_0 = 60 f / p, \text{ об/мин.} \quad (5.5)$$

Смысловое содержание этих величин одинаково, различие в единицах измерения; численное соотношение, которое можно использовать для пересчета:

$$\omega_0 / n_0 = 2\pi / 60 \approx 0,105.$$

В двигательном режиме ротор вращается в направлении магнитного поля со скоростью ω , меньшей скорости ω_0 . Разность этих скоростей называют **скольжением**.

Скольжение может измеряться в абсолютных величинах:

$$\Delta\omega = \omega_0 - \omega, \text{ рад/с} \quad \text{или} \quad \Delta n = n_0 - n, \text{ об/мин.}$$

Обычно принято выражать скольжение в относительных величинах:

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = \frac{n_0 - n}{n_0}. \quad (5.6)$$

Для двигательного режима $s=1 \dots 0$, чем больше нагрузка – тем больше скольжение.

На рис. 5.6. приведена естественная механическая характеристика асинхронного двигателя. Характерными точками механической характеристики являются:

- синхронная скорость ω_0 , ($s = 1$);
- параметры номинального режима $M_{н}$, $s_{н}$, $\omega_{н}$, ($n_{н}$);
- момент критический $M_{к}$, скольжение критическое $s_{к}$;
- момент пусковой $M_{п}$, ($s = 1$).

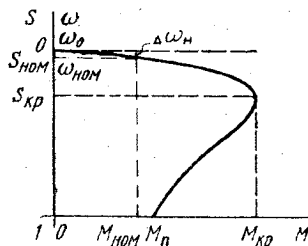


Рис.5.6. Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя

Зависимость $M = f(s)$ выражается формулой Клосса:

$$M = \frac{2M_k}{s/s_k + s_k/s}. \quad (5.7)$$

Рабочая часть механической характеристики, при изменении нагрузки от 0 до $1,5 \cdot M_n$, близка к линейной. Поэтому с достаточной точностью в этом диапазоне можно использовать более простое выражение:

$$M = M_n \frac{s}{s_n}. \quad (5.8)$$

Единственно эффективным способом регулирования скорости вращения асинхронных двигателей является регулирование частоты питающего напряжения. При этом пропорционально f изменяется скорость вращения магнитного поля ω_0 (5.4).

При изменении частоты пропорционально изменяются индуктивные составляющие сопротивления двигателя. Поэтому для сохранения постоянства магнитного потока необходимо одновременно с частотой регулировать и напряжение. Часто это достигается выполнением условия, чтобы

$$U/f = const. \quad (5.9)$$

Механические характеристики двигателя при изменении частоты и напряжения и выполнении условия (5.9) приведены на рис. 5.7.

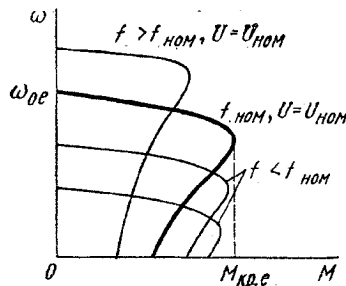


Рис. 5.7. Механические характеристики асинхронного двигателя при изменении частоты питающего напряжения

Как показывает рис. 5.7, синхронные скорости смещаются пропорционально частоте; скорости могут регулироваться как ниже, так и выше основной (номинальной).

При законе регулирования в соответствии с (5.9) при низких скоростях и частотах несколько снижается момент критический. Это связано с тем, что индуктивные сопротивления двигателя изменяются пропорционально частоте, а активная составляющая постоянна и ее доля в полном сопротивлении на низких частотах возрастает, что ведет к уменьшению магнитного потока и критического момента. Для компенсации этого явления на низких частотах нужно несколько увеличивать напряжение по отношению к расчетному.

Рабочая часть характеристик при частотном регулировании представляет параллельные кривые, т.е. абсолютные значения скольжения на линейных

частях характеристик при заданном моменте можно считать постоянными $\Delta\omega_M \approx const$. Тогда скорость с достаточной точностью можно считать как

$$\omega_f = \omega_{o,f} - \Delta\omega_M. \quad (5.10)$$

Возможны также другие законы регулирования, когда напряжение на двигателе зависит не только от частоты, но и от момента на валу, т.е. тягового усилия (см.п. 8.1).

5.4. Устройство и эксплуатация ТД

Тяговые двигатели, как для контактных, так и для аккумуляторных электровозов в Украине изготавливаются в основном ПАО «Электромашина» (г. Харьков).

Технические данные тяговых двигателей для контактных электровозов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. – Характеристики тяговых электродвигателей

Параметр	ДТН-12/7Б		ДТН-33/20Б		ДТН-45/27(35)	
	Режим работы					
	S2-60мин (часовой)	S1(продолжительный)	S2-60мин (часовой)	S1(продолжительный)	S2-60мин (часовой)	S1(продолжительный)
Номинальная мощность, кВт	12	7	33	20	45	27 (35)
Номинальное напряжение, В	250 (200-325 В)					
Номинальный ток, А	58,5	33	152	90	204	122 (158)
Коэффициент полезного действия, %	82	85	88	88,8	88,2	88,5 (88,6)
Номинальная частота вращения, об/мин	500±25	670±50	1050±50	1310±100	1320±50	1640 (1460)
Максимальная частота вращения, об/мин	1500		3000		4000	
Электромагнитное возбуждение	последовательное					
Направление вращения	реверсивное					
Исполнение	Рудничное нормальное					
Степень защиты по ГОСТ17494	IP43					
Способ охлаждения по ГОСТ17494	IC01					
Масса, кг	520±30		500±30		Не более 580	
Тип электровоза	4KP		K7 (K10)		K14 (14KA)	
Удельная мощность, кВт/т	6	3,5	6,6	4	6,4	3,8 (5)

Предприятие «Электромашина» наращивает передовые технологии в изготовлении тяговых двигателей. Так, по информации завода-изготовителя, класс нагревостойкости изоляции якоря двигателя ДТН-45 повышен с F на H, то есть на более высокий уровень.

Это позволило повысить продолжительную мощность ТЭД с 27 до 35 кВт (данные в скобках).

При этом достигнуты новые уровни предельно допустимых превышений температуры ТЭД над температурой окружающей среды, °С:

- Обмотки якоря 120-F, 145-H;
- Обмотки возбуждения 145-H;
- Коллектора 105.

Все тяговые двигатели имеют схожую конструкцию, в качестве образца приведена конструкция тягового двигателя ДТН-45/27 электровоза К14 (14КА) рудничного нормального исполнения (рис.5.8).

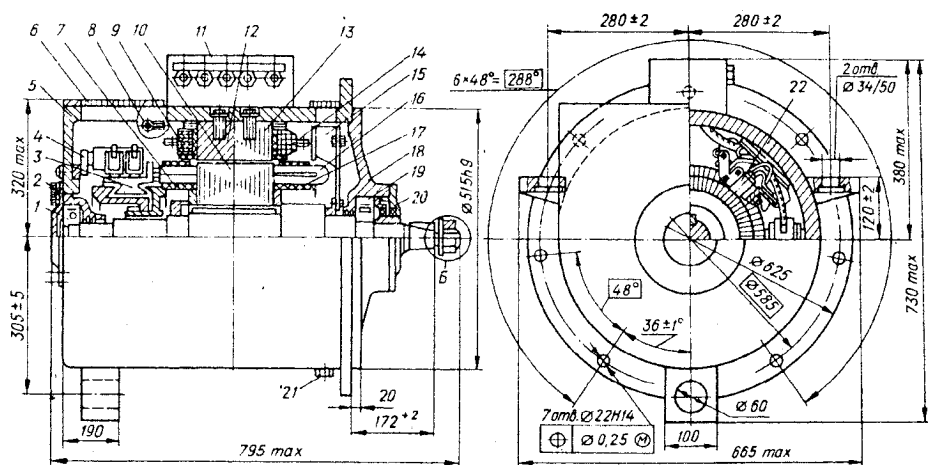


Рис.5.8. Конструкция тягового двигателя ДТН-45/27В

Двигатель защищенный с самовентилиацией, которая обеспечивается вентилятором 15. Исполнение рудничное нормальное – РН1, с одним выступающим концом вала.

Магнитная система имеет стальной остов 5. В остове имеются со стороны коллектора 3 коллекторный лок для доступа к щеткам, щеткодержателям 22, траверсе 4 и коллектору, со стороны привода – вентиляционное окно и сливное отверстие, закрытое пробкой 21. Коллекторный лок закрыт фильтром 6, вентиляционное окно – сеткой. К остову с помощью шпилек и болтов крепятся полюс главный 13 и полюс добавочный 12 с насаженными на них катушками 14 и 9 соответственно.

Сердечники главных полюсов собраны из листовой электротехнической стали. Сердечники добавочных полюсов выполнены из стальной поковки. Катушки полюсов изготавливаются из изолированного прямоугольного провода, изоляция по нагревостойкости класса Н.

Сердечник якоря 10 состоит из пакета листов электротехнической стали, наштампованных на вал между нажимными шайбами 7 и 17.

В пазы сердечника якоря укладывается обмотка якоря 16, выполненная из жестких секций и закрепляемая в пазах клиньями, в лобовых частях — стеклобандажом. Обмотка якоря волновая, изоляция по нагревостойкости класса F.

Коллектор состоит из пластин коллекторной меди, изолированных между собой и от корпуса, зажатых между конусом и втулкой коллекторной.

Конструкция траверсы обеспечивает регулировку нейтрали, а также возможность регулирования зазора между щеткодержателем и коллектором.

Подшипник шариковый 1 со стороны коллектора, с крышкой 2; подшипник роликовый 19 со стороны привода, с крышкой 20.

Щит подшипниковый 18, литой, имеет замок для посадки корпуса редуктора. Посадочное место замка не должно иметь забоин.

Зажим заземляющий 8 расположен на остоле и отмечен знаком заземления.

Из двигателя в соединительную коробку выводится 4 провода: обмотка якоря Я1, Я2 и обмотка возбуждения С1, С2 (рис.5.9). Обращает на себя внимание отсутствие одного дополнительного полюса, на месте которого установлены проходные изоляторы для выводов.

Щетки установлены в верхней части коллектора под углом 90°, что облегчает доступ к ним при обслуживании.

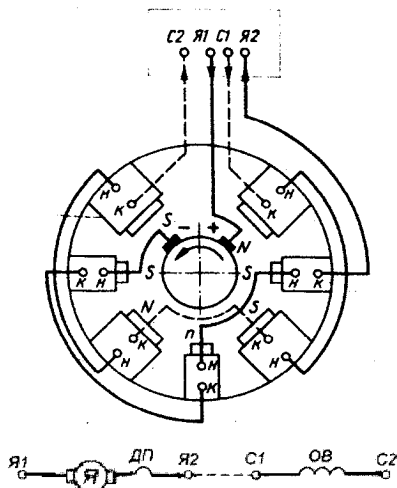


Рис.5.9. Схема электрическая соединений двигателей ДТН

Техническое обслуживание. Надежная работа двигателей будет обеспечена только при условии своевременного проведения осмотров [14].

Во время эксплуатации подвергать двигатели еженедельному осмотру.

При еженедельном осмотре проверить подшипники, затяжку болтов и состояние всех крепящих деталей, состояние электрических соединений, пробки сливного отверстия, фильтра, коллектора и щеточного узла.

Перед осмотром двигателей тщательно удалить с них грязь и пыль с помощью ветоши и сухого сжатого воздуха.

При осмотре подшипников убедиться в отсутствии вытекания смазки.

Проверить надежность подсоединения питающих кабелей к контактным болтам двигателей, проверить затяжку гаек.

Проверить пробку сливного отверстия. При засорении промыть уайт-спиритом.

Открыть коллекторный люк, сняв фильтр. Продуть сухим, сжатым (0,2 Мпа) воздухом и осмотреть коллектор и щеточный узел.

Обратить особое внимание на состояние поверхности коллектора. Обнаружив почернение пластин, подгар или другие дефекты, поверхность коллектора очистить чистой ветошью, смоченной в спирте техническом или уайт-спирите с последующей протиркой чистой сухой ветошью. Шлифовку коллектора производить только при появлении неровностей или сильного подгара. Шлифовать коллектор шкуркой шлифовальной бумажной 2С 1000х50 П6 71Ст 8Н МА ГОСТ 6456-82. Шлифовать коллектор только в холодном состоянии. Шероховатость поверхности не ниже 0,63. Допустимый минимальный диаметр коллектора 228 мм. Глубина межламельной продорожки 0,5-1,7 мм. При необходимости проточки или шлифовки коллектора двигатель снять и отправить на ремонт.

При осмотре щеток и щеткодержателей особое внимание обратить на состояние щеток и корпуса щеткодержателя. Щеткодержатели должны быть прочно закреплены, причем зазор между нижней кромкой корпуса и поверхностью коллектора должен составлять 2-4 мм. Щетки должны свободно перемещаться вдоль обоймы, иметь полированную до зеркального блеска поверхность, без трещин и сколов, и прилегать к коллектору всей рабочей поверхностью.

Высота щеток при эксплуатации должна быть не менее 29 мм. Износившиеся щетки заменить новыми, той же марки, что и установленные, и притереть их к коллектору.

Предварительную притирку производить шкуркой шлифовальной бумажной, уложенной вокруг коллектора абразивной стороной наружу. После притирки щеток двигатель продуть сухим сжатым воздухом, установить чистый фильтр и нагрузить током, соответствующим току продолжительного режима, дав щеткам приработаться в течение 4 ч.

Загрязненный фильтр тщательно выбить, промыть горячим 10% содовым раствором, затем чистой, желательно теплой водой и продуть сухим сжатым воздухом.

Кроме еженедельных осмотров двигателя подвергать ремонтным осмотрам, согласно инструкции по обслуживанию электровозов, но не реже одного раза в 6 месяцев.

Снять двигатель с электровоза, очистить от пыли и грязи, разобрать и произвести проверку всех основных узлов.

Якорь и магнитную систему очистить, проверить надежность крепления полюсных катушек, состояние соединительных проводов, пайку якорных секций к петушкам и просушить в течение 2 ч при температуре 120°C и 4 ч – и при температуре 160°C.

Подшипниковые узлы разобрать, удалить остатки прежней смазки, промыть в уайт-спирите и просушить. Осмотреть подшипники. При обнаружении забоин и других дефектов, влияющих на качество работы, подшипники заменить. Замену смазки производить при каждой разборке, но не реже 1 раза в 2 года.

Выполнить работы, предусмотренные еженедельными осмотрами, но не выполненные при ремонтном осмотре.

Проверить работу двигателя в часовом режиме, затем замерить сопротивление изоляции. Оно не должно быть ниже 0,5 МОм при температуре часового режима.

При сопротивлении изоляции ниже 0,5 МОм двигатель разобрать, якорь и магнитную систему повторно просушить.

Если сушкой не удастся достичь нужного сопротивления изоляции, проверить изоляцию каждого участка цепи в отдельности.

Проверке подлежат обмотки якоря, главных и добавочных полюсов. Поврежденная обмотка подлежит ремонту или замене.

Перед включением проверить сопротивление изоляции обмоток при помощи мегаомметра на 500 В, сопротивление изоляции должно быть не менее 1,0 Мом.

При сопротивлении изоляции менее 1,0 МОм двигателя необходимо просушить.

Сушку производить пропускаемым через двигатели током.

Во время сушки двигателя должны работать при номинальном напряжении под нагрузкой, близкой к нагрузке продолжительного режима. Частота вращения при этом не должна превышать максимально допустимую.

Сушку производить при полностью открытом коллекторном люке. Во время сушки сопротивление изоляции вначале понижается, а затем начинает расти и через 3-6 ч стабилизируется. Измерение сопротивления изоляции производить через каждый час, а в течение первого часа сушки – через 30 мин. Сопротивление изоляции в горячем состоянии не должно быть ниже 0,5 МОм.

5.5. Повышение надежности ТД

Тяговые двигатели – наиболее дорогостоящий и наименее надежный элемент электропривода рудничных электровозов. По данным эксплуатации средний срок службы тяговых двигателей меньше года, требуется большие затраты на обновление парка и ремонт двигателей. Затраты на эксплуатацию и ремонт двигателей составляют 80% суммарных затрат по электрооборудованию электровозов. Поэтому весьма актуально решение вопросов повышения надежности и совершенствования конструкции тяговых двигателей.

В двигателе ДТН-45 предусмотрена самовентиляция с помощью центробежного вентилятора, размещаемого на валу внутри двигателя. Воздух засасывается через вентиляционные отверстия в корпусе над коллектором и выбрасывается через вентиляционные отверстия на противоположном конце двигателя, также размещаемые сверху (рис. 5.10).

В техническом описании на ТД заводом изготовителем отмечается, что защита двигателя от проникновения воды и пыли обеспечивается не только оболочкой двигателя, но и элементами конструкции электровоза, проще говоря – крышками, накрывающими корпус электровоза.

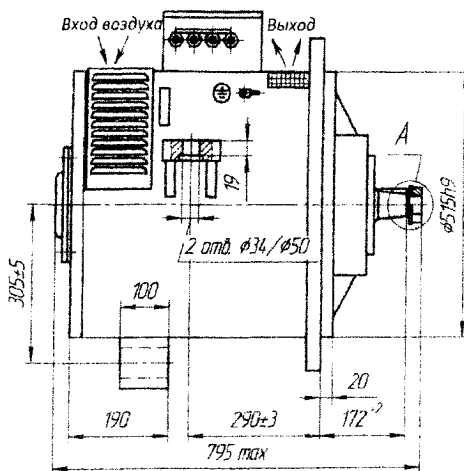


Рис. 5.10. Общий вид тягового двигателя ДТН-45

Крышки представляют несколько пластин, частично перекрывающих друг друга. Но всё же надежную защиту от попадания воды эти крышки обеспечить не могут, тем более что они могут быть сдвинуты, деформированы, повреждены, а иногда и отсутствовать.

Авторами установлено, что для более эффективной защиты ТД от попадания влаги, вентиляционные отверстия нужно размещать не сверху, а на боковых вертикальных поверхностях, прикрываемых жалюзи.

Например, входные отверстия для воздуха можно разместить вертикально на подшипниковом щите со стороны коллектора. Выходные отверстия для воздуха также можно сместить на боковые поверхности корпуса двигателя (рис.5.11).

По конструкции ДТН-45 крышка вводной коробки представляет плоскую пластину, которая плохо защищает от попадания воды и пыли, особенно если развинчиваются крепящие болты, что часто наблюдается. Целесообразно изготавливать крышку коробчатой формы, которая одевается на корпус клеммника (см. рис. 5.11).

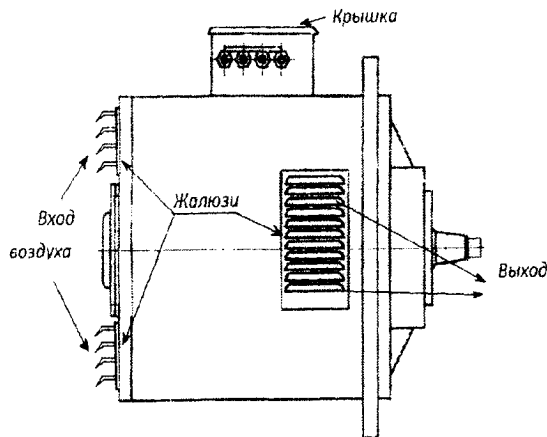


Рис.5.11. Предлагаемый вариант размещения вентиляционных отверстий тягового двигателя ДТН-45

ДТН-45 имеет фланцевое исполнение и присоединяется непосредственно к редуктору, установленному на оси колесной пары. Поэтому двигатель подвержен жесточайшей вибрации и ударам со стороны редуктора и колес, что является причиной значительного числа повреждений. Наиболее часто повреждается изоляция обмотки якоря в местах выхода из пазов.

Несколько лет назад ТД для рудничных электровозов стали выпускаться некоторыми другими электромашиностроительными предприятиями. Наиболее заслуживающим внимания на данный период является Смилянский электромеханический завод (г. Смила) выпускающий ТД для рудничных электровозов СТК-45.

Анализ конструкции данного типа двигателя показал следующее. Двигатель по своей конструкции практически повторяет двигатель ДТН-45 производства ПАО «Электромашина» г. Харьков.

Достоинства СТК-45:

- установлена дополнительная крышка на корпусе со стороны редуктора, это должно предупреждать попадание масла из редуктора;

- клемная коробка ТД увеличена в объёме для удобства монтажа и изготовлена способом штамповки. Но крышка крепится 6-тью болтами, вместо 4-х на ДТН-45, что усложняет доступ;
- наличие дополнительного полюса, что улучшает условия коммутации двигателя.

Недостатки СТК-45:

- к.п.д. двигателя на 2 % меньше, чем у двигателя ДТН-45 (0,86 против 0,88), за счёт увеличения сопротивления обмотки якоря;
- двигатель имеет 4-е люка для доступа к щеткам коллектора, в т.ч. два расположены снизу корпуса двигателя, что чревато попаданием влаги и грязи, не говоря о неудобстве обслуживания;
- со стороны редуктора поставлен шариковый подшипник вместо роликового, что снижает допустимые нагрузки.

Резюмируя конструкцию ТД, можно сделать вывод о видимом отсутствии существенных преимуществ СТК-45 перед двигателями ДТН-45.

Следует заметить, что рассмотренные двигатели приводят коническую передачу, которая создает на валу двигателя не только радиальное, но и значительное осевое усилие, для компенсации которого со стороны коллектора должен устанавливаться радиально-упорный подшипник.

Представляет интерес сравнение характеристик и конструкций отечественных ТД с зарубежными. Рассмотрен схожий по мощности двигатель LJB 23 – 3 фирмы ASEA для электровоза массой 20т [15].

Основные технические параметры двигателя:

- номинальная мощность часовая – 47 кВт;
- номинальная мощность продолжительная – 43 кВт;
- номинальное напряжение – 250 В;
- частота вращения часовая – 1510 об/мин;
- максимальная частота вращения – 5000 об/мин.

Двигатель охлаждается отдельным вентилятором, что естественно, связано с увеличением затрат и габаритов. Зато продолжительная мощность близка к мощности часового режима, соотношение этих мощностей – коэффициент вентиляции равен 0,9, для отечественных двигателей он равен 0,6.

Удельная мощность, рассчитанная для продолжительной мощности, равна 4,3 кВт/т, для отечественных двигателей она составляет 3,5-4 кВт/т и только для модернизированного двигателя – 5 кВт/т – этот показатель не уступает зарубежному образцу. Конструкция подвески ТД на электровозе фирмы ASEA вместе с трансмиссией приведена на рис. 5.12.

Здесь много общего с конструкцией присоединения ТД на отечественных электровозах К14, но есть и важные отличия, на которые следует обратить внимание.

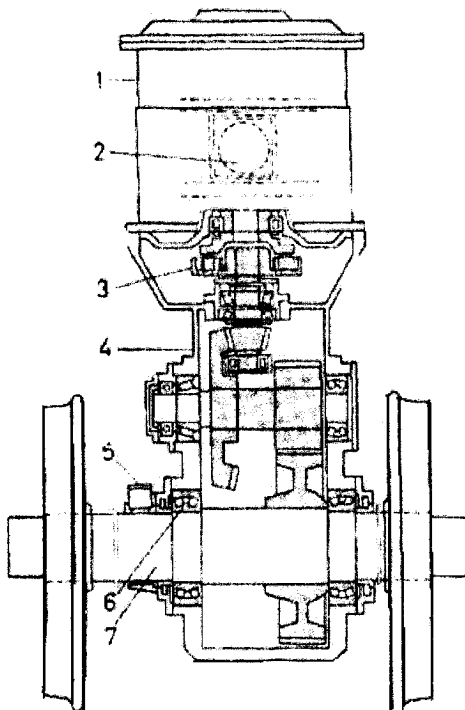


Рис.5.12. Конструкция подвески тягового двигателя и трансмиссии шахтного электровоза фирмы ASEA (Швеция): 1 – двигатель; 2 – резиновая опора; 3 – эластичная муфта; 4 – редуктор; 5 – скользящий контакт; 6 – роликовый подшипник; 7 – ось колёсной пары

Двигатель и редуктор соединяются посредством эластичной муфты 3, которая демпфирует колебания момента на валу двигателя, снижая динамические нагрузки на валу, обмотке якоря и подшипниках, что способствует повышению надежности ТД. С другой стороны, мы видим существенное усложнение и удорожание конструкции. К тому же это решение не защищает корпус двигателя от жесткой вибрации и ударов, передающихся от колес. При такой конструкции присоединения ТД более целесообразно повышение стойкости самих двигателей к вибрациям. Таким техническим решением может быть капсулирование лобовых частей якорной обмотки эпоксидными компаундами, что обеспечит их герметизацию и устранил возможность вибрации.

Для предотвращения протекания тока через подшипники осей колесных пар предусмотрена заземляющая бронзовая щетка 5, шунтирующая подшипники. Это интересное решение, но, как всякий скользящий контакт,

требует ухода и периодической замены. Возможно более простое решение – применение для осевых подшипников токопроводящей графитной смазки.

При переключении электровоза в **тормозной режим** ответственным моментом является самовозбуждение двигателей за счёт остаточного магнитного потока: при недостаточном магнитном потоке или недостаточной скорости двигатель не возбуждается и торможение не произойдет, что несёт в себе опасность.

В ряде схем предусматривается подача начального импульса возбуждения от дополнительной аккумуляторной батареи, что обеспечивает надежный переход в тормозной режим, но это заметно усложняет и удорожает систему управления – требуется батарея, зарядное устройство, устройства коммутации, поэтому представляет интерес поиск более простых решений. Для того, чтобы магнитный поток имел наибольшее значение, необходимо реверсирование двигателей производить обмоткой якоря, что легко реализуется схемой электровоза.

Остаточный магнитный поток может быть существенно увеличен путём применения в двигателях сердечников главных полюсов с повышенной коэрцитивной силой, что позволит надежно и быстро начинать торможение, причем с более низких скоростей.

Применение этих мероприятий позволит повысить безопасность эксплуатации электровозов без усложнения оборудования и схем управления.

Вместе с тем, все вышеперечисленные мероприятия не будут достаточно эффективными без решения проблемы текущего **контроля-диагностики** температурных режимов тяговых электрических двигателей.

К сожалению, эта проблема на шахтных электровозах, в отличие от магистральных, не решена. Как свидетельствует опыт эксплуатации магистральных электровозов, внедрение системы непрерывного мониторинга температурных режимов ТД уменьшает отказы последних на 30-35%, выход из строя коллекторов в 2,6-3,3 раза, а количество круговых огней в них в 3,1-3,7 раза при общем уменьшении износа коллекторов в 2,8-3,4 раза. В противовес же изложенному, эксплуатация ТД без систем контроля тепловых режимов увеличивает количество их отказов в 1,5-3,5 раза.

Как показывает анализ литературных источников, реально возможными являются следующие способы контроля температуры ТД: заложение в двигатель датчиков температуры, применение тепловых реле, косвенная оценка по сопротивлению обмоток двигателей или по расчетным потерям в двигателе [16].

Наиболее подходящими для эксплуатационного контроля температуры электрических машин являются полупроводниковые термосопротивления, достоинства которых заключаются в следующем:

- высокий температурный коэффициент сопротивления, - на порядок выше, чем у металлов;

- небольшие размеры и различное конструктивное исполнение - в виде бусинок, пластинок, шайб, стержней, что облегчает закладку в обмотки и другие элементы двигателей;
- прочность и стойкость к механическим воздействиям;
- малая величина тепловой инерции.

К недостаткам термосопротивлений можно отнести разброс характеристик, что требует их индивидуальной градуировки. Однако главным недостатком применения температурных датчиков является необходимость их закладки в обмотки двигателя, что невозможно без разборки двигателя. Кроме того, при контроле температуры двигателя с помощью температурных датчиков необходимо выведение из двигателя дополнительных проводов, что в условиях сильной вибрации ТД может приводить к их повреждению.

Тепловые реле нашли широкое применение в промышленности для защиты двигателей небольшой мощности от тепловых перегрузок. По нагревательному элементу реле и по обмоткам двигателя протекает один и тот же ток и количество тепла, которое выделяется в нагревательном элементе и в обмотках двигателя пропорциональны. Таким образом, по нагреву реле косвенно оценивается нагрев двигателя. Однако тепловые реле при превышении токов продолжительного режима срабатывают слишком быстро и непригодны для защиты ТД от перегрева.

По расчетным потерям энергии в ТД за расчетный период может быть дана также косвенная оценка его нагревания. Как известно, потери энергии пропорциональны $I^2 t$. В тяговых расчетах при выборе мощности двигателей по допустимому нагреву исходят из того, что двигатель не перегревается, если его среднеквадратичный или эквивалентный ток не превысит номинальный ток продолжительного режима $I_{экр} \leq I_{н.пр}$ [9].

Если электровоз оборудован микропроцессорной системой управления, что уже применяется в новых разработках электровозов, может быть реализовано непрерывное вычисление функции $I^2 t$, ее интегрирование и определение эквивалентного тока согласно:

$$I_{экр} = \alpha \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt}. \quad (5.11)$$

Достоинством данного метода является отсутствие каких-либо дополнительных элементов, однако недостатком является более низкая точность контроля нагревания обмоток двигателя по сравнению с методами, использующими непосредственный контроль температуры.

Еще одним способом определения температуры обмотки – по изменению **сопротивления обмотки** в зависимости от ее температуры. Температура горячей обмотки определяется по формуле:

$$\tau_2 = \frac{R_2 - R_x}{R_x} (k + \tau_x) + \tau_x, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5.12)$$

где R_2 , R_x – сопротивления обмоток, измеренные соответственно в горячем и холодном состоянии, Ом;

t_x – известная температура обмотки в холодном состоянии, при котором измерялось сопротивление R_x ;

κ – коэффициент, равный для меди 235, для алюминия 245.

Однако контроль сопротивления якорной обмотки и соответствующей температуры встречает большие трудности, связанные со щеточными контактами. Сопротивление щеточных контактов, которое включено последовательно с обмоткой якоря, является нестабильным и может изменяться в десятки раз в зависимости от марки щеток, приработки щеток, состояния поверхности и температуры коллектора, скорости вращения. К тому же щетки перекрывают несколько коллекторных пластин, шунтируя секции якорной обмотки. В этой связи достаточно точное определение температуры якорной обмотки по ее сопротивлению невозможно.

Однако, обмотка возбуждения ТД включается последовательно с обмоткой якоря и по ним протекает одинаковый ток, т.е. их нагрев и охлаждение взаимосвязаны. Как установлено в результате проведения авторами ряда экспериментов, температура якорной обмотки на 20°C превышает температуру обмотки возбуждения. В связи с этим логичен вывод, что контроль температурных режимов обмотки якоря возможен путем определения температуры обмотки возбуждения по ее сопротивлению. С этой целью предлагается следующая схема (рис.5.13).

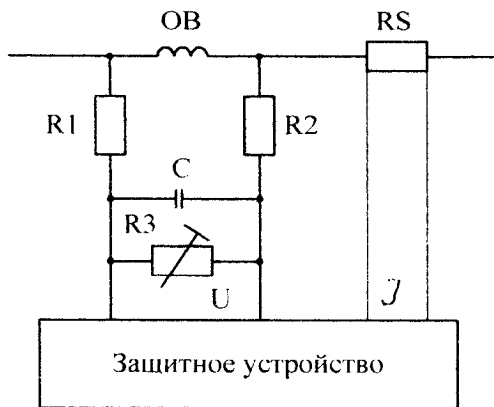


Рис.5.13. Структурная схема защиты тягового двигателя от перегрева

Сопротивление обмотки возбуждения двигателя определяется методом вольтметра-амперметра:

$$R = U / I, \text{ Ом.} \quad (5.13)$$

В схеме напряжение U «снимается» с обмотки возбуждения OB через цепь, состоящую из $R1$ - 3 и C , ограничивающих импульсы перенапряжением на защитном устройстве при переключениях в силовой цепи. Ток I , протекающий через OB , определяется с помощью шунта RS или других устройств. Настройка защиты на требуемое сопротивление и соответствующую температуру

производится подстроечным резистором $R3$. Блок защитного устройства содержит аналоговый интегральный делитель, непрерывно определяющий значение сопротивления обмоток. При достижении значения сопротивления, соответствующего температуре обмотки возбуждения, при которой температура обмотки якоря достигает предельно допустимой температуры, срабатывает защита.

ВЫВОДЫ.

1. Для повышения конструкционной надёжности и долговечности тяговых электрических двигателей шахтных электровозов необходимо улучшить защиту ТД от попадания воды и пыли путём:

- размещения вентиляционных отверстий на вертикальных поверхностях с защитой их от брызг;
- улучшение уплотнения крышки клемной коробки.

2. Для повышения стойкости двигателя к вибрациям и технологическим ударам целесообразно капсулировать эпоксидным компаундом лобовые части якорной обмотки.

3. Для улучшения самовозбуждения двигателей в тормозных режимах целесообразно реверс двигателей осуществить посредством обмотки якоря, а сердечники главных полюсов изготавливать из стали с повышенной коэрцитивной силой;

4. Для контроля текущего состояния электрических параметров тяговых двигателей во время их эксплуатации необходимо включение в структуру электропривода комплекса защит от:

- недопустимых перегрузок;
- коротких замыканий;
- коммутационных перенапряжений;
- перегрева обмоток.

5. Предложенный способ бесконтактного контроля, мониторинга и защиты ТД от недопустимого превышения температуры в элементах ТД не требует установки специальных датчиков температуры, поскольку сама обмотка возбуждения является датчиком, что делает защиту достаточно простой, надёжной, что особенно актуально для тяговых комплексов шахтных электровозов.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите системы тягового электропривода.
2. Достоинства и недостатки систем с импульсными преобразователями.
3. Достоинства и недостатки асинхронного привода.
4. Пояснить понятие «электромеханическая характеристика».

5. Пояснить понятие «часовая мощность».
6. Что такое коэффициент вентиляции?
7. Вычислить синхронную частоту вращения, если двигатель имеет 1 пару полюсов, а частота сети 50 Гц.
8. Как определить частоту тока в роторе?
9. Характеристики АД при частотном регулировании.
10. Как обозначаются выводы обмоток ТД?
11. Каким должно быть сопротивление изоляции?
12. Как выполняется сушка изоляции?
13. Способы температурного контроля ТД.
14. Пути повышения надежности ТД.

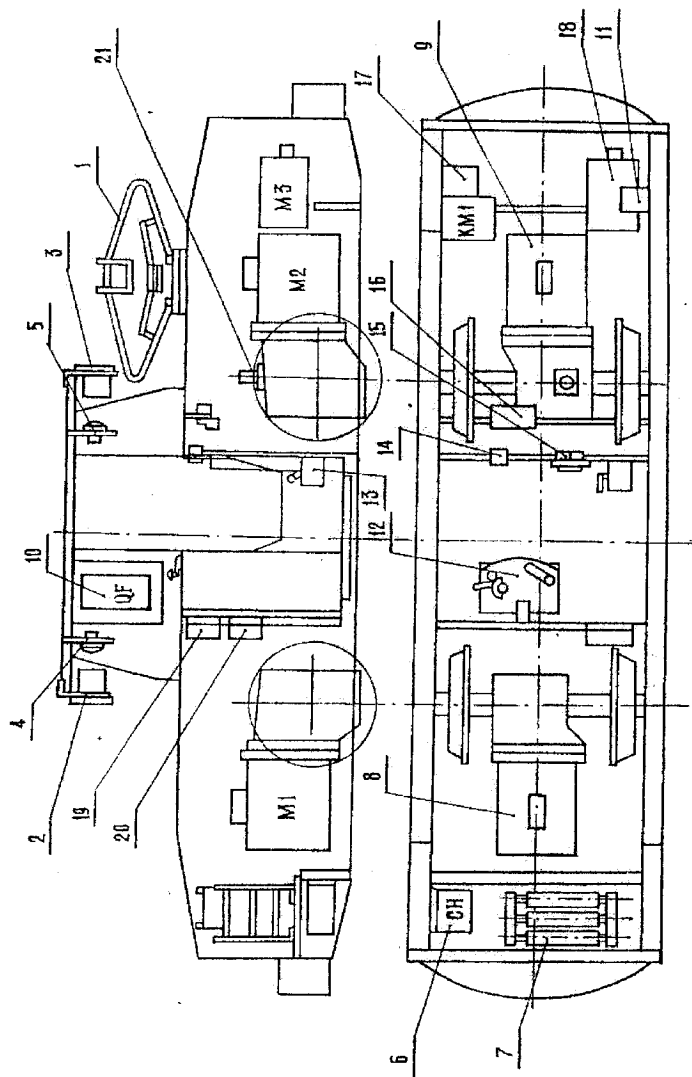


Рис.9.4. Размещение электрооборудования на электровозе К14М

- 1 – токосьемник; 2,3 – фары; 4,5 – световые сигналы; 6 – стабилизатор напряжения; 7 – пусковые резисторы;
- 8,9 – тяговые двигатели; 10 – автоматический выключатель QF; 11 – регулятор давления; 12 – контроллер; 13 – выключатель под сидением; 14 – кнопка сигнала; 15 – speedometer; 16 – сигнальные сирены; 17 – контакторы КМ1, КМ2;
- 18 – двигатель компрессора; 19 – переключатели освещения; 20 – предохранители; 21 – датчик скорости.

диаграмме обозначено: t_1 – время пуска при последовательном соединении двигателей; t_2 – время пуска при параллельном соединении двигателей; T – полное время пуска с реостатами. Заштрихованная площадь представляет собой потери в реостате. При последовательно-параллельном пуске двух двигателей потери энергии в реостате составляют 25% от полученной из сети энергии, против 50% при одноступенчатом параллельном пуске.

Переключение схемы соединения двигателей и ступеней сопротивления пускового реостата производится контактами силового контроллера, управляемого машинистом электровоза.

6.2. Регулирование скорости ТД

При работе электровозов требуется регулирование скорости в широких пределах – от минимальной при маневровой работе, до максимальной при движении с порожняком по магистральной выработке.

Аналитическое выражение скоростной характеристики тягового двигателя, приведенной к ободу колеса [9]:

$$v = \frac{U - I(r_{дв} + r_{доб})}{K_v \Phi}, \text{ км/час,} \quad (6.1)$$

где U – напряжение питания;

I – ток двигателя;

$r_{дв}$ – сопротивление двигателя;

$r_{доб}$ – добавочное сопротивление;

Φ – магнитный поток;

K_v – связующий коэффициент.

Как следует из выражения (6.1), регулирование скорости двигателя и электровоза может быть осуществлено следующими способами:

- 1) включением последовательно с тяговым двигателем реостата, поглощающего часть напряжения – $r_{доб}$;
- 2) последовательно-параллельным соединением тяговых двигателей при сохранении постоянного общего напряжения – U или $U/2$;
- 3) регулирование магнитного потока двигателя – Φ ;
- 4) для аккумуляторных электровозов дополнительно к перечисленным – переключение секций аккумуляторной батареи.

Реостатное регулирование скорости электровоза неэкономично, так как связано со значительными потерями энергии. Кроме того, длительная работа с включенным реостатом потребовала бы значительного увеличения его размеров во избежание чрезмерного нагрева. Наиболее удобным и экономичным является регулирование напряжения на зажимах двигателей путем последовательно-параллельного их соединения.

В электровозах с двумя тяговыми двигателями можно получить две ступени скорости (при последовательном и параллельном соединении

двигателей), не связанные с потерями в реостате, эти ступени называются ходовыми. Длительная езда должна происходить только на ходовых позициях, что однако далеко не всегда выполняется машинистами.

Возможно также регулирование скорости изменением магнитного потока двигателя, обычно в сторону его уменьшения – ослабления поля. На рудничных аккумуляторных электровозах некоторых типов ослабление поля двигателя осуществляется путем параллельного соединения обмоток возбуждения (АК2У, АМ8Д).

Наряду с механическим торможением на рудничных электровозах используется и электрическое, что уменьшает износ тормозных колодок и бандажей колес. Наиболее распространенным является реостатное (динамическое) торможение.

Во время реостатного торможения поезд, движущийся либо под влиянием собственного веса вниз по уклону, либо под влиянием сил инерции, заставляет вращаться тяговые двигатели, которые при этом работают в качестве генераторов. При этом ток их проходит через нагрузочное сопротивление, нагревая его. Таким образом, энергия поезда расходуется, превращаясь в тепло.

Регулирование скорости путем изменения магнитного потока обычно осуществляется в сторону повышения скорости движения, т.е. при помощи так называемого «ослабления поля» двигателя. Ослабление поля, или уменьшение магнитного потока двигателя, производится либо шунтированием обмотки возбуждения сопротивлением, либо отключением части витков последовательной обмотки, или включением обмотки возбуждения параллельно (рис. 6.2).

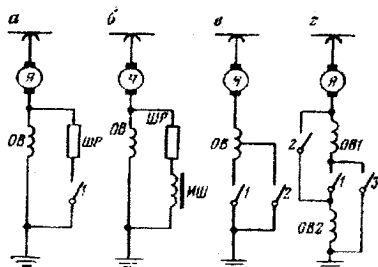


Рис. 6.2. Принципиальные схемы регулирования скорости тяговых двигателей: а и б – методом шунтирования обмотки возбуждения с помощью резистора; в и з – методом секционирования обмотки возбуждения

При первом способе ослабления поля режим нормального поля или, как часто называют, «полного поля», получается при разомкнутом контакте 1 (рис. 6.2, а); через обмотку возбуждения будет проходить весь ток якоря I . Для получения ослабленного поля необходимо замкнуть контакт 1. Тогда через обмотку возбуждения ОВ пройдет ток I_n , равный части тока якоря I , магнитный поток двигателя будет ослаблен, а скорость двигателя повысится. Чем меньше сопротивление шунтирующего резистора ШР, тем сильнее будет ослаблено поле двигателя и, следовательно, тем выше будет скорость двигателя. Следует

иметь в виду, что при одной и той же силе тяги при ослаблении поля возрастает ток якоря, что ведет к повышенному нагреву. В связи с этим при ослаблении поля приходится несколько уменьшать значение силы тяги.

Для ограничения нагрева якоря и обеспечения условий коммутации ослабленное поле должно быть более 50% полного поля, обычно используют 67-75% полного поля [9].

Шунтирующий контур должен обладать достаточной индуктивностью, соизмеримой с индуктивностью обмотки возбуждения. В противном случае при резких повышениях напряжения, например, при восстановлении напряжения после кратковременного отрыва токоприемника от контактного провода, ток в обмотке возбуждения возрастал бы значительно медленнее, чем ток в шунте, а следовательно и в якоре. Двигатель вследствие недостаточной величины поля и следовательно противозлектродвижущей силы, будет сильно перегружен, причем большой ток в якоре при ослабленном поле может привести к круговому огню на коллекторе. Поэтому последовательно с шунтирующим резистором ШР может включаться индуктивная катушка ИШ (рис. 6.2, б), называемая индуктивным шунтом. В связи с усложнением схемы на рудничных электровозах этот вариант не используется.

Для ослабления поля по второму способу, который называют способом секционирования обмотки возбуждения, ток якоря пропускают только по части витков обмотки возбуждения, замкнув контакт 2 и разомкнув контакт 1 (рис. 6.2, в). Нормальное поле получается, когда замкнут только контакт 1, так как при этом ток якоря обтекает все витки обмотки возбуждения. Сложность устройства секционированной обмотки возбуждения двигателя является недостатком этого способа, на рудничных электровозах этот способ не применяется.

На малогабаритных рудничных электровозах АК2У ослабление поля тяговых двигателей осуществляется по видоизмененному способу секционирования обмотки возбуждения (рис. 6.2, г), при котором обмотка возбуждения разбивается на две равные части; для получения полного поля обе части включаются последовательно, а для получения ослабленного поля – параллельно.

6.3. Электрическое торможение ТД

Механическое торможение поезда, осуществляемое обычно при помощи нажатия тормозных колодок на бандажи колес, ведет к постоянному износу трущихся поверхностей. При наличии больших уклонов со значительным периодом торможения целесообразно применять электровозы, допускающие возможность применения не только механического, но и электрического торможения, свободного от указанного недостатка.

Различают следующие способы электрического торможения:

- динамическое или реостатное, когда вырабатываемая при торможении электрическая энергия поглощается в реостатах;
- генераторное торможение с возвратом (рекуперацией) энергии в сеть;
- торможение противовключением (противотоком), когда для создания тормозного эффекта электрическая энергия потребляется из сети, и двигатели включаются на вращение в обратную сторону.

Торможение противотоком редко применяется в электрической тяге; во-первых, оно сопровождается значительным расходом энергии, а во-вторых, при отсутствии специально рассчитанного реостата оно является очень резким и часто приводит к поломкам зубчатых передач.

Применение электрического торможения с возвратом энергии в сеть при электрической тяге на постоянном токе встречает большие затруднения в связи с тем, что генераторы последовательного возбуждения не могут работать параллельно с сетью. Необходимо включение обмоток возбуждения тяговых двигателей параллельно, однако такие схемы сложны и на рудничных электровозах не применяются.

Наиболее распространенным в электрической тяге на постоянном токе является **электрическое реостатное торможение**. Рассмотрим процесс реостатного торможения и его электрические схемы.

Во время реостатного торможения поезд, движущийся либо под влиянием собственного веса вниз по уклону, либо под влиянием сил инерции в период замедления, заставляет вращаться тяговые двигатели, которые при этом работают в качестве генераторов. При этом ток их проходит через некоторое нагрузочное сопротивление, нагревая его. Таким образом, механическая энергия поезда расходуется, превращаясь в тепло, и поезд замедляет свое движение.

Для ограничения перенапряжений обычно тяговые двигатели при переходе на генераторный режим соединяют параллельно. Для правильной параллельной работы двигателей последовательного возбуждения, обращенных в генераторы, применяются специальные схемы включения, исключающие вредное влияние уравнильных токов, возникающих вследствие различия характеристик двигателей, неодинакового диаметра колес и других причин (рис. 6.3).

На рис. 6.3, а, показана схема перекрестного соединения тяговых двигателей при тормозном режиме. Эта схема является наиболее распространенной и отличается тем, что обмотка возбуждения каждого двигателя питается от якоря другого двигателя. В случае возникновения неравенства электродвижущих сил, появившийся уравнильный ток усилит магнитное поле двигателя с меньшей ЭДС и ослабит магнитное поле двигателя с большей ЭДС, вследствие чего электродвижущие силы будут выравнены. Рассматриваемая схема дает почти полное равенство нагрузок обоих двигателей при торможении и исключает возможность работы одного двигателя на другой.

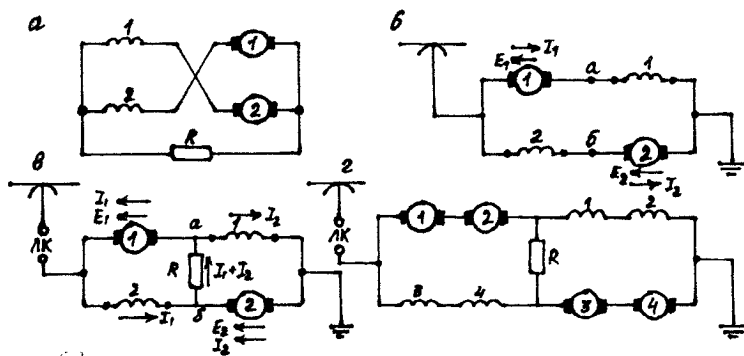


Рис. 6.3. Схема реостатного торможения тяговых двигателей: а – перекрестного соединения; б и в – перекрестно-петлевого соединения в тяговом и тормозном режимах; г – перекрестно-петлевого соединения при четырех двигателях

При переходе на реостатное торможение одновременно с отключением двигателя от сети и включением его на реостат необходимо переключить концы обмотки возбуждения или якоря для получения надлежащего намагничивания; без такого переключения двигатель не возбудится.

Для упрощения схемы контроллеров реостатное торможение на рудничных электровозах выполнено путем применения так называемой перекрестно-петлевой схемы. Перекрестно-петлевая схема не требует специального переключения концов обмоток двигателя при переходе к тормозному режиму, так как такое получается автоматически благодаря особому соединению тяговых двигателей.

На рис. 6.3, б приведена исходная схема тягового режима при параллельном соединении двигателей.

Для перехода на тормозной режим достаточно отключить двигатели от контактной сети контактором ЛК и подключить к точкам а и б тормозной реостат R (рис. 6.3, в). Так как при этом ток I_1 якоря первого двигателя проходит через обмотку возбуждения второго, а ток якоря второго двигателя через обмотку возбуждения первого, то рассматриваемая схема обладает всеми свойствами перекрестного соединения; кроме того, она обеспечивает надлежащее намагничивание обмоток возбуждения без их переключения. На рис. 6.3, г, представлена перекрестно-петлевая схема в случае применения на электровозе четырех двигателей.

Электромеханические характеристики тормозного режима представляют собой зависимость тормозной силы B и скорости движения v от тормозного тока двигателя I . Для построения кривой $B = f(I)$ можно написать зависимость

$$B = F_0 + \Delta F, \quad (6.2)$$

где B – тормозная сила на ободе;

F_0 – электромагнитная сила тяги;

ΔF – суммарные потери в двигателях и передаточном механизме, Н.

Нетрудно заметить, что тормозная сила B будет больше силы тяги F при том же токе I на двойное значение ΔF :

$$B = F + 2\Delta F. \quad (6.3)$$

Кривая $B = f(I)$ может быть построена при помощи характеристики силы тяги $F = f(I)$, как это показано на рис. 6.4. Величина ΔF определяется выражением [9]:

$$\Delta F = 0,367 \frac{UI(1-\eta_o) - I^2 \cdot r_{\partial e}}{v}. \quad (6.4)$$

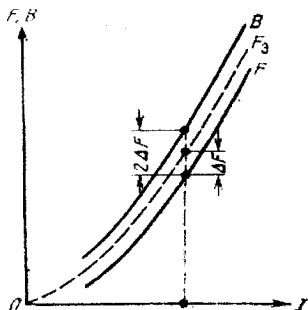


Рис. 6.4. Построение кривой тормозного усилия

Тормозная сила будет тем больше, чем меньше сопротивление реостата и больше скорость, так как при этом соответственно увеличится величина тока. Однако тормозную силу можно увеличить лишь до известных пределов: во-первых, не следует выходить за пределы сцепления; во-вторых, ток не должен быть слишком большим во избежание перегрева двигателя и чрезмерного ухудшения коммутации; в-третьих, следует принимать во внимание, что при увеличении тока будет расти и ЭДС машины (в пределах магнитного насыщения), что может повлечь за собой недопустимые перенапряжения. Наконец, следует также иметь в виду, что при большой скорости движения напряжение на коллекторах машин может превзойти допустимую величину.

Величина наибольшего допустимого напряжения $U_{\partial on}$ двигателя не должна превышать его номинальное напряжение более чем на 20%. Для заданного тока I наибольшая допустимая скорость v_{max} определится из уравнения:

$$v_{max} = \frac{U_{\partial on} + Ir_{\partial e}}{U - Ir_{\partial e}} v_{\partial}, \quad (6.5)$$

где v_{∂} — скорость по характеристике двигательного режима, соответствующая току I .

При реостатном торможении, как правило, используются пусковые реостаты. В зависимости от тормозного тока длительность торможения ограничивается допустимым нагревом сопротивлений.

Реостатное торможение имеет ряд ценных преимуществ, среди которых одним из главных следует считать малую зависимость от условий сцепления.

Кроме того, к преимуществам реостатного торможения можно отнести: отсутствие износа колодок и удобство управления тормозом, которое производится той же рукояткой, что и пуск в ход.

К недостаткам этого вида торможения следует отнести, прежде всего, невозможность затормозить поезд до полной остановки и удержать его в заторможенном состоянии после остановки, что является особенно важным при остановке на уклонах.

Для каждого двигателя имеется определенная скорость вращения, ниже которой он не может самовозбудиться. Для тяговых двигателей рудничных электровозов она соответствует скорости движения 0,2-0,3 м/с. Если поезд находится на горизонтальной площадке или на подъеме, то практически торможение до такой скорости уже достаточно для полной остановки. На спуске для окончательной остановки придется применить механический тормоз.

Второе обстоятельство, несколько снижающее ценность электрического торможения, заключается в ухудшении условий работы тяговых двигателей, которые, во-первых, испытывают при торможении значительные динамические усилия, а во-вторых, нагружаются током в течение добавочного промежутка времени, что ведет к дополнительному нагреву. При выборе двигателя, используемого для рабочего реостатного торможения, мощность его приходится выбирать на 15-20% больше.

Третье обстоятельство – низкая энергоэффективность динамического торможения – энергия торможения выделяется в тормозном сопротивлении и теряется напрасно. Представляет интерес проанализировать это обстоятельство.

Гораздо экономичней и энергоэффективней, на первый взгляд, выглядит **рекуперативный** вид торможения. Проанализируем этот вид торможения для конкретно реальных условий нынешних шахт и рудников на примере Криворожского железорудного комбината.

Кинетическая энергия, запасенная движущейся массой электровозосостава, равна:

$$W = \frac{m \cdot V^2}{2}, \text{ Дж}, \quad (6.6)$$

где m – масса состава, кг;

V – скорость движения, м/с.

При этом, как известно, массы и скорости движения различны для порожних и для груженых составов [9].

В железорудных шахтах для перевозки горной массы применяются электровозы типа К-14 и вагонетки ВГ-4, по 10 вагонеток в составе.

Масса порожнего состава в таком случае

$$m_{пор} = (P + Q_{пор}) \cdot k_j \cdot 10^3 = (14 + 4,2 \cdot 10) \cdot 1,1 \cdot 10^3 = 61,6 \cdot 10^3, \text{ кг}, \quad (6.7)$$

где P – масса электровоза 14 т;

$Q_{пор}$ – масса 10 порожних вагонеток по 4,2 т;

k_f – коэффициент, учитывающий вращающиеся элементы, для порожнего состава 1,1, для груженого – 1,05.

Масса груженого состава, при грузоподъемности вагонетки 10 т, составит:

$$m_{zp} = (14 + 4,2 \cdot 10 + 10 \cdot 10) \cdot 1,05 \cdot 10^3 = 163,8 \cdot 10^3, \text{ кг.} \quad (6.8)$$

Порожние электровозосоставы движутся на подъем, что способствует их торможению. По условиям ограничения тормозного пути до 40 м допускаются скорости движения до 20 км/ч или 5,55 м/с. В таком случае кинетическая энергия состава может достигать:

$$W_{nop} = \frac{m_{nop} \cdot V_{nop}^2}{2} = \frac{61,6 \cdot 10^3 \cdot 5,55^2}{2} = 950, \text{ кДж.} \quad (6.9)$$

Груженные электровозосоставы движутся под уклон, что затрудняет их торможение. По условиям ограничения тормозного пути до 40 м допускаются скорости движения до 10 км/ч или 2,78 м/с. Кинетическая энергия состава при этом достигает:

$$W_{zp} = \frac{m_{zp} \cdot V_{zp}^2}{2} = \frac{163,8 \cdot 10^3 \cdot 2,78^2}{2} = 632, \text{ кДж.} \quad (6.10)$$

Как свидетельствуют исследования, при движении состава в течении рейса по главным откаточным выработкам требуется в среднем 1 торможение порожнего состава и 2 груженого. Тогда энергия, которую требуется погасить при этом, будет равна:

$$950 + 632 \cdot 2 = 2214, \text{ кДж.}$$

Следует отметить, что реальные скорости движения меньше максимальных по условиям торможения, значительная часть кинетической энергии – около 20 % – поглощается естественными сопротивлениями движению, опытные машинисты для снижения скорости используют выбег, особенно при движении с «порожняком». Учитывая эти факторы, энергия, которую можно использовать для рекуперации, будет значительно меньше – не более:

$$2214 \cdot 0,8 = 1771, \text{ кДж.}$$

Затем эта энергия через механическую передачу, двигатель и преобразователь может быть отдана в сеть. Учитывая суммарный КПД этих устройств, равный 0,9, получим:

$$1771 \cdot 0,9 = 1594, \text{ кДж или } 0,44 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

То есть, в течении 1 рейса за счет рекуперации энергии торможения может быть отдано в сеть всего 0,44 кВт·ч. Учитывая, что в течении 1 рейса электровоз потребляет из сети около 18 кВт·ч, видим, что экономия электроэнергии составляет 2,4 %, т.е. эффективность рекуперации незначительна, что объясняется низкими скоростями движения, особенно груженных составов – до 10 км/ч.

Кроме того, для реализации рекуперации энергии требуется существенное усложнение системы управления электровоза, а также обеспечение возможности потребления рекуперированной энергии.

В итоге можно отметить, что применение рекуперативного торможения на рудничных электровозах в связи с низкими скоростями движения не эффективно.

6.4. Достоинства и недостатки реостатных систем управления

Реостатно-контакторные системы управления имеют ряд присущих им достоинств и недостатков, которые проявляются в большей или меньшей степени в конкретных условиях эксплуатации. Рассмотрим достоинства и недостатки реостатно-контакторных систем управления в условиях шахтного электровозного транспорта.

Достоинства:

1. простота принципиальных схем, основными элементами которых являются тяговые двигатели, силовые контроллеры и пуско-тормозные реостаты;
2. низкая стоимость системы управления, соответственно низкие эксплуатационные расходы на обслуживание и ремонт силовых контроллеров и пуско-тормозных реостатов;
3. малые габариты оборудования, что позволяет удобно разместить его в стесненных условиях рудничного электровоза;
4. не требуется высокая квалификация обслуживающего персонала, что также существенно для шахтных условий;
5. не требуется интеллектуальное (программное) обеспечение с соответствующим оборудованием и специалистами;
6. применение двигателей постоянного тока последовательного возбуждения с мягкими электромеханическими характеристиками позволяет автоматически, без участия системы управления, улучшить распределение нагрузки между двигателями, снизить броски тока и момента при различных возмущающих воздействиях.

Недостатки:

1. большие потери энергии в пуско-тормозных реостатах, которые составляют около 30% потребляемой энергии, а в отдельные рейсы достигают 60% [10], что связано с использованием реостатов для регулирования скорости, при маневровой работе потери составляют около 90%;
2. реостаты переключаются ступенями, что вызывает толчки тока и тягового усилия, в результате чего:
 - снижаются тяговые возможности электровоза по условиям сцепления колес с рельсами и соответственно допустимая по этому условию масса состава;
 - возрастает вероятность и интенсивность буксования, износ колес и рельсов, потери энергии связанные с буксованием;
 - возрастает количество повреждений механических систем и тяговых двигателей, ухудшается динамика движения состава;

3. большие пусковые токи, потребляемые из сети, создают повышенные потери напряжения и перегрузку источников питания (тяговая сеть, аккумуляторная батарея);

4. в результате низкой энергоэффективности возрастает потребляемая мощность и энергия, что особенно важно для аккумуляторных электровозов;

5. большие затраты на приобретение, обслуживание и ремонт тяговых двигателей постоянного тока, которые составляют около 80% суммарных затрат на электрооборудование электровозов;

6. затруднено использование устройств автоматизации управления электроприводом (таких как оптимизация режимов пуска и торможения, ограничение перегрузок и опасных режимов, защита от буксования, дистанционное управление и др.), которые плохо сочетаются с резисторно-контакторными системами управления.

Контрольные вопросы:

1. Для чего используется последовательно-параллельное переключение

ТД?

2. Чему равны потери в реостатах при пуске?

3. Перечислить способы регулирования скорости.

4. Как изменится скорость при ослаблении поля?

5. Способы ослабления поля.

6. Способы электрического торможения.

7. Пояснить работу схемы торможения рис. 6.3.

8. Разница между тяговым и тормозным усилием.

9. Достоинства и недостатки динамического торможения.

10. Достоинства и недостатки торможения противовключением.

11. Оценить целесообразность рекуперативного торможения.

12. Как зависит энергия от скорости?

13. Из каких компонентов складывается масса состава?

14. Достоинства реостатных систем управления.

15. Недостатки реостатных систем управления.

7. ИМПУЛЬСНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

7.1. Структура и принципы работы

Существенные недостатки реостатно-контакторных систем управления тяговыми электроприводами побудили разработчиков к созданию более совершенных технических решений, одним из таких направлений является применение импульсных систем управления.

Отечественные и зарубежные специалисты уже давно занимаются разработкой импульсных систем управления, испытано большое количество схем на однооперационных тиристорах, которые не дали ожидаемых результатов.

Лишь в последнее время разработаны и освоено серийное производство полупроводниковых полностью управляемых силовых ключей с подходящими характеристиками (биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT), которые открыли новые возможности в развитии управляемого электропривода.

Импульсное управление тяговыми двигателями по сравнению с реостатным имеет весомые преимущества:

- уменьшение расхода электроэнергии, на величину потерь в резисторах при пуске и регулировании скорости;
- плавное регулирование без толчков тока и момента, повышает надежность механических систем, а также даст возможность увеличить тяговое и тормозное усилие и, следовательно, вес состава;
- бесконтактные схемы более надежны и требуют меньших затрат на обслуживание;
- открываются возможности автоматизации управления приводом.

Особенно ощутимы преимущества импульсных систем управления применительно к аккумуляторным электровозам, имеющим источник энергии с ограниченным ресурсом.

Структурная схема импульсного преобразователя (ИП) приведена на рис. 7.1. Основным его узлом является импульсный коммутатор ИК, выполняемый обычно на тиристорах IGBT. Импульсы управления коммутатором формируются системой управления СУ.

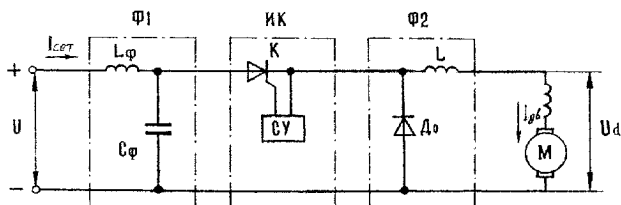


Рис. 7.1. Структурная схема импульсного преобразователя

Для улучшения режима работы источника питания (контактной сети или аккумуляторной батареи) предусмотрен входной фильтр $\Phi 1$, представляющий индуктивно-емкостной накопитель энергии и состоящий из дросселя L_ϕ и конденсатора C_ϕ . Входной фильтр сглаживает импульсы тока, поэтому от источника питания потребляется ток соответствующий среднему значению, которое в общем случае меньше амплитудного.

Выходной фильтр $\Phi 2$ сглаживает ток в цепи тягового двигателя. В простейшем случае дроссель L может отсутствовать и сглаживание тока осуществляется за счет собственной индуктивности двигателя, естественно пульсации тока при этом возрастают.

Если пренебречь коммутационными процессами, то импульсный коммутатор ИК имеет два состояния – проводящее и непроводящее. В проводящем состоянии к тяговым двигателям прикладывается импульс напряжения с амплитудой равной напряжению источника питания (рис. 7.2). При этом ток в тяговом двигателе возрастает в соответствии с экспоненциальной зависимостью. Продолжительность проводящего состояния импульсного коммутатора (продолжительность импульса) t_u задается системой управления в зависимости от требуемого режима работы двигателя.

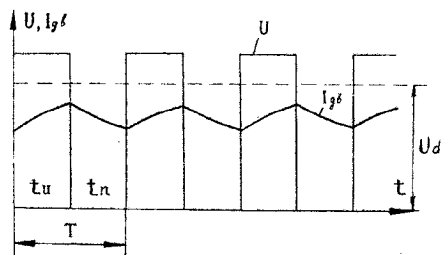


Рис. 7.2. Напряжение и ток при импульсном управлении

В непроводящем состоянии импульсного коммутатора ток двигателя поддерживается ЭДС самоиндукции и замыкается через обратный диод D_o , уменьшаясь по экспоненте. Продолжительность непроводящего состояния определяется интервалом t_n (длительностью паузы). Продолжительность (период) импульсного цикла

$$T = t_u + t_n, \text{ с.} \quad (7.1)$$

При анализе характеристик импульсного управления обычно используют понятие коэффициента заполнения импульсного цикла

$$\gamma = \frac{t_u}{T}, \quad \gamma = 0 \dots 1. \quad (7.2)$$

В этом случае продолжительность проводящего состояния равна γT , а продолжительность паузы $(1-\gamma)T$. Частота следования импульсов определяется соотношением

$$f = \frac{1}{T}, \text{ Гц.} \quad (7.3)$$

Величина среднего напряжения на тяговых двигателях U_d при регулировании зависит от коэффициента заполнения импульсного цикла:

$$U_d = \gamma U, B, \quad (7.4)$$

где U – напряжение источника питания.

В процессе регулирования выходного напряжения преобразователя, то есть напряжения прикладываемого к двигателям, коэффициент заполнения γ изменяется от определенной минимальной величины γ_{\min} до максимального значения γ_{\max} . Отношение $D = \gamma_{\min} / \gamma_{\max}$ представляет собой диапазон регулирования напряжения на двигателях.

Возможны **три способа регулирования**: частотно-импульсный, широтно-импульсный, частотно-широтно-импульсный.

При частотно-импульсном способе регулирования длительности проводящего состояния импульсного коммутатора остается постоянной ($t_u = \text{const}$), а изменяется частота следования импульсов ($f = \text{var}$). Этот способ наиболее просто реализуем, но имеет низкий КПД.

При широтно-импульсном способе регулирования частота следования импульсов принимается постоянной ($f = \text{const}$), изменяется длительность импульсов ($t_u = \text{var}$). При постоянной частоте наибольшая пульсация тока двигателя наблюдается при коэффициенте заполнения импульсов равном 0,5. Пульсация может быть уменьшена путем увеличения частоты регулирования. Но с увеличением частоты растут потери в импульсном коммутаторе и сокращается диапазон регулирования. Таким образом, возможности регулирования этим способом несколько ограничены. Тем не менее, в большинстве разработок импульсного управления тяговым приводом использован широтно-импульсный способ.

Частотно-широтно-импульсный способ совмещает в себе оба предыдущих и предполагает совместное регулирование как частоты, так и ширины импульсов. Это дает возможность повысить КПД, и расширить диапазон регулирования. Наиболее целесообразно, чтобы частота импульсов была максимальной в середине диапазона регулирования и минимальной на границах диапазона. Для реализации способа требуется некоторое усложнение системы управления.

При любых способах регулирования коэффициент заполнения, или, что то же самое, относительное напряжение на двигателе

$$\gamma = \frac{U_d}{U} = \frac{t_u}{T} = t_u f. \quad (7.5)$$

Интересно отметить, что ток, потребляемый из сети $I_{\text{сеп}}$ меньше, чем ток двигателя и численно равен

$$I_{\text{сеп}} = \gamma I_{\text{дв}}. \quad (7.6)$$

Это означает, что ток в начале пуска при γ_{\min} имеет минимальное значение, в то время как при реостатной системе управления в начале пуска ток имеет максимальное значение, что ведет к перегрузке сети и источника питания.

7.2. Входные фильтры преобразователей

Входной фильтр содержит сглаживающий дроссель L_{ϕ} и конденсатор C_{ϕ} (см. рис. 7.1). При работе импульсного преобразователя ток потребляется в виде импульсов в периоды включения импульсного коммутатора ИК. Это создает пульсации тока, потребляемого из сети, и напряжения на конденсаторе фильтра.

Пульсации тока и напряжения вызывают дополнительные потери энергии в системе тягового электроснабжения, помехи различным устройствам связи и телемеханики, перенапряжения на импульсном коммутаторе. Ограничение пульсаций приемлемыми значениями являются главной задачей выбора параметров входного фильтра.

Уменьшение пульсаций тока и напряжения может быть достигнуто несколькими путями:

- увеличением емкости C_{ϕ} и индуктивности L_{ϕ} ;
- увеличением частоты импульсного коммутатора f_k ;
- применением многофазных схем с числом фаз m , сдвинутых по фазе на угол $360^\circ/m$; при этом частота тока в фильтре $f_{\phi} = mf_k$.

Качество фильтра характеризуется размахом пульсаций тока и напряжения, который не должен превышать 0,1...0,2 среднего значения. Пульсации тока и напряжения имеют максимальные значения при коэффициенте заполнения $\gamma_{\max} = 1/2m$. Если число фаз (импульсных коммутаторов) $m=1$, пульсация максимальна при $\gamma_{\max} = 0,5$.

Максимальное значение пульсации напряжения на конденсаторе в зависимости от влияющих параметров:

$$\Delta U_{c \max} = \frac{I_{\Delta s}}{4C_{\phi} f_k m}, \text{ В.} \quad (7.7)$$

Максимальное значение пульсации тока, потребляемого от источника питания:

$$\Delta i_{n \max} = \frac{I_{\Delta s}}{32L_{\phi} C_{\phi} (f_k m)^2}, \text{ В.} \quad (7.8)$$

Как видно из приведенных выражений, чем больше частота и число фаз, тем меньше пульсации тока и напряжения. Так, на рудничных электровозах для управления двумя двигателями целесообразно использовать 2 импульсных коммутатора со сдвигом импульсов на 180° , работающих с общим входным фильтром ($m=2$). Это позволяет снизить пульсацию напряжения на конденсаторе вдвое, а пульсацию тока потребляемого из сети – в 4 раза.

При подаче напряжения на фильтр возникает **переходной процесс**, связанный с зарядом конденсатора фильтра.

Если пренебречь потерями в фильтре, напряжение на конденсаторе можно представить как разность напряжения сети U и напряжения на индуктивности:

$$U_c = U - U \cos \omega_0 t, \quad (7.9)$$

где ω_0 – резонансная угловая частота, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, рад/с.

Как видно, напряжение на конденсаторе изменяется от 0 до $2U$, т.е. создается 2-кратное перенапряжение, которое может повредить как конденсаторы фильтра, так и элементы импульсного коммутатора.

Кроме этого, при заряде емкости возникает большой ток

$$i = U / \sqrt{LC} \sin \omega_0 t. \quad (7.10)$$

Бросок зарядного тока может повреждать элементы цепи и вызывать срабатывание токовой защиты вводного автоматического выключателя.

С тем, чтобы избежать этих отрицательных проявлений, обычно предусматривают перед включением силовой цепи предварительный заряд конденсатора фильтра через достаточно большое зарядное сопротивление.

При опускании токосъемника за счет напряжения на конденсаторе фильтра он остается под напряжением, что представляет опасность при прикосновении. Для исключения обратной подачи напряжения, в цепи токосъемника устанавливается заградительный диод.

7.3. Схемы импульсных преобразователей

В настоящее время, как и прежде, основным видом тягового электропривода (ТЭП) является электропривод постоянного тока на базе двигателей постоянного тока последовательного возбуждения [17,18]. Этот вид привода сыграл свою весомую положительную роль в развитии электрифицированных видов транспорта и призван в ожидании замены на другие, более энергоэффективные типы, функционировать еще не один десяток лет. Поэтому проблема модернизации структур тяговых электроприводов постоянного тока в направлении поиска новых эффективных вариантов была и есть актуальной.

В качестве возможных вариантов предлагается авторское видение структур ТЭП.

Рассмотрим преобразователь с двухуровневым регулированием напряжения при последовательно-параллельном соединении тяговых электрических двигателей.

Импульсный преобразователь (рис. 7.3) имеет взаимосвязанные цепи управления двумя тяговыми двигателями электровоза. Электропривод может работать в тяговом или тормозном режиме.

В тяговом режиме в процессе импульсной коммутации тяговые двигатели переключаются в течение каждого периода с последовательного на

параллельное соединение. Переключение происходит в следующей последовательности.

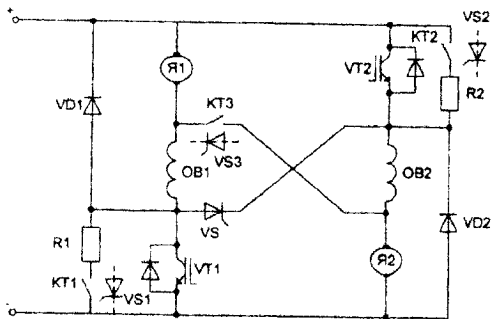


Рис. 7.3. Схема преобразователя с двухуровневым регулированием напряжения

На I уровне регулирования напряжения включается VS, двигатели соединяются последовательно и к каждому двигателю прикладывается импульс напряжения, равный $U/2$. При этом ток протекает по цепи +, Я1, ОБ1, ОБ2, Я2, -. Для запирания VS кратковременно (30 мкс) включаются VT1-2. После запирания вентилей в период паузы токи двигателей замыкаются через обратные диоды VD1-2. За счет ШИМ напряжение на двигателях на I уровне регулируется от 0 до $U/2$.

На II уровне регулирования, после разгона до половинной скорости, к напряжению $U/2$ за счет ШИМ VT1-2 добавляется напряжение вплоть до полного значения. Двигатели при этом соединяются параллельно, токи каждого двигателя протекают через соответствующие им транзисторы и электровоз разгоняется до нужной скорости.

В тормозном режиме линейный контактор (не показан) отключает питание и включается трехполюсный тормозной контактор КТ, при этом подсоединяются тормозные резисторы R1-2 и собирается перекрестная схема динамического торможения.

Регулирование тормозного режима осуществляется широтно-импульсным модулятором (ШИМ) VT1-2, которые постепенно шунтируют тормозные резисторы R1-2 до полного их замыкания, что обеспечивает эффективное торможение почти до остановки. Перекрестная схема торможения – традиционная для тяговых электроприводов – обеспечивает выравнивание тормозных токов двигателей.

Тормозной контактор КТ должен содержать три силовых контакта. Возможна замена контактов КТ тиристорами, как показано на рис. 7.3: рядом с контактами КТ – тиристоры VS1-3. Это позволит повысить быстродействие схемы торможения и ее надежность.

Главным достоинством схемы с двухуровневым регулированием напряжения по сравнению с другими схемами является минимизация суммарных потерь в электроприводе – в импульсном преобразователе и тяговых двигателях. За счет снижения вдвое амплитуды пульсаций напряжения

и тока пульсационные потери в тяговых двигателях снижаются в четыре раза, а они являются определяющими.

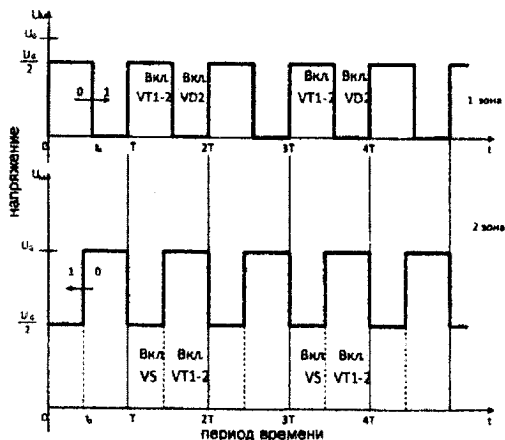


Рис. 7.4. Диаграмма напряжения на тяговом двигателе при двухуровневом регулировании

Поскольку цепи импульсных преобразователей двух двигателей взаимосвязаны, токи двигателей и в тяговом, и в тормозном режимах одинаковы и двигатели создают одинаковые тяговые и тормозные моменты. Это может рассматриваться как достоинство при средних нагрузках и малой вероятности проскальзывания колес.

При нагрузках, близких к максимальным по условиям сцепления и большой вероятности буксования схема с двухуровневым регулированием не позволяет перераспределять нагрузки двигателей и в полной мере реализовать тяговые и тормозные возможности электровоза.

Рассмотрим другой преобразователь с одноуровневым независимым регулированием напряжения на тяговых двигателях.

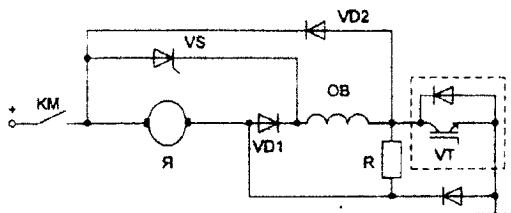


Рис. 7.5. Схема тягового ЭП с независимым регулированием

Схема приведенная на рис. 7.5, содержит всего один IСВТ-транзистор VT, обеспечивающий широтно-импульсное регулирование как в двигательном, так и в тормозном режиме. Для упрощения не показан преобразователь второго двигателя электровоза, имеющий такую же схему.

В двигательном режиме ток проходит по цепи: +, Я, VD1, ОБ, VT, ⊥, а при заперении VT замыкается через обратный диод VD2. Используя ШИМ, напряжение на двигателе плавно регулируется от 0 до напряжения источника.

В тормозном режиме отключается питание линейным контактором КМ и включается тиристор тормозной VS. За счет остаточного магнитного потока двигатель возбуждается и тормозной ток проходит по цепи: Я, VS, ОБ, R, Я. Тормозной резистор R плавно шунтируется VT, работающем в режиме ШИМ, что обеспечивает эффективное торможение до малых скоростей. Диод VD1 выполняет функцию разделения цепей двигательного и тормозного режимов.

При работе в двигательном режиме тормозной резистор R шунтирует обмотку возбуждения ОБ, за счет чего существенно снижаются пульсационные потери в двигателе и улучшается коммутация на коллекторе. Это является одним из важных преимуществ приведенной схемы в сравнении с другими.

Применение для каждого из двух тяговых двигателей отдельного преобразователя обеспечивает независимое их регулирование, что позволяет максимально реализовать тяговые и тормозные возможности электровоза путем адаптивного перераспределения нагрузок между двигателями.

Так как блоки преобразователей каждого двигателя работают независимо, при выходе из строя одного из блоков электровоз сохраняет «живучесть», работая на исправном блоке, причем и в двигательном, и в тормозном режиме.

Для уменьшения емкости конденсатора и индуктивности дросселя общего входного фильтра в двигательном режиме целесообразна работа преобразователей со сдвигом фазы импульсов на 180°.

Суммарные потери в рассматриваемой схеме электропривода относительно невелики по сравнению с другими схемами. В самом преобразователе тяговый ток протекает по двум последовательно соединенным вентилям VD1 и VT, что создает в них потери того же порядка, что и в других схемах, зато снижает пульсационные потери в двигателе вдвое, а также снижает перенапряжение в схеме и улучшает коммутацию на коллекторе.

Важным достоинством схемы является возможность регулирования тяговых и тормозных усилий, развиваемых каждым из двигателей, что позволяет максимально реализовать тяговые возможности электровоза на пределе сцепления.

Все варианты схем при переходе в тормозной режим предусматривают самовозбуждение тяговых двигателей за счет остаточного магнитного потока, который может иметь различные значения в зависимости от предшествовавшего тока, и возможны отказы торможения, особенно при небольших скоростях. С тем чтобы гарантировать торможение двигателей, в некоторых схемах предусматривают блоки предвозбуждения с питанием от специальной аккумуляторной батареи, которые создают в обмотке возбуждения начальный импульс тока. Это существенно усложняет схему электропривода, поэтому следует искать другие пути.

Работа схемы торможения может быть улучшена, если реверсировать обмотку якоря, тогда по обмотке возбуждения будет протекать ток только

одного направления и остаточный магнитный поток будет иметь максимальное значение.

Остаточный магнитный поток может быть существенно увеличен путем применения в двигателях сердечников главных полюсов с повышенной коэрцитивной силой, магнитных вставок, постоянных магнитов. Внесение таких корректировок в конструкцию тягового двигателя может обеспечить надежность электрического торможения и повысить безопасность эксплуатации электроподвижного состава, что весьма актуально для условий подземных горных выработок шахт.

ВЫВОДЫ.

1. Оптимальной по критерию минимальных общих потерь в системе тягового электропривода является схема преобразования электрической энергии с двухуровневым регулированием напряжения (рис. 7.3).

2. Максимальная реализация тяговых возможностей многоосного электровоза достигается при независимом регулировании тяговых двигателей в тяговом и тормозном режимах (7.5).

3. Для повышения надежности электрического торможения целесообразно реверсировать только обмотки якорей, что позволит получить максимальный уровень остаточного магнитного потока тяговых двигателей и повысить эффективность электрического торможения электровозов.

7.4. Работа ТД при импульсном питании

При питании от импульсных преобразователей в тяговых двигателях возникают существенные потери от переменных составляющих тока и ухудшается коммутация на коллекторе. Если не принять меры по снижению влияния пульсаций тока, двигатели будут перегреваться и выходить из строя.

Конструкция ТД постоянного тока не приспособлена для работы с пульсирующими токами: магнитопровод статора не шихтован и в результате вихревых токов создаются большие потери. Эксперименты показывают, что быстрее всего нагреваются обмотки главных полюсов за счет потерь от вихревых токов в стали полюсов и литой станине. К тому же катушки главных полюсов удерживаются стальными фланцами, которые образуют короткозамкнутые витки для вихревых токов и разогреваются наиболее интенсивно.

Способы снижения пульсационных потерь:

1. Корректировка конструкции двигателей – шихтовка полюсов, шихтованные вставки в статоре, применение непроводящих фланцев и др. На электрическом транспорте такие двигатели называют двигателями пульсирующего тока.

2. Применение сглаживающих дросселей в цепи двигателей, – это достаточно крупные силовые элементы, которые удорожают систему и увеличивают ее габариты, поэтому на рудничных электровозах не применяются.

3. Повышение частоты импульсных преобразователей, применение многофазных преобразователей, что дает тот же эффект. Чем выше частота, тем меньше пульсация тока и соответствующие потери.

4. Применение схем преобразователей с двухуровневым регулированием, – при этом амплитуда пульсаций снижается вдвое, а потери от пульсаций в 4 раза (см. п. 7.3).

5. Регулирование частоты преобразователя в зависимости от коэффициента заполнения $f = F(\gamma)$ таким образом, чтобы частота была максимальна при $\gamma = 0,5$ и минимальна на краях диапазона.

6. Применение ТД с постоянными магнитами, – без обмоток возбуждения и соответственно потерь, связанных с токами в этих обмотках, как постоянными, так и переменными.

7. Снижение пульсаций тока в обмотке возбуждения путем ее шунтировки резистором.

Рассмотрим некоторые из перечисленных способов снижения пульсационных потерь более детально.

Шунтирование обмотки возбуждения. Рассмотрим возможность снижения величины пульсационных потерь за счет перераспределения переменных составляющих тока при шунтировке обмотки возбуждения (ОВ) сопротивлением, диодом или последовательно соединенными сопротивлением и диодом.

В ТД последовательного возбуждения без шунтировки ОВ ток якоря всегда равен току ОВ.

При шунтировке ОВ активным сопротивлением (рис. 7.6) часть переменной составляющей тока ОВ и часть постоянной составляющей тока ОВ замыкается через шунтирующее сопротивление $R_{ш}$. При этом величина переменной составляющей тока через шунтирующее сопротивление много больше величины постоянной составляющей.

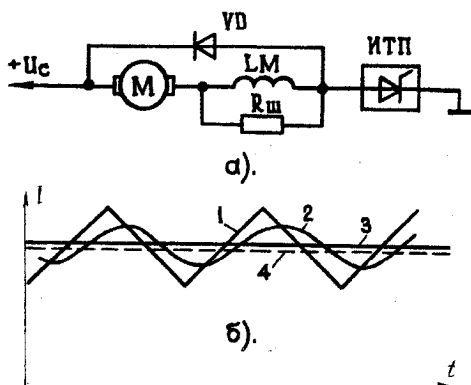


Рис. 7.6. Схема шунтировки а) и диаграмма токов б): 1 – ток якоря, 2 – ток ОВ, 3 – средний ток якоря, 4 – средний ток ОВ.

Амплитуда переменной составляющей тока ОВ, а, следовательно, и коэффициент пульсации при шунтировке активным сопротивлением значительно ниже, чем без шунтировки.

Коэффициент пульсации тока в якоря при этом несколько выше, чем в случае без шунтировки ОВ, однако, поскольку якорь выполнен шихтованным, то потери в якоре от увеличения в нем переменной составляющей тока увеличивается незначительно.

Вследствие уменьшения пульсации потока возбуждения снижаются пульсационные потери в тяговом двигателе в **1,5 раза**, одновременно улучшается коммутация на коллекторе.

Возможна также шунтировка обмотки возбуждения диодом, но при этом в ней возрастает ток амплитудного значения пульсации и обмотка перегревается. Для уменьшения тока последовательно с диодом требуется включить сопротивление. Эффективность такой схемы не лучше, чем более простая шунтировка резистором.

В схеме тягового электропривода на рис. 7.5 резистор R удачно сочетает функции тормозного и шунтирующего обмотку возбуждения в двигательном режиме.

Повышение частоты импульсных преобразователей является наиболее эффективным способом снижения пульсационных потерь в тяговых двигателях. Для оценки зависимости мощности потерь от переменной составляющей тока ΔP от частоты преобразователя f при различных нагрузках были проведены экспериментальные исследования с двигателем ДТН-45 электровоза К14.

Режим работы электродвигателей при питании постоянным током от реостатной системы управления и при импульсном регулировании сравнивалась при одинаковой полезной нагрузке на валу тягового двигателя. Как показал анализ материалов эксперимента, режим пульсирующего тока вызывает дополнительные потери в тяговом электроприводе. Причем на дополнительные потери идет практически вся переменная составляющая мощности, величина которой существенно снижается с увеличением частоты коммутации импульсного преобразователя.

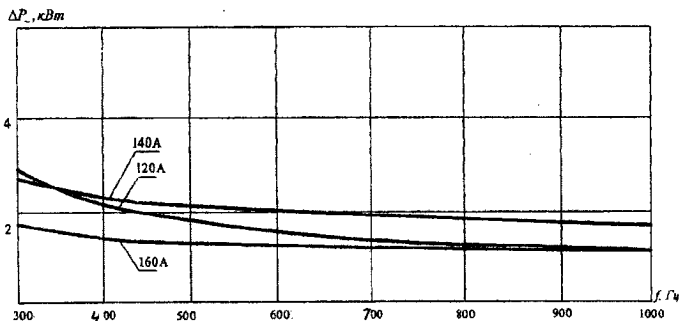


Рис. 7.7. Зависимость мощности пульсационных потерь в тяговом двигателе ДТН-45 в функции тока при различных частотах коммутации

Это положение отобразено на рис. 7.7, где приведена зависимость мощности пульсационных потерь от частоты при значениях тока 120, 140, 160 А. Как видим, при повышении частоты импульсного преобразователя от 100 до 500 Гц мощность дополнительных потерь от пульсации тока снижается в 3 раза. Таким образом, регулирование частоты импульсного преобразователя от 500 Гц и выше дает возможность существенного снижения потерь в тяговых двигателях при импульсном регулировании.

Вместе с тем, интересно отметить, что «логика» изменения уровня пульсационных потерь, связанных с величиной тока, неоднозначна. Так, при токах 120 и 140 А потери практически одинаковы, а при токе 160 А оказываются меньше. Проведено исследование зависимости величины мощности потерь в функции тока при различных частотах импульсного преобразователя (рис. 7.7). Как показали результаты исследования, все характеристики имеют явно выраженный максимум, который располагается в диапазоне токов 100-150 А – как раз наиболее вероятных значений токов нагрузки.

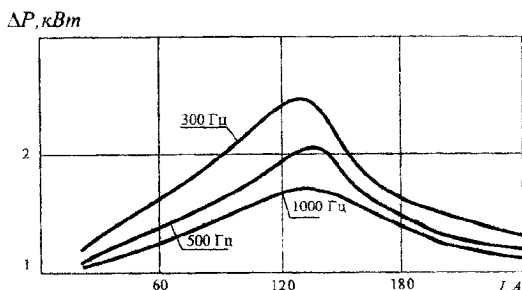


Рис. 7.8. Зависимость мощности пульсационных потерь в тяговом электрическом двигателе ДТН-45 от частоты коммутации при различных значениях тока ($\omega = \text{const} = 105$ рад/с)

Такой характер зависимости объясняется явлением насыщения магнитной системы тяговых двигателей. При больших значениях тока (более 150 А), несмотря на увеличение переменной составляющей тока, пульсация магнитного потока уменьшается, что ведет к снижению мощности пульсационных потерь. При изменении частоты импульсного преобразователя величина тока, при которой достигается максимальная мощность потерь, изменяется незначительно.

ВЫВОДЫ.

1. Для ограничения пульсационных потерь в тяговых двигателях частота коммутации импульсного преобразователя тягового электротехнического комплекса средней мощности должна быть выше 500 Гц.
2. Максимальные значения мощности пульсационных потерь в тяговых двигателях ДТН-45 независимо от частоты коммутации лежат в пределах рабочих значений токов 100-150 А.

Контрольные вопросы:

1. Назвать преимущества импульсных систем управления.
2. Перечислить основные блоки импульсных преобразователей.
3. Дать определение коэффициенту заполнения импульсного цикла.
4. Принципы регулирования напряжения на ТД.
5. Какая взаимосвязь между периодом и частотой?
6. Чему равен ток, потребляемый из сети?
7. Назначение входных фильтров.
8. Способы снижения пульсаций во входных фильтрах.
9. Чему равна резонансная частота?
10. В чем опасности переходного процесса при включении?
11. Пояснить работу преобразователя по схеме рис. 7.3.
12. Пояснить работу преобразователя по схеме рис. 7.5.
13. Особенности работы ТД при импульсном питании.
14. Способы снижения пульсационных потерь.

8. ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

8.1. Преобразователи частоты

Неотъемлемой составной частью всех частотно-управляемых электроприводов переменного тока является преобразователь частоты, служащий **регулируемым источником энергии** для машины переменного тока, формирующим статорные напряжения и токи для электрической машины с заданными значениями частоты и амплитуды основной (первой) гармонической составляющей этих напряжений и токов. В отличие от электромашинных преобразователей частоты, выполненных на основе синхронной электрической машины, основное практическое применение нашли статические преобразователи частоты, созданные на основе силовых полупроводниковых приборов и получившие свое название вследствие отсутствия в них механически вращающихся частей и подвижных электрических контактов. Благодаря указанным особенностям статические преобразователи частоты отличаются уменьшенными массой, габаритами и стоимостью, высокой эксплуатационной надежностью и экономичностью, что и предопределило их широкое промышленное внедрение [19].

В процессе своего эволюционного развития с 60-х годов 20 века по настоящее время статические преобразователи частоты прошли путь создания от автономных инверторов напряжения (или тока) с амплитудным регулированием и непосредственных преобразователей частоты с естественной коммутацией до **автономных инверторов напряжения и непосредственных преобразователей частоты с широтно-импульсной модуляцией**. Использование принципа широтно-импульсной модуляции (ШИМ) при регулировании выходного напряжения статических преобразователей частоты стало возможным с появлением быстродействующих (высокочастотных) полностью управляемых полупроводниковых силовых ключей и, в свою очередь, фактически позволило дополнительно и в еще большей степени улучшить массогабаритные и стоимостные показатели указанных преобразователей, одновременно повысив значение их входного коэффициента мощности.

В качестве полностью управляемых силовых ключей в рассматриваемых преобразователях нашли использование следующие полупроводниковые приборы:

1) **биполярные транзисторы (ВРТ)**, отличающиеся дешевизной и относительно большими токами управления, выпускаемые на токи до 50 А и напряжением до 600 В и служащие для создания маломощных преобразователей;

2) **силовые полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET)**, характеризующиеся малыми токами управления и высокой частотой (до 1 МГц) переключения, выпускаемые на токи до 50 А и напряжение до 600 В, которые постепенно вытесняют собой биполярные транзисторы (БРТ) при создании маломощных преобразователей;

3) **биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT)**, характеризующиеся малыми токами управления и малым временем переключения (до 200-400 нс), выпускаемые на токи от 20 до 2500 А и напряжение от 100 до 4500 В, нашедшие наиболее широкое применение в настоящее время при создании преобразователей частоты средней и большой мощности;

4) **запираемый тиристор (IGCT)** с малыми токами управления (при включении и выключении), характеризующийся временами переключения и диапазоном рабочих токов, соизмеримыми с IGBT, выпускаемый на напряжение до 7500 В, нашедший применение при создании преобразователей частоты средней и большой мощности; при этом IGCT со своим появлением практически вытеснил из применения запираемый тиристор GTO, характеризующийся увеличенными токами управления при запирации (достигающими до 1/3 от выключаемого анодного тока этого прибора);

5) **силовые модули** – полупроводниковые приборы, изготовленные по единой интегральной технологии и содержащие в одном корпусе несколько (два, три, шесть или другое количество) из рассмотренных выше силовых полупроводниковых ключей или дополнительно с ними в этом же корпусе другие полупроводниковые приборы (например, обратные диоды). Силовые модули позволяют улучшить массогабаритные и стоимостные показатели преобразователей, повысить надежность и ускорить процесс сборки преобразователей в производстве;

6) **интеллектуальные силовые интегральные схемы (ИСИС)** – полупроводниковые приборы, в которых в одном корпусе по единой интегральной технологии изготавливаются как собственно силовые ключи, так и схемы их управления (драйверы), а также устройства защиты, диагностики и регулирования; ИСИС позволяет в значительной степени (в несколько раз) снизить массу, габариты, трудоемкость изготовления и стоимость в целом преобразователя, существенно повысить его надежность.

Современные статические преобразователи частоты с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) по схемному выполнению делятся на два основных типа:

- на основе трехфазного автономного инвертора напряжения (АИН-ШИМ);
- на основе трехфазного непосредственного преобразователя частоты (НПЧ-ШИМ).

При этом, как известно, особенностью первого типа преобразователя частоты является двухступенчатое преобразование в нем электрической энергии: сначала трехфазного промышленного переменного напряжения (тока) стабильной частоты (50, 60 или 400 Гц) – путем выпрямления в постоянное нерегулируемое напряжение (ток), а затем постоянного напряжения (тока) –

посредством АИН-ШИМ в трехфазное переменное напряжение (ток) с регулируемыми значениями частоты и амплитуды основных гармоник фазных напряжений (токов). Другая же важная особенность преобразователя частоты, выполненного на основе АИН-ШИМ, состоит в непрерывной установке на входе АИН-ШИМ значительного емкостного фильтра, служащего для компенсации реактивной мощности нагрузки.

Во втором же типе – непосредственном преобразователе частоты, осуществляется непосредственное (одноступенчатое) преобразование трехфазного промышленного переменного напряжения (тока) стабильной частоты (50, 60 или 400 Гц) в трехфазное переменное напряжение (ток) с регулируемой частотой и амплитудой основных гармоник фазных напряжений (токов). Либо возможно двухступенчатое преобразование энергии (также с первоначальным выпрямлением в постоянное напряжение и последующим инвертированием в переменное напряжение с регулируемыми значениями частоты и амплитуды его основной гармоники), но обязательно без установки каких либо сглаживающих фильтров (емкостного, индуктивного и др.) в звене постоянного тока преобразователя частоты. При этом общим отличительным признаком для всех непосредственных преобразователей частоты (как с одноступенчатым, так и с двухступенчатым преобразованием энергии) непременно является формирование мгновенных значений выходного фазного напряжения непосредственно из текущих мгновенных значений (частей, отрезков) входных фазных напряжений промышленной питающей сети.

Для систем тягового электропривода целесообразно использовать трехфазный автономный инвертор напряжения с ШИМ. На рис. 8.1 приведена получившая наибольшее практическое распространение трехфазная мостовая схема автономного инвертора с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения (АИН-ШИМ), выполненная на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT). Буквами «а», «в», «с» обозначены выводы статорных обмоток фаз «А», «В» и «С» асинхронной машины соответственно.

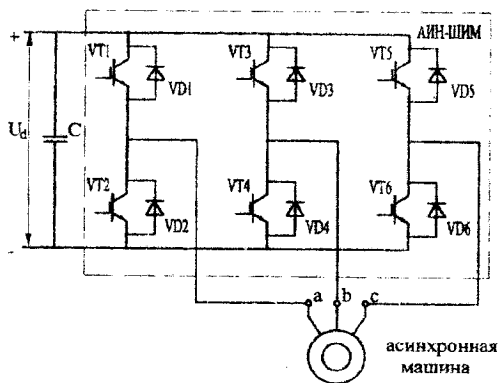


Рис. 8.1. Схема трехфазного АИН-ШИМ

Характерной особенностью схемы АИН-ШИМ является наличие большого емкостного фильтра C и нерегулируемого постоянного напряжения U_d на входе инвертора, что придает этому преобразователю частоты свойства источника напряжения. Емкостной фильтр C служит для компенсации реактивной мощности нагрузки (в рассматриваемом асинхронном электроприводе – для компенсации реактивной мощности асинхронной машины), а обратные диоды $VD1-V D6$ (подсоединенные параллельно полностью управляемым силовым ключам $VT1-V T6$) необходимы для придания упомянутым силовым ключам АИН-ШИМ свойства двухсторонней проводимости тока (что требуется при активно-индуктивной нагрузке, какой, является асинхронная машина). Варианты выполнения силовых ключей с двухсторонней проводимостью для АИН-ШИМ показаны на рис. 8.2: *а* – на основе биполярного транзистора (БРТ), *б* – на основе силового полевого транзистора с изолированным затвором (MOSFET), *в* – на основе биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT), *г* – на основе запираемого тиристора (IGCT или GTO).

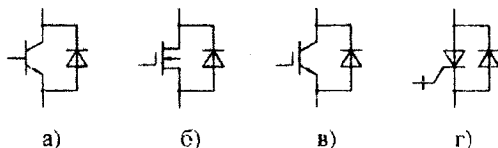


Рис. 8.2. Примеры технической реализации полностью управляемых силовых ключей с двухсторонней токовой проводимостью для АИН-ШИМ на основе: а) БРТ; б) MOSFET; в) IGBT; г) IGCT (или GTO)

С учетом же фактически малых значений: времени переключения (менее 1 мкс) силовых ключей, падения напряжения на силовом ключе в открытом состоянии (менее 3-5 В) и тока через силовой ключ в закрытом состоянии (составляющего около 10 мА), – с достаточной для инженерных задач точностью можно рассматривать эти ключи идеальными. Наиболее подходящими для тягового электропривода являются биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT.

8.2. Структура и схемы электропривода

Тяговый электропривод переменного тока выполняет все функции привода постоянного тока и добавляются новые возможности, связанные с тем, что при сохранении габаритов двигателей может быть существенно увеличена их мощность.

Учитывая требования рудничного транспорта, можно выделить 2 основных направления совершенствования электровозов:

- увеличение массы электровозов, соответственно увеличение силы тяги и перевозимого составом груза;

- применение электровозов с комбинированным питанием, - контактно-аккумуляторных, для угольных и рудных шахт, также с увеличенной массой.

На рис. 8.3 приведена упрощенная схема контактного электровоза с асинхронным приводом, рассмотрим основные ее элементы.

Электровоз получает питание от контактного провода $KП$ через токосъемник $XА$. Автоматический выключатель QF обеспечивает возможность отключения силовой цепи с помощью рукоятки или кнопки аварийного отключения, а также защиту от коротких замыканий.

В общей цепи питания установлен диод $VD1$, который выполняет несколько функций:

- исключает подачу напряжения с заряженного конденсатора фильтра C_f на опущенный токосъемник в целях безопасности;
- исключает разряд конденсатора фильтра C_f на контактную сеть при провалах напряжения и коротких замыканиях;
- является заграждающим для цепи оперативного измерительного тока в системе защиты от утечек с полярно-временным разделением.

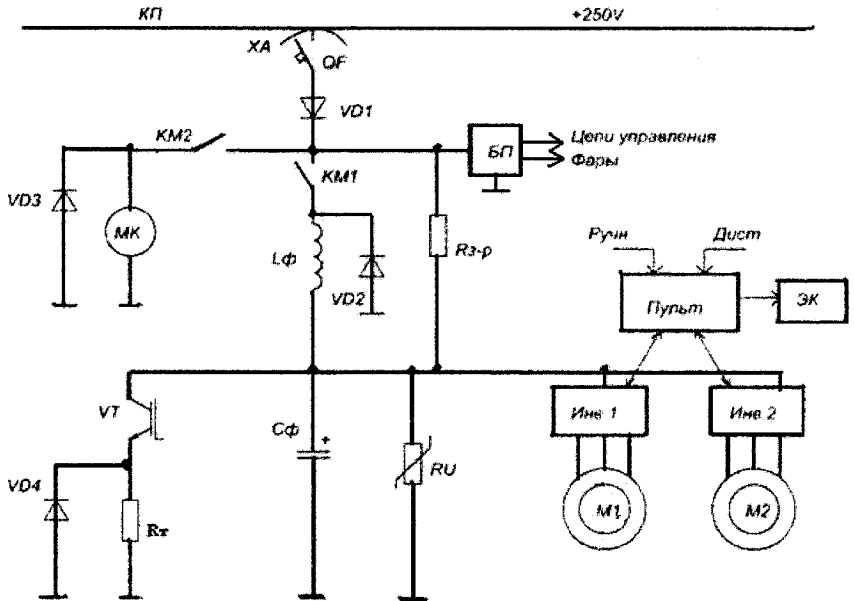


Рис. 8.3. Упрощенная схема контактного электровоза с асинхронным приводом

Обозначения на схеме:

Инв.1, Инв.2 – 3-х фазные инверторы напряжения;

M1, M2 – тяговые асинхронные двигатели;

МК – мотор компрессора;

БП – блок питания;
ЭК – электропневматический клапан;
RU – ограничитель перенапряжений;
R_T – тормозной резистор;
VT – тормозной транзистор;
Rз-р – зарядно-разрядный резистор.

Линейный контактор *KM1* подает питание на привод в тяговом режиме и размыкает цепь в режиме динамического торможения. Кроме этого, на контактор *KM1* воздействуют несколько блокировок, исключающих работу привода, если не закрыты двери кабины, если электровоз заторможен, если на сидении нет машиниста.

Обратный диод *VD2* замыкает токи, возникающие за счет ЭДС самоиндукции фильтровой индуктивности *L_ф* при размыкании цепи, это снижает перенапряжения в схеме и уменьшает подгорание контактов.

Назначение и работа входного фильтра *L_ф*, *C_ф* описаны в п. 7.2. Для ограничения зарядного тока конденсаторов обычно предусматривают специальный контактор или полупроводниковый ключ, с помощью которого через зарядный резистор производят предварительный заряд конденсатора перед включением основной цепи.

В схеме (рис. 8.3) нет специального коммутирующего устройства для предварительного заряда конденсатора, эту функцию выполняет токосъемник *ХА*. При подъеме токосъемника через резистор *Rз-р* происходит достаточно быстрый заряд конденсатора *C_ф*. Когда напряжение на конденсаторе достигает требуемого уровня, система управления разрешает включение линейного контактора *KM1*.

При отключении схемы в целях безопасности всегда предусматривают разряд конденсатора *C_ф*. В данном случае, при опускании токосъемника конденсатор разряжается через этот же резистор *Rз-р* и вспомогательные цепи – блок питания *БП* и двигатель компрессора *МК*. Таким образом для выполнения функций заряда и разряда конденсатора *C_ф* не требуются коммутирующие элементы и используется один зарядно-разрядный резистор *Rз-р*.

Каждый тяговый двигатель *M1* и *M2* получает питание от своего инвертора *Инв.1* и *Инв.2*, что обеспечивает их независимую работу. Это позволяет максимально использовать тяговые возможности электровоза как в двигательном так и в тормозном режимах с учетом расхождения характеристик двигателей и нагрузок на оси.

В режиме электрического торможения двигатели становятся генераторами и энергия торможения через инверторы подается во входные цепи постоянного тока. Затем энергия торможения через тормозной чоппер *VT* отдается тормозному резистору *R_T*. Чтобы исключить одновременное потребление тормозным резистором *R_T* энергии из тяговой сети, необходимо в режиме торможения отключать линейный контактор *KM1*. Поскольку

электрическое торможение – явление достаточно частое, это ведет к повышенному износу контактора $KM1$.

Отключение линейного контактора при переходе в тормозной режим не требуется, если использовать схему с **тормозными резисторами и регуляторами (чопперами) на стороне переменного тока**, что также несколько дешевле [20].

Возможно несколько вариантов соединения и подключения тормозных резисторов и управляющих ими тиристоров. Наиболее интересное решение представляет соединение тормозных тиристоров по мостовой схеме с подключением тормозного резистора RQ к полюсам постоянного тока моста (рис. 8.4).

В представленной схеме в тормозном режиме включаются тиристоры VQ , а тяговый двигатель подключенный к фазам A, B, C переводится в генераторный режим и отдает энергию торможения на резистор RQ . Например, когда потенциал фазы A положителен и более потенциала фазы B , а потенциал фазы C отрицателен и менее потенциала B , активный ток, генерируемый двигателем протекает по цепи « $A - V1Q - RQ - V6Q - C$ ». Реактивные токи двигателя циркулируют в инверторе. Регулирование величины тормозного тока осуществляется путем ШИМ напряжения инвертора и изменением фазового угла включения тиристоров VQ .

Активная мощность от источника питания не поступает в RQ , поэтому отключение линейного контактора при переходе в тормозной режим не требуется, за ним сохраняются только защитные функции, которые могут выполняться инверторами. Исключение из схемы линейного контактора снижает затраты на оборудование и эксплуатационные расходы.

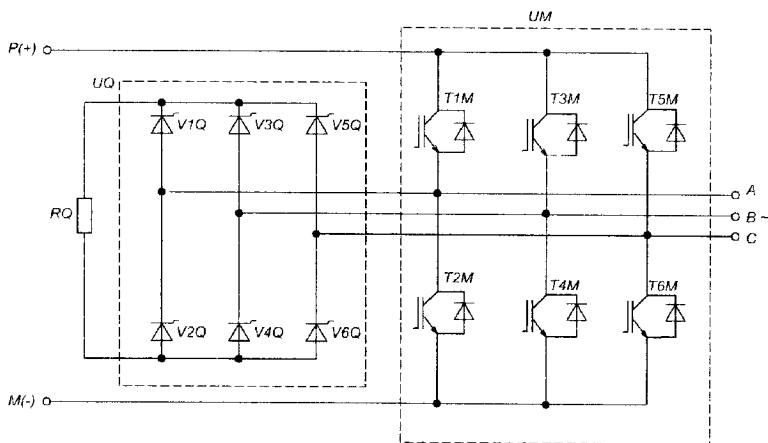


Рис. 8.4. Схема тягового преобразователя с мостом тормозных тиристоров на стороне переменного тока

Сравнение преобразователей с тормозными резисторами на стороне постоянного и переменного тока показало, что стоимость силовых полупроводниковых приборов, их драйверов и снабберов схемы преобразователя по рис. 8.4 составляет ориентировочно около 0,7 стоимости элементов, комплектующих традиционную схему преобразователя с тормозными резисторами и чоперами на стороне постоянного тока.

8.3. Двухфазные схемы электропривода

Для ТЭП представляет интерес система с двухфазным асинхронным двигателем, пример которой представлен на рис. 8.5 [20]. Схема состоит из следующих элементов:

M – тяговый двухфазный асинхронный двигатель, обмотки которого $\alpha\xi$ и $\beta\psi$ электрически не связаны между собой и сдвинуты в пространстве на 90 градусов;

$T1M - T4M$ и $T5M - T8M$ – два однофазных IGBT-транзисторных моста, образующих инвертор, формируют посредством ШИМ напряжения, первые гармоники которых сдвинуты на 90 эл. град друг относительно друга;

$V\alpha, V\beta$ – тормозные однооперационные тиристоры;

$R\alpha, R\beta$ – тормозные резисторы.

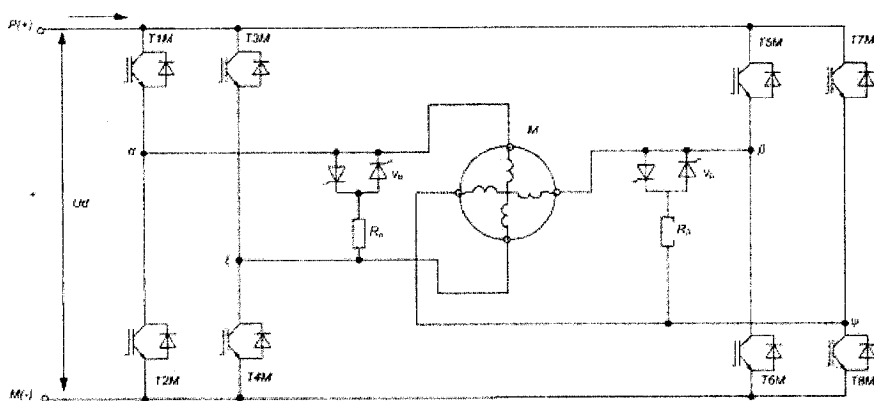


Рис. 8.5. Схема двухфазного тягового электропривода с тормозными резисторами на стороне переменного тока

Принцип действия двухфазного преобразователя аналогичен описанному в п. 8.2 трехфазному преобразователю с тормозными резисторами на стороне переменного тока.

Ток IGBT-транзисторных модулей мостов инвертора с двойным запасом [20]:

$$I_T = 2\sqrt{2} \cdot I_{T_{\max}} \cdot K_{II}, \quad (8.1)$$

где $K_{II} = 0,75$ – коэффициент пересчета фазного тока трехфазного двигателя в фазный ток двухфазного двигателя находится из равенства мощностей двигателей:

$$P = 3 \cdot \tilde{U}_{(3)} \cdot \tilde{I}_{(3)} \cdot \cos\varphi = 2 \cdot \tilde{U}_{(2)} \cdot \tilde{I}_{(2)} \cdot \cos\varphi$$

$$\tilde{U}_{(3)} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_d - \text{действующее значение основной гармоники фазного}$$

напряжения трехфазного двигателя;

$$\tilde{U}_{(2)} = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_d = 2\tilde{U}_{(3)} - \text{действующее значение напряжения}$$

двухфазного двигателя.

Тогда $3 \cdot \tilde{U}_{(3)} \cdot \tilde{I}_{(3)} = 2 \cdot 2 \cdot \tilde{U}_{(3)} \cdot \tilde{I}_{(2)}$, откуда

$$K_{II} = \frac{\tilde{I}_{(2)}}{\tilde{I}_{(3)}} = \frac{3}{4} = 0,75. \quad (8.2)$$

Это означает, что за счет увеличения фазного напряжения в двухфазной схеме токовая нагрузка полупроводниковых вентилей при той же мощности двигателя составляет 0,75 по сравнению с трехфазной схемой.

В итоге можно отметить, что двухфазный преобразователь по сравнению с традиционным трехфазным имеет меньше стоимость комплектующих на 10 %, почти вдвое меньше потери энергии, в полтора раза меньше объем. Тяговые двигатели в двухфазном и трехфазном исполнении можно рассматривать как равноценные и имеющие одинаковые характеристики.

8.4. Параметры асинхронных тяговых электроприводов

Асинхронный тяговый электропривод для рудничных электровозов по сравнению с электроприводом постоянного тока, в том числе с импульсными преобразователями, имеет ряд преимуществ, основными из которых являются:

- повышение в 4-5 раз надежности тяговых асинхронных двигателей (ТАД) и безопасности их эксплуатации в условиях шахт и рудников;
- возможность снижения габаритов тяговых двигателей и увеличения их мощности на 20 % в рамках существующих массогабаритных показателей;
- снижение стоимости ТАД по сравнению с ТД постоянного тока при тех же мощностях;
- исключение частот вращения тяговых двигателей, превышающих допустимые (разносные);
- получение более высокого КПД всей тяговой системы – на 2-4 %;

- значительное снижение (в 2-3 раза) затрат на обслуживание и ремонт ТАД;
- плавное бесступенчатое регулирование тягового и тормозного усилия электровоза.

Совершенствование тяговых электротехнических комплексов целесообразно

рассматривать в увязке с совершенствованием характеристик электровозов и добавлением новых тяговых возможностей, т.е. решать комплексную задачу.

В железорудных шахтах в настоящее время применяют тяжелые двухосные электровозы типа К14. Масса этих электровозов во многих случаях недостаточна по технологии доставки грузов, поэтому на ряде шахт используют по 2 электровоза в составе – так называемые «спаренные» электровозы. При этом размер состава увеличивается вдвое, что уже излишне, так как создаются сложности в организации движения, снижается скорость движения.

Предлагается для новых электровозов, при сохранении тех же основных параметров привода, увеличить массу электровозосостава приблизительно на 20 %. Обозначим этот тип электровоза К16А - контактный, массой 16 тонн, с асинхронным приводом.

Как известно скорость движения электровозов в шахтах находится в пределах 2-20 км/час, при этом значительный (до 25%) объем всех транспортных операций составляют маневры при погрузочно-разгрузочных работах, движение по закруглениям и стрелкам, местам с плохим состоянием путей, где скорости движения составляют всего 2-5 км/час.

Существующие электровозы К14 имеют завышенные скоростные характеристики, которые не могут быть использованы, поэтому для новых электровозов рудных шахт номинальную часовую скорость целесообразно несколько снизить. Приведем некоторые соображения в этом вопросе.

Мощность, реализуемая электровозом:

$$P = F \cdot V, \text{ кВт}, \quad (8.3)$$

где F – сила тяги, кН,

V – скорость, м/с.

При той же мощности привода ($2 \cdot 45 = 90$ кВт) предлагается увеличить силу тяги F и уменьшить скорость V .

Паспортные характеристики часового режима серийного электровоза К14 при этом следующие:

- сила тяги – 24,5 кН;
- скорость – 3,56 м/с (12,8 км/час);
- полезная мощность – 87 кВт.

Расчетные характеристики часового режима электровоза К16А:

- сила тяги – 27,4 кН;
- скорость – 3,18 м/с (11,46 км/час);
- полезная мощность – 87кВт.

В обоих случаях часовая мощность, реализуемая электровозом, составит 87 кВт, а часовая мощность тяговых двигателей, с учетом потерь в редукторах, – 90 кВт (2×45 кВт).

Расчетная частота вращения асинхронного тягового двигателя в часовом режиме составляет 1180 об/мин, с учетом скольжения вращение идеального холостого хода (синхронная скорость) равна 1200 об/мин.

Частота вращения идеального холостого хода определяется:

$$n_0 = \frac{f \cdot 60}{p}, \text{ об/мин,} \quad (8.4)$$

где f – частота на выходе инвертора, Гц,

p – число пар полюсов двигателя.

Для получения частоты вращения $n_0 = 1200$ об/мин могут быть использованы два варианта асинхронных двигателей: с 2 или 3 парами полюсов. При этом номинальные частоты инвертора равны:

- для двигателей с 2 парами полюсов – 40 Гц;
- для двигателей с 3 парами полюсов – 60 Гц.

Вопрос выбора варианта является противоречивым: с увеличением числа пар полюсов затраты на двигатель возрастают, но с увеличением частоты они уменьшаются. Для определения какой из этих факторов более существенен – требуются специальные исследования. При выборе варианта следует учитывать также изменение потерь в инверторе и изменение параметров входного фильтра.

Учитывая, что при более высокой частоте снижаются требования к параметрам входного фильтра, авторами принят вариант с номинальной частотой инвертора 60 Гц и асинхронным двигателем с 3 парами полюсов.

Основные номинальные параметры часового режима трехфазного асинхронного короткозамкнутого тягового двигателя для данного случая будут:

- мощность – 45 кВт;
- напряжение – 180 В (фазное 104 В);
- ток – 185 А;
- частота тока – 60 Гц (диапазон регулирования 1-120 Гц);
- частота вращения – 1180 об/мин (синхронная частота 1200 об/мин).

В случае, если скорость электровоза оставить прежней, то при увеличении его веса потребуется увеличить и мощность двигателей – до 50 кВт.

При выборе параметров ТАД необходимо конечно учитывать тот факт, что естественные механические характеристики асинхронных двигателей очень жесткие и непригодны для условий электрической тяги. Но современные способы и средства регулирования позволяют получить более совершенные тяговые характеристики.

Академиком М.П. Костенко установлен закон оптимального регулирования, в соответствии с которым поручаются наилучшие КПД и коэффициент мощности [21]. Согласно этому закону соотношение между

вращающим моментом, частотой и напряжением на двигателе должно соответствовать:

$$\frac{U}{U_n} = \frac{f}{f_n} \sqrt{\frac{M}{M_n}}, \quad (8.5)$$

где U и U_n – действительное и номинальное значение напряжения, В;
 f и f_n – действительное и номинальное значение частоты, Гц;
 M и M_n – действительное и номинальное значение вращающего момента, Н·м.

Преобразуя уравнение (8.5) путем подстановки вместо моментов соответствующих сил тяги, получим:

$$\frac{U}{U_n} = \frac{f}{f_n} \sqrt{\frac{F}{F_n}}, \quad (8.6)$$

или в относительных единицах

$$U_* = f_* \sqrt{F_*}. \quad (8.7)$$

Если в процессе регулирования задавать напряжение u , а тяговое усилие F будет определяться условиями движения, то частота f должна быть:

$$f_* = \frac{U_*}{\sqrt{F_*}}, \quad (8.8)$$

или в абсолютных величинах:

$$f = f_n \frac{U}{U_n} \sqrt{\frac{F_n}{F}}, \text{ Гц.} \quad (8.9)$$

В соответствии рассмотренным законом оптимального регулирования построены тяговые характеристики электровоза К16А (сплошная линия) при двух значениях напряжения питания – 250 и 80В (рис. 8.6). Как видно, получены мягкие характеристики, напоминающие характеристики двигателей постоянного тока последовательного возбуждения (пунктирные линии).

Как видим, формы тяговых характеристик обоих электровозов (предлагаемого К16А и существующего К14) с различными типами двигателей оказались очень близки.

В предлагаемом варианте ТАД достигаются требуемые «мягкие» тяговые характеристики. Последние, как известно, в условиях электрической тяги по сравнению с жесткими характеристиками имеют ряд преимуществ: более равномерное распределение нагрузок между тяговыми двигателями, меньше влияние изменений условий движения и изменений напряжения в контактной сети, а также меньше мощность, потребляемая из сети [22].

Одним из достоинств асинхронного электропривода является ограничение максимальной скорости, предотвращающее «разнос» двигателей, что характерно для двигателей постоянного тока последовательного возбуждения при малых нагрузках или срезании шпонки в передаче.

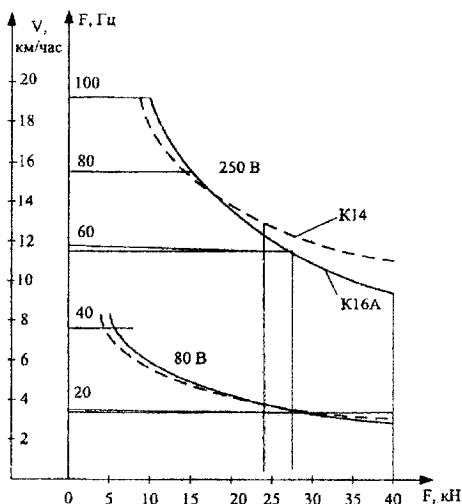


Рис. 8.6. тяговые характеристики электровозов К14 и К16А при напряжении питания 250 и 80 В ($\psi = 0,25$)

Сравнительные характеристики электровозов К14 и К16А:

Параметры	К14	К16А
Масса, т	14	16
Параметры часового режима:		
Сила тяги, кН	24,5	27,4
Скорость электровоза, м/с (км/час)	3,56 (12,8)	3,18 (11,46)
Мощность двигателей, кВт	2x45 пост. тока	2x45 перем. тока
Частота вращения, об/мин	1320	1180 (60 Гц)
Напряжение двигателей, В	250 (пост)	180 (перем) (104 В фазное)
Ток двигателя, А	204 (пост)	185 (перем)
Ток сети, А	204x2	210x2
Максимальная сила тяги, кН ($\psi = 0,25$)	35	40
Максимальная скорость, м/с (км/час)	Не ограничена	5,3 (19,2) (100 Гц)

При необходимости в данном виде привода может быть предусмотрено также ограничение скорости по условию допустимого тормозного пути.

При построении системы автоматического управления предусматривается также ограничение максимальных токов и моментов, что значительно повышает надежность электрических и механических систем электровоза.

Выводы.

1. Применение тяговых электротехнических комплексов на базе асинхронных двигателей позволяет в 4-5 раз повысить надежность без увеличения дополнительных на это затрат;

2. Тяговое усилие двухосного электровоза при применении электропривода на базе асинхронных тяговых двигателей при сохранении их мощности может быть увеличено на 20% за счет увеличения массы электровоза;

3. Применение закона оптимального регулирования электротехническим комплексом на базе ТАД позволит получить мягкие тяговые характеристики электровоза требуемого вида;

4. За счет увеличения массы электровоза и плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения ТАД производительность электровоза увеличится на 20-30 %.

Контрольные вопросы:

1. Виды силовых ключей.
2. Расшифровать обозначение IGBT.
3. Структура автономного инвертора напряжения.
4. Назначение диода VD1 в схеме на рис. 8.3.
5. Пояснить цепи заряда и разряда конденсатора C_{ϕ} .
6. Работа схемы рис. 8.3 в тормозном режиме.
7. Работа схемы рис. 8.4.
8. Преимущества схемы рис. 8.4.
9. Особенности двухфазных схем.
10. Пояснить работу схемы рис. 8.5.
11. Преимущества асинхронного тягового привода.
12. Чему равна синхронная частота вращения?
13. Чему равна мощность электровоза?

9. СХЕМЫ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

9.1 Контактные электровозы

Контактные электровозы находят преимущественное применение в шахтах по добыче руд черных и цветных металлов. По сравнению с аккумуляторными они имеют более высокий к.п.д., большую скорость, большие удельные мощности и тяговое усилие.

Выпускаемые отечественными предприятиями рудничные электровозы рассчитаны на напряжение питания 250В постоянного тока. Все они имеют реостатные системы управления с силовыми контроллерами. Типоразмерный ряд имеет следующие значения: 4,7,10,14т.

Основные технические данные выпускавшихся и выпускаемых в настоящее время контактных электровозов приведены в таблице 2 Приложения. В настоящее время электровозы 7КР1У, 10КР2 и 14КР2 сняты с производства и заменены новыми электровозами 7КА, 10КА, 14КА, соответствующими принятому типоразмерному ряду.

Следует иметь в виду, что показанные в табл. 2 Приложения средние и тяжелые контактные электровозы на колею 900мм могут быть выполнены и на колею 750мм с сохранением габаритов и основных технических показателей.

Электровоз 4КР является электровозом легкого типа, он предназначен для откатки вагонеток из подготовительных забоев в шахтах, не опасных по газу и пыли. Кроме того, он может быть использован для маневровых работ и доставки в забои леса и других материалов.

Откатка руды и породы на крупных рудных шахтах производится преимущественно тяжелыми электровозами массой 14т. Рассмотрим электрооборудование выпускаемого в настоящее время Днепропетровским электровозостроительным заводом электровоза К14У. Электровоз с такими же техническими параметрами типа 14КА выпускается Донецким предприятием «Амплитуда».

Система управления электровоза обеспечивает:

- пуск и регулирование скорости движения;
- изменение направления движения;
- электродинамическое торможение;
- невозможность управления электровозом извне кабины;
- отключение электровоза при исчезновении напряжения в контактной сети и последующий пуск только с нулевой позиции контроллера;
- защиту от перегрузок и коротких замыканий;
- питание цепей освещения и сигнализации стабилизированным напряжением 24В;
- управление освещением, световой и звуковой сигнализацией;

- управление мотор-компрессорной установкой;
- возможность подключения дополнительных кнопок звуковой сигнализации для установки в людских вагонетках;
- возможность подключения аппаратуры защиты от поражения электрическим током;
- возможность подключения аппаратуры высокочастотной связи и аппаратуры управления стрелочными переводами;
- измерение и индикацию скорости движения электровоза.

Принципиальные электрические схемы силовых цепей электровозов К7, К10, К14 унифицированы (рис. 9.1).

При поднятии токоприемника до соприкосновения с контактным проводом включается контактор КМ1 (если машинист находится на сидении, а контроллер установлен в нулевую позицию) и напряжение поступает на силовой контроллер, - электровоз готов к пуску.

Пуск и регулирование скорости движения электровоза осуществляется переводом рукоятки главного барабана контроллера с нулевого положения на позиции от 1 по 8.

При этом контактами контроллера 1-8 и ЛК тяговые двигатели включаются последовательно, а затем параллельно и в их цепь включаются соответствующие ступени пускового реостата.

Длительная езда допускается только на ходовых позициях контроллера, на которых резисторы из цепи двигателей выключены, то есть на 5 позиции – последовательное соединение двигателей, и на 8 позиции – параллельное соединение. Длительная езда на других позициях и неэкономична и опасна для пусковых резисторов, которые не рассчитаны на длительную работу.

Электродинамическое торможение и регулирование тормозного усилия также осуществляется контроллером (позиции с 1 по 6). При этом контактами контроллера 1-7, Т1 и Т2 тяговые двигатели М1 и М2 включаются параллельно по перекрестно-петлевой схеме торможения, а в цепь двигателей включаются соответствующие ступени тех же резисторов, выполняющих в данном случае функции тормозных.

Переключение направления движения должно производиться при полной остановке электровоза. В контроллере предусмотрена механическая блокировка, дающая возможность переключить реверсивную рукоятку только при нулевом положении главной рукоятки.

Реверс двигателей осуществляется переключением контактов В и Н реверсивного барабана контроллера, изменяющих направление тока в обмотках возбуждения.

Для ограничения коммутационных перенапряжений обмотки тяговых двигателей защищены обратными диодами VD1, VD2. Это существенно снижает перенапряжения, подгорание контактов аппаратов и искрение на токосъемнике.

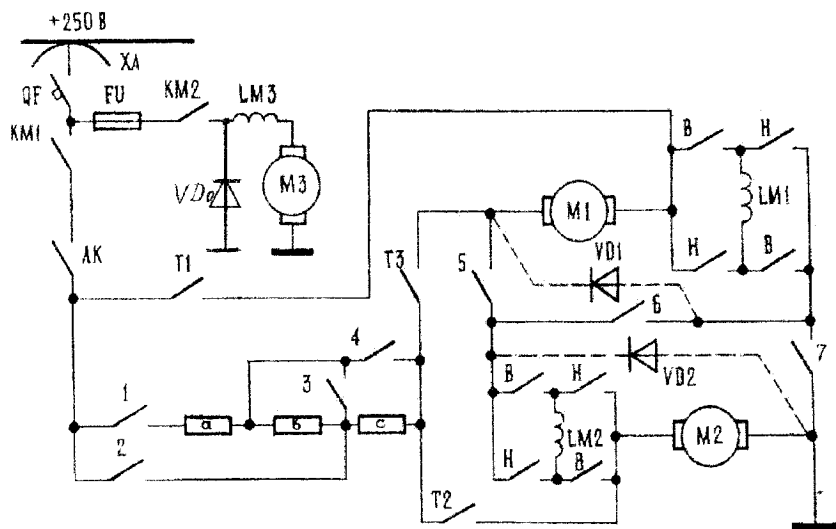


Таблица замыкания контактов контролера

Контакты	Режим работы																	
	Тормозной						Двигательный											
	V1	V	IV	III	II	I	0	1	2	3	4	5	X1	X2	X3	6	7	8
T2																		
T1	X	X	X	X	X	X												
1							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AK							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
T3																		
5							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Рис. 9.1. Принципиальная схема шахтного контактного электровоза

Тем не менее, на некоторых рудниках работники эксплуатации снимают шунтирующие диоды, мотивируя это тем, что они ухудшают работу электровоза. Действительно, анализ переходных процессов показывает, что при реверсе электровоза на ходу (без полной остановки, как требуют правила)

происходит резкий бросок тока и ударное стопорение двигателей, в результате резкий толчок состава и возможная поломка передачи.

Дело не только в том, что при реверсе на ходу получается режим противовключения двигателей, но в дополнение к этому вращающиеся двигатели переходят в генераторный режим, будучи замкнутыми накоротко через шунтирующие диоды, что и ведет к резкому броску тока.

При выполнении различных маневровых работ, реверс электровоза без полной остановки используется постоянно, иначе теряется время и производительность.

Избежать отмеченные неприятности можно путем соответствующей корректировки схемы электровоза, что и сделано авторами (рис. 9.2).

В предложенном варианте вместо двух диодов, шунтирующих двигатели, предусмотрен один общий обратный диод VD1, который включен перед пусковыми резисторами. При этом, в случае генераторного режима двигателей при реверсе на ходу, в цепи двигателей оказываются включены пусковые резисторы, которые ограничивают величину тока. В дополнение к этому, обратный диод VD1 шунтирует не только индуктивность двигателей, но и индуктивность пусковых резисторов, выполненных в виде спиралей, что дополнительно снижает перенапряжения в схеме электровоза. В результате мы получаем более простое и одновременно более эффективное решение защиты схемы электровоза от перенапряжений.

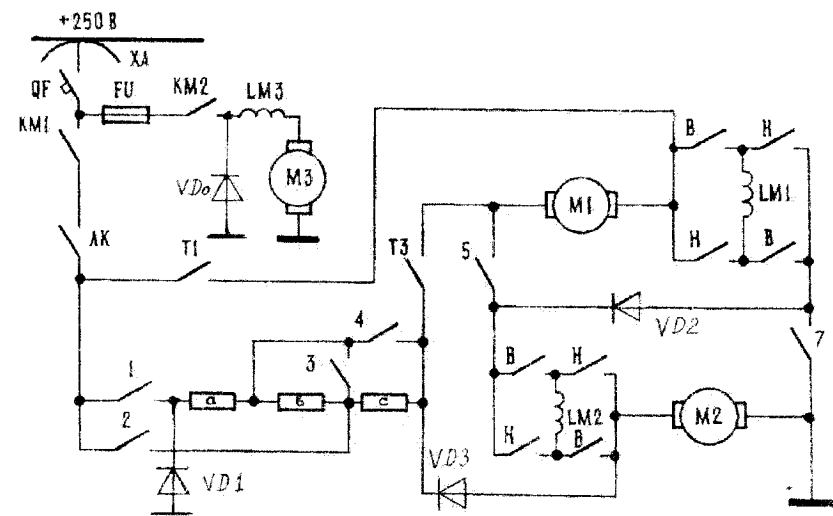
Для повышения надежности системы управления тяговым электроприводом представляет интерес замена контактных элементов, там где это возможно – бесконтактными, в простейшем случае – диодами.

В схеме на рис. 9.2 контакт, включающий последовательное соединение двигателей (контакт 6 на рис. 9.1) заменен диодом VD2. Диод несравненно надежнее силового контакта, работа схемы в результате замены не изменяется.

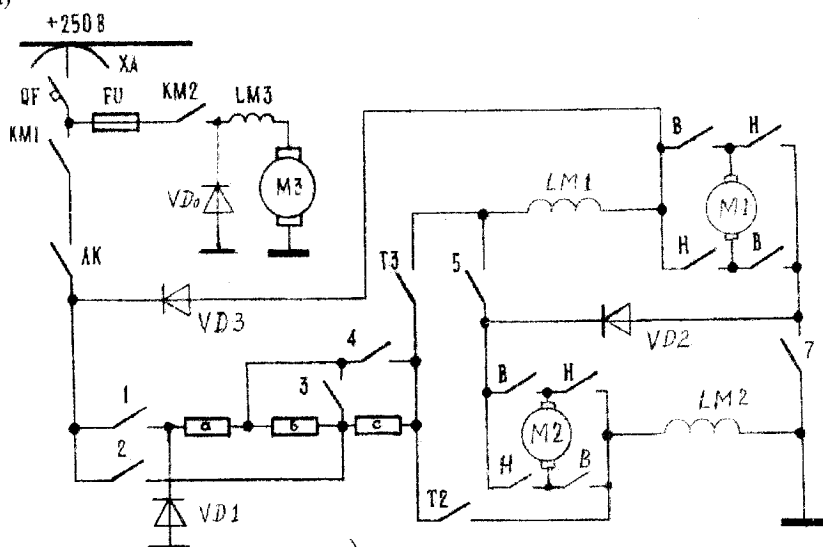
При параллельном соединении двигателей диод VD2 заперт встречным напряжением и не проводит ток. Но при отрывах токосъемника или размыкании контакторов, через диод VD2 могут замыкаться токи самоиндукции двигателей, что дополнительно улучшает защиту схемы электровоза от перенапряжений.

В цепи тормозного режима целесообразно заменить диодом VD3 контакт T2 (рис. 9.2, а) или контакт T1 (рис. 9.2, б), что также повысит надежность работы системы управления электровозом.

Для улучшения самовозбуждения двигателей в тормозном режиме целесообразно реверсировать не обмотки возбуждения, как это делается в существующих схемах контактных электровозов (рис. 9.1), а обмотки якорей-см. рис. 9.2, б. В этом варианте схемы ток в обмотках возбуждения не изменяет направления и остаточный магнитный поток всегда имеет максимальное значение, что существенно повысит надежность электрического торможения и безопасность движения.



a)



б)

Рис.9.2. Скорректированная схема контактного электровоза
 а) с реверсом обмоток возбуждения,
 б) с реверсом обмоток якорей

Электрическая схема цепей управления электровоза К14М приведена на рис. 9.3. Схема получает питание при поднятии токоприемника, при этом включается контактор КМ1, подающий питание на силовые цепи электровоза.

В цепи катушки контактора КМ1 включен контакт концевого выключателя SQ, установленного под сидением машиниста. Включение контактора и работа электровоза возможны только при нахождении машиниста на сидении и тем самым предотвращается возможность управления электровозом машинистом, находящимся вне кабины и исключаются несчастные случаи, связанные с этим.

Катушки контакторов КМ1 и КМ2 содержат 2 обмотки: пусковую, включающую через размыкающий блок-контакт, и удерживающую, в цепи которой включен добавочный резистор (R1, R2) для уменьшения напряжения до номинального значения 220В.

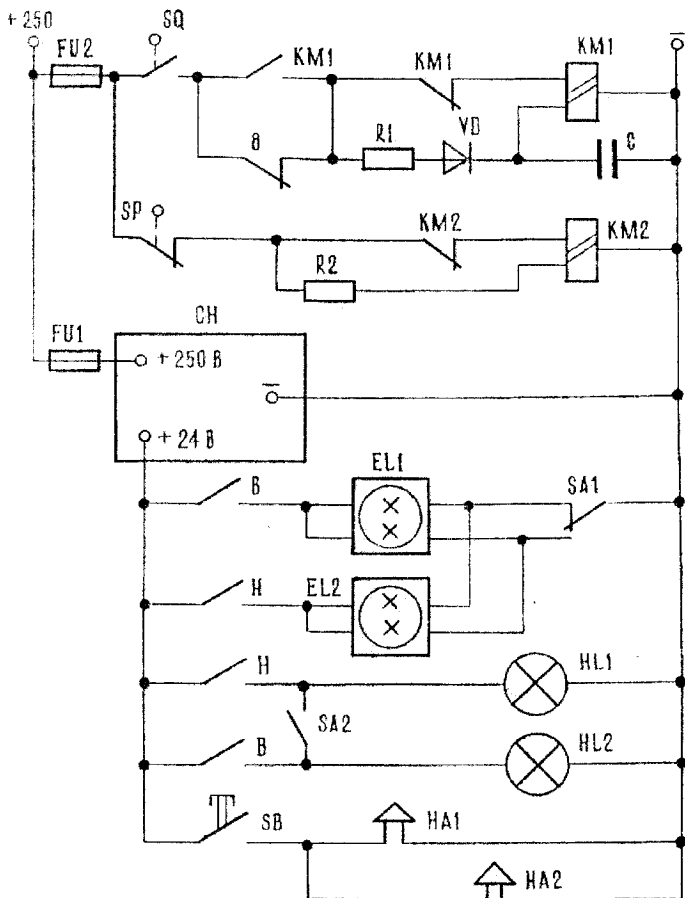


Рис 9.3. Схема цепей управления электровозов К10, К14

Для предотвращения отключения контактора КМ1 при кратковременном отрыве токоприемника от контактного провода предусмотрена выдержка времени на отключение, составляющая около 3с. Она обеспечивается

конденсатором С, который во время отрыва токосъемника разряжается на катушку контактора.

Предусмотрена блокировка, предотвращающая движение электровоза с включенным контроллером при подаче на него напряжения после перерыва питания (нулевая защита). Это обеспечивается дополнительным контактом контроллера 8, в цепи катушки контактора КМ1, который замкнут только в нулевой позиции.

Включение и отключение двигателя компрессора производится контактором КМ2, который управляется регулятором давления SP. Контакт SP замыкается при понижении давления сжатого воздуха в пневмосистеме до 440 кПа (6,5 ат).

Питание цепей освещения и сигнализации осуществляется от стабилизатора напряжения СН, имеющего на выходе стабилизированное напряжение 24В.

Управление освещением, световой и звуковой сигнализацией производится рукояткой реверсивного барабана контроллера и переключателями SA1 и SA2.

При установке рукоятки реверсивного барабана контроллера в положение «вперед» подается питание в цепь передней фары EL1 и заднего светового сигнала HL2.

При установке рукоятки реверсивного барабана контроллера в положение «назад» подается питание в цепь задней фары EL2 и переднего светового сигнала HL1. Переключение фар EL1, EL2, на ближний или дальний свет производится переключателем SA1.

При установке рукоятки реверсивного барабана в нулевое положение подается питание в цепь обоих световых сигналов HL1 и HL2. Включение обоих световых сигналов при любом положении рукоятки реверсивного барабана производится переключателем SA2.

Подача звукового сигнала производится нажатием кнопки SB. При оснащении людских вагонеток кнопками звуковой сигнализации их контакты подключаются параллельно контакту SB.

В кабине машиниста установлен скоростемер, позволяющий машинисту контролировать скорость движения и выполнять требования ограничения скорости на отдельных участках маршрута. Датчиком скорости является датчик импульсов, присоединяемый к редуктору (см. п. 9.3).

Защита силовых электрических цепей от коротких замыканий осуществляется автоматическим выключателем, цепей управления – плавкими предохранителями.

Следует заметить, что электрические схемы и применяемое электрооборудование как силовых цепей, так и цепей управления заводами-изготовителями постоянно совершенствуются.

Размещение электрооборудования на электровозе К14М приведено на рис. 9.4.

Для перевозки тяжелых составов находят применение спаренные электровозы с общей массой $2 \cdot 14 = 28$ т, которые управляются из одной кабины одним машинистом. Ведомый электровоз представляет собой тяговую секцию, двигатели которой постоянно включены последовательно, как и двигатели ведущего электровоза (попарно). Таким образом и схема силовых цепей и токи через контакты контроллера остаются неизменными. Зато максимальная скорость такого агрегата уменьшается вдвое, что несколько снижает эффективность этого способа совместного управления двумя электровозами.

Более совершенные способы совместного управления несколькими электровозами в составе поезда (управление по системе многих единиц) могут быть осуществлены только на базе более совершенных систем управления.

9.2 Аккумуляторные электровозы

Аккумуляторные электровозы предназначены для работы в шахтах опасных по газу и пыли, в связи с чем аккумуляторные батареи изготавливаются в исполнениях РП и РВ, а все остальное электрооборудование в исполнении РВ. В рудных шахтах аккумуляторные электровозы также используются при незначительных грузопотоках (добыча драгоценных металлов), для вспомогательных и проходческих работ, - в тех случаях когда устройство контактной сети нецелесообразно.

В настоящее время заводы горного машиностроения изготавливают параметрический ряд аккумуляторных электровозов со сцепной массой 2; 4,5 (5); 7; 8; 10; 14 и 28т. Этим электровозам присвоены обозначения АРП или АРВ, в зависимости от исполнения аккумуляторной батареи. Электровоз АРП28 представляет собой комплекс двух спаренных электровозов АРП14, управляемый одним машинистом.

Основные технические данные аккумуляторных электровозов приведены в табл.1 Приложения.

На аккумуляторных электровозах могут применяться 4 различных способа управления тяговыми двигателями: традиционный реостатный с силовым контроллером; переключение секций батареи и тяговых двигателей; ослабленные поля; импульсное регулирование.

Легкие аккумуляторные электровозы АК2У и 4,5 АРП, а также все электровозы старых выпусков снабжены реостатными системами управления. Эти системы не содержат существенных отличий от уже рассмотренной реостатной системы управления контактного электровоза и поэтому не приводятся.

На средних электровозах АМ8Д, АРП7, АРП10 применена безреостатная схема управления электродвигателями, которая основана на принципе секционирования аккумуляторной батареи и применении ослабления магнитного потока главных полюсов тяговых двигателей.

Аккумуляторная батарея разделена на 2 равные по количеству элементов секции, которые включаются между собой параллельно или последовательно, так же включаются тяговые двигатели. Ослабление магнитного потока двигателей осуществляется путем параллельного включения обмоток главных полюсов двигателей. Комбинацией включения секций аккумуляторной батареи и тяговых двигателей достигается получение напряжений на двигателях равных 25;50 и 100% номинального.

Электрической схемой электровоза АМ8Д (рис.9.5) предусматривается работа тяговых двигателей на шести характеристиках, которые соответствуют шести позициям контроллера. Кроме того, схема обеспечивает работу двигателей в режиме электродинамического торможения, чему соответствуют три тормозные позиции контроллера. Развернутые схемы для каждой из позиций контроллера представлены на рис.9.6.

Переход контроллера с позиций 3 и 5 на последующие осуществляется через переходные положения а1, а2, а3. В этих положениях рукоятка контроллера не фиксируется, а переключения в схеме происходят без разрыва силовых цепей двигателей, при этом тяговые усилия в момент перехода (положения а2 и а3) сохраняются только на одном двигателе.

В качестве коммутирующих элементов в схеме наряду с контроллером применены силовые полупроводниковые диоды, позволяющие при наименьшем числе силовых контактов обеспечить все необходимые режимы работы. С помощью диодов и контроллера осуществляется переключение секций ТБ1 и ТБ2 аккумуляторной батареи с параллельной схемы соединения на последовательную без разрыва силовой цепи двигателей. С помощью группы диодов Д7-Д14 осуществляются необходимые переключения в силовых цепях двигателей.

Изменение направления движения производится с помощью реверсивного барабана контроллера, имеющего нулевое положение и два ходовых «вперед» и «назад».

Динамическое торможение осуществляется по перекрестно-петлевой схеме, предусмотрены две ступени тормозных резисторов R1 и R2.

Электрооборудование электровоза защищено от коротких замыканий и перегрузок автоматическим выключателем ВАР-4. Контроль за степенью разряда батареи может осуществляться по амперметру и вольтметру, а также по индикатору разряда батареи типа ИРБ.

Применение безреостатного управления пуском двигателей за счет секционирования батареи дает возможность существенно снизить расход электроэнергии. Тем не менее, этот способ также не лишен недостатков. Ступенчатое переключение напряжения на тяговых двигателях создает большие броски тока и момента. Особенно это проявляется при переходе с 5 на 6 позицию контроллера, когда напряжение на двигателях удваивается. Схема управления содержит значительное количество контактов, что также снижает ее надежность.

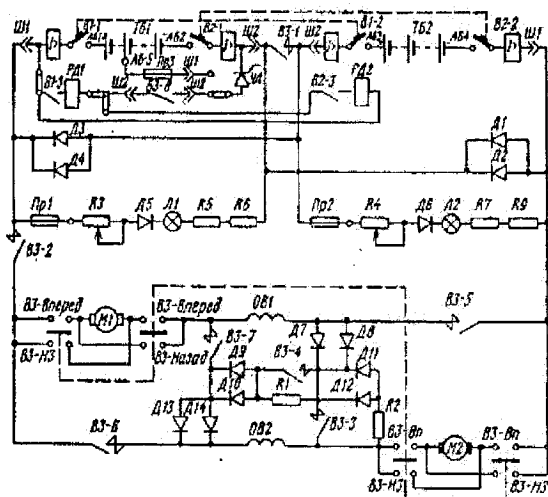


Диаграмма включения контактов контроллеров

Позиция	Контакты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T3			X	X	X	X	X	X
T2			X	X	X	X	X	X
T1			X	X	X	X	X	X
0			X	X	X	X	X	X
1	X		X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X
a1	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X
a2	X	X	X	X	X	X	X	X
a3	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X

Рис 9.5. Схема аккумуляторного электровоза АМ8Д

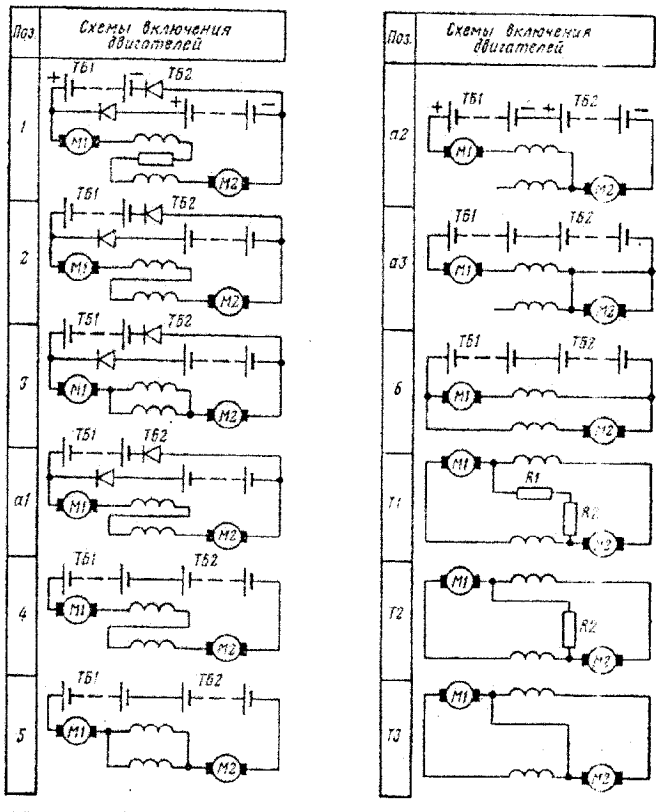


Рис. 9.6. Схемы соединений по позициям контроллера электровоза АМ8Д

Системы импульсного управления позволяют устранить недостатки предыдущих способов. Давно ведущиеся работы в этом направлении реализованы в схеме электровоза АРП14, разработанной Луганским институтом Гидроулеавтоматизация.

Основным узлом системы управления электровозом является импульсный тиристорный регулятор напряжения, который осуществляет пуск, регулирование скорости и электродинамическое торможение тяговых двигателей широтно-импульсным способом. Каждый тяговый двигатель управляется собственным преобразователем. Главным недостатком схемы АРП14 является использование тиристорных ключей с искусственной коммутацией, которые не могут обеспечить высокую надежность.

Предприятием «Амплитуда» разработана аппаратура КТВ-2 импульсного управления тяговым приводом на базе современных силовых транзисторов IGBT, освоено серийное производство. Рассмотрим работу аппаратуры [25].

Контроллер КВТ-2 предназначен для управления приводом и вспомогательным электрооборудованием рудничного аккумуляторного электровоза АРП8Т и обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) выбор направления движения;
- 2) выбор режима работы привода: двигательного или электродинамического торможения;
- 3) осуществление начала движения электровоза только с нулевого положения рукоятки управления;
- 4) плавное изменение напряжения на тяговых двигателях и выбранных режимах работы привода;
- 5) отключение двигателей и выдачу сигнала на торможение при прекращении воздействия машиниста на педаль бдительности;
- 6) управление вспомогательным электрооборудованием электровоза;
- 7) синхронное управление тяговыми двигателями и вспомогательным электрооборудованием двух электровозов с ведущего электровоза в спарке.

Основные параметры и размеры контроллера КТВ-2 приведены в таблице 9.1.

Контроллер КТВ-2 представляет собой взрывобезопасную оболочку, состоящую из двух отделений – аппаратного и отделения вводов. Аппаратное отделение снабжено съемными крышками.

Крышка, на внешней стороне которой размещаются следующие органы управления:

съемная рукоятка выбора направления движения электровоза «вперед» - «назад». Снять эту рукоятку возможно только в нейтральном положении. При положении ее «вперед» или «назад» снять ее невозможно;

рукоятка выбора режима – «ход» или «тормоз»;

кнопка для включения звукового сигнализатора;

переключатель света фар – «дальний» - «ближний»;

переключатель для дистанционного управления стрелками с движущегося электровоза – «НЭРПА»;

выключатель электромагнитных тормозов – «ВЭТ» (для электровозов, оборудованных электромагнитными тормозами).

Крышка, обеспечивающая доступ к внутренним элементам педали бдительности.

Передняя крышка (дверь) аппаратного отделения, на внутренней стороне которой смонтированы силовой транзистор с демпфирующими конденсаторами, обратный диод, блок питания, блок управления и панель коммутационных реле.

Основные параметры и размеры.

Наименование параметра	Ед. изм	Норма
1. Номинальное напряжение питания	В	145
2. Диапазон изменения напряжения питания	В	от80до200
3. Ток нагрузки тяговых двигателей		
часовой	А	140x2
продолжительный	А	70x2
4. Диапазон регулирования напряжения на тяговых двигателях, не менее		1:20
5. Напряжение бортовой сети низковольтного оборудования	В	24+-0,7
6. Установка токоограничения:		
В режиме тяги	А	до 280
В режиме торможения	А	до 80
7. Уровень и вид взрывозащиты		РВ 3В
8. Степень защиты		IP54
9. Габаритные размеры	мм	
- Длина		515
- Ширина		620
- Высота		890
10. Масса, не более	кг	240

В аппаратном отделении размещаются контактор ходовой, контактор тормозной, реверсор, модуль диодов, блок демпфирующих конденсаторов и датчик тока.

- На внутренней стороне крышки размещены датчики хода для управления реверсом, датчик нулевого положения рукоятки управления режимом работы электровоза, схема формирования сигналов направления вращения и угла поворота рукоятки управления режимом работы, узел взаимной механической блокировки рукояток.

В контроллере КТВ-2 применен распространенный способ регулирования приводов, оснащенных двигателями постоянного тока с последовательным возбуждением, - широтно-импульсный, упрощенная схема которого представлена на рисунке 9.7а [25],

где U_n – напряжение источника питания (аккумуляторной батареи)

$L_{\text{пар}}$ – паразитная индуктивность питающих проводов, Гн;

M – приводной двигатель электровоза;

VT – силовой транзистор;

VD – обратный диод;

I_n – ток в цепи источника питания в режиме широтно-импульсной модуляции;

- I_g – ток в цепи тягового двигателя;
- $I_{обр}$ – ток в цепи обратного диода;
- $U_{ав}$ – напряжение на тяговом двигателе;
- t_n – время импульса напряжения;
- T – период повторения;
- $I_{восст}$ – ток восстановления обратного диода;
- $U_{восст}$ – перенапряжение при восстановлении обратного диода;
- $U_{откл}$ – перенапряжение при выключении транзистора;
- C – демпфирующая емкость.

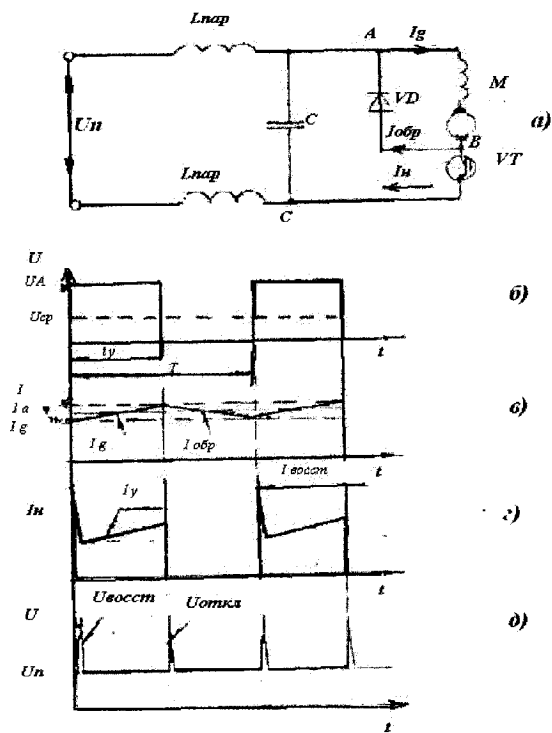


Рис.9.7. Принцип регулирования напряжения на двигателях

Широтно-импульсный способ регулирования напряжения на приводных двигателях предусматривает изменение длительности импульса напряжения t_n от 0 до длительности периода повторения T , который определяется из выражения

$$T = 1/f, \text{ с,}$$

где f – рабочая частота преобразователя, которая принимается в пределах 150-300 Гц.

Период повторения T , например, при частоте $f=250$ Гц составит 4 мс и, следовательно, диапазон изменения длительности импульса t_n находится в пределах от 0 до 4 мс, при этом напряжение $U_{ан}$ на приводном двигателе M будет иметь вид, представленный на рисунке 9.7б, а среднее напряжение на двигателе будет равно

$$U_{ср} = t_n \cdot \frac{U_n}{T}, \text{ В,}$$

т.е. будет изменяться от 0 до U_n .

Ток двигателя I_g при этом будет иметь вид, представленный на рисунке 9.7в, т.е. он состоит из тока I_g при открытом транзисторе VT и тока $I_{обр}$ через обратный диод VD при закрытом транзисторе VT . Из графика видно, что ток I_g имеет постоянную I_g ср и переменную составляющую, изменяющуюся от $I_{g \max}$ до $I_{g \min}$.

Ток в цепи питания I_n (рисунок 9.7г) представляет собой I_g при открытом транзисторе VT и ток $I_{восст}$ восстановления обратного диода VD в начальный момент включения транзистора VT .

Характер напряжения в питающих проводах $U_{ас}$ представлен на рисунке 9.7д, представляет собой напряжение питания U_n и перенапряжений $U_{восст}$ и $U_{откл}$, вызываемых восстановлением обратного диода VD при включении транзистора VT и выключении транзистора VT , соответственно.

Эти перенапряжения достигают больших значений, в связи с чем в схеме преобразователя для уменьшения их до безопасного для транзистора уровня применяется демпфирующий конденсатор C .

В состав электрической схемы контроллера транзисторного КТВ-2 (рис.9.8) входят: силовая часть, схема управления и источник питания силовой (для питания низковольтных цепей 24В и выдачи 9 гальванически развязанных двуполярных напряжений +15В –5В и одного ± 15 В).

Силовая часть контроллера КТВ-2 предназначена для выполнения силовых коммутаций в схеме, в т.ч.:

реверсирование тяговых двигателей;

сборку схемы включения тяговых двигателей и тормозных резисторов в режиме торможения;

регулирование напряжения на тяговых двигателях в режиме хода;

регулирование тока возбуждения в статорных обмотках тяговых двигателей в режиме торможения.

Силовая часть контроллера КТВ-2 включает в себя следующие узлы:

силовой транзистор $VT5$;

ходовой контактор $KM1$;

тормозной контактор $KM2$;

обратный диод $VD4$;

блок реверсора $БРВ$;

датчик тока $DT1$.

Источник питания – аккумуляторная батарея, напряжение от которой подается на контроллер через выключатель QF1, приводные двигатели электровоза M1 и M2, фары HL1 и HL2 и звуковой сигнализатор UZ1 с громкоговорителями HA1 и HA2 и тормозные резисторы R1.1 и R1.2, приведенные на схеме, в комплект контроллера КТВ-2 не входят.

Схема управления КТВ-2 предназначена для:

выбора направления движения электровоза;
регулирования напряжения на тяговых двигателях в режиме хода;
регулирование тока возбуждения в статорных обмотках двигателей в режиме торможения;

управления световыми приборами и звуковым сигнализатором. Схема предусматривает возможность управления электромагнитными тормозами и стрелочными переводами в тех случаях, когда электровозы оборудованы указанными устройствами;

ограничение тока в тяговых двигателях в режимах тяги и торможения;

защиты силового транзистора и других элементов схемы от разрушения при коротких замыканиях;

временной задержки нарастания тока в тяговых двигателях в режимах хода и торможения;

мгновенного сброса тока в тяговых двигателях в режимах хода и торможения при возврате рукоятки выбора режима работы в нулевое положение;

отключения тяговых двигателей при прекращении воздействия машиниста электровоза на педаль бдительности;

взаимной блокировки управления электровозом в спарке только с ведущего электровоза;

автоматического переключения световых приборов при изменении направления движения электровоза;

контроля вращения колес в режиме торможения и автоматического предотвращения их блокировки;

автоматический возврат рукоятки выбора режима работы в нулевое положение после прекращения воздействия на нее машинистом электровоза.

Схема управления контроллера КТВ-2 включает в себя следующие узлы:

рукоятку выбора направления движения электровоза микропереключателями SQ3 «вперед» и SQ4 «назад»;

рукоятку выбора режима работы электровоза «ход» - «тормоз» с датчиком SQ5;

энкодер В1 (схема формирования сигналов УФС). Датчик SQ3-SQ5 и энкодер В1 объединены в узел формирования сигналов управления;

блок контроллера (БК);

педаль бдительности – микропереключатель SQ6;

переключатель света фар – тумблер SQ8;

переключатель устройства НЭРПА – тумблер SQ7;

кнопка включения звукового сигнала – микропереключатель SB1;

твердотельное реле выбора направления движения DD1 и двух вспомогательных электромеханических реле K1 и K2;

твердотельное реле режима работы «ход» DD3;

твердотельное реле режима работы «тормоз» DD1.

Контроллер КТВ-2 работает следующим образом.

Съемная рукоятка выбора направления движения вводится в соединение со своим валом.

Включением автоматического выключателя QF1 подается напряжение от аккумуляторной батареи на клеммы.

При повороте рукоятки выбора направления движения сигнал с одного из датчиков направления SQ3 и SQ4 поступает на блок контроллера, который вырабатывает соответствующие команды для блока реле и блока драйверов. При этом загорается фара в выбранном направлении движения и открываются соответствующие транзисторы блока реверсора.

Поворотом рукоятки выбора режима работы в направлении «ход» поворачивается ротор энкодера В1, который через схему формирования сигнала (узел управления) подключен к блоку контроллера. Блок контроллера в свою очередь открывает (при условии, что нажата педаль бдительности) твердотельное реле DD3 (блок реле), которое включает контактор хода KM1. Контактор KM1 своими контактами Л-А и М-Б через транзистор VT5 и открытые транзисторы реверсора подключает тяговые двигатели М1 и М2 к аккумуляторной батарее. При дальнейшем повороте рукоятки выбора режима работы энкодер В1 вырабатывает импульсы, количество которых прямо пропорционально углу поворота и составляет около 30 импульсов при повороте на угол 80 градусов.

Блок контроллера вырабатывает сигнал управления, скважность которого зависит от угла поворота ручки режима работ. Эти импульсы поступают на затвор транзистора VT5.

Ток тяговых двигателей постоянно контролируется датчиком тока ДТ1 и сигнал пропорциональный величине тока поступает в блок контроллера. В случае повышения тока установки 280А блок контроллера начинает уменьшать длительность импульсов, управляющих транзистором VT5, тем самым снижая ток тяговых двигателей.

В режиме «тормоз» блок контроллера включает реле DD1, которое включает контактор KM2. При этом тяговые двигатели М1 и М2 соединяются по схеме генератора с независимым возбуждением, якорные обмотки которых нагружаются на резисторы R1.1 и R2.2 соответственно. При дальнейшем повороте рукоятки выбора режима работы импульсы с блока контроллера поступают на транзистор VT5. В зависимости от угла поворота рукоятки выбора режима работы и, соответственно, длительности импульса, в обмотках возбуждения двигателей М1 и М2 наводится ток возбуждения. При вращающихся якорях, нагруженных на резисторы R1.1 и R2.2 создается тормозной момент. Блок контроллера настроен таким образом, что ток возбуждения двигателей в тормозном режиме изменяется от 0 до 80 А в

зависимости от угла поворота рукоятки выбора режима работы (от 0 до 80 градусов).

Кроме функций, описанных выше, схема управления также обеспечивает защиту силового транзистора при снижении уровня напряжения на его затворе ниже 13В.

Блок реверса совместно с блоком драйверов обеспечивают контроль режимов работы двигателей и могут автоматически отключать вышедший из строя двигатель с сохранением работоспособности другого. При этом уставка токоограничения снижается в два раза и загорается один из двух светодиодов индикации.

Источник питания силовой БП предназначен для питания низковольтных потребителей силовой части, схемы управления, блока драйверов и внешнего вспомогательного электрооборудования электровоза. Схематическое решение позволяет обеспечить полную гальваническую развязку между входными и выходными цепями, а также защиту от перегрузок.

ИПС состоит из двух независимых преобразователей напряжения:

- 1) Стабилизированный конвертор 220/24V;
- 2) Источник с двойным преобразованием с 11 изолированными выходами.

9.3 Вспомогательное электрооборудование

К вспомогательному электрооборудованию электровозов относятся:

- аппаратура освещения на электровозах;
- блоки питания цепей освещения и управления;
- токосъемники на контактных электровозах;
- измерители скорости движения;
- регистраторы параметров работы электровоза;
- устройства сигнализации;
- устройства связи и др.

Аппаратура освещения на локомотивах.

Электровозы в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.112[12] должны быть оборудованы системой освещения, обеспечивающей:

- освещение пути в направлении движения ближним и дальним светом;
- включение красных габаритных огней в задней части локомотива при включении фар в направлении движения;
- обозначение электровоза, стоящего на пути, с помощью габаритных огней красного цвета в лобовой и задней стенках стоящего локомотива с выключенными фарами;
- катафотов на лобовой и задней стенках контактных электровозов.

Уровень освещенности в неосвещенной выработке на расстоянии 40м при включении дальнего света должен составлять не менее 2лк в плоскости, перпендикулярной продольной оси локомотива [12].

Фары на электровозах должны иметь регулировку направления света фар. Лампы белого и красного света должны питаться стабилизированным напряжением.

В связи с указанными требованиями требованиями для освещения путей и выработок во время движения локомотива впереди и сзади его установлена осветительная аппаратура.

В комплект осветительной аппаратуры локомотива входят осветительные фары с лампами накаливания, поглощающие резисторы, выключатель, переключатель и стабилизатор напряжения.

На контактных электровозах устанавливаются фары ФЭ-52Т, ФРЭ-4В и ФРЭ1.0А, которые крепятся к раме электровоза четырьмя болтами.

Выключатель освещения представляет собой однополюсной рубильник, смонтированный на общей панели с предохранителями. Он рассчитан на длительный ток 6А.

Питание приборов освещения электровозов осуществляется от статического преобразователя – стабилизатора напряжения СНТ-2 или ИП-5, которые предназначены для преобразования и поддержания в заданных пределах напряжения для питания приборов освещения, звуковой и световой сигнализации, аппаратуры задания маршрута. Применяемые на контактных электровозах фары ФЭ-52Т состоят из стального окрашенного корпуса, укрепленного на коробчатом основании, и откидной крышки с бесцветным прозрачным защитным стеклом, сеткой и замком. Полированный и хромированный отражатель имеет сферическую форму.

На аккумуляторных электровозах устанавливают взрывобезопасные фары ФВУ-3 и ФРЭ-4В с лампой накаливания на напряжение 40 и 24В или взрывобезопасные фары ФРЭ1.0А с диодами.

Для снижения напряжения в осветительной сети включают поглощающий резистор, который у ФВУ смонтирован внутри корпуса фары.

Основными узлами фары ФВУ-3 являются:

- корпус в сборе;
- передняя и задняя крышки в сборе, соединенные между собой.

Между корпусом и крышками фары в местах их соединения проложены резиновые прокладки, обеспечивающие герметичность фары.

Взрывобезопасность фары обеспечивается наличием взрывобезопасной камеры, в которой расположены все искрообразующие элементы (контакты, выключатели); наличием в передней части фары механической блокировки между стеклом и электрической цепью питания лампы накаливания с малой тепловой инерцией.

При снятии передней крышки или разрушении защитного стекла автоматически размыкаются контакты блокировки и таким образом прекращается подача электроэнергии к лампе фары.

Фара рудничная электровозная взрывобезопасная ФРЭ1.0А (рисунок 9.9) производства ЧАО ПКФ «Амплитуда» устанавливается на аккумуляторных и контактных рудничных электровозах и предназначена для освещения рельсового пути в направлении движения электровоза (ближним или дальним светом), а также для сигнализации и обозначения габаритов электровоза (красным светом).

Фара ФВУ-3 (рисунок 9.9) имеет следующее устройство: в корпусе помещены лампы накаливания (светодиоды), рефлектор и детали электрической цепи, к корпусу крепится передняя крышка, в которой установлен блок триплексированных сталинитовых стекол.

Блок защитных стекол предохраняет лампу накаливания от повреждений. Корпус крышки и рефлектор выполнены из алюминия, токоведущие части – из латуни, изоляционные детали – из высокопрочных пластмасс. Специальная блокировка обеспечивает немедленное выключение фары при попытке снять крышку с блоком стекол. Положение патрона лампы накаливания может регулироваться, что позволяет изменять фокусировку светового потока.

Фара крепится на электровозе с помощью кронштейна и болтовых соединений на резиновых прокладках. Конструкция фары предусматривает возможность работы при питании напряжением (100-120)В путем установки в корпусе фары резистора для гашения избыточного напряжения лампы накаливания – 40В. При напряжении 120В предусмотрена установка дополнительных резисторов.

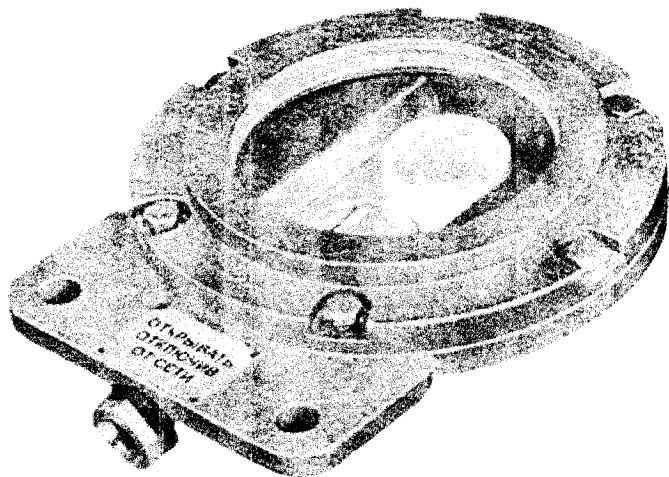


Рис 9.9. Общий вид взрывобезопасной фары ФРЭ1.0А

Фары присоединяются к источнику тока двужильным кабелем сечения $2 \times 2,5 \text{ мм}^2$ через борно на корпусе. Последовательно в цепь лампы накаливания включены два дополнительных сопротивления ПЭВ-15-90М (электровоз

13АРП1) и диод, служащие для гашения избыточного напряжения и предотвращения перегорания ламп накаливания.

Фара может применяться для освещения горных выработок в составе проходческих комбайнов, погрузочных машин и другого горнопроходческого оборудования.

Область применения фары – подземные выработки шахт, в том числе опасных по газу (метану) и угольной пыли, где Правилами безопасности в угольных шахтах НПАОП 10.0-1.01 [7] допускается применение рудничного взрывозащищенного электрооборудования с уровнем взрывозащиты РВ. Фара стойкая к ударным ускорениям и вибрации.

Основные параметры и размеры фары ФРЭ1.0А представлены в таблице 9.2.

Технические характеристики электровозных фар различных производителей приведены в таблице 9.3.

На аккумуляторных электровозах АРП-10, АРП-14 и АРП-28 устанавливаются стабилизаторы – преобразователи напряжения СНТ-130А, СНТ-180А и СНТ-210А, которые позволяют поддерживать напряжение питания ламп накаливания в пределах $\pm 2,5\%$ при изменении напряжения тяговой батареи в пределах от -40 до +25% номинального.

В настоящее время ЧАО ПКФ «Амплитуда» выпускает **импульсный преобразователь напряжения (ИПН)**, предназначенный для питания электрических цепей освещения и вспомогательного оборудования аккумуляторных электровозов (рис.9.10).

Импульсный преобразователь напряжения (ИПН) имеет исполнение по уровню взрывозащиты РВ1В.

Стабилизатор напряжения ИП-5, применяемый на контактных электровозах, преобразует постоянное напряжение 250В в стабилизированное постоянное напряжение 24В с током нагрузки до 15А. Стабилизатор напряжения выпускается в рудничном нормальном исполнении (РН). Стабилизатор напряжения ИП-5 выпускает ЧАО ПКФ «Амплитуда»(рис.9.11).

Таблица 9.2

Основные параметры и размеры фары ФРЭ1.0А

Наименование основных параметров и размеров	Норма
1. Уровень и вид взрывозащиты	РВ 1В
2. Номинальное напряжение, В	24
3. Источник основного света (ближнего или дальнего)	Лампа накаливания или светодиод
4. Источник сигнального света (красного)	Лампа накаливания или светодиод
5. Спектр света, К (белый теплый)	3700
6. Габаритные размеры, мм	ø210x245x180
7. Масса, кг	7

Технические характеристики электровозных фар

Наименование технической характеристики	Фары				
	ФВУ-1К	ФВУ-3	ФЭ-52Т (ФЭ-52)	ФРЭ-4	ФРЭ-4В
Исполнение по уровню взрывозащиты	РВ	РВ	РН	РН	РВ
Номинальное напряжение, В	36	40	127	127	127
Мощность лампы, Вт	18	40	60	60	60
Лампа накаливания	P15	P40	НБ-127	НБ-127	НБ-127
Габариты, мм	310 x195 x148	207 x220 x275	250 x275 x125	250 x180 x245	210 x230 x245
Масса, кг	5,3	9,8	2,35	8,5	9,5
Завод-изготовитель	«Свет шахтера» (Украина, г. Харьков)	Лидский электротехнический завод (Белоруссия)		Прокопьевский завод шахтной автоматики (Россия)	

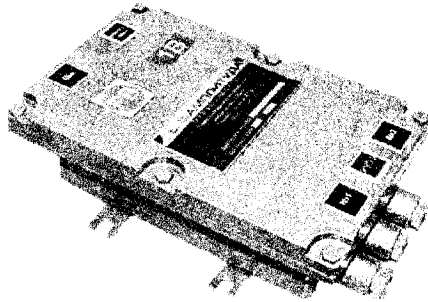


Рис.9.10. Импульсный преобразователь напряжения ИПН

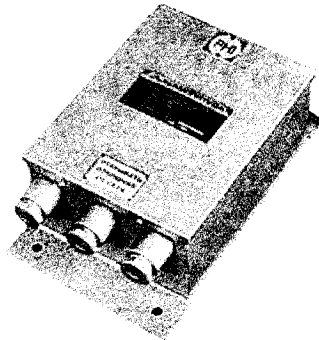


Рис.9.11. Стабилизатор напряжения ИП-5

Контроль скорости.

Важнейшим условием обеспечения безопасности является ограничение скорости движения электровозов по условию допустимой длины тормозного пути, которая при перевозке грузов не должна превышать 40м, а при перевозке людей – 20м [7]. По известным причинам, тормозной путь рассчитывается для наихудшего варианта – движения груженого состава под уклон к стволу. Это наиболее опасная часть маршрута, где скорость движения ограничивается до 10км/ч, хотя по тяговым возможностям электровозов может развивать гораздо большую скорость.

То есть очевидно, что для безопасной эксплуатации транспорта в шахтных условиях необходим контроль скорости движения. С этой целью разрабатывались и изготовлялись различные варианты скоростемеров с непосредственной связью с вращающимися элементами, например, СР-35 [9].

В настоящее время изготавливаются более совершенные скоростемеры, использующие датчики Холла и не требующие непосредственной связи с движущимися элементами [4].

Скоростемер состоит из датчика, размещаемого в редукторе, блока индикации, размещаемого в кабине машиниста, и соединительных проводов. Питание скоростемера осуществляется от стабилизированного блока питания 24 В.

Схема установки датчика скорости приведена на рис. 9.12. Для установки и крепления датчика в крышке редуктора сверлятся необходимые отверстия. Датчик размещается перпендикулярно вал-шестерне на расстоянии $2 \pm 0,4$ мм от верхней кромки зуба. Зазор регулируется путем ввинчивания или вывинчивания датчика и фиксируется контргайкой. Кабель датчика подключается к блоку индикации в кабине машиниста.

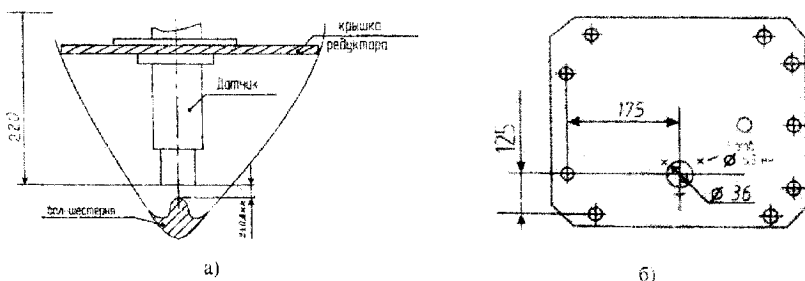


Рис.9.12 Схема установки датчика:

- а) размещение датчика относительно вал-шестерни
- б) доработка крышки редуктора для крепления датчика

В качестве датчика применен магниточувствительный элемент Холла. При прохождении вершины зуба шестерни около торца датчика, в нем образуется прямоугольный импульс равный напряжению питания датчика, в интервале между зубьями напряжение на выходе равно нулю. Блок индикации

выполнен на базе процессора, который обеспечивает подсчет количества импульсов в единицу времени и преобразует считываемую информацию в параметры скорости и пройденного пути, выдавая их на светодиодный индикатор, при этом параметр пройденного пути хранится в энергонезависимой памяти.

Перед установкой скоростемера необходимо проверить техническое состояние редукторной группы, которое должно соответствовать требованиям Руководства по эксплуатации электровоза. Особое внимание следует обратить на состояние подшипников и регулировку промежуточного вала.

Необходимо периодически очищать наконечник датчика скорости скоростемера от частиц железа, образующихся в результате износа редуктора. Признаком необходимости очистки является сбой в показаниях скоростемера. При отсутствии показаний скоростемера в одном из направлений движения, необходимо проверить настройку подшипников промежуточного вала, так как люфт в подшипниках может привести к поломке датчика.

Как видно, описанная конструкция скоростемера имеет ряд недостатков:

- необходимо периодически очищать наконечник датчика;
- необходимо контролировать состояние подшипников редуктора;
- необходимо регулировать положение промежуточного вала;
- необходимо учитывать износ шестерни;
- датчик вместе с редуктором крепится на оси колесной пары и работает в условиях жесточайшей вибрации и ударов.

Практика эксплуатации скоростемеров подтверждает их низкую надежность – в результате большинство электровозов работают без скоростемеров.

Несколько улучшить работу датчика можно путем размещения в редукторе постоянного магнита для сбора частиц железа, образующихся в результате износа редуктора. При этом не потребуются периодически очищать наконечник датчика от металлических загрязнений. Одновременно это повысит надежность работы такого ответственного узла как редуктор.

Возможно также повысить надежность работы датчика путем его размещения в тяговом двигателе при его изготовлении.

Надежность скоростемера можно многократно повысить, если применить бездатчиковый контроль скорости, используя электрические параметры режима работы двигателя.

Известно, что для двигателя последовательного возбуждения значения тока и напряжения однозначно определяют скорость вращения. В общем случае угловая скорость двигателя равна:

$$\omega = \frac{U_{\text{я}} - I \cdot r_{\text{я}}}{C_{\omega} \cdot \Phi}, \text{ рад/с}, \quad (9.1)$$

где $U_{\text{я}}$ – напряжение на якоре, В;

I – ток якоря и обмотки возбуждения, А;

$r_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря, Ом;

Φ – магнитный поток;

C_w – конструктивный коэффициент.

В электрической тяге принято использовать линейную скорость электровоза:

$$v = \frac{U_{я} - I \cdot r_{я}}{C_v \cdot \Phi}, \text{ км/ч}, \quad (9.2)$$

В этом выражении изменяется лишь значение коэффициента C_w .

Для двигателя последовательного возбуждения магнитный поток $\Phi = f(I)$, тогда

$$v = \frac{U_{я} - I \cdot r_{я}}{C_v \cdot f(I)}, \text{ км/ч}, \quad (9.3)$$

Введем некоторые упрощения, приемлемые для рабочего диапазона режимов. Магнитный поток имеет сложную зависимость от тока в связи с насыщением стали, но с достаточной точностью эта зависимость может быть выражена гиперболой с показателем степени $x < 1$, т.е. магнитный поток Φ пропорционален I^x . Можно также пренебречь величиной $I \cdot r_{я}$. Тогда выражение (9.3) преобразуется в:

$$v = \frac{U_{я}}{k \cdot I^x}, \text{ км/ч} \quad (9.4)$$

Используя электромеханическую характеристику тягового двигателя и задаваясь значениями тока I можно определить соответствующие скорости v и вычислить значения $k \cdot I^x$. Расчеты показывают, что для различных характеристик показатель степени $x = 0,4-0,6$. Если определено значение x , то значение связующего коэффициента k равно:

$$k = \frac{U_{я} - I \cdot r_{я}}{v \cdot I^x}. \quad (9.5)$$

Для иллюстрации изложенного на рис.9.13 приведены электромеханические характеристики тягового двигателя ДТН – 45 электровоза К14 [4]: 1 – фактическая, 2 – рассчитанная по приведенной методике. При этом скорость вычислялась по формуле (9.4) при значении показателя степени $x = 0,5$.

В рабочем диапазоне токов и скоростей погрешность, обусловленная неточностью методики, не превышает 5%, что в данном случае приемлемо. При токах $I_{\sigma} > 260 \text{ А}$ тяговые усилия превышают допустимые по условиям сцепления и этот диапазон представляет скорее теоретический интерес.

Предложенный способ бездатчикового контроля скорости может быть реализован с помощью измерительного блока, способного выполнять вычислительные функции – рис.9.14.

На входы измерительного блока подается напряжение на якоре $U_{я}$ и значение тока двигателя I . В качестве датчика тока ДТ может использоваться измерительный шунт или другой вид датчика. Измерительный блок производит вычисление скорости электровоза согласно выражению (9.4) и выдает значение скорости на табло или показывающий прибор. При превышении скорости загорается лампа. Также на табло или показывающий прибор выводится значение тока двигателя для информирования машиниста о текущей нагрузке.

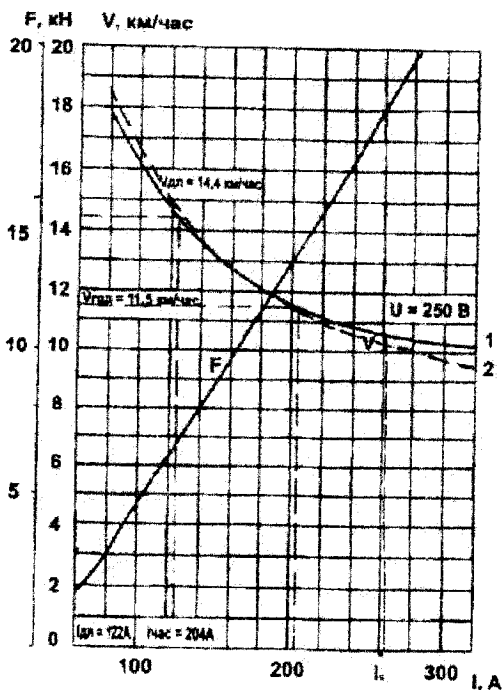


Рис.9.13. Электромеханическая характеристика тягового двигателя контактного электровоза К14 мощностью 45 кВт

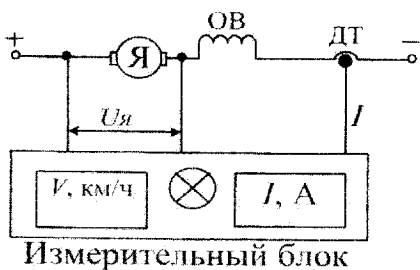


Рис.9.14. Структурная схема скоростемера

Все присоединения бездатчикового скоростемера выполняются в кабине машиниста, не требуется доработка механических конструкций (крышка редуктора), регулировка элементов редуктора.

Точную настройку скоростемера удобно производить для диапазона средних скоростей (скорость продолжительного режима) на испытательном стенде завода-изготовителя электровозов или ремонтного предприятия. В процессе эксплуатации бездатчиковый скоростемер не требует никаких регулировок и обслуживания, что снижает затраты.

Высокая надежность бездатчикового скоростемера способствует повышению безопасности работы электровозного транспорта.

Регистратор параметров электровоза РПЭ – это новый многофункциональный измерительный комплекс, разработанный предприятием по производству шахтных электровозов «Амплитуда».

Основные технические характеристики регистратора РПЭ приведены в табл.9.4.

Таблица 9.4

Основные технические характеристики регистратора РПЭ

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания регистратора	100 – 380В постоянного тока
Диапазон измерения скорости электровоза	0 – 30км/ч
Диапазон измерения контактной сети	0 – 400В
Диапазон измерения тока двигателей	0 – 400А
Диапазон измерения давления в пневмосистеме	0 – 10Атм
Диапазон измерения пройденного пути	0 – 999999км
Диапазон измерения температуры двигателей	0 – 100°С
Моточасы	0 – 999999ч
Время хранения данных на карте	1год
Частота радиомодуля	2,4ГГц
Минимальная дальность связи	30м
Исполнение	Ip66
Масса	8кг
Габаритные размеры, мм:	
Длина	300
Ширина	300
Высота	120

Регистратор параметров движения рудничных электровозов представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для:

- визуализации основных параметров и режимов работы электровоза на TFT дисплее высокого разрешения 1280x1024 пикселей;

- записи в реальном масштабе времени всех регистрируемых данных в энергонезависимую память;
- ограничения доступа к управлению электровозом посторонних лиц, посредством RFID ключа;
- непрерывного контроля и диагностики состояния всех подключенных датчиков;

- передачи данных для системы позиционирования;
- передачи данных для системы табельного учета рабочего времени.

Регистратор выполняет запись следующих данных:

- скорость движения (в диапазоне от 0 до 30 км/ч);
- рабочие токи 2 двигателей (в диапазоне от 0 до 400А);
- напряжение питания электровоза (в диапазоне от 0 до 400В);
- давление воздуха в пневмосистемах электровоза от 0 до 10 тех.атм.;
- пройденный электровозом путь от 0 до 999999км;
- количество моточасов от 0 до 999999 часов;
- напряжение на двигателях.

Запись измеренных параметров ведется в файл энергонезависимой памяти (карта SD) и на твердтельный SSD диск. Длительность непрерывной записи - 1 год.

Питание регистратора ведется непосредственно от контактной сети.

Имеет в своем составе беспроводной радиомодуль для обмена данными со стационарными считывателями систем позиционирования и табельного учета рабочего времени или переносным ПК под управлением ОС семейства Windows.

Для обеспечения бесперебойной работы содержит модуль бесперебойного питания от встроенной АКБ.

Информация, собранная с мобильных терминалов электровозов позволит вести автоматизированный учет:

- ~ работающих электровозов на горизонте;
- учитывать электровозы как основные средства предприятия;
- учитывать фактическую занятость электровозов;
- рабочего времени машинистов электровоза;
- грузоперевозок по каждому электровозу;
- нагрузку тяговых двигателей электровозов.

Программное обеспечение позволяет:

- просматривать данные архивов на любых операционных системах семейства Windows;

- формировать списки нарушителей с детальной расшифровкой типов нарушений эксплуатации электровоза;

- просматривать параметры, зарегистрированных устройством регистрации в виде таблиц и графиков;

- осуществлять навигацию по времени.

9.4 Перспективы совершенствования электровозов

Важнейшей задачей повышения эффективности и безопасности шахтного электровозного транспорта в угольных и рудных шахтах является совершенствование электромеханических систем электровозов.

Это комплексная задача, требующая решения целого ряда разноплановых вопросов, некоторые результаты решения которых приведены далее.

С ростом грузопотоков из комплексно-механизированных лав появилась необходимость в локомотивах, обеспечивающих транспортировку этих грузопотоков, поэтому в дальнейшем по мере освоения электровозов нового технического уровня старые модели локомотивов будут сниматься с производства и заменяться новыми. Одновременно ведется модернизация всех действующих моделей локомотивов.

Основные направления модернизации электровозов состоят в следующем:

- конструкции локомотивов типового ряда должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.112 «Транспорт рудничный электровозный. Общие требования безопасности к подвижному составу» [12];

- для повышения технического уровня локомотивов до уровня лучших мировых образцов необходимо увеличить мощности продолжительного режима тяговых двигателей в 1,5 – 2 раза;

- применять тяговые двигатели с более качественной изоляцией обмоток;

- аккумуляторные, контактные и высокочастотные электровозы должны иметь транзисторную систему управления с пультами управления в каждой кабине;

- контактные электровозы со сцепным весом 14т, а также аккумуляторные электровозы со сцепным весом 10 и 14т на колею 900м должны обладать возможностью создания «спарки» и работать по системе «многих единиц». При этом электровозы необходимо комплектовать (по заказу потребителя) специальной телемеханической аппаратурой управления;

- тяговые батареи аккумуляторных электровозов необходимо комплектовать аккумуляторами со специальным покрытием корпусов, для электровозов сцепных весов 7, 10 и 14т емкостью не менее, соответственно, - 550, 650 и 750А·час;

- все аккумуляторные электровозы с повышенной энергоемкостью тяговых батарей комплектуются (по заказу потребителя) устройствами принудительного охлаждения батарей;

- ящики батарей во взрывобезопасном исполнении должны содержать катализаторы, не требующие нагревания;

- локомотивы требуется оснащать рукояткой (педалью) управления, имеющей самовозврат в нулевое положение. При самовозврате рукоятки (педали) должен происходить «выбег», а при опущенной педали бдительности должна включаться система торможения локомотива.

Транспортирование руды и породы в рудных шахтах в настоящее время осуществляется в основном контактными электровозами типа К14 массой 14т. Электровозы снабжены тяговым приводом постоянного тока с реостатным управлением, который давно устарел, что в значительной мере предопределяет низкую эффективность электровозного транспорта.

Недостатками существующего электропривода являются:

- потери энергии в реостатах, составляющие около 30% потребляемой энергии;
- низкая надежность тяговых двигателей, срок службы которых часто не превышает нескольких месяцев;
- большие затраты на ремонт и эксплуатацию тяговых двигателей постоянного тока;
- низкая надежность контроллеров и контакторов системы управления;
- большая опасность силовых контроллеров в кабине машиниста, крышки которых легко прожигаются электрической дугой;
- ступенчатое регулирование не позволяет в полной мере реализовать тяговые возможности электровоза;
- существующая система привода не позволяет применить устройства автоматизации управления режимами работы.

Продолжает оставаться высоким электротравматизм на электровозном транспорте, в том числе со смертельным исходом. Особую опасность представляют контактные сети в зонах погрузки руды – в ортах-заездах. Из-за пунктов погрузки нормально проложить контактный провод здесь невозможно, поэтому контактный провод отводят в сторону, а чаще разрывают у пунктов погрузки, длина разрыва около 3м. Допустимая высота подвески контактного провода в этих выработках всего 1,8м и есть вероятность прикосновения непосредственно головой, что крайне опасно. Чтобы проехать разрыв контактного провода у пункта погрузки машинисту приходится совершать сложные и часто опасные манипуляции с токосъемником.

Многочисленные попытки разработать реле утечки для защиты людей от поражения электрическим током в контактных сетях не дали положительных результатов из-за крайней сложности задачи – утечку до 50мА нужно выделить на фоне тяговых токов, которые в десятки тысяч раз больше [9].

Анализ зарубежного опыта показывает, что электробезопасность в зонах погрузки может быть обеспечена путем изъятия контактного провода в опасных зонах и применение электровозов с комбинированным питанием – контактно-аккумуляторных.

Следует также отметить, что характеристики выпускаемых электровозов недостаточно учитывают специфику их эксплуатации в рудных шахтах. Так коэффициент тяги составляет 0,17, в то время как реальный коэффициент сцепления в рудных шахтах составляет 0,21 – 0,25 [10].

Главнейшими техническими параметрами электровозов являются масса, скорость и сила тяги. При этом мощность равна

$$P = F \cdot v \cdot 10^{-3}, \text{кВт},$$

где F – сила тяги, Н; v – скорость, м/с.

При сохранении мощности привода для условий движения в рудных шахтах целесообразно увеличить силу тяги и уменьшить скорость, т.к. скоростные характеристики существующих электровозов не реализуются, - по условиям безопасности движения скорости на многих участках ограничиваются значениями 5-10 км/час.

Представляет интерес также увеличение силы тяги и как результат увеличение производительности составов. Сила тяги может быть увеличена как за счет увеличения веса электровоза, так и за счет применения плавного автоматизированного управления электроприводом.

Снижение трудозатрат с одновременным повышением производительности на электровозном транспорте могут быть достигнуты применением дистанционного управления электровозами в местах погрузки и разгрузки руды. При этом машинист электровоза выполняет две функции – загрузку или разгрузку вагонеток и управление электровозом. Передача команд управления на электровоз может производиться по индуктивному или радио-каналу [17].

Как видно, пути совершенствования рудничного электровозного транспорта весьма многообразны. Для существенного повышения эффективности рудничного электровозного транспорта требуется решение целого комплекса разноплановых задач. Некоторые результаты решения этих задач представлены в описываемой далее разработке контактно-аккумуляторного электровоза с асинхронным приводом.

Упрощенная схема контактно-аккумуляторного электровоза с асинхронным приводом приведена на рис.9.15. Основными блоками электрооборудования электровоза являются: пульт управления, система управления электроприводом с инверторами И1, И2 и тормозным чопшером VI, блок питания цепей управления и освещения БП, зарядное устройство ЗУ, аккумуляторная батарея АБ, тяговые асинхронные двигатели М1, М2.

Двигаясь по главным выработкам электровоз работает в контактном режиме, получая питание от контактного провода КП через токосъемник ХА. Далее через автоматический выключатель QF1 напряжение поступает на входной фильтр, который может быть общим для системы управления электроприводом и зарядного устройства.

Входной фильтр выполняется отдельным блоком и состоит из индуктивности L_f и емкости C_f . Кроме этого в состав блока фильтра включены запирающий диод V1, обратный диод V2, ограничитель перенапряжений RU. Ограничитель перенапряжений исключает появление опасных перенапряжений на конденсаторах, в том числе возникающих при резонансном заряде конденсаторов. Предварительный заряд конденсаторов происходит через зарядно-разрядный резистор Rз-р при подъеме токосъемника.

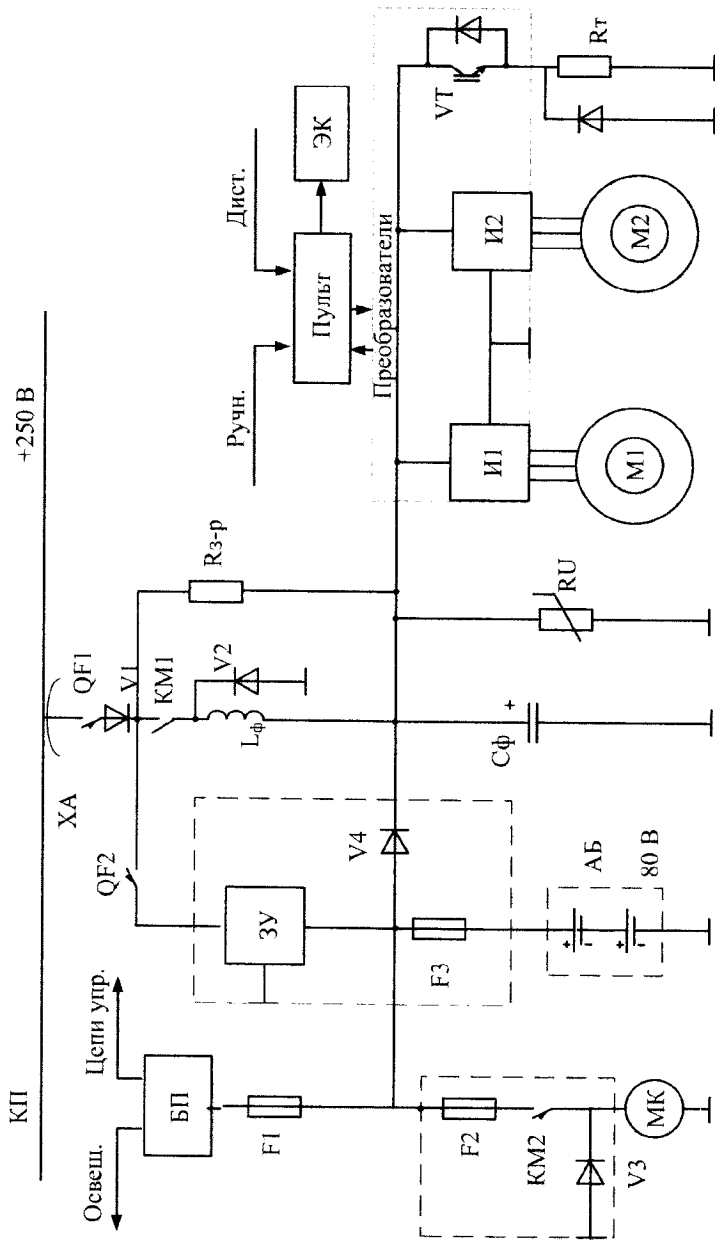


Рис.9.15. Упрощенная схема контактно-аккумуляторного электродвигателя с асинхронным приводом

Скорость вращения двигателей регулируется автономными инверторами напряжения И1, И2, собранными на силовых транзисторах IGBT. Диапазон регулирования частоты на выходе инверторов 2-120Гц. При регулировании задается напряжение на двигателях, а частота автоматически перестраивается в зависимости от задаваемого напряжения и существующей в данный момент силы тяги электровоза в соответствии с соотношениями [21]:

$$\frac{U}{U_H} = \frac{f}{f_H} \sqrt{\frac{F}{F_H}}, \quad (9.6)$$

или

$$U_* = f_* \sqrt{F_*}, \quad (9.7)$$

откуда

$$f_* = \frac{U_*}{\sqrt{F_*}}, \quad (9.8)$$

где U – задаваемое напряжение на двигателях,

F – существующая сила тяги, зависящая от условий движения,

f – частота на выходе инверторов.

В результате такого способа регулирования электромеханические характеристики привода получаются мягкими, напоминающими по форме характеристики двигателей постоянного тока последовательного возбуждения. Это обеспечивает оптимальный режим работы как самого электропривода, так и системы тягового электроснабжения.

Предусматривается также электрическое торможение тяговых двигателей. При этом отключается контактор КМ1 и энергия торможения от двигателей М1, М2 через инверторы отдается тормозному резистору R_t . Интенсивность торможения регулируется тормозным чоппером на транзисторе VT.

Для обеспечения электробезопасности контактный провод в погрузочных выработках ликвидируется. При этом повышается безопасность не только погрузочных, но и других работ в погрузочных выработках: крепление выработок, монтаж оборудования, уборка путей от просыпавшейся руды, ремонт рельсовых путей и др.

При отсутствии контактного провода питание тягового привода и других устройств электровоза осуществляется от вспомогательной аккумуляторной батареи АБ. По данным расчетов требуемая емкость батареи составляет 400Ач, номинальное напряжение 80В. С такими параметрами изготавливаются комплектные батареи для электропогрузчиков.

В данном случае применены свинцовые (кислотные) аккумуляторы, имеющие хорошие энергетические и другие характеристики. Так по сравнению

с никель-железными, применяемыми на серийных рудничных аккумуляторных электровозах, свинцовые аккумуляторы имеют незначительное выделение газов в процессе заряда и могут изготавливаться даже в герметичном исполнении – необслуживаемые.

При работе электровоза на главных выработках – под контактной сетью – происходит автоматическая подзарядка аккумуляторной батареи от контактной сети с помощью зарядного устройства ЗУ. Зарядное устройство обеспечивает импульсное регулирование тока заряда в зависимости от напряжения на аккумуляторах. Для ограничения выделения газов в процессе заряда напряжение на одном аккумуляторе не должно превышать 2,4В, а на батарее из 40 элементов – 96В. Необходимый ток подзаряда аккумуляторной батареи определяется соотношением времени работы электровоза под контактной сетью и без контактной сети. Чем больше длина квершлагов и штреков – тем меньше требуемый ток заряда. Согласно расчетов этот ток находится в пределах 50 – 100А, при этом ток потребляемый из контактной сети составит 20 – 35А.

От аккумуляторной батареи получают питание не только силовые цепи, но и цепи управления электровоза: мотор компрессора МК и блок стабильного питания БП – для питания цепей освещения и элементов системы управления.

Тяговые асинхронные двигатели М1, М2 должны иметь мощность 45 – 50кВт, 3 пары полюсов, скорость вращения 1180об/мин при номинальной частоте 60Гц. Часовая скорость электровоза составит 11,5км/час, максимальная – 23км/час.

Асинхронные двигатели в несколько раз дешевле двигателей постоянного тока. Разница в цене двигателей позволяет компенсировать дополнительные затраты на систему управления. В связи с отсутствием щеточно-коллекторного узла надежность асинхронных тяговых двигателей примерно в 5 раз выше, соответственно значительно меньше затраты на обслуживание и ремонт.

Аккумуляторная батарея размещается сверху электровоза сзади кабины. Масса батареи вместе с ящиком и элементами установки и крепления составляет 1,1т. Для выравнивания нагрузки на оси требуется дополнительный балласт в передней части электровоза массой около 1т. Таким образом, масса электровоза увеличивается на 2т, что позволяет увеличить тяговое усилие на 15%.

Система управления электроприводом обеспечивает плавное регулирование тока и тягового усилия, а также защиту от буксования. За счет этого максимальное тяговое усилие может быть увеличено еще на 10 – 20%. В итоге максимальная сила тяги электровоза увеличивается на 20 – 30% и он будет устойчиво перевозить составы не из 10, а из 12 вагонеток грузоподъемностью 10т.

За счет плавного регулирования также снижается вероятность и интенсивность буксования, что уменьшит износ колес и рельсов и расход энергии.

Микропроцессорная система управления легко приспособливается для дистанционного управления электровозами при выполнении погрузочных и

разгрузочных работ. Целесообразно использовать комплектные устройства промышленного радиоуправления. Требуемое расстояние радиоуправления – до 100м, количество передаваемых команд – две: «вперед» и «назад», отсутствие команд означает «стоп». Применение дистанционного управления снижает затраты и повышает производительность. Управление тормозной системой при дистанционном управлении осуществляется электропневматическим клапаном ЭК (см. рис.9.15).

Пульт управления содержит следующие элементы:

- переключатель направления движения в виде съемного ключа с положениями «вперед» - 0 - «назад»;
- рукоятка управления режимами движения – «ход» - 0 – «тормоз», положением рукоятки задается скорость хода или интенсивность торможения;
- переключатель вида управления – «ручное» или «дистанционное», при этом ручное управление возможно как при питании от контактной сети, так и от АБ, дистанционное – только от АБ.

На индикаторной панели пульта управления в процессе движения постоянно высвечивается скорость электровоза, могут также показываться токи двигателей, напряжения в контактной сети и на АБ и другие параметры.

Работа машиниста несколько упрощается – ему достаточно рукояткой управления задать требуемую скорость и система автоматически обеспечивает плавный разгон до нужной скорости с ограничением максимальных токов и механических нагрузок в элементах передачи и в сцепных устройствах, улучшает динамику движения состава.

Поскольку из кабины убирается силовой контроллер, который был крайне ненадежен и опасен, работа машиниста становится более безопасной.

Оценивая преимущества контактно-аккумуляторного электровоза с асинхронным приводом можно отметить:

- за счет устранения контактного провода в наиболее опасных местах – погрузочных выработках – существенно повышается безопасность всех видов работ в погрузочных выработках;
- одновременно устраняются затраты на сооружение и эксплуатацию контактных сетей в погрузочных выработках, общая протяженность которых составляет около 30% протяженности контактной сети шахты;
- применение частотно управляемого асинхронного привода позволяет уменьшить расход электроэнергии на электровозном транспорте на 25 – 35%;
- в 4 – 5 раз снижаются затраты на ремонт и эксплуатацию асинхронных тяговых двигателей;
- применение бесконтактного регулирования вместо силовых контроллеров в несколько раз повышает надежность системы управления;
- плавное регулирование силы тяги и ограничение максимальных усилий позволяет примерно в 4 раза увеличить надежность элементов механических передач;
- за счет увеличения массы электровоза и плавного регулирования масса состава может быть увеличена на 20 – 30%;

- применение дистанционного управления электровозами при погрузочно-разгрузочных работах позволяет уменьшить затраты труда и увеличить производительность работ;

- автоматизация процессов управления повышает их эффективность и упрощает работу машиниста;

- отсутствие контактного провода в зонах погрузки исключает опасные манипуляции с токосъемником, изъятие силового контроллера также повышает безопасность работы машинистов.

К недостаткам контактно-аккумуляторных электровозов следует отнести существенные затраты на приобретение и эксплуатацию тяговых аккумуляторов, но человеческая жизнь все-таки дороже.

Контактно-аккумуляторные электровозы представляют интерес и для угольных шахт. При их применении расширяется допустимая зона работы электровоза, не требуется промежуточная перецепка состава к аккумуляторному электровозу и обратно, унифицируется электровозный парк, повышается производительность электровозного транспорта.

Контрольные вопросы:

1. Типоразмерный ряд контактных электровозов.
2. Функции системы управления электровоза.
3. Работа схемы рис.9.1 в двигательном режиме.
4. Работа схемы рис.9.1 в тормозном режиме.
5. Назначение шунтирующих диодов.
6. Пояснить схему включения КМ1 на рис.9.3.
7. Пояснить пуск электровоза по рис.9.6.
8. Принципы импульсного управления.
9. Причины возникновения перенапряжений.
10. Состав силовой части контроллера КТВ-2.
11. Конструкция скоростемера.
12. Принципы построения бездатчикового скоростемера.
13. Направления совершенствования электровозов.
14. Повышение электробезопасности.
15. Преимущества контактно-аккумуляторных электровозов.

10. ТЯГОВЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

10.1 Виды и характеристики аккумуляторов

Аккумуляторы, как автономные источники энергии, нашли широчайшее применение в промышленности, транспорте, электроснабжении и в быту. Особо значима роль аккумуляторов на транспорте – это рудничные аккумуляторные электровозы, электромобили, машины с комбинированным питанием (гибридные), электропогрузчики, электрокары, а также питание цепей управления и вспомогательного оборудования на всех видах транспорта.

Аккумуляторы подразделяются по типу электрохимической системы, наиболее применяемые в настоящее время следующие: свинцовые или кислотные (Pb-H), никель-железные (Ni-Fe), никель-кадмиевые (Ni-Cd), никель-металгидридные (Ni-Mh), литий-ионные (Li-ion). Основные характеристики аккумуляторов приведены в таблице 10.1.

Наиболее совершенными характеристиками обладают литий-ионные аккумуляторы, энергоёмкость которых в 4-5 раз выше, чем свинцовых или никель-железных. Но их цена примерно во столько же раз выше, что делает их невыгодными сегодня для рудничных электровозов, однако завтра ситуация может измениться.

На рудничных электровозах в настоящее время применяются в основном никель-железные аккумуляторы, имеющие относительно небольшую стоимость, хотя их энергетические характеристики наихудшие из рассмотренных.

Таблица 10.1

Характеристики аккумуляторов

Характеристика	Тип электрохимической системы				
	Pb-H	Ni-Fe	Ni-Cd	Ni-Mh	Li-ion
Удельная энергоёмкость, Вт.ч/кг	25-50	25-40	40-80	60-120	100-180
Рабочее напряжение элемента, В/эл	2	1,35	1,25	1,25	3,6
Номинальный ток разряда, А	0,2С	0,2С	0,2С	0,5-1С	1С
Время быстрого заряда, час	8-16	2-4	1-1,5	2-4	3-4
Количество циклов заряд-разряд	500-1000	1000-1500	1000-1500	300-500	500-1000
Саморазряд, % в месяц	5	40	2-20	30	2-10
Рабочий диапазон температур, °С	-20+60	-5+50	-40+60	-20+50	-20+60
Стоимость одного цикла заряд-разряд, \$/Вт.ч	0,1	0,03-0,1	0,04-0,1	0,14	0,2

В последние годы свинцовые (кислотные) аккумуляторы начали вытеснять никель-железные на отечественных рудничных электровозах в связи с тем, что имеют меньше габариты, выше к.п.д., меньше выделение газов при заряде и разряде.

Литий-ионные аккумуляторы следует рассматривать как перспективные для рудничных электровозов. Их цена имеет тенденцию к понижению и если цена снизится в несколько раз, их применение на рудничных электровозах станет целесообразным. Сегодня же – это основной аккумулятор для электромобилей, гибридных машин, портативной аппаратуры.

Рассмотрим электрические характеристики аккумуляторов. Основными величинами, характеризующими аккумуляторный элемент являются:

- электродвижущая сила (э.д.с.), В;
- рабочее или среднее разрядное напряжение, В;
- значение разрядного тока, А;
- зарядное напряжение, В;
- значение зарядного тока, А;
- номинальная емкость, А·ч;
- внутреннее сопротивление в процессе разряда и заряда.

Электродвижущей силой (э.д.с.) E_a аккумулятора называют разность потенциалов (В) между его выводами (борнами) при разомкнутой внешней цепи, т.е. при отсутствии тока.

Рабочим или разрядным напряжением аккумулятора называется разность потенциалов между его выводами под нагрузкой. Разрядным напряжением аккумулятора U_p является разность между его э.д.с. и падением напряжения на полном внутреннем сопротивлении [9]:

$$U_p = E_a - I_p r_p,$$

где r_p – полное внутреннее сопротивление при разряде, Ом;

I_p – разрядный ток, А.

Зарядное напряжение аккумулятора (В):

$$U_a = E_a + I_3 r_3,$$

где I_3 – зарядный ток, А;

r_3 – полное внутреннее сопротивление аккумулятора при заряде, Ом.

Полное внутреннее сопротивление при разряде и заряде состоит из омического внутреннего сопротивления (сопротивления постоянному току) и сопротивления поляризации. Величина полного сопротивления существенно зависит от тока, плотности электролита, а также от размеров и конструкции электродов. В процессе разряда полное внутреннее сопротивление аккумулятора увеличивается главным образом из-за изменения состава электродов.

Изменение напряжения во времени обычно характеризуется начальным, конечным и средним напряжениями заряда или разряда при данном токе. Причем под начальным понимают напряжение в начале разряда (заряда) через установленный промежуток времени (обычно несколько минут), конечным напряжением считают ту условную величину, при которой продолжение

разряда (заряда) в данном режиме нецелесообразно по условиям работы аккумулятора.

Кривую изменения напряжения аккумулятора при разряде $U_p - f(t)$ или при заряде $U_a - f(t)$ называют разрядной или зарядной характеристикой.

На рис.10.1 представлены типовые характеристики заряда-разряда щелочных аккумуляторов НЖ и НК. Эти кривые сняты при температуре окружающей среды 20°C и при постоянной величине тока, соответствующей нормальному режиму.

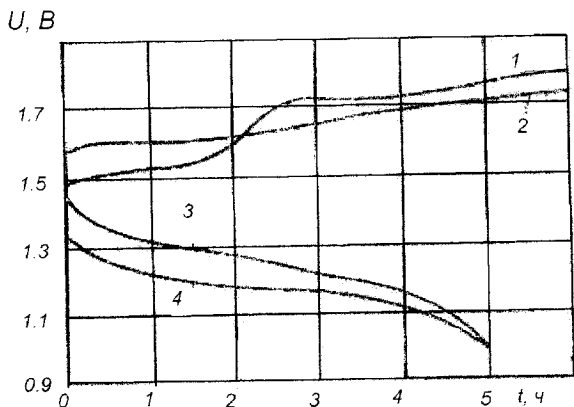


Рис. 10.1. Типовые характеристики заряда-разряда никель-железного (1, 3) и никель-кадмиевого (2, 4) аккумуляторов

Напряжение в начале заряда у аккумуляторов НК может находиться в пределах 1,45-1,5 В, у аккумуляторов НЖ в пределах 1,55-1,6 В. Конечное напряжение у обоих типов аккумуляторов находится в пределах 1,75-1,85 В. Нормальная продолжительность заряда равна 6ч. В процессе разряда напряжение монотонно убывает от 1,45 В у аккумуляторов НЖ и от 1,35 В у аккумуляторов НК до минимально допустимого значения 1 В.

В отличие от свинцового аккумулятора в щелочном аккумуляторе плотность электролита при заряде и разряде не изменяется, а в никель-железном аккумуляторе, кроме того, газы выделяются в течение всего времени заряда, поэтому без показаний вольтметра окончание заряда определить невозможно. О степени заряда можно также судить по числу полученных ампер-часов. Среднее разрядное напряжение щелочного аккумулятора равно 1,2 В.

Выделяющийся при заряде свободный водород наполняет зарядное помещение и может образовать с кислородом воздуха взрывчатую смесь. Поэтому зарядные помещения для щелочных аккумуляторов следует особенно тщательно проветривать. Так как в никель-железных аккумуляторах водород продолжает выделяться еще некоторое время после заряда, то перед установкой

на электровоз аккумулятору после заряда необходимо дать некоторое время для остывания и выделения газов, примерно 1ч.

Заряд и разряд щелочных аккумуляторов можно производить при больших и меньших значениях тока, т.е. в более короткие и более длинные сроки.

У щелочных аккумуляторов средние напряжения заряда и разряда зависят от температуры электролита, особенно когда температура ниже +5°C. Характеристики аккумулятора обычно снимаются при температуре электролита от 15 до 35°C.

Аккумулятор, как накопитель и источник электрической энергии, характеризуют следующие показатели: емкость, энергоемкость и отдача.

Емкостью аккумулятора называют количество электричества, измеряемое в ампер-часах, отдаваемое при разряде, - C_p или сообщаемое при заряде C_3 . Зарядная емкость всегда больше разрядной из-за необратимых процессов, протекающих при заряде и разряде.

Если принять следующие обозначения: C_3 и C_p – емкость соответственно при заряде и разряде; I_3 и I_p – соответственно зарядный и разрядный ток; t_3 и t_p – время соответственно заряда и разряда, то можно написать формулы для зарядной емкости:

$$C_3 = I_3 t_3, \text{ А}\cdot\text{ч} \quad (10.1)$$

для разрядной емкости:

$$C_p = I_p t_p, \quad (10.2)$$

Эти формулы будут правильными при условии постоянства величин I_3 и I_p – неизменности величины зарядного или разрядного тока.

Номинальная емкость аккумулятора C_n есть емкость, гарантированная заводом-изготовителем при установленном режиме разряда до конечного напряжения 1В при температуре элемента от +16 до +35°C. Так, например, номинальная емкость аккумулятора ТНЖШ–350 составляет 350 А·ч при пятичасовом режиме разряда током 70А до конечного напряжения 1В.

Номинальная емкость аккумулятора C_n является его важнейшим техническим параметром. По номинальной емкости нормируются величины токов при заряде и разряде аккумуляторов.

В соответствии с ГОСТ для аккумуляторов НЖ величина нормального зарядного тока (А) при шестичасовом режиме заряда определяется по формуле:

$$I_3 = 0.25C_n, \quad (10.3)$$

где C_n – номинальная емкость аккумулятора, А·ч.

Величина нормального разрядного тока (А) при пятичасовом режиме разряда:

$$I_p = 0.2C_n, \quad (10.4)$$

Саморазрядом аккумулятора называют потерю емкости, обусловленную самопроизвольным окислением и восстановлением соответствующих электродов и протеканием побочных процессов, например утечек тока через

случайные замыкания, саморастворением электродов и т.п. С повышением температуры электролита саморазряд значительно увеличивается.

На емкость щелочных аккумуляторов, особенно никель-железных, сильно влияет температура электролита, при снижении которой емкость уменьшается. Однако при последующем нагреве она вновь восстанавливается. Поэтому паспортную емкость аккумуляторов принято определять при температуре электролита от 15 до 35°C.

С повышением температуры до 45°C емкость несколько увеличивается за счет повышения активности железа (кадмия) и лучшего использования анода. Если же температура превысит эту цифру, аккумуляторы безвозвратно потеряют значительную часть емкости.

В процессе нормальной эксплуатации емкость щелочного аккумулятора не является величиной постоянной. Вначале емкость щелочного аккумулятора немного возрастает, затем начинает постепенно падать.

Для удобства сравнения различных типов аккумуляторов введено понятие об удельной емкости, т.е. емкости, приходящейся на 1кг массы аккумулятора. Емкость берется при одинаковых условиях разряда.

Полезная энергия или энергоемкость аккумулятора \mathcal{E}_a выражается в ватт-часах и равна произведению среднего напряжения разряда на разрядную емкость. Следовательно, полезная энергия (Вт·ч):

$$\mathcal{E}_a = U_{\text{ср-р}} I_{\text{ср-р}} t_p = U_{\text{ср-р}} C_p, \text{ Вт·ч} \quad (10.5)$$

При заряде аккумулятора всегда затрачивается большее количество электричества и энергии, чем получается при последующем разряде, так как наряду с полезными реакциями происходит электролиз воды с выделением газов и имеют место другие побочные реакции и необратимые тепловые процессы.

В аккумуляторе различают электрический коэффициент отдачи η_a , представляющий собой отношение числа ампер-часов, полученных при разряде, к числу ампер-часов, затраченных на заряд, и энергетический коэффициент отдачи η_b , являющийся отношением числа ватт-часов разряда к числу ватт-часов заряда.

Предполагая ток неизменяющимся в течение заряда и разряда, получим для отдачи по емкости

$$\eta_a = \frac{I_p t_p}{I_3 t_3}, \quad (10.6)$$

где η_a – коэффициент отдачи по емкости;

I_3 и I_p – ток соответственно при разряде и заряде;

t_p и t_3 – продолжительность соответственно разряда и заряда.

На практике имеет особенно важное значение ватт-часовая отдача, или отдача по энергии. Она выражается формулой:

$$\eta_b = \frac{U_p I_p t_p}{U_3 I_3 t_3}, \quad (10.7)$$

где U_p и U_3 – средние значения напряжения у зажимов элементов соответственно при разряде и заряде.

Отдача по энергии зависит от величины отдачи по емкости и от отношения напряжений аккумулятора при его заряде и разряде. Так как напряжение при разряде тем выше, а при заряде тем ниже, чем слабее ток, то, уменьшая разрядный и зарядный токи, можно повышать отдачу аккумулятора.

Отдача (к.п.д.) щелочных аккумуляторов, как ампер-часовая, так и ватт-часовая, ниже, чем свинцовых. Происходит это вследствие того, что щелочные аккумуляторы обладают большим внутренним сопротивлением и большим газовыделением. Кроме того на понижение отдачи влияет большая разница между напряжениями заряда и разряда.

Отдача по емкости у никель-железных аккумуляторов в нормальных условиях (при нормальной величине зарядного и разрядного токов) составляет 60-70%, по энергии 45-50%. Однако на практике в шахтных условиях отдача по энергии не превышает 40%.

В никель-кадмиевых аккумуляторах упомянутые выше явления оказывают более слабое влияние, и отдача несколько выше (достигает в некоторых случаях 70-75% по емкости и 50-55% по энергии). Учитывая среднюю величину отдачи, зарядная емкость щелочного аккумулятора (А·ч) может быть определена по упрощенной формуле

$$C_3 = 1,5C_n,$$

где C_n – номинальная емкость, А·ч.

Отдача в значительной степени зависит от зарядного тока – чем выше последний, тем ниже отдача. Это явление объясняется тем, что при повышении тока увеличивается количество выделяющихся у электродов кислорода и водорода, и, следовательно, большая часть газов, не вступая во взаимодействие с активной массой пластин, бесполезно выделяется из электролита в воздух.

Свинцово-кислотные аккумуляторы имеют неплохие энергетические характеристики, а разработка герметизированных их подвидов позволит снизить затраты на эксплуатацию этих источников тока для рудничных электровозов.

Удельные весовые и объемные характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов 20-40 Вт·ч/кг и 50-100 Вт·ч/л соответственно. При малых и средних токах разряда электрод разряжается более равномерно, и коэффициент использования активных масс увеличивается, но не более чем до 65-80%. По мере разряда, внутреннее сопротивление свинцового аккумулятора увеличивается из-за роста сопротивления активных масс и электролита. При температуре ниже 0°С, внутреннее сопротивление аккумуляторов значительно увеличивается.

На рис. 10.2 показаны типичные кривые заряда свинцово-кислотного аккумулятора средним током 0,05С в течении 20часов.

Заряд ведется при постоянном токе 0,1С на первом этапе и постоянном напряжении на втором. Большинство производителей рекомендуют заряжать аккумулятор при постоянном напряжении до 2,4-2,45В на один элемент.

Из рис. 10.2 видно, что около 90% $C_{раз}$ аккумуляторная батарея получает при заряде стабилизированным током. Необходимый перезаряд (до 110%) может быть обеспечен в режиме стабилизации напряжения при снижении зарядного тока до 0,02С.

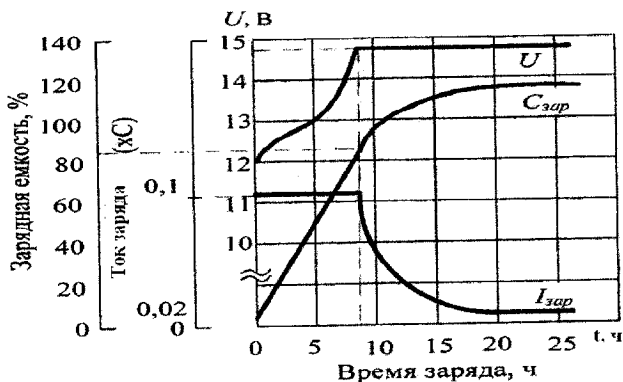


Рис. 10.2. Зарядные характеристики герметизированной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи

Ускорение процесса заряда аккумулятора достигается увеличением зарядного тока. Максимально рекомендуемая величина зарядного тока не должна превышать $0,3C$.

Существенное влияние на разрядные характеристики герметизированного аккумулятора оказывают глубина разряда и величина перезаряда. Глубокие разряды и перезаряды аккумуляторов сокращают срок их службы.

Современные литий-ионные аккумуляторы достигли высоких удельных показателей: $100-180 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$ и $250-400 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{л}$. Рабочее напряжение аккумуляторов $3,5-3,7\text{В}$. Современные аккумуляторы работоспособны при токах разряда до $20C$. Отношение зарядной емкости литий-ионных аккумуляторов к их разрядной емкости близко к единице, к.п.д. достигает $0,97$. Как правило, количество циклов перезаряда аккумулятора не более 1000 .

На рис.10.3 приведена разрядная характеристика литий-ионного аккумулятора при температуре окружающей среды $+20^\circ\text{C}$ и различных токах разряда.

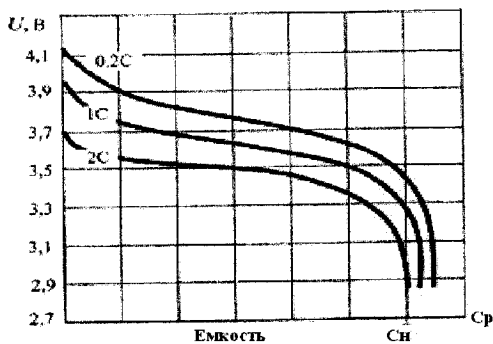


Рис. 10.3. Разрядная характеристика литий-ионного аккумулятора

Как видно из графика, для данного аккумулятора разряд в широком диапазоне токов нагрузки (0,2С, 1С и 2С) не оказывает существенного влияния на его разрядные характеристики, вследствие низкого внутреннего сопротивления, что особенно ценно для тяговых электроприводов.

График, иллюстрирующий процесс заряда литий-ионного аккумулятора представлен на рис. 10.4.

При заряде разряженного аккумулятора до предельного напряжения 4,2В обычно сообщается до 80% номинальной емкости (этап 1). Полный заряд достигается при постоянном напряжении в режиме падающего тока до величины 0,03С (этап 2, рис. 10.4).

Преимущества литий-ионных аккумуляторов:

- низкий саморазряд;
- отсутствие эффекта памяти;
- самая высокая запасаемая удельная энергия;
- высокое напряжение единичного элемента (3,6V против 1,2V у NiCd);
- не требуют периодического обслуживания.

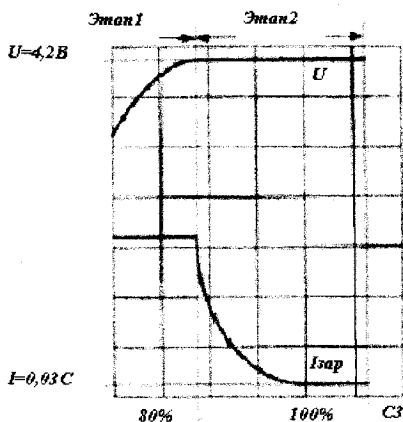


Рис. 10.4. Режим заряда литий-ионного аккумулятора

Недостатки:

- высокая стоимость;
- сложность построения систем заряда;
- меньшее число циклов заряд-разряд относительно NiCd;
- требуют обязательного наличия электронных схем защиты.

Помимо рассмотренных имеются и другие виды аккумуляторов, которые в дальнейшем можно будет рассматривать как возможные варианты для рудничных электровозов. Работы по созданию аккумуляторов активно продолжаются учеными США, Японии и ряда других стран.

10.2 Техническое обслуживание аккумуляторных батарей

Техническое обслуживание аккумуляторных тяговых батарей (ТАБ) для шахтных электровозов – это последовательное выполнение технологических операций для поддержания их работоспособности [4].

Техническое обслуживание (ТО) ТАБ включает:

- ежесменное (ТО1);
- еженедельное (ТО2);
- ежемесячное (ТО3);
- ежеквартальное (ТО4);
- ежегодное (ТО5).

Приборы и оборудование для контроля основных эксплуатационных характеристик аккумуляторных батарей при выполнении ТО приведены в таблице 10.2.

Рекомендуемые объемы и периодичность проведения ТО кислотных и щелочных аккумуляторных батарей приведены в таблицах 10.3 и 10.4.

Кроме систематического наружного осмотра аккумуляторных батарей, проводимого перед каждым зарядом (текущий осмотр), необходимо проводить систему профилактических мероприятий, имеющих целью обеспечить безупречное состояние и нормальную эксплуатацию аккумуляторного хозяйства и предупредить возможность серьезных неисправностей и выход из строя аккумуляторов.

С целью возобновления работоспособности и предотвращения преждевременного выхода из строя аккумуляторных батарей необходимо выполнять следующие виды ремонта:

- а) текущий ремонт;
- б) капитальный ремонт.

Текущий ремонт аккумуляторных батарей выполняется в подземных зарядных камерах или в зарядной мастерской на поверхности шахты.

Запрещено проведение этих работ в горных выработках угольных шахт.

Инструменты, приборы и оборудование для проведения ТО и текущего
ремонта

Название инструмента, приборов и оборудования	Назначение
Вольтметр постоянного тока класса точности не ниже 1,0 с внутренним сопротивлением не менее чем 20 кОм	Измерение напряжения
Амперметр постоянного тока класса точности не ниже 1,5 с набором шунтов	Измерение тока
Часы	Измерение времени
Термометр жидкостный с ценой деления 0,5°	Измерение температуры
Ареометры для электролита АЕ-2 или АЕ-3	Измерение плотности электролита
Динамометрический ключ со шкалой измерения 30 Н.	Контроль усилия завинчивания
Щетка из мягкой стальной проволоки	Очистка загрязненных поверхностей
Кислотостойкая (щелочестойкая) посуда (эбонитовая, из жесткой резины, из огнеупорной пластмассы)	Для приготовления и хранения электролита
Груша резиновая	Для отбора лишнего электролита
Лейка эбонитовая или полиэтиленовая	Для заливки электролита
Трубка стеклянная с внутренним диаметром 4-6 мм и черточками делений на 10, 15 и 20 мм	Контроль уровня электролита в аккумуляторах
Разрядно-зарядное устройство РЗУ РП	Для заряда и определения фактической емкости аккумуляторов
Очки защитные, перчатки резиновые, передник резиновый, калоши	Для индивидуальной защиты рабочего
Весы для статического взвешивания	Взвешивание реактивов

Объемы и периодичность проведения ТО кислотных
аккумуляторных батарей

Вид работ по проведению ТО	Ежемесячное ТО1	Еженедельно е ТО2	Ежемесячное ТО3	Ежеквартальное ТО4	Ежегодное ТО5
1. Проверка сопротивления изоляции	+	+	+	+	+
2. Очистка поверхности аккумуляторной батареи и вентиляционных каналов пробок	+	+	+	+	+
3. Проверка плотности электролита в 3-5 аккумуляторах	+	+	+	+	+
4. Проверка уровня электролита во всех аккумуляторах	+	+	+	+	+
5. Проверка состояния межэлементных соединений и выводов аккумуляторов	+	+	+	+	+
6. Заряд аккумуляторных батарей	+	+	+	+	+
7. Проведение уравнивающего заряда	-	+	+	+	+
8. Проведение визуальной проверки состояния крепления аккумуляторов в батарейном ящике	-	+	+	+	+
9. Проверка плотности электролита во всех аккумуляторах	-	-	+	+	+
10. Проверка болтовых соединений, состояния электроизоляционного покрытия поверхности батарейного ящика	-	-	+	+	+
11. Проведение контрольного разряда	-	-	-	+	+
12. Проверка электрической емкости аккумуляторной батареи	-	-	-	-	+
<p>Примечание. Знак «+» означает выполнение работы данного вида ТО. Знак «-» означает невыполнение работы данного вида ТО.</p>					

Объемы и периодичность ТО щелочных аккумуляторных батарей

Вид работ по ТО	Е-смен нос ТО1	Е-недель нос ТО2	Е-месяч нос ТО3	Е-кварт льное ТО4	Е-год нос ТО5
1. Проверка сопротивления изоляции	+	+	+	+	+
2. Очистка поверхности аккумуляторов, проверка вентиляционных клапанов	+	+	+	+	+
3. Проверка плотности электролита в 3-5 аккумуляторах	+	-	-	-	-
4. Проверка уровня электролита во всех аккумуляторах	+	+	+	+	+
5. Проверка состояния межэлементных соединений и выводов аккумуляторов	+	+	+	+	+
6. Заряд аккумуляторных батарей	+	+	+	+	+
7. Проведение усиленного заряда батареи	-	+	-	-	-
8. Проведение визуальной проверки состояния крепления аккумуляторов в батарейном ящике	-	+	+	+	+
9. Проверка плотности электролита во всех аккумуляторах	-	-	+	+	+
10. Проверка напряжения каждого аккумулятора перед зарядом	-	+	+	+	+
11. Проверка болтовых соединений, состояния электроизоляционного покрытия поверхности батарейного ящика	-	-	+	+	+
12. Проведение двух тренировочных и одного контрольного цикла	-	-	+	+	+
13. Хим. анализ электролита на наличие щелочей и карбонатов	-	-	-	+	+
14. Проверка конечного напряжения аккумуляторной батареи во время разряда	-	-	-	+	+
15. Замена электролита	-	-	-	-	+
16. Проверка электрической емкости батареи	-	-	-	+	+
Примечание. Знак «+» означает выполнение работы данного вида ТО. Знак «-» означает невыполнение работы данного вида ТО.					

При текущем ремонте аккумуляторных батарей выполняют следующие виды работ:

- восстановление сопротивления изоляции электрических цепей ТАБ;
- замена электролита щелочных ТАБ;
- восстановление электрической емкости аккумуляторов;
- замена неисправных аккумуляторов ТАБ.

Осмотр и текущий ремонт аккумуляторных батарей должен выполняться:

- один раз в сутки дежурным персоналом в гараже;
- еженедельно техническим персоналом участка.

При этом проверяются:

— состояние перемычек и гаек на шпильках аккумуляторов и плотность их затяжки;

— состояние аккумуляторов, батарейного ящика и качество крепления аккумуляторов (аккумуляторы должны быть сухими и чистыми, без нарушения целостности изоляции и плотно прижаты один к другому);

— сопротивление изоляции батареи;

— уровень электролита во всех аккумуляторах (в случае необходимости произвести дозаливку);

— плотность электролита в 3÷5 аккумуляторах.

Температура электролита перед началом зарядки не должна превышать «+» 35°C, а в процессе зарядки — «+» 45°C.

Для щелочных батарей текущий ремонт сводится к усиленному заряду и доливке электролита в аккумуляторы, а средний ремонт (один раз в год) — к смене электролита. Разборка и сборка щелочных аккумуляторов на практике почти не применяется.

Ремонт аккумуляторов должен производиться в отдельном, изолированном и оборудованном для этой цели помещении, лучше — в ремонтной мастерской на поверхности, но ни в коем случае не в зарядной камере.

Для качественного выполнения технического обслуживания и ремонта ТАБ мастерская на поверхности шахты должна быть оборудована зарядно-разрядным устройством типа РЗУ-РП, или другим оборудованием с аналогичными функциональными возможностями для проведения контрольно-тренировочных циклов.

В ремонтной мастерской производятся следующие работы:

— проверка аккумуляторов и батарей по прибытии их на шахту с предприятия-изготовителя;

— монтаж аккумуляторов в батарейном ящике;

— тренировочные и контрольные заряды и разряды батарей;

— промывка аккумуляторных элементов;

— ремонт и переборка элементов;

— анализ качества и смена электролита;

— приготовление электролита и запасных аккумуляторов;

— испытания аккумуляторов.

Для этого мастерская должна быть оборудована специальными ваннами и баками, ареометрами, термометрами, различными трубками и пробирками.

Изложенные ниже основные правила ухода за щелочными аккумуляторными батареями не исчерпывают всех вопросов, связанных с эксплуатацией батарей. Поэтому следует в каждом отдельном случае подробно ознакомиться с заводскими инструкциями по уходу за аккумуляторными батареями соответствующих типов.

Тренировка аккумуляторов. Перед пуском в эксплуатацию никель-железные и никель-кадмиевые аккумуляторы должны быть подвергнуты так называемой тренировке, которая заключается в проведении двух тренировочных и одного контрольного циклов заряда-разряда.

Аккумуляторы разных типов требуют различных величин тока при тренировке.

Порядок проведения тренировки и величины токов обычно указывают в заводских инструкциях. Для тренировочных циклов заряд должен производиться нормальным зарядным током в течение 12 час, разряд — нормальным разрядным током пятнадцатого режима до напряжения 1В на аккумулятор.

Контрольный цикл проводится следующим образом: заряд нормальным зарядным током в течение 6 час, разряд — до напряжения 1В в расчете на один аккумулятор.

Отдаваемая емкость при этом должна быть не менее номинальной.

Аккумуляторы, имеющие через 5 часов (во время контрольного разряда) напряжение 1В и выше, считаются годными к нормальной эксплуатации; эти аккумуляторы монтируются в батарею. Аккумуляторам, имеющим менее 1В, дают еще два тренировочных цикла.

Режим нормального заряда и разряда батареи. Перед каждым зарядом необходимо тщательно осмотреть батарею аккумуляторов, очистить наружные части от пыли и грязи, проверить состояние контактов.

Зажимы, крышки и межэлементные соединения щелочных аккумуляторов должны быть всегда покрыты свободным от кислот вазелином.

Прежде чем приступить к заряду, необходимо проверить уровень электролита в каждом элементе, и в случае необходимости произвести доливку до надлежащего уровня чистой или подщелоченной водой.

Заряд щелочных аккумуляторов производят нормальным зарядным током, установленным заводом. Продолжительность заряда 6 час. Об окончании заряда можно судить по показаниям счетчика ампер-часов, в случае отсутствия — по напряжению и продолжительности заряда.

В процессе заряда необходимо следить за тем, чтобы температура электролита не поднималась выше величины, установленной заводом (45°C). В случае повышения температуры выше указанной величины, необходимо проверить заряд и дать аккумулятору остыть в течение 1-2 час, затем заряд можно продолжить.

Разряд щелочных аккумуляторов может производиться различным током. Кратковременные разряды током, превышающим ток одночасового режима, не причиняют особого вреда аккумулятору.

Запрещается разряжать щелочную батарею после достижения напряжения 1В на элемент.

Промывать батарею согласно заводской инструкции нужно каждые 6 месяцев. При этом батарее нужно очистить от осадков. Длительность промывки 30-40 минут.

Смена электролита. Электролит щелочного элемента с течением времени приходит в негодность, переходя под влиянием проникающей внутрь сосуда углекислоты воздуха в раствор углекислого натра. По этой причине с течением времени возрастает внутреннее сопротивление элемента, повышается плотность электролита и уменьшается емкость. Смену электролита в щелочном аккумуляторе необходимо производить через каждые 200 циклов заряда-разряда, но не реже одного раза в год, при этом удаляется осевший на дно сосуда шлам.

Перед сменой электролита батарею разряжают нормальным током, после чего старый электролит выливают, энергично встряхивая каждый аккумулятор для удаления грязи из сосуда, соблюдая при этом все необходимые правила безопасности и осторожности обращения с электролитом. После удаления старого электролита аккумуляторы заливают водой и оставляют на сутки. Затем воду выливают и аккумуляторы заливают свежим электролитом. После смены электролита проводят усиленный заряд батареи.

Усиленный заряд. Через каждые 10-12 циклов и после замены электролита необходимо производить так называемый усиленный заряд щелочной батареи, который заключается в том, что в течение 10 часов аккумуляторы заряжаются нормальным зарядным током.

Неисправности щелочных аккумуляторов. По своей конструкции и свойствам щелочные аккумуляторы более устойчивы, чем кислотные, и поэтому менее склонны к повреждению.

Наиболее частой неисправностью щелочных аккумуляторов является потеря емкости, что происходит вследствие чрезмерного количества углекислого натра в электролите. Углекислота попадает в электролит не только из воздуха (через неисправные клапаны), но и с дистиллированной водой, когда последняя хранится не в герметически закрытых бутылках.

Дистиллированная вода способна поглотить довольно большое количество углекислоты из воздуха. В обычных случаях восстановление емкости достигается заменой электролита.

Потеря емкости может явиться также результатом систематических глубоких разрядов или недозарядов, длительного бездействия и редко происходящих полных разрядов.

Поэтому наилучшими условиями сохранения емкости при электролите нормальной плотности нужно признать заряд и разряд щелочных аккумуляторов нормальным током.

В случае частичной потери емкости элемент должен подвергнуться усиленному заряду.

Емкость может понизиться также вследствие короткого замыкания или утечки из-за низкой изоляции элементов.

Внутреннее короткое замыкание в аккумуляторах происходит в исключительных случаях от чрезмерного накопления шламов. Поэтому надо строго следить за тем, чтобы элементы не слишком загрязнились осадками.

Ремонтные мастерские для аккумуляторных электровозов должны оснащаться приспособлениями для извлечения аккумуляторов из батарейных ящиков.

При эксплуатации и техническом обслуживании кислотных батарей типа «Рд» необходимо соблюдать следующие требования:

— для того чтобы аккумулятор достиг максимального срока службы, необходимо заряжать его током $(0,1 \div 0,2) C$ до напряжения 2,4В на элемент.

Далее аккумулятор заряжать током $(0,035 \div 0,05) C$ до 2,65В на элемент. После достижения напряжения 2,65В на элементе необходимо прекратить заряд.

Чрезмерный заряд аккумулятора вызывает повышенную коррозию плюсовой пластины, которая сокращает срок его службы;

— контролировать качество подсоединения кабелей. Кабели, предназначенные для подсоединения аккумуляторной батареи к электродвигателю и зарядному устройству, должны иметь качественное соединение на клеммах и разъемах. Некачественное соединение приводит к неполному заряду аккумуляторной батареи и повышению нагрузки на аккумуляторную батарею во время её эксплуатации. Во время эксплуатации аккумуляторных батарей, в которых подсоединение отдельных элементов производится при помощи соединительных кабелей с болтовым соединением, необходимо регулярно контролировать эти соединения, при необходимости разбирать, чистить и консервировать техническим вазелином и зажимать плотно, используя при этом динамометрический ключ;

— аккумуляторную батарею недопустимо разряжать до напряжения 1,70В на каждый элемент и ниже.

Такую аккумуляторную батарею необходимо подзарядить выравнивающим напряжением.

Необходимо контролировать напряжение аккумуляторной батареи во время работы, когда аккумуляторная батарея находится под нагрузкой;

— запрещается оставлять аккумуляторную батарею в разряженном состоянии более 12 часов!

Длительное хранение аккумуляторной батареи в разряженном состоянии вызывает ускоренную сульфатацию электродов;

— запрещается аккумуляторную батарею перезаряжать! Под термином «перезарядка» аккумуляторной батареи подразумевается дальнейшее продолжение зарядки аккумулятора после достижения напряжения 2,40В на элемент, или дальнейшая зарядка батареи при превышении температуры

элемента 45°-50°С. Перезарядка аккумулятора вызывает интенсивный электролиз воды, выделение газа, под влиянием которых происходит ускоренная коррозия электродов, и тем самым снижение срока службы аккумуляторной батареи.

Нужно поддерживать необходимый уровень электролита в элементах. Во время зарядки аккумуляторной батареи из-за химической реакции, которая в них происходит, и повышения температуры уровень электролита поднимается на 10-20 мм.

При высоком уровне электролита он может вытечь из элемента. Низкий уровень электролита вызывает снижение емкости аккумуляторной батареи, возникает возможность выпадения окиси свинца с полюсных выводов или полюсного моста, тем самым может произойти замыкание внутри элемента, а также перегрев верхней открытой части элемента;

— перед зарядкой аккумуляторной батареи необходимо проконтролировать её состояние, способ эксплуатации и на основании этого выбрать самый подходящий режим зарядки;

— необходимо помнить о том, что нельзя одним и тем же способом (использованием только одной характеристики заряда) заряжать аккумулятор с разной степенью разряда;

— во время заряда температура элементов не должна превышать 45-50°С. В случае превышения указанной температуры необходимо проверить техническое состояние батареи;

— аккумуляторную батарею необходимо хранить в сухом и чистом состоянии. Пробки отдельных элементов должны быть всегда сухими и чистыми.

Влажность поверхности пробок элементов батареи вызывает некачественный заряд отдельных элементов и их неконтролируемый саморазряд, что влияет на их емкость, а этим самым на всю батарею и на её срок службы.

Электролит, разлитый на поверхности аккумуляторной батареи вызывает преждевременное нарушение изоляции, электрическую коррозию металлических частей корпуса, повышение саморазряда.

Очистку поверхности аккумулятора можно проводить двумя способами:

— поверхность элементов (аккумулятор) вытереть чистой тряпкой;

— аккумулятор помыть водой, а потом высушить сжатым воздухом или вытереть сухой, чистой тряпкой.

Давление сжатого воздуха должно быть не более 5 атм.

Большее давление может повредить пробки. Дистиллированная вода, налитая на корпус, вытечет через отверстия в его нижней части.

Дистиллированная вода доливается в конце заряда с помощью шланга, присоединенного к сосуду с водой.

После окончания заряда необходимо выдержать аккумулятор без нагрузки 2 часа, чтобы закончился процесс газовыделения. После этого аккумулятор готов для дальнейшего применения.

Во время доливки воды необходимо контролировать по индикатору её уровень и не вытекает ли вода из-под крышки.

Если вода вытекает из-под крышки, то это означает, что при сильном сотрясении упал поплавок. Это может произойти при неосторожном монтаже. Такую пробку необходимо заменить.

Материалы, используемые во время технического обслуживания и ремонта аккумуляторов и аккумуляторных батарей, должны иметь сертификаты соответствия.

Используемые химические компоненты должны иметь соответствующую упаковку и срок годности.

Для приготовления электролита используются следующие материалы:

- натр едкий технический марки РХ первого сорта или марки ТР;
- гидроокись калия техническая высшего или первого сорта;
- гидроокись лития техническая;
- кислота серная аккумуляторная;
- вода дистиллированная.

На каждой шахте должна быть установка для приготовления дистиллированной воды, которая доливается в аккумуляторы во время их обслуживания [8].

Приготовление щелочного или кислотного электролитов проводят согласно эксплуатационной документации на соответствующий тип аккумуляторной батареи.

Все работы по ТО должны регистрироваться в специальном журнале. Формы журнала регистрации работ по проведению ТО щелочных и кислотных аккумуляторных батарей должны соответствовать требованиям.

ТО и текущий ремонт ТАБ проводят по графику, разработанному механиком участка шахтного транспорта и утвержденному главным инженером шахты.

Контроль за организацией ТО и текущего ремонта аккумуляторных батарей осуществляет заместитель директора шахты по производству (заместитель директора шахты по транспорту).

ТО и текущий ремонт аккумуляторных батарей должны выполнять электрослесари не ниже III разряда под руководством механика УШТ.

На поверхности шахты техническое обслуживание и ремонт аккумуляторных батарей выполняет зарядчик, подчиняющийся механику УШТ.

Капитальный ремонт аккумуляторных батарей необходимо выполнять согласно требованиям ремонтной документации на специализированных предприятиях.

Проверка работоспособности аккумуляторных батарей. Проверять работоспособность кислотных и щелочных аккумуляторных батарей с целью установления пригодности их к последующей эксплуатации необходимо по окончании гарантийного срока эксплуатации или при потере работоспособности (батарея быстро разряжается, сопротивление изоляции электрических цепей меньше допустимого, напряжение полностью заряженной

ТАБ ниже паспортного значения) специальной комиссией, которая назначается приказом по шахте под руководством главного энергетика.

При проверке работоспособности аккумуляторных батарей нужно проверить (по методике, приведенной в инструкции по техническому обслуживанию и ремонту аккумуляторной батареи):

- а) фактическую емкость аккумуляторной батареи;
- б) сопротивление изоляции;
- в) качество электролита.

В случае несоответствия хотя бы одного из вышеперечисленных показателей требованиям эксплуатационной документации, аккумуляторную батарею нужно отправить в текущий или капитальный ремонт.

Подготовка аккумуляторных батарей к эксплуатации. При подготовке аккумуляторных батарей к эксплуатации необходимо выполнить работы, предусмотренные эксплуатационной документацией на аккумуляторную батарею.

ТО кислотных аккумуляторных батарей перед введением их в эксплуатацию включает:

а) для кислотных батарей, которые поставляются залитыми электролитом и с формованными пластинами (батарея полностью смонтирована, залита электролитом и прошла формовочный заряд), нужно проверить:

- 1) комплектность батареи согласно требованиям эксплуатационной документации;
- 2) отсутствие механических повреждений;
- 3) исправность электрических выводов;
- 4) напряжение разомкнутой цепи каждого из аккумуляторов, которое должно быть не меньше чем 2,06 В;
- 5) уровень электролита во всех аккумуляторах;
- 6) плотность электролита избирательно в 10 аккумуляторах (плотность электролита должна быть $(1,27 \pm 0,02)$ Г/см³ при температуре +30°C);
- 7) надежность затяжки болтов соединительных перемычек, очистить батарею от пыли и других загрязнений.

При этом необходимо:

— просушить поверхность аккумуляторных батарей;
— подключить выходные кабели зарядного устройства к плюсовому и отрицательному выводам батареи, соблюдая полярность;

б) для кислотных батарей, которые поставляются сухозаряженными, нужно проверить:

- 1) комплектность батареи согласно требованиям эксплуатационной документации;
- 2) отсутствие механических повреждений;
- 3) исправность электрических выводов;
- 4) надежность затяжки болтов соединительных перемычек;
- 5) общее напряжение аккумуляторной батареи согласно эксплуатационной документации завода-изготовителя.

При этом необходимо:

- очистить батарею от пыли и других загрязнений;
- просушить батарею, особенно крышки аккумуляторов, и вынуть из крышек аккумуляторов транспортные пробки или вентили байонетного типа;
- залить аккумуляторы электролитом с температурой и плотностью, согласно эксплуатационной документации завода-изготовителя, выше уровня предохранительной решетки не менее чем на 15 мм;
- измерить значение температуры и плотности электролита в каждом аккумуляторе через 30 мин. после заливки электролита. Полученные значения температуры и плотности занести в журнал;
- после выдержки, которая установлена эксплуатационной документацией завода-изготовителя, необходимо скорректировать уровень электролита в аккумуляторах;
- дополнительно проверить и скорректировать уровень электролита во всех аккумуляторах не ранее чем через 2 часа после заливки электролита;

Во время ТО щелочных аккумуляторных батарей перед введением их в эксплуатацию необходимо:

- 1) проверить комплектность батареи согласно требованиям эксплуатационной документации;
- 2) очистить поверхность аккумуляторов батареи от пыли и других загрязнений;
- 3) снять с аккумуляторов перемычки, вынуть аккумуляторы из батарейного ящика (для ТАБ поставляемых с батарейным ящиком);
- 4) проверить сопротивление изоляции аккумуляторов;
- 5) проверить наличие напряжения на аккумуляторах;
- 6) установить аккумуляторы на специальном стеллаже;
- 7) соединить аккумуляторы последовательно перемычками согласно требованиям эксплуатационной документации;
- 8) залить в аккумуляторы электролит (плотность и объем электролита в соответствии с требованиями эксплуатационной документации);
- 9) выдержать не меньше чем 2 часа и проверить уровень электролита;
- 10) проверить правильность собранной электрической схемы;
- 11) присоединить крайние аккумуляторы к зарядно-разрядному устройству, выполнить пять тренировочных и один контрольный циклы согласно требованиям эксплуатационной документации;
- 12) смонтировать аккумуляторную батарею в батарейном ящике.

10.3 Батарейные ящики

Батарейные ящики предназначены для размещения в них аккумуляторных элементов и защиты последних от механических повреждений и попадания воды.

Батарейные ящики сваривают из стальных листов толщиной 6-8 мм, а для жесткости окаймляют с верхней наружной стороны стальными полосами. У

батарейных ящиков электровозов АМ8Д, 2АМ8Д с наружной стороны дна приваривают три стальные полосы, которые увеличивают жесткость и служат для перекачивания батарейного ящика по роликам с зарядного стола на электровоз и обратно.

Батарейный ящик электровоза 4,5АРП2М (рис. 10.5 а) состоит из корпуса — 1, днаща — 2, стальных крышек — 3 и автомата АВР2123 — 4. Для защиты внутренней полости ящика от взрывоопасной смеси предназначены вентиляционные отверстия, расположенные в верхней части боковых стенок.

Батарейный ящик электровоза 5АРВ2 (рис. 10.5б) состоит из корпуса — 1, днаща — 2, крышки — 3, катализаторов КП6А — 4, смонтированных на крышке ящика, прибора контроля содержания водорода ПКВ-2-5 и автомата АВР2123 — 6 со встроенным счетчиком.

С целью электроизоляции аккумуляторной батареи на внутренние поверхности ящика и крышек наносят негорючее и щелочестойкое изоляционное покрытие (например, полиэтилен) толщиной не менее 3 мм.

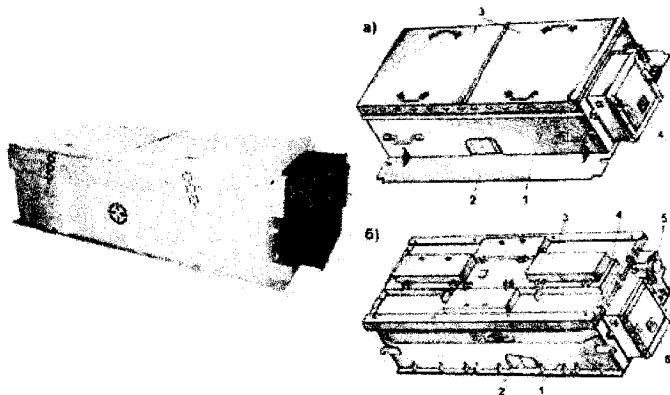


Рис. 10.5 Батарейный ящик электровозов:

- а — 4,5АРП2М: 1 — корпус; 2 — днаще; 3 — стальные крышки;
 4 — автомат АВР2123; б — 5АРВ2: 1 — корпус; 2 — днаще; 3 — крышка;
 4 — катализатор КП6А; 5 — прибор контроля содержания водорода ПКВ-2;
 6 — автомат АВР 2123 со встроенным счетчиком.

Внутренняя поверхность батарейных ящиков электровозов 4,5АРП2М, 5АРВ2М, АРП7 и АРВ7 гуммирована.

Крышка батарейного ящика имеет блокировку, которая позволяет открывать или снимать её только при снятой с электровоза батарее. В ряде конструкций ящиков снять крышку можно только с помощью специального ключа.

Батареи на электровозах заменяют с помощью кранов КЭД, которыми оборудуют зарядные камеры, а в некоторых случаях с помощью зарядных

столов. Зарядный стол состоит из четырех винтовых домкратов, стальной рамы сварной конструкции, на которой смонтированы две обоймы роликов для перекачивания ящика с аккумуляторной батареей. Зарядный стол регулируют по высоте домкратами. Диапазон регулировки — 135 мм.

На батарейных ящиках устанавливают автоматический штепсельный выключатель, служащий для подключения батареи к схеме электровоза или зарядному столу.

Отличительной особенностью устройства батарейных ящиков в исполнении РП и РВ является следующее. Повышенная надежность в батарейных ящиках достигается за счет особого механического предохранения находящихся под напряжением частей от повреждения, а также от прикосновения и проникновения посторонних тел. С целью быстрого удаления образующихся во время работы батареи газов на современных электровозах пластинчатая защита заменена вентиляционными отверстиями, через которые газ выделяется наружу. Вентиляционные отверстия устраивают также и в днище батарейного ящика.

Для стока пролитого электролита в днище ящика предусмотрены также отверстия. Во взрывобезопасных ящиках исполнения РВ сливные отверстия для стока электролита и воды выполнены с взрывобезопасными каналами.

Взрывобезопасность в батарейном ящике достигается путем создания оболочки с обязательным применением средств, предотвращающих образование взрывчатых концентраций водорода в оболочке батарейного ящика. Этого достигают путем беспламенного сжигания водорода в оболочке батареи с помощью палладиевых катализаторов КП6А.

Опыт эксплуатации показал, что в нормальных условиях при температуре воздуха внутри оболочки $35^{\circ}\pm 40^{\circ}\text{C}$ исправный катализатор способен обеспечить окисление всего водорода, который выделяется из батареи.

Температура самого катализатора $150^{\circ}\pm 200^{\circ}\text{C}$.

*Следует указать, что способ обладает целым рядом недостатков:

— при попадании брызг электролита на катализатор он теряет свою каталитическую способность;

— при потере работоспособности частью катализатора оставшаяся работоспособная часть не может окислить весь выделяющийся водород, разогревается до температуры $500^{\circ}\pm 600^{\circ}\text{C}$ и может воспалить накопившуюся в атмосфере оболочки водородно-воздушную смесь;

— конденсат, образующийся при работе катализатора за счет окисления водорода, снижает сопротивление изоляции батареи относительно корпуса, что может привести к пробоям на корпусе и короткому замыканию;

— при интенсивной работе электровоза или если оболочка батареи длительное время находится в закрытом состоянии, в атмосфере оболочки может наступить «кислородное голодание» (объем кислорода недостаточен для окисления всего объема водорода), приводящее к резкому возрастанию концентрации водорода в атмосфере оболочки батареи;

— при нарушении цепи электроподогрева катализатора взрыв метано-воздушной смеси в оболочке приводит к последующему образованию в ее атмосфере взрывчатой водородно-воздушной смеси, на взрыв которой оболочка батареи не рассчитана.

Указанные недостатки обязывают обслуживающий персонал очень внимательно относиться к проверке состояния катализаторов и поверхности аккумуляторных сосудов. С другой стороны, необходимо продолжать поиски наиболее рационального конструктивного решения способов удаления водородно-кислородной смеси.

Основным направлением таких конструктивных решений является создание принудительной вентиляции батарейного ящика, что позволяет решить две задачи — предотвращение опасной концентрации водорода в атмосфере батарейного ящика и охлаждение аккумуляторных элементов, заключенных в ящике.

В батарейных ящиках применяются щелевые пакеты, предназначенные для разгрузки ящика от внутреннего давления в случае возникновения взрыва внутри ящика и обеспечения вентиляции надэлементного пространства батареи. Изменение концентрации водорода регистрируется автоматическим газоанализатором в диапазоне от 0 до 6% и фиксируется на световом табло в кабине машиниста.

Сигнализация включается при достижении предельно допустимого значения концентрации водорода (2,5%) и выключается после снижения до допустимого уровня (1,3%).

Наиболее надежным является способ принудительной вентиляции оболочек аккумуляторных батарей с помощью специального вентилятора, двигатель которого заключен во взрывонепроницаемую оболочку.

В настоящее время ЧАО ПКФ «Амплитуда» выпускает взрывозащищенный батарейный ящик АБВ, предназначенный для установки кислотных батарей типа PzS, обеспечивающих электроснабжение силового привода аккумуляторных электровозов типа АРП8Т, применяемых в угольных шахтах, опасных по газу и пыли, у которых в соответствии с требованиями [7] допускается применение рудничного электрооборудования с уровнем взрывозащиты РВ.

Технические данные батарейных ящиков АБВ, 2АБВ [23].

Ящики разработаны в двух исполнениях — с **кислотными** аккумуляторными батареями для электровозов на колею 600 и 900мм.

Основные параметры и размеры ящиков представлены в табл. 10.5 (для одной и двух секций):

Ящик закрывается крышкой после установки и подключения батареи, соединенной с корпусом болтами. Обслуживание батареи при зарядке производится через лючки, расположенные на крышке ящика.

Ящики могут поставляться (по индивидуальному заказу) также без комплектующего электрооборудования (без батареи с ее принадлежностями и запчастями, автоматического выключателя).

Основные параметры и размеры ящиков

Наименование параметра и размера	АБВ	2АБВ
1. Род тока	Постоянный	Постоянный
2. Номинальный ток батареи, А*	250	250
3. Номинальное напряжение батареи, В*	66	130
4. Уровень и вид взрывозащиты	PB Ex db I	PB Ex db I
5. Степень защиты от внешних воздействий оболочек ящиков по ГОСТ 14254	IP54	IP54
6. Габаритные размеры, Длина, мм, не более	1300	2650
Ширина, мм, не более	890-1050	890-1050
Высота, мм, не более	775	775
7. Масса, кг, не более**	900	1850
* Технические характеристики аккумуляторных батарей устанавливаемых в ящики (зависят от батарей)		
** Масса указана без аккумуляторной батареи		

В комплект поставки ящиков в общем случае входят следующие элементы:

1. корпус для размещения секций батарей (для электровоза АРВ8Т две секции соединенные в одну);
2. крышки;
3. механизм открывания крышек при постановке батареи на заряд;
4. аккумуляторная батарея, размещенная в контейнере, с перемычками и принадлежностями, входящими в ее комплект поставки;
5. автоматический выключатель, установленный на торцевой стенке корпуса;
6. устройство заборное, для контроля концентрации водорода в надаккумуляторном пространстве ящика перед выездом на линию, установленное в крышке ящика;
7. комплект кабельной проводки для соединения электрических цепей внутри ящика;
8. табличка РВ, для прикрепления на электровоз, на котором подлежат эксплуатации взрывобезопасные ящики;
9. элементы крепления ящика к раме электровоза.

Ящики поставляются потребителю без упаковки с кислотными аккумуляторными батареями, залитыми электролитом, заряженными и с установленными перемычками и уплотняющими аккумуляторы пластинами внутри ящика.

Устройство и работа батарейных ящиков. Ящики батарейные взрывобезопасные разработаны двух типоразмеров: для электровозов (АРВ8Т) на колею 600 и 900мм с кислотными батареями.

Ящики являются взрывобезопасными оболочками с размещенными внутри тяговыми батареями и оснащены аппаратурой защиты от токов короткого замыкания и контроля заряда батареи.

Секции батареи в ящиках размещены в корпусе П-образной формы с общим надаккумуляторным газовым пространством.

Основными элементами ящиков являются: корпус; верхние крышки; батарея аккумуляторная; автоматический выключатель; элементы механизма фиксации крышек в закрытом положении; специальные захваты и гайки для крепления крышек; кабельные соединения и щитки.

Корпус ящика представляет собой жесткую сварную конструкцию, которая предназначена для размещения в них секций батарей с напряжением 66В.

Для увеличения жесткости ящика боковины усилены продольными обвязками желобчатой формы и вертикальными стойками с карманами для строповки.

В верхней части корпуса ящика по периметру выполнены фланцы сочленения корпуса с крышками.

На передней лобовой стенке корпуса расположены бобышки для крепления автоматического выключателя, отверстия с заглушками и резиновыми уплотнителями для подвода силовых кабелей от батареи к автоматическому выключателю.

Крышки ящика представляют собой плоские механически обработанные конструкции, собранные из листового проката.

По периметру крышек расположены болты крепления крышек к корпусу ящика, которые с фланцами корпуса и обеспечивают необходимый взрывозащитный зазор между соединяемыми частями ящика.

Для строповки в период монтажных работ на крышках предусмотрены специальные звенья овальной формы.

На раме электровоза батарейный ящик закрепляется двумя передними винтами через упорные планки и двумя задними винтами через упор корпуса ящика.

Автоматический выключатель предназначен для присоединения силового электрооборудования электровоза к аккумуляторной батарее и защиты его от токов короткого замыкания. Кроме того, выключатель обеспечивает возможность контроля степени заряженности, а также блокировку нулевых положений рукояток управления электровозом.

Автоматический выключатель состоит из взрывоопасного корпуса, внутри которого смонтированы два автоматических выключателя с механически соединенными рукоятками, блок управления. Для подсоединения выключателя к силовым цепям и цепям управления электровоза предусмотрены два штепсельных разъема, имеющих по два силовых контакта и по два контакта управления.

С батареей выключатель соединяется кабелями через вводную коробку.

В выключателе предусмотрены механические блокировки, обеспечивающие безопасность обслуживания при эксплуатации:

1. крышки снимаются при выключенном выключателе;
2. включение возможно только при установленных штепсельных муфтах.

Включение выключателя при снятой одной штепсельной муфте невозможно;

3. штепсельные муфты при включенном выключателе не рассоединяются;
4. замена верхней и нижней муфт между собой невозможна.

Техническая характеристика автоматического выключателя

Род тока	постоянный
Режим работы	продолжительный
Количество полюсов	4
Номинальный ток, А	150 (160)*
Номинальное напряжение, В	300
Установка тока электромагнитных расцепителей, А	600+90
Уровни срабатывания устройства индикации снижения сопротивления изоляции батареи, кОм	7+1; 10+1; 15+2;
Масса, кг	900

Более подробно сведения об устройстве и работе автоматического выключателя изложены в «Техническом описании и инструкции по эксплуатации» на выключатель.

Аккумуляторы размещаемой внутри ящика батареи соединяются гибкими кабельными перемычками. Характеристика батареи представлена в таблице 10.6, а схема соединения аккумуляторов батареи показана на рис. 10.6.

Устройство и работа батарей изложены в «Техническом описании и инструкции по эксплуатации» на батареи.

Таблица 10.6

Техническая характеристика аккумуляторных батарей

Тип	
Номинальная емкость, Ач	350-1010
Номинальное напряжение секции, В	66
Суммарное напряжение, В	132

Примечание: Напряжение батарей указано с учетом падения напряжения в перемычках до 2%

Газоанализатор автоматический предназначен для автоматического контроля и показаний содержания водорода в ящике.

Перед выездом на линию, после заряда и отстоя батареи, необходимо проверить концентрацию водорода в надаккумуляторном пространстве батарейного ящика, при закрытых крышках, пользуясь заборным устройством.

Выезд допускается при концентрации водорода не более 2,5%.

Для контроля концентрации водорода необходимо подключить газоанализатор к устройству заборному в крышке ящика (рис.) гибкой трубкой, нажать до упора и удерживать до окончания измерения кнопку устройства заборного. При включении газоанализатора воздух из ящика насосом, через

заборное устройство и соединительную трубку, подается в измерительное устройство. Измерения производить до устойчивых показаний на табло газоанализатора.

Подробные данные о газоанализаторе изложены в «Техническом описании и инструкции по эксплуатации», прилагаемом к прибору.

* - в комплект поставки не входит.

Межаппаратные кабельные соединения в ящике выполнены из кабелей типа КГУ и КГШ. При вводе во взрывонепроницаемые оболочки, кабели уплотняются во вводах посредством резиновых колец. В ящике кабели прокладываются по стенке и крепятся к корпусу скобами.

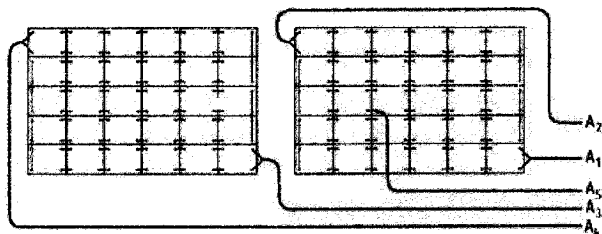


Рис.10.6. Схема соединений аккумуляторной батареи 2x30PzS

10.4 Выключатель автоматический батарейный ВАБ

Выключатели автоматические батарейные ВАБ предназначены для комплектации рудничных аккумуляторных электровозов с секционированной системой управления. Выключатели предназначены для подключения силового электрооборудования электровоза к аккумуляторной батарее, защиты его от токов короткого замыкания и обеспечения начала движения электровоза с нулевого положения рукоятки управления. Дополнительные сборочные единицы позволяют контролировать состояние изоляции и степень зараженности аккумуляторной батареи [24].

Технические характеристики приведены в таблице 10.7.

* При заряде и разряде аккумуляторной батареи в течении 3ч допускается ток 150А на каждую контактную пару (полос).

** На границах ступеней допускается высвечивание комбинаций, соответствующих как верхней, так и нижней градации остаточной емкости батареи.

*** После каждых 2000 циклов необходимо профилактическое обслуживание узла включения (регулировка положения рамки, подтяжка болтов).

**** При глубоком разряде аккумуляторной батареи выключатель автоматически выключается.

Технические характеристики ВАБ

Наименование параметра	Единицы измерения	Норма
1. Род тока		постоянный
2. Режим работы		продолжительный
3. Количество коммутируемых силовых цепей (полюсов)	шт	4
4. Номинальный ток	А	150*
5. Номинальное напряжение	В	300
6. Уставка тока электромагнитных расцепителей	А	600 \pm 120
7. Величины сопротивлений изоляции срабатывания устройства индикации снижения сопротивления изоляции (УКИ)	кОм	15 \pm 2; 10 \pm 1; 7 \pm 1;
8. Способ индикации сопротивления изоляции		световой
9. Ступени контроля остаточной емкости аккумуляторной батареи, %, включительно****		100-90** 90-50 50-25 25-5 Нормальный разряд глубокий разряд
10. Способ индикации остаточной емкости****		световой
11. Уставка тока устройства контроля остаточной емкости**** - для аккумуляторов ТНЖШ-350, ТНК-400 - для аккумуляторов ТНЖШ-500, ТНЖШ-550 - для аккумуляторов ТНЖШ-650	А	125 \pm 5 175 \pm 8 217 $\overset{+1}{-10}$
12. Общая износостойкость, цикл**** В том числе: Коммутационная износостойкость, цикл Механическая износостойкость, цикл Уставка отключения выключателя при перегрузке по току	А	16000 10000 6000 270-330

Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя приведены на рис.10.7.

Выключатель состоит из двух автоматов 1 (рис.10.7), блока управления 2, панели 4 с двумя световыми табло, шунта 12, установленных во взрывобезопасном корпусе – 3, закрываемым крышкой 13, планки 11, соединенной с ручкой 10.

Электрический монтаж внутри корпуса выключателя выполнен гибким проводом, концы которого подсоединены к шпилькам, проходящим через изоляторы в коробку выводов 5. Коробка выводов закрывается крышкой 6.

Выключатель подсоединяется к источнику питания кабелями КГН 1x35 и КГН 1x2.5 через коробку выводов.

Для ввода токопроводящих кабелей в коробке выводов ввинчены пробки 7 с резиновым уплотнительным кольцом 8.

Выключатель подсоединяется к электрооборудованию электровоза кабелем КГН 3x35+1x10 при помощи штепсельных муфт 9. Штепсельные соединения имеют два силовых контакта и два контакта цепей управления. Выключатель защищен резиновым уплотнением от проникновения влаги и пыли внутрь корпуса.

Схема электрическая принципиальная выключателя ВАБ приведена на рис.10.8.

Положительные полюса секций аккумуляторной батареи присоединяются к клеммам +АБ1, АБ3, а отрицательные – к клеммам –АБ2, АБ4. При включении выключателя замыкаются главные контакты QF1, QF2 и напряжение подается на силовые контакты разъемов X1, X2, а также на блоки DS1 и DS2, конструктивно входящие в блок управления (БУ).

Блок DS1 состоит из электронной схемы блокировки нулевого положения контроллера (БКН) и схемы контроля изоляции аккумуляторной батареи (УКИ). Блок DS2 включает в себя схему контроля заряженности аккумуляторной батареи (БКЗ).

Схема блокировки нулевого положения предназначена для предотвращения возможности включения автоматов QF1, QF2 в рабочем положении контроллера.

Защита электрооборудования от токов короткого замыкания осуществляется электромагнитными расцепителями максимального тока, воздействующими на механизм отключения автоматов.

Схема контроля изоляции аккумуляторной батареи предназначена для измерения сопротивления изоляции батареи и индикации этой величины на световом табло.

Схема контроля заряженности аккумуляторной батареи предназначена для измерения остаточной емкости батареи и индикации этой величины на световом табло, а также для автоматического отключения выключателя при перегрузке по току и при глубоком разряде батареи.

В разделе описана работа выключателя, установленного на электровозе АРП8Т(АМ8Д) (колея 600мм, батарея емкостью 350 А·ч). При установке выключателя на других типах электровозов (АРП7, АРП10), следует установить необходимые перемычки на ножевой колодке разъема X3.

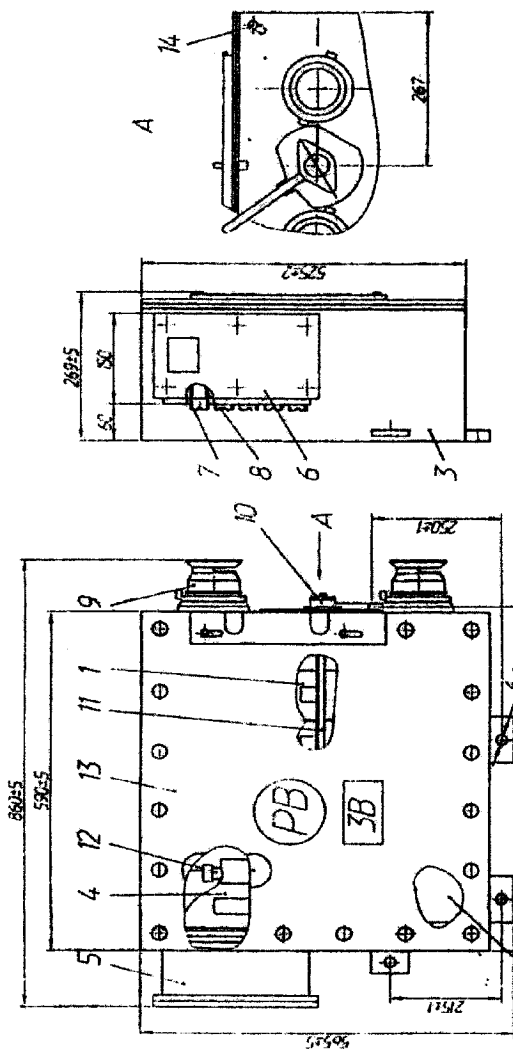


Рис. 10.7. Выключатель ВАБ

1 — автоматический выключатель АЗ721БУЗ; 2 — блок управления; 3 — корпус; 4 — панель; 5 — коробка выводов; 6 — крышка коробки выводов; 7 — пробка; 8 — кольцо резиновое; 9 — вилка соединительная; 10 — рукоятка; 11 — планка; 12 — шунт; 13 — крышка; 14 — рычаг.

Схема БКН и УКИ представлена на рисунке 10.9.

В схему блокировки, кроме БКН, входят независимые расцепители автоматов QF1, QF2 и блок-контакт контроллера.

Схема работает следующим образом. В нулевом положении контроллера его блок-контакт разомкнут, что обеспечивает возможность включения автоматов QF1, QF2 поскольку цепь питания силовой части тиристора VS1 отсутствует.

После включения автоматов напряжение одной секции аккумуляторной батареи подается на клеммы 19-A2 БКН. При этом транзистор VT1 открывается и через резистор R2, эмиттер-коллектор транзистора и управляющий электрод тиристора VS1 заряжается конденсатор C3, по окончании заряда которого протекание тока прекращается.

При переводе контроллера на рабочие позиции его блок-контакт замыкается, однако тиристор VS1 не включается, так как конденсатор находится в заряженном состоянии и ток через управляющий электрод тиристора не протекает.

Если в рабочем положении контроллера произошло отключение автоматов QF1, QF2, а затем они были включены, то конденсатор C3 (в период отключения автоматов) разрядится через резистор R1 и диод VD2, а затем начнется его заряд по описанной ранее цепи, в результате чего тиристор VS1 откроется и отключатся автоматы.

Таким образом, схема блокировки позволяет включать автоматы QF1, QF2 только в нулевом положении контроллера.

При скачкообразном изменении напряжения питания, что возможно при переключении режимов тяговых двигателей, напряжение на конденсаторе C3 остается неизменным за счет стабилитрона VD3, что обеспечивает повышение помехоустойчивости схемы.

Конденсаторы C1 и C2 также способствуют повышению помехоустойчивости, а стабилитрон VD4 установлен для защиты транзистора VT1 от перенапряжений.

Схема контроля сопротивлений изоляции УКИ (рис.10.9) состоит из узла питания и устройства контроля сопротивления изоляции батареи.

Узел питания обеспечивает стабилизацию напряжения питания генератора УКИ. Узел питания представляет собой стабилизатор напряжения компенсационного типа, собранный на транзисторах VT2, VT3, VT4.

Принцип стабилизации заключается в изменении внутреннего сопротивления транзистора VT4 под действием изменения входного и выходного напряжений. В исходном состоянии элементы схемы подобраны так, чтобы напряжение, подаваемое на базу транзистора VT2, было положительным. Это возможно, если напряжение на движке потенциометра (резистора) R4 будет больше, чем падение напряжения на резисторе R7.

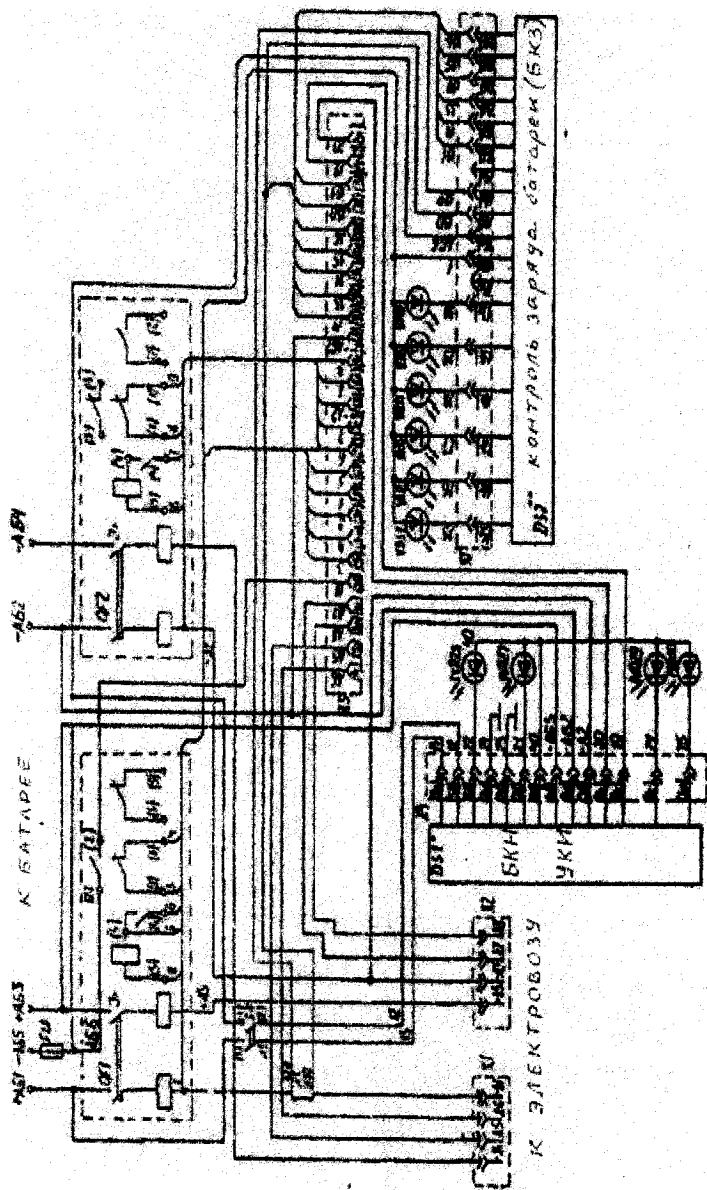


Рис.10.8 Схема электрическая принципиальная выключателя ВВ

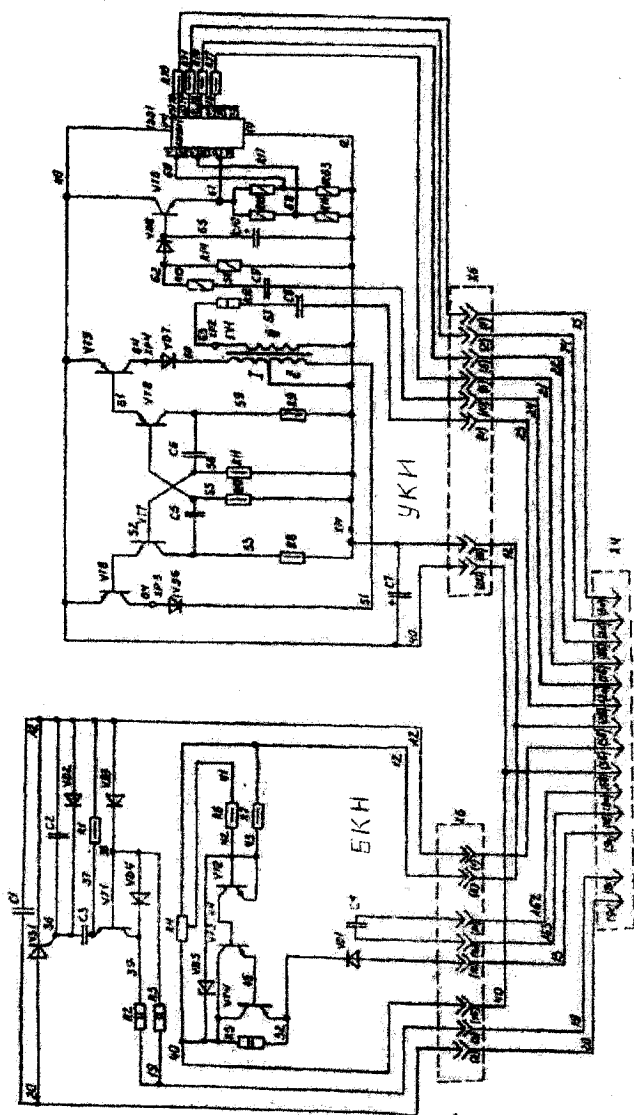


Рис.10.9. Схема электрическая принципиальная устройства БКН и УКИ

При увеличении напряжения на входе стабилизатора (эмиттер VT4) начинает расти напряжение на его выходе (коллектор VT4). При этом изменение падения напряжения на резисторе R7 равно изменению выходного напряжения на резисторе R7 равно изменению выходного напряжения стабилизатора (напряжение на стабилитроне VD5 не изменяется), а на движке потенциометра R4 изменение будет меньше, т.к. напряжение снимается только с части потенциометра R4.

Таким образом, разность напряжений между эмиттером и базой транзистора VT2 уменьшается, внутреннее сопротивление транзистора увеличивается, что ведет к увеличению внутреннего сопротивления составного регулирующего транзистора VT3, VT4. В результате напряжение на выходе стабилизатора уменьшается примерно до первоначального уровня.

В случае уменьшения входного напряжения процессы в схеме аналогичным образом приводят к увеличению выходного напряжения, поддерживая его на заданном уровне.

Резистор R5 служит для запуска схемы стабилизатора, подавая напряжение непосредственно со входа на выход, в результате чего появляется напряжение на резисторах R4,R7, транзистор VT2 включается и включает составной транзистор VT3- VT4, схема начинает работать.

ВНИМАНИЕ! Перед установкой аккумуляторной батареи на зарядку необходимо выключить тумблер SA (рис. 10.8), расположенный около верхней муфты выключателя.

После окончания цикла и отсоединения выключателя от зарядного устройства тумблер SA включить!

Устройство контроля сопротивления изоляции позволяет определить уровень изоляции аккумуляторной батареи электровоза за счет падения напряжения на сопротивлении изоляции при протекании оперативного тока.

Источником оперативного напряжения является генератор, содержащий симметричный мультивибратор на транзисторах VT7, VT8, усилитель мощности на транзисторах VT6, VT9 и трансформатор TV1.

Мультивибратор вырабатывает последовательность прямоугольных импульсов с частотой 70-90Гц. Усилитель мощности с трансформатором TV1 служит для согласования выходного сопротивления измерительной схемы и для гальванической развязки.

Регистрирующая часть схемы содержит делитель напряжения на резисторах R13, R4, выпрямительный диод VD8, эмиттерный повторитель на транзисторе VT5 с делителем напряжения R15...R17, 1R63 в эмиттерной нагрузке и три пороговых элемента на микросхеме 1DD1.

Оперативное напряжение вторичной обмотки трансформатора прикладывается между полюсом источника питания (аккумуляторной батареей) и корпусом. Падение напряжения от протекания оперативного тока через сопротивление изоляции батареи прикладывается к делителю напряжения R13, R14, часть напряжения с делителя выпрямляется с помощью диода VD8 и попадает на вход эмиттерного повторителя на транзисторе VT5.

Делитель напряжения R15...R17, 1R63, установленный в эмиттерной нагрузке повторителя, подключен к входам трех компараторов микросхемы 1DD1. Если сопротивление изоляции батареи велико ($15+2\text{кОм}$), то напряжение на эмиттере VT5 достаточно для срабатывания трех компараторов микросхемы, что приводит к включению трех светодиодов зеленого цвета 1VD28...1VD30 на световом табло «R_{из} кОм».

Если сопротивление изоляции батареи низкое ($\leq 7+1\text{кОм}$), то малое напряжение на нагрузке эмиттерного повторителя не превышает порога срабатывания компараторов и светодиоды зеленого цвета не включаются. При этом срабатывает четвертый компаратор микросхемы 1DD1, включающий светодиод 1VD27 красного цвета.

При промежуточных вариантах могут включаться один или два световых диода зеленого цвета.

Принцип действия блока контроля заряженности батареи БКЗ основан на автоматическом измерении напряжения аккумуляторов при определенном токе нагрузки. Поскольку напряжение щелочных аккумуляторов в основном зависит от остаточной емкости при заданной силе тока нагрузки, результаты измерений можно регистрировать в процентах от номинальной емкости:

$$Q = \frac{Q_{\text{ост}}}{Q_{\text{ном}}} \cdot 100, \%$$

где Q – степень заряженности батареи;

Q_{ост} – остаточная емкость;

Q_{ном} – номинальная емкость.

Принцип действия БКЗ поясняется функциональной схемой рис. 10.10.

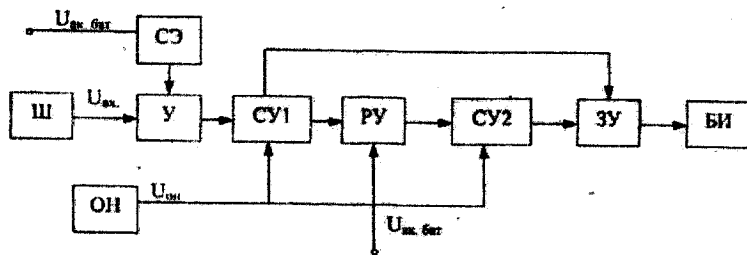


Рис. 10.10. Функциональная схема БКЗ

В состав БКЗ входят:

Ш – шунт, через который протекает ток аккумуляторной батареи;

У – усилитель сигнала $U_{\text{вх}}$ пропорционального току через шунт;

СУ1 – сравнивающее устройство, осуществляющее выдачу сигнала при совпадении входного и опорного напряжений (ОН);

РУ – разрешающее устройство, которое формирует импульс на прохождение сигнала, пропорционального величине напряжения аккумуляторной батареи;

СУ2 – сравнивающее устройство, измеряющее величину напряжения батареи в цифровой форме;

ЗУ – запоминающее устройство, фиксирующее цифровой сигнал;

БИ – блок индикации, высвечивающий показание.

Сброс показаний осуществляется схемой СУ1 в момент формирования разрешающего импульса.

Принципиальная схема БКЗ приведена на рис.10.11.

В качестве усилителя напряжения, снимаемого с шунта, использован операционный усилитель DA1.

Часть усиленного сигнала с резистора R24 через стабилитрон VD16, служащий для термостабилизации, поступает на неинвертирующий вход (выход 11) DA2. На операционном усилителе DA2 собрана схема сравнения, опорное напряжение на которую подается с делителя на резисторах R25, R26 на инвертирующий вход микросхемы (вывод 10). Когда ток в шунте снижается до $(117 \pm 5) \text{A}$ и, соответственно, снижается потенциал неинвертирующего входа DA2 (вывод 11), на выходе схемы сравнения (вывод 7) DA2 получается скачкообразный отрицательный перепад напряжения. При этом через дифференцирующую цепочку R55, C26 и два элемента 2И-НЕ микросхемы 2DD1 на входы RS-триггерон запоминающего устройства подается импульс сбора показаний предыдущего измерения.

Одновременно с этим через дифференцирующую цепочку C25, R39 на базу открытого по цепи R39, R40 транзистора VT15 разрешающего устройства поступает отрицательный импульс, что приводит к закрытию транзистора.

При этом с делителя R45, R54 на входы сравнивающего устройства на операционных усилителях DA4...DA8 (выводы 11) поступает измеряемое напряжение, пропорциональное напряжению секции аккумуляторной батареи. Инвертирующие входы DA4...DA8 (выводы 10) подключены к делителю на резисторах R48...R53.

В результате сравнения на выходах компараторов, т.е. выходах 7 (DA4...DA8), вырабатываются отрицательные импульсы, которые устанавливают RS-триггер запоминающего устройства – микросхемы 2DD1, DD2, D3 в положение, соответствующее определенной величине напряжения батареи.

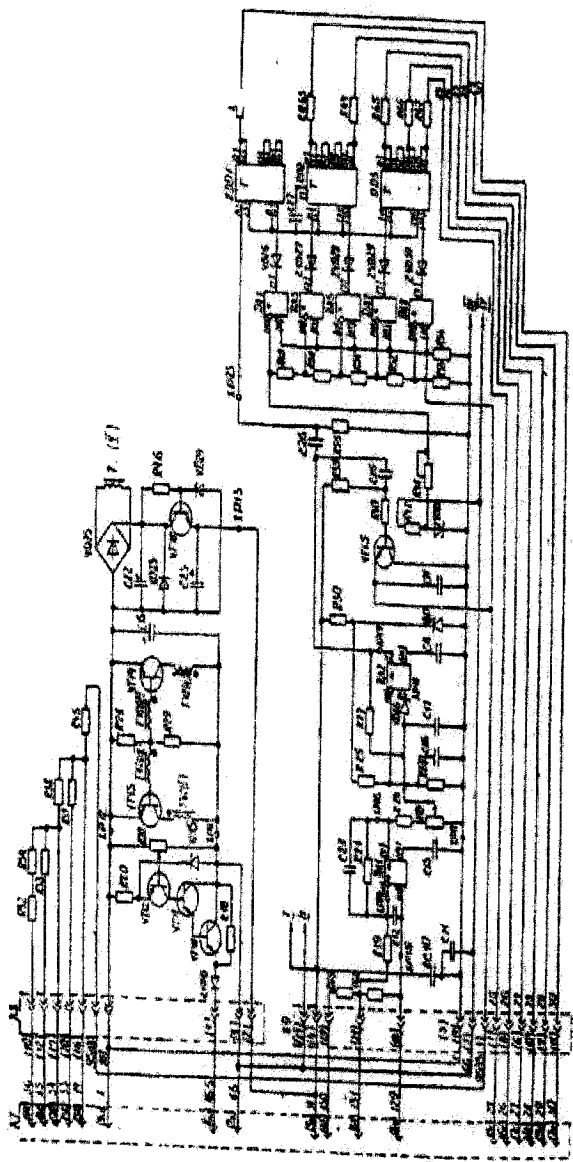


Рис.10.10. Схема электрическая принципиальная устройства БКЗ
 I – соединить с выводами 8 микросхем DA1, DA2, DA4... DA8;
 II – соединить с выводами 1 микросхем DA1, DA2, DA4... DA8;
 III – соединить с выводами 14 микросхем 2DD1, DD2, DD3;
 IV - соединить с выводами 7 микросхем 2DD1, DD2, DD3.

Индикация состояния триггеров осуществляется светодиодами VD31...VD36 блока индикации, подключенными через резисторы R62...R67 к выходам триггеров.

Питание элементов схемы осуществляется от стабилизированного источника на транзисторах VT10...VT12 и стабилитроне VD15, установка выходного напряжения которого производится резистором R22.

Для создания положительного питающего напряжения микросхем DA1-DA8 в схеме используется генератор на транзисторах VT13, VT14 и трансформаторе TV2, выходное напряжение которого снимается с обмотки \underline{V} , выпрямляется диодным мостом VD25 и стабилизируется стабилизатором на транзисторе T16 и стабилитроне VD24.

Индикаторное устройство представляет собой шесть расположенных один под другим светодиодов, из них пять имеют зеленый цвет свечения и один – красный. В процессе разряда батареи светодиоды последовательно, начиная с верхнего, гаснут, что соответствует:

- пять зеленых – не менее 90% остаточной емкости;
- четыре зеленых – не менее 50% остаточной емкости;
- три зеленых – не менее 25% остаточной емкости;
- два зеленых – не менее 5% остаточной емкости;
- один зеленый – нормальный разряд (при снижении напряжения до 1V на один аккумулятор);
- один красный – глубокий разряд (при снижении напряжения до 0,75V на один аккумулятор).

Контрольные вопросы

1. Типы электрохимических систем аккумуляторов.
2. Электрические характеристики аккумуляторов.
3. Зарядные характеристики кислотных аккумуляторов.
4. Разрядные характеристики литий-ионного аккумулятора.
5. Режим заряда литий-ионного аккумулятора.
6. Виды технического обслуживания аккумуляторных батарей.
7. Требования к эксплуатации кислотных аккумуляторов.
8. Назначение батарейных ящиков.
9. Назначение выключателя батарейного ВАБ.
10. Принцип действия блока контроля заряда.
11. Пояснить работу блокировки БКН.
12. Пояснить работу блока контроля изоляции УКИ.

11. ТЯГОВОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

11.1 Устройство и оборудование тяговых сетей

Тяговая сеть служит для питания электроприводов контактных электровозов от тяговых подстанций.

Электроснабжение откатки контактными электровозами осуществляется по второй категории по степени бесперебойности снабжения электроэнергией, однако питание тяговых подстанций обычно резервируется.

К тяговой сети относятся:

- контактный провод;
- рельсовый путь;
- питающие и отсасывающие кабели;
- оборудование для защиты коммуникаций;
- вспомогательная арматура.

Места присоединения питающих кабелей к контактному проводу и отсасывающих — к рельсовому пути получили соответственно названия питающих и отсасывающих пунктов.

Для каждой шахты, согласно требованиям «Правил технічної експлуатації вугільних шахт», должны разрабатываться схемы контактной сети, нанесенные на план горных работ каждого пласта или на схематичный план горных выработок шахты и принципиальные схемы электроснабжения откатки.

На схеме должны быть указаны места питающих пунктов и аппаратуры секционирования, а также значения токов короткого замыкания в наиболее удаленных точках.

Схема контактной сети шахты должна составляться один раз в полгода главным энергетиком (механиком) шахты и механиком УШТ и утверждается главным инженером шахты.

На схеме контактной сети шахты указываются марки, сечения и длина контактных проводов и кабельных вставок.

Согласно требованиям «Правил безпеки у вугільних шахтах» для питания контактных электровозов допускается применение постоянного тока напряжением не выше 600В.

Рудничное тяговое электроснабжение, как одна из систем электрифицированного транспорта характеризуется номинальным напряжением на электроприемнике электроподвижного состава, которое согласно ГОСТ 6962 «Транспорт электрифицированный. Питание от контактной сети. Ряд напряжений» выбрано для угольных шахт 250В. Все характеристики и номинальные данные шахтных контактных электровозов отнесены к этому напряжению.

На угольных шахтах с контактной электровозной откаткой применяют систему электроснабжения постоянного тока со стандартным напряжением 275В (в условиях эксплуатации достигает 315В) на шинах тяговой подстанции.

Основной тип преобразователей для подземной электрической тяги — полупроводниковые выпрямители.

В настоящее время используются две системы электроснабжения тяговых сетей:

— централизованная, при которой тяговая сеть одного или нескольких горизонтов питается от одной центральной тяговой подстанции, установленной в околоствольном дворе, по одному или нескольким питающим и отсасывающим кабелям (рисунок 11.1а);

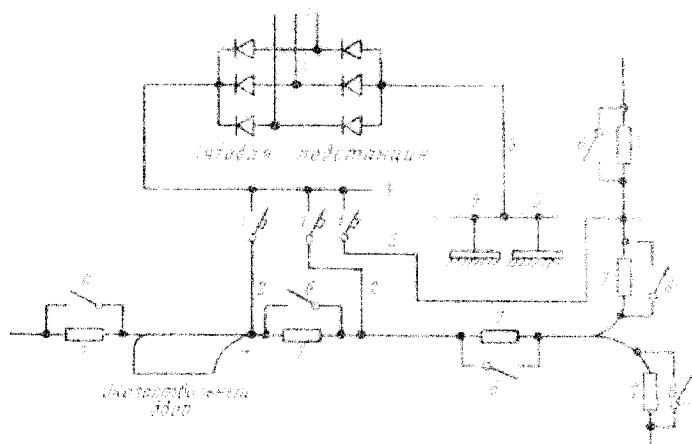
— децентрализованная, при которой протяженная тяговая сеть разбита на участки, каждый из которых питается от отдельной тяговой подстанции (рисунок 11.1 б).

Для централизованного электроснабжения подземной электровозной откатки характерно наличие участков с односторонним питанием. При таком питании проще осуществляется защита тяговой сети от токов к. з., однако в некоторых случаях оно не обеспечивает нормального эксплуатационного режима работы транспорта. Особенно это ощутимо при большой длине откатки и значительной тяговой нагрузке, когда падение напряжения в тяговой сети достигает недопустимых значений. Вследствие чрезмерного падения напряжения уменьшаются скорость движения и, следовательно, производительность откатки. Появление значительных разностей потенциалов в отдельных точках рельсовой цепи приводит к возрастанию блуждающих токов.

При схеме децентрализованного электроснабжения можно осуществить двустороннее питание участков контактной сети. Участки сети по требованию «Правил безопасности у угольных шахтах» в случае децентрализованного питания должны быть изолированы один от другого. При децентрализации электроснабжения повышается надежность работы откатки вследствие создания рассредоточенного резерва тяговых агрегатов, а также уменьшаются блуждающие токи и связанная с ними опасность электрокоррозии. При децентрализованном электроснабжении часть подстанций — на крыльях шахты — можно выполнять передвижными. Однако основная тяговая подстанция, сооружаемая, как правило, в околоствольном дворе, на весь срок службы шахты должна быть стационарной. Внедрение схем децентрализованного питания возможно только на основе автоматизированных полупроводниковых стационарных и передвижных тяговых подстанций, обеспечивающих надежную работу без постоянного обслуживающего персонала.

Выбор схемы питания тяговой сети определяется расчетом в зависимости от допустимых норм падения напряжения. В случае падения напряжения более 10÷12% ($\Delta U_{cp} = 30 \div 36В$) при большом грузопотоке и более 20% ($\Delta U_{cp} = 50 \div 60В$) при малом грузопотоке необходимо применять подпитывающие кабели.

а)



б)

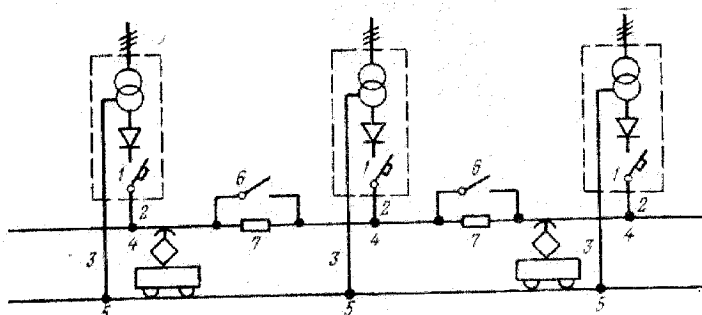


Рисунок 11.1 Схемы питания тяговой сети.

а — централизованная; б — децентрализованная; 1 — максимальный автоматический выключатель; 2 и 3 — соответственно питающий и отсасывающий кабели; 4 и 5 — соответственно питающий и отсасывающий пункты; 6 и 7 — участковые соответственно выключатель и изолятор.

Их прокладывают от тяговой подстанции параллельно питающим кабелям и контактной сети на расстояние до $2/3$ длины откаточного участка. Присоединение подпитывающего кабеля к контактной сети осуществляется через каждые 200 ± 300 м.

При питании контактной сети от нескольких подстанций, чтобы исключить одновременную подачу напряжения от разных подстанций на один участок, участки сети должны быть изолированы один от другого.

Защита шахтных тяговых сетей должна выполняться в соответствии с требованиями «Правил безопасности у угльных шахтах».

Для удобства обслуживания и надежной работы контактной сети при большой длине откатки контактный провод секционируют, т.е. разделяют на отдельные участки длиной до 500 м, при помощи участковых выключателей и специальных изоляторов с подводом питания к этим участкам отдельными кабелями [7].

Такие же выключатели устанавливаются и на всех ответвлениях контактного провода. Секционирование контактного провода дает возможность при ремонте сети или при авариях выключать любой участок без прекращения движения на соседних.

Фидерные зоны получают одностороннее питание от центральной подстанции (централизованная система электроснабжения) или от одной из участковых тяговых подстанций, размещенных по длине контактной сети (децентрализованное). Электроснабжение фидерных зон должно осуществляться таким образом, чтобы отключение одного участка сети не вызвало прекращения движения на остальных участках. На двухпутных участках можно применять продольное секционирование, которое позволяет отключать сеть на одном пути, не прекращая движения на другом.

Контактные провода, изготавливаемые из чистой твердотянутой меди, имеют фасонный профиль для удобства их подвески. Сечение провода: 65, 85, 100, 120, 150 мм². Для удобства подвески контактный провод выполняется профилированным с двумя продольными канавками для захвата провода зажимами (рис. 11.2).

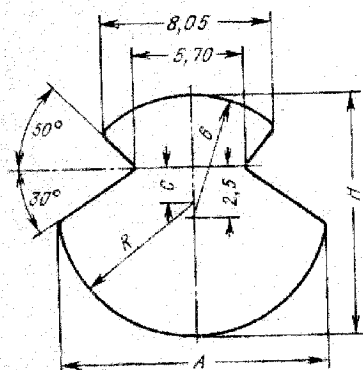


Рис. 11.2 Сечение контактного провода марки МФ

Подвеска провода производится при помощи подвесных зажимов, состоящих из подвижной и неподвижной щек, стягиваемых болтами. Провод

зажимается щеками за верхний узкий выступ, а сам зажим крепится к изолятору.

Подвеска контактного провода в горных выработках может быть эластичной и жесткой. При эластичной подвеске с двойной изоляцией (рисунок 11.3) провод при помощи изоляторов — 1 с зажимами — 2 подвешивают к крепи выработки на специальных упругих металлических растяжках — 4 и крюках — 5,6. Вторичную изоляцию осуществляют при помощи пружинных или орешковых изоляторов — 3, вставляемых в растяжки. Для регулирования натяжения растяжек служит натяжная муфта — 7. При жесткой подвеске изолятор с зажимами крепят непосредственно к верхней части крепи выработки.

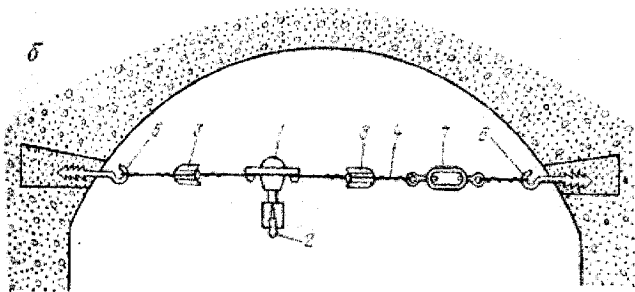


Рис. 11.3 Эластичная подвеска контактного провода

Во всех подземных выработках, согласно «Правил безопасности у угольных шахтах», должна применяться эластичная подвеска, обеспечивающая лучшие условия токосъема. Жесткую подвеску применяют только в местах, где требуется постоянная высота подвески провода (на пересечениях с уклонами и бремсбергами и в местах прохода через вентиляционные двери).

Высота подвески контактного провода должна быть не менее 2 м от головки рельса. Допускается подвешивание контактного провода на высоте не менее 1,8 м от головки рельса — при перевозке людей по выработкам или при наличии отдельных выработок (отделений) для передвижения людей. На посадочных и погрузочных площадках, а также в местах пересечения выработок, по которым передвигаются люди, с теми выработками, где имеется контактный провод, высота подвески должна быть не менее 2 м. Подвеска контактного провода в околоствольном дворе на участке передвижения людей должна быть на высоте не менее 2,2 м, а в остальных выработках околоствольного двора — не менее 2 м от уровня головки рельса. В местах подвески расстояние контактного провода до верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м. Расстояние от токоприемника электровоза до крепи выработки должно быть не менее 0,2 м. Места пересечения контактного провода с

канатами, кабелями, трубами должны быть выполнены таким образом, чтобы исключалась возможность их соприкосновения.

Подвеска контактного провода должна производиться при помощи стальной оцинкованной проволоки диаметром 5 мм. Удельная нагрузка на материал оттяжки не должна превышать 250 Н/мм^2 , а на контактный провод — 80 Н/мм^2 . Оттяжки контактного провода с обеих сторон изолируются от держателя (подвеса), при этом расстояние от держателя до каждого изолятора должно быть не менее 0,3 м.

Относительно оси рельсового пути контактный провод следует подвешивать зигзагообразно, чтобы рабочая часть дуги была по возможности длиннее и равномерно изнашивалась. Максимальный вынос провода от оси пути при этом не должен превышать половины рабочей ширины токоприемника.

Расстояние между точками подвески контактного провода на прямолинейных участках пути обычно не превышает 5 м. При подвеске на криволинейных участках пути расстояние между подвесками принимают исходя из условия максимального смещения провода в сторону от оси пути. Обычно это расстояние находится в пределах 2-3 м. Подвеска контактного провода должна производиться ближе к стороне, противоположной проходу для людей.

В выработках, в которых подвешен контактный провод, через каждые 200 м, а также на пересечениях с другими выработками и на закруглениях должны находиться светящиеся надписи «Берегись поезда» [8].

Для регулирования натяжения, удобства эксплуатации и монтажа контактный провод делят на анкерные пролеты длиной до 500 м. При анкеровке концы провода подвешивают к крепи выработок при помощи специальных крюков, а натяжение осуществляется при помощи муфт.

При контактной откатке для уменьшения сопротивления на рельсовых путях должны устанавливаться электрические соединители. Электрические соединители на стыках рельс можно изготавливать из стальной проволоки, сопротивление которой эквивалентно сопротивлению медного провода сечением не менее 50 мм^2 [8].

Так как рельсы, служащие обратным проводом тяговой сети, не изолируют от земли, то часть тока ответвляется в землю и направляется к отрицательной шине тяговой подстанции. Такие токи, называемые «блуждающими», способствуют усиленному разведанию трубопроводов, оболочек бронированных кабелей и других металлических предметов. При электрическом взрывании «блуждающие» токи могут вызвать преждевременное взрывание. Для уменьшения величины и ограничения области действия «блуждающих» токов необходимо увеличивать проводимость рельсовых путей и отсасывающих сетей, а также осуществлять правильный выбор количества и расположения отсасывающих пунктов.

Питающие пункты устраивают в специальных нишах и оборудуют ручными выключателями. Питающий кабель разделяют в концевой муфте и

изолированным проводом через выключатель при помощи питающего зажима присоединяют к контактному проводу. Отсасывающий кабель соединяют с рельсовой сетью сваркой без применения выключателей. Концы кабеля также разделяют в концевой муфте.

На шахтах, где производится взрывозащита, все рельсовые пути, не предназначенные для откатки контактными электровозами, в местах соприкосновения с токоведущими рельсами должны быть электрически изолированы от последних в двух точках, отстоящих одна от другой на расстоянии максимально возможной длины состава [7].

Перед эксплуатацией тяговая сеть подвергается электрическому и механическому испытанию. При электрическом испытании проверяют качество изоляции контактной сети от земли и стыковые соединения рельсов на проводимость. Сопротивление изоляции замеряют при снятом напряжении мегаомметром; сопротивление в стыках определяют при помощи амперметра и вольтметра и вспомогательной батареи, а во время протекания по рельсам тока при помощи специального прибора — стыкомера, имеющего дифференциальный гальванометр. После таких испытаний в линию подается напряжение, и электровоз проходит по смонтированной линии с пониженной скоростью движения. При этом одновременно тщательно осматривают контактную сеть. При механическом испытании проверяется высота подвески контактного провода, величина его провисания, отклонение от оси пути, достаточность натяжения.

Для бесперебойной работы электровозной откатки необходимо постоянно следить за состоянием тяговой сети и своевременно проводить все необходимые профилактические мероприятия. Ежедневно должны проводиться плано-предупредительные осмотры сети электрослесарями и ежемесячно более тщательные осмотры ремонтной бригадой. При ежедневном осмотре выявляются слабые места и нарушения линии. Одновременно проверяются стыковые соединения, участковые изоляторы, выключатели, состояние и надежность соединений питающих и отсасывающих пунктов и т. д. При ежемесячном осмотре сети заменяют поломанные или износившиеся элементы подвесной арматуры.

Контактный провод необходимо заменить, если износ составляет [8]:

- 30% — для сечения до 100 мм²;
- 40% — для сечения 100 мм² и более.

Все работники, обслуживающие контактную сеть, должны хорошо знать «Правила безопасности у угольных шахт» и правила оказания первой помощи при поражении электрическим током, обязаны знать схему питания и секционирования сети. Работающая на линии бригада должна состоять не менее чем из двух человек.

Контактная сеть должна быть секционирована разъединителями, расстояние между которыми не должно превышать 500 м, секционные разъединители должны устанавливаться также на всех ответвлениях контактного провода.

В качестве секционных аппаратов могут применяться рубильники или автоматические выключатели.

Рубильники просты, компактны, дешевы, но не предусматривают устройств защиты от коротких замыканий и не способны разрывать токи нагрузки. При отключении под нагрузкой дуга, возникающая на контактах, перебрасывается затем на заземленный корпус, создавая короткое замыкание. В результате корпус легко прожигается, и рабочий может получить ожоги. То есть эксплуатация секционных рубильников небезопасна.

Автоматические выключатели можно безопасно выключать под нагрузкой, они содержат встроенную защиту от коротких замыканий и потому предпочтительны.

Для контактных сетей шахтной электровозной откатки выпускаются автоматические выключатели типа ВАРП в исполнении РН.

Технические характеристики выключателей типа ВАРП:

Тип выключателя	ВАРП-200	ВАРП-315
Номинальный ток, А	200	315
Номинальное напряжение, В	440	
Коммутационная способность, кА	25	
Износостойкость циклов ВО	1000	
Встраиваемый выключатель	A3721Б	A3731Б
Уставка срабатывания, А	960	2400
Габариты, мм	550x630x330	800x680x330

Электрическая схема выключателя ВАРП приведена на рис.11.4. Схема содержит вводные XT1 и выводные XT2 силовые зажимы, автоматический выключатель QF1, зажимы XT3 для подключения вспомогательных контактов выключателя. Автоматический выключатель содержит встроенные электромагнитные расцепители максимального тока с нерегулируемой уставкой срабатывания.

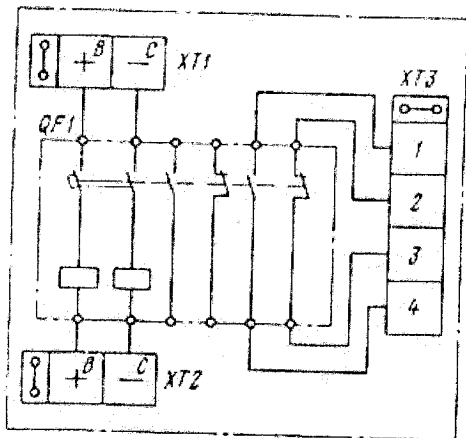


Рис.11.4 Схема выключателя ВАРП

Основное назначение выключателей типа ВАРП - защита от токов короткого замыкания и секционирование шахтной контактной сети. Выключатели ВАРП-315 должны устанавливаться на всех кабельных линиях, отходящих от тяговой подстанции и как секционные выключатели магистральных линий; выключатели ВАРП-200 в местах ответвлений контактной сети от основных магистральных линий.

Уставку тока срабатывания защиты $I_{с.з.}$ выключателя выбирают по несрабатыванию при наибольших рабочих токах $I_{раб.макс.}$ и обеспечению чувствительности к наименьшим токам короткого замыкания защищаемого участка сети $I_{к.з.мин.}$, то есть должно быть выполнено следующее соотношение:

$$1,25I_{раб.макс} \leq I_{с.з.} \leq I_{к.з.мин} \quad 1,25 \quad (11.1)$$

Максимальные толчки тока одновременно работающих электровозов не должны вызывать отключение автоматического выключателя, а короткое замыкание в любой точке защищаемой сети, в том числе наиболее удаленной, должно быть надежно отключено.

При невозможности одновременного выполнения указанных условий (так как уставка защиты нерегулируемая) необходимо увеличить ток короткого замыкания путем применения контактного провода большего сечения, или параллельной подвеской двух контактных проводов одинакового сечения, или присоединением к контактному проводу подпитывающих кабелей.

Минимальное значение установившегося тока короткого замыкания определяется с учетом падения напряжения в электрической дуге:

$$I_{к.з.мин} = \frac{U_H - \Delta U}{\Sigma R} \quad (11.2)$$

где $\Delta U = 80В$ – падение напряжения в электрической дуге в месте короткого замыкания;

ΣR – суммарное сопротивление всех элементов в цепи короткого замыкания.

Суммарное сопротивление цепи короткого замыкания:

$$\Sigma R = R_{пст} + R_{пит.} + R_{отс.} + R_{кп} + R_p$$

где $R_{пст}$ – сопротивление тяговой подстанции;

$R_{пит.}$, $R_{отс.}$ – сопротивления питающего и отсасывающего кабелей;

$R_{кп}$, R_p – сопротивления контактного провода и рельсов.

Внутреннее сопротивление тяговой подстанции определяется главным образом параметрами трансформатора, может рассчитываться приближенно по формулам:

$$R_{пст} = \frac{\beta U_H}{100 I_H}$$

или

$$R_{пст} = \frac{U_{хх} - U_H}{I_H} \quad (11.3)$$

где $\beta = 6-8\%$ – относительное падение напряжения в подстанции при номинальной нагрузке;

$U_{\text{хх}}$ – напряжение холостого хода подстанции.

Сопротивление контактного провода может быть рассчитано или определено по табл.11.1, в которой учтен износ провода на 15%.

Сопротивление рельсового пути рекомендуется определять по табл.11.2, где уже учтено увеличение сопротивления за счет рельсовых стыков на 20%.

Таблица 11.1

Основные параметры контактных проводов марки МФ

Площадь сечения, мм ²	Основные параметры, мм		Сопротивление, Ом/км	Допустимая нагрузка, А	Масса, кг/км
	А	Н			
65	10,19	9,3	0,32	460	578
85	11,76	10,8	0,24	600	755
100	12,81	11,8	0,21	700	890
120	13,9	12,9	0,18	840	1068
150	15,5	14,5	0,14	1050	1300

Таблица 11.2

Параметры рельсового пути

Параметры	Тип рельсов					
	Р-18	Р-24	Р-33	Р-38	Р-43	Р-50
Сопротивление 1км пути, Ом	0,055	0,043	0,032	0,028	0,025	0,022
Площадь сечения рельса, мм ²	2307	3075	4275	4906	5570	6450

11.2 Расчет тяговых сетей

Расчет тяговой сети заключается в решении одной из двух задач: определении необходимого сечения контактных проводов, питающих и усиливающих кабелей при допустимой потере напряжения или определении потерь напряжений в тяговой сети при заданных ее параметрах.

Точное определение потерь напряжения в тяговой сети представляет значительные трудности. Они обусловлены движением поездов и изменением потребляемых ими в процессе движения токов. Принято рассчитывать среднее суммарное падение напряжения для периода наибольшей нагрузки сети, то есть при наихудшем с точки зрения нагрузки сети расположении электровозов, установленном по графику движения поездов. При расчете тяговой сети в этом случае допустимое падение напряжения принимается равным 15% напряжения на шинах тяговой подстанции.

Для максимальной пиковой нагрузки при пуске электровозов, находящихся в конце линии, допускается падение напряжения до 30%. В

подавляющем большинстве случаев проверку сети на максимальную пиковую нагрузку можно не производить, так как сеть, рассчитанная по первому условию, второму обычно удовлетворяет [9].

Сопротивление контактного провода может быть рассчитано по известной формуле, учитывающей его сечение $S_{\text{кп}}$, удельную проводимость γ , длину L , коэффициент износа контактного провода $K = 0,85$:

$$R_{\text{кп}} = \frac{L}{\gamma S_{\text{кп}} \cdot 0,85} \quad (11.4)$$

Боле просто сопротивление 1км контактного провода может быть определено по формуле, в которой уже учтены все постоянные:

$$R_{\text{кп}} = \frac{20,6}{S_{\text{кп}}} \quad (11.5)$$

Сопротивление 1км контактного провода может быть также определено из табл. 11.1.

Зная тип рельсов (массу 1м рельса P) по данным табл.11.2 можно определить сопротивление 1км рельсового пути. Сопротивление рельсового пути может быть также рассчитано одним из способов, в частности удобно пользоваться простой эмпирической формулой:

$$R_p = \frac{2,16}{m \cdot p}, \text{ Ом/км}, \quad (11.6)$$

где m – число параллельных рельсов (обычно 2),

p – масса 1м рельса (указывается в обозначении типа рельса).

Перед расчетом тяговой сети по падению напряжения предварительно выбирают ее элементы, главным образом сечение контактного провода и тип рельсов. При небольших расстояниях откатки (до 1км) и малом числе электровозов (1-3) можно применять контактный провод сечением 65мм^2 . В остальных случаях следует применять контактный провод сечением 85 или 100мм^2 . На основных откаточных выработках применяют рельсы тяжелого типа массой не менее 33кг/м .

После выбора элементов тяговой сети в зависимости от числа рабочих электровозов и конфигурации откаточных путей производится ориентировочный выбор места расположения тяговой подстанции (или подстанций), питающих и отсасывающих пунктов, а также сечений питающих и отсасывающих кабелей.

Надлежащее сечение питающих и отсасывающих кабелей выбирается, исходя из допустимой плотности тока, и проверяется по падению напряжения, с тем, чтобы общее падение напряжения в сети не превышало допустимой величины. Обычно в питающих и отсасывающих кабелях теряется не более 2-3% напряжения на шинах тяговой подстанции.

Для определения нагрузки контактной сети могут применяться различные расчетные методы. Большим распространением пользуется метод сечения графика движения поездов, заключающийся в том, что по графику движения путем ряда последовательных сечений находят наиболее тяжелый случай расположения поездов. Указанное расположение наносят на схему нагрузки, устанавливают нагрузочные токи каждого поезда и определяют суммарное

падение напряжения по одну сторону от питающего пункта до токоприемника наиболее удаленного поезда.

Упрощением описанного выше метода является метод расставленных нагрузок, заключающийся в том, что в соответствии с планом откаточных путей расставляют поезда в предположении наиболее тяжелого случая нагрузки (рис.11.5), при этом принимают, что нагрузка от каждого электровоза равна его установившемуся току.

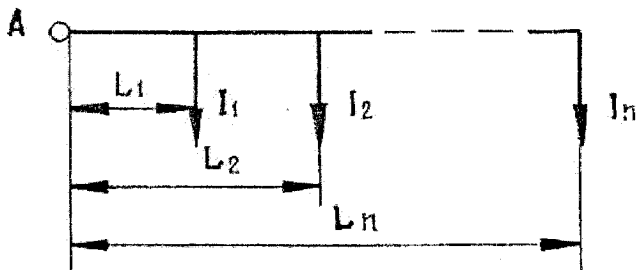


Рис.11.5 Схема распределения нагрузки тяговой сети

Падение напряжения в контактном проводе на каком-либо участке при одностороннем питании этого участка определяют следующим образом.

Предположим, что отдельные поезда, находясь от подстанции или питающего пункта А соответственно на расстояниях L_1, L_2, \dots, L_n , потребляют токи I_1, I_2, \dots, I_n . Падение напряжения в контактном проводе при неизменном его сечении будет равно: от первого поезда

$$\Delta U_1 = I_1 L_1 r_0;$$

от второго поезда

$$\Delta U_2 = I_2 L_2 r_0;$$

от n-го поезда

$$\Delta U_n = I_n L_n r_0,$$

где r_0 — сопротивление 1км контактного провода.

Наибольшее падение напряжения на более удаленном поезде, причем величина этого падения будет равна сумме падений напряжения от каждого из поездов, то есть

$$\Delta U_{\text{кп}} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots + \Delta U_n \quad (11.7)$$

Аналогично находится падение напряжения в рельсовом пути.

В частном случае, когда N электровозов распределены на участке через равные интервалы и потребляют одинаковые токи, расчет потерь напряжения в конце контактной сети удобно производить исходя из эквивалентного числа электровозов, сосредоточенных в конце:

$$N_{\text{экр}} = \frac{N+1}{2} \quad (11.8)$$

При этом эквивалентное число электровозов, сосредоточенных в конце участка, будет создавать такую же потерю напряжения, что и действительное число электровозов, распределенных равномерно.

Суммарное падение напряжения в тяговой сети по одну сторону от питающего пункта

$$\Sigma \Delta U = \Delta U_{\text{кп}} + \Delta U_{\text{р}} + \Delta U_{\text{пит}} + \Delta U_{\text{отс}} \quad (11.9)$$

где $\Delta U_{\text{кп}}$ – падение напряжения в контактной проволоке;

$\Delta U_{\text{р}}$ – падение напряжения в рельсах;

$\Delta U_{\text{пит}}$ и $\Delta U_{\text{отс}}$ – падение напряжения в кабеле соответственно питающем и отсасывающем.

Найденное падение напряжения следует сравнить с допустимым. Сечение питающего и отсасывающего кабелей обычно выбирается, исходя из допустимой плотности тока и проверяется по падению напряжения, с тем чтобы общее падение напряжения в тяговой сети не превышало допустимой величины - 0,15 Ин.

Средние поездные токи, необходимые для расчетов контактных сетей, определяются в результате тяговых расчетов. Расчеты показывают, что они могут приниматься равными 0,4 суммарного часового тока обоих двигателей, или $I_{\text{ср}} = 0,8 I_{\text{дв}} \text{ час.}$

При расчетах следует учитывать лишь те электровозы, которые могут одновременно находиться в движении на рассматриваемом участке.

11.3 Тяговые подстанции

Тяговые подстанции предназначены для питания электроэнергией шахтных контактных сетей, преобразования переменного тока в постоянный и распределения постоянного тока.

Тяговая подстанция состоит из одной или нескольких преобразовательных установок, работающих параллельно или раздельно.

В оборудование шахтных тяговых преобразовательных подстанций входят: питающая трансформаторная подстанция, выпрямительный агрегат, аппаратура коммуникации и защиты преобразовательных подстанций и тяговых сетей.

Техническая характеристика серийно выпускаемых тяговых подстанций приведена ниже, в таблице 11.3.

Основным источником питания контактной сети подземной электровозной откатки являются автоматизированные шахтные тяговые подстанции АТП-500/275М на полупроводниковых кремниевых выпрямителях, преобразующие трехфазный переменный ток частотой 50 Гц в постоянный.

Тяговая подстанция АТП-500/275М состоит из силового трансформатора, шкафа выпрямителей и аппаратуры автоматики, шкафа постоянного тока и щитка дистанционного управления. На рисунке 11.6 приведена принципиальная электрическая схема АТП-500/275М.

Технические характеристики автоматизированных шахтных
тяговых подстанций

Наименование технической характеристики	Технические характеристики				
	1	2	3	4	5
Тип тяговой подстанции	АТП-500/275М	АТП-500/600	АТП-500/275М1-У5 АТП-500/600М1-У5	АТПШ-500/275 АТПШ-1000/275	ВУР500-1000
Исполнение по взрывобезопасности	РН	РН	РН	Общего назначения	Общего назначения
Номинальное выпрямленное напряжение, В	275	275	275 и 600	137,5 275	280-340
Номинальный выпрямленный ток, А	500	500	500	500 и 1000	1000
Номинальная мощность, кВт	137,5	137,5	137,5	137,5 275	275
к.п.д., %	92	92	94	97	97
Допустимое время перегрузки (сек)/цикличность при 2I _{ном} (мин)	10/30	60/30	60/30	—	10/1
Автоматический выключатель	АВ-10БВ	—	А-3742Б	—	ВАБ-2
Тип вентиляей	В-200	Т-150	В-200	Т-150	В-200
Число вентиляей, шт.		36	12	24	24

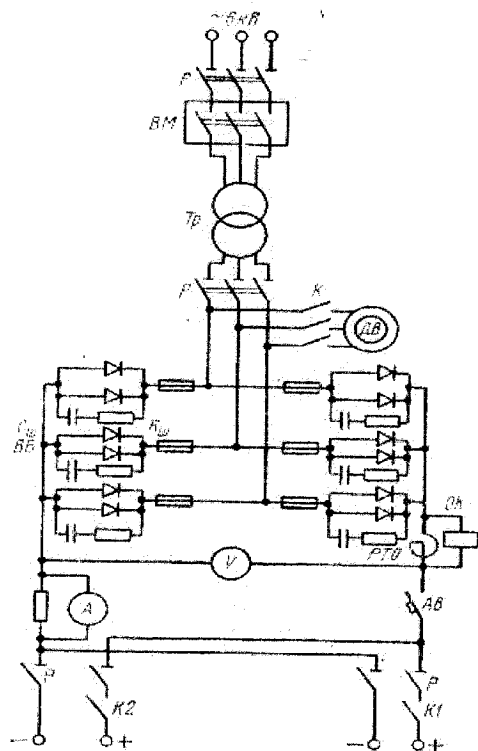


Рисунок 11.6 Схема тяговой подстанции АТП-500/275М:

Тр — преобразовательный трансформатор Тр с вторичным напряжением 0,23кВ; ВМ — высоковольтная ячейка для включения Тр; ВБ — вентильный блок ВБ из 12 полупроводниковых диодов В200, собранный по трехфазной мостовой схеме; АВ — среднескоростной автоматический выключатель в цепи выпрямленного напряжения;

К₂ и К₁ — контакторы для включения и отключения кабелей, питающих контактную сеть; РТО — реактор, обеспечивающий ограничение скорости нарастания тока короткого замыкания тяговой сети, одновременно используется как датчик токовой защиты, сглаживает пульсации выпрямленного тока; ОК — отключающая катушка;

Р_мС_ш — резисторно-емкостные шунтирующие цепочки, служащие для защиты от коммутационных перенапряжений вентиляей; ДВ — двигатель вентилятора асинхронный мощностью 0,25Вт для принудительного охлаждения в шкафу выпрямителя.

Шкаф выпрямителей и аппаратуры автоматики разделен на верхнюю и нижнюю секции. В верхней располагается панель с аппаратурой автоматики, в нижней — блок выпрямителей, вентилятор для охлаждения вентиляей, реактор и комплектующая аппаратура.

В шкафу постоянного тока вмонтированы автоматический выключатель АВ-10БВ и рубильник Р-25. Пульт дистанционного управления представляет

собой уплотненный шкаф с аппаратурой включения и сигнализации. На стороне переменного тока (230 В) схемой предусмотрены три вида защиты кремниевых вентилях: от перегрузки, от неисправности и от токов к. з. Защита вентилях от перегрузки выполняется двумя токовыми реле РТ-82/1, воздействующими на электромагнит отключения автоматического выключателя, защита вентилях от неисправности — с помощью реле обратной последовательности фаз РТФ-1. Защита от токов к. з. выполнена на быстродействующих предохранителях ЦМБЗ-500. Кроме этой защиты в схеме предусмотрена индуктивно-импульсная защита от токов к. з.

Преобразовательная подстанция рассчитана на два режима работы: автоматический с дистанционным управлением (основной режим) и местный, с ручным управлением, предназначенный для ремонтных целей.

Схемы автоматики и управления обеспечивают двукратное автоматическое повторное включение (АПВ) агрегатов при отключении их от токов перегрузок или к. з. Полный цикл двукратного АПВ составляет 34 сек, каждое повторное включение осуществляется через 17 сек. В случае неудачного двукратного АПВ автоматический выключатель блокируется. При этом сохраняется возможность дистанционного принудительного включения выключателя со щитка дистанционного управления. Подстанция также автоматически отключается с блокировкой автоматического повторного включения при пробое вентилях, перегорании предохранителей и прекращении подачи охлаждающего воздуха.

Питание подстанции осуществляется от трансформатора, вторичная обмотка которого соединяется в треугольник и имеет номинальное напряжение 220В. Работа подстанции контролируется световой сигнализацией. Допускается параллельная работа агрегатов, входящих в одну тяговую подстанцию.

Выпускаются модернизированные тяговые подстанции АТП-500/275М1-У5 (рисунок 11.7) и АТП-500/600М1-У5 на напряжение соответственно 275 и 600 В. Эти подстанции выполнены на неуправляемых вентилях и имеют унифицированную схему и конструкцию. Для питания выпрямителей изготавливаются специальные преобразовательные трансформаторы ТСП-160/6-77У5 и ТСП-320/6-76У5. В схеме подстанции АТП-500/275М1-У5 в отличие от АТП-500/275М применен более совершенный автоматический выключатель А-3742Б, включаемый в цепь вторичной обмотки преобразовательного трансформатора. Этот выключатель, снабженный полупроводниковым расцепителем максимального тока и электромагнитным приводом, обеспечивает до 160 000 срабатываний. Усовершенствован также узел защиты по скорости нарастания тока.

В модернизированных тяговых подстанциях сохранена система принудительного воздушного охлаждения, однако, конструкция системы и преобразовательной секции несколько изменена. Охлаждаемые элементы, обдуваемые вентилятором (реактор, радиаторы вентилях), вынесены в специальные отсеки, отделенные от верхнего герметизированного отсека, в

котором расположены силовые вентили, предохранители, автоматический выключатель и панель с аппаратурой управления.

В принципиальной электрической схеме тяговой преобразовательной подстанции ВУР-400-1000 в качестве защитно-коммутационного аппарата применен быстродействующий автоматический выключатель ВАБ-2.

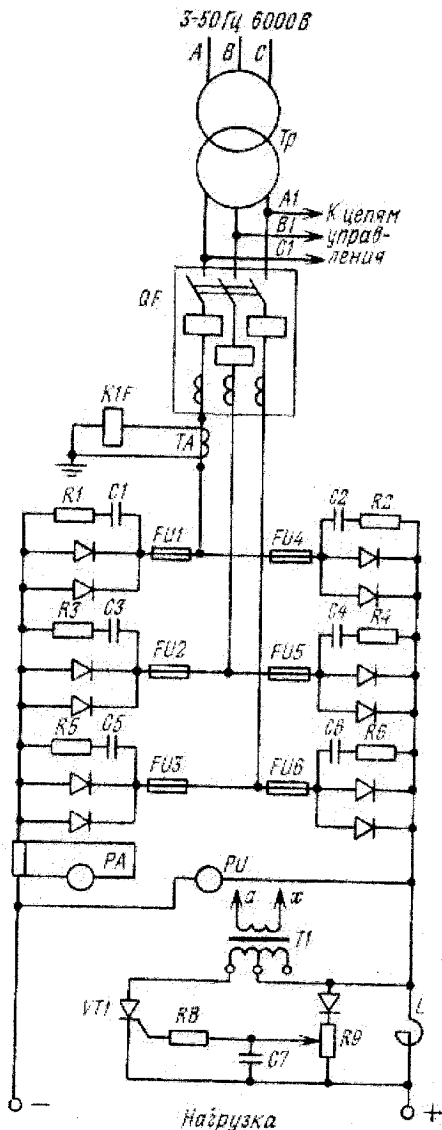


Рис. 11.7 схема преобразовательного агрегата ATP-500/275 M1-Y5

Защита вентилях осуществляется быстродействующими плавкими предохранителями ПНБ-3. При сгорании предохранителя или обрыве цепи вентиля срабатывает реле, которое своими контактами отключает преобразователь. Охлаждение вентилях принудительное, воздушное. Вся аппаратура (без коммутационной) смонтирована в металлическом шкафу. Управление подстанцией местное и дистанционное. Для питания контактной сети через скважины в неглубоких шахтах могут применяться тяговые преобразовательные подстанции АТПС-500/275, АТПП-320/275 и АТПП-500/275. Эти подстанции устанавливаются на поверхности.

Автоматизация тяговых подстанций. Целью автоматизации шахтных тяговых преобразовательных подстанций является улучшение технико-экономических показателей электровозного транспорта за счет повышения надежности электроснабжения и сокращения эксплуатационных расходов. Применение автоматических защитных устройств повышает также безопасность обслуживания.

Рассмотрим работу схемы цепей управления и сигнализации преобразовательной тяговой подстанции АТП500/275М1-У5 (рисунок 11.8). Подстанция может работать в режиме дистанционного и местного управлений.

Дистанционное автоматизированное управление является основным и осуществляется с пульта дистанционного управления (ПДУ), установленного у диспетчера шахты или диспетчера подземного транспорта. Для выбора режима управления служит переключатель SA1-3, установленный на панели в шкафу выпрямителя.

Дистанционное управление осуществляется, если избиратель режимов SA1-3 поставить в положение «Дистанционное» (Д). При этом на ПДУ загорается лампа НЛ7. Для включения выпрямителя переключатель SA2-2 на ПДУ поворачивается в положение «Включено». Подается питание на катушку реле К8, которое размыкает свой контакт К81 в цепи реле К7. Последнее обесточивается и замыкает свой контакт в цепи реле КТ1 (реле АПВ автомата QF), подготавливает эту цепь. Замыкающий контакт К8-1 подготавливает цепь для включения автомата QF. Третий замыкающий контакт К8-3 подает питание на катушку реле К5, которое срабатывает и своими контактами включает питание электродвигателя вентилятора М и катушки минимального расцепителя QF-PMН.

Давление воздуха от вентилятора воздействует на исполнительный орган реле потока воздуха К6, которое замыкает свой контакт в цепи реле времени КТ2. Последнее, срабатывая, размыкает свой контакт КТ2-1 в цепи аварийного реле К4, а вторым контактом КТ2 подает напряжение на катушку реле К2.

Реле К2 срабатывает и замыкающим контактом К2 подает напряжение на электромагнит включения QF-ЭМП автомата по цепи: фаза А, размыкающий контакт конечного выключателя QF-КВ1, размыкающий контакт реле К3, замыкающий контакт К2, размыкающий контакт привода автомата QF-БКП катушка электромагнита включения автомата QF-ЭМП, фаза С.

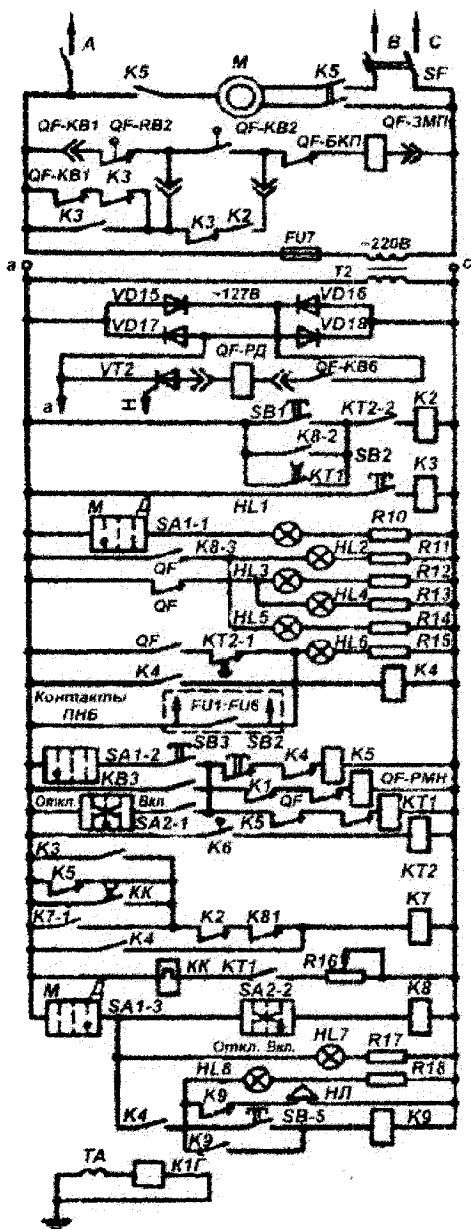


Рисунок 11.8 Схема цепей управления и сигнализации преобразовательной подстанции ATP-500/275M1-Y5

Привод срабатывает, и автомат QF в цепи вторичной обмотки преобразовательного трансформатора включается. При этом размыкается контакт конечного выключателя QF-KB1 и замыкается контакт конечного выключателя QF-KB2. Блок-контакты выключателя QF отключают сигнальные лампы HL3 и HL4 и включают лампы HL2 и HL3. Кроме того, замыкается блок-контакт QF, подготавливающий цепь реле K4, и размыкается блок-контакт QF в цепи реле КТ1. После включения автомата QF оператор отпускает ручку переключателя SA2-1 и она возвращается в исходное положение, контакт — SA2-2 размыкается, обесточивая реле К8. Его контакты К81 в цепи реле К7 и К8-3 в цепи реле К5 размыкаются, однако последний к этому времени зашунтирован через размыкающий контакт переключателя SA2-1 и блок-контакт К5.

Подстанцию отключают поворотом переключателя в положение «Отключено». При этом размыкается контакт SA2-1, который обесточивает цепи катушек реле К5 и реле минимального напряжения QF-PMH; отключаются двигатель вентилятора М и автоматический выключатель А.

При местном управлении избиратель режимов SA1-2 необходимо перевести в положение «Местное» (М). Тогда на ПДУ загорается лампа HL1.

Замыкающий контакт SA1-2 подготавливает цепь для включения агрегата. Нажатием кнопки SB3 на лицевой двери агрегата замыкается цепь питания катушки реле К5 и минимального расцепителя QF-PMH. Для включения автомата QF необходимо нажать кнопку SB1, дальнейшая работа схемы происходит аналогично работе при дистанционном управлении. Отключают агрегат нажатием кнопки SB2.

Автоматическое отключение подстанции происходит при срабатывании защит: от внутренних коротких замыканий, от перегрузок, от внешних замыканий (максимальная токовая защита, встроенная в автомат, и защита по скорости нарастания тока), а также при исчезновении потока охлаждающего воздуха.

Недостатком рассмотренной схемы автоматизированного управления подстанции АТП-500/285М1-У5 является отсутствие в ней устройств контроля сопротивления изоляции тяговой сети и блокировки выключателя АВП на устойчивое короткое замыкание или недопустимую утечку, что может послужить причиной пожара или электрической травмы.

Существенное улучшение конструктивных показателей на повышение уровня автоматизации может быть достигнуто в тиристорных тяговых преобразовательных подстанциях с регулируемой внешней характеристикой. Использование тиристорных регуляторов позволяет решить задачи автоматического регулирования напряжения на тяговых подстанциях и равномерного распределения нагрузки между параллельно работающими подстанциями.

Выбор мощности и числа агрегатов тяговой подстанции производится на основании расчета суммарных нагрузок, создаваемых электровозами. При проектировании график нагрузки тяговой подстанции

заранее неизвестен, и параметры суммарной нагрузки, необходимые для выбора преобразовательных агрегатов и проверки их перегрузочной способности, находят аналитическими или графоаналитическими методами.

Основными параметрами тяговых преобразовательных агрегатов являются величины номинального выпрямленного тока I_n , напряжения U_n и мощности P_n .

Номинальная мощность в характеристиках не всегда приводится, но ее легко вычислить:

$$P_n = U_n \cdot I_n \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.}$$

Так для подстанции АТП-500/275

$$P_n = 500 \cdot 275 \cdot 10^{-3} = 137,5 \text{ кВт.}$$

Кроме того, для тяговых выпрямителей нормируются допустимые перегрузки по току при нормальных условиях охлаждения.

Продолжительная расчетная мощность тяговой подстанции (кВт) определяется по формуле:

$$P_{\text{рас}} = k_0 U_n I_{\text{ср}} N \cdot 10^{-3}, \quad (11.10)$$

где U_n – номинальное напряжение контактно сети, В;

$I_{\text{ср}}$ – средний поездной ток, А;

N – число работающих электровозов на участке;

k – коэффициент одновременности работы электровозов (0,6-0,9).

Средний поездной ток электровоза можно принять $I_{\text{ср}} \approx 0,8 I_{\text{н.дв}}$ в часовом режиме [9], так для электровоза К14 это составит ≈ 160 А.

Число агрегатов тяговой подстанции, с учетом необходимого резерва, определяется:

$$n = \frac{P_{\text{рас}}}{P_n} + 1. \quad (11.11)$$

Т.о. число тяговых агрегатов на подстанции должно быть не менее 2-х.

Повторяющиеся пики нагрузки могут получаться при одновременной работе всех электровозов, из которых каждый третий находится в пусковом режиме, потребляя двойной часовой ток тяговых двигателей. Исходя из такой наиболее вероятной максимальной нагрузки, кратковременную мощность подстанции можно определить (при $N > 2$) следующим образом:

$$P_{\text{max}} = \frac{1}{3} U N (I_{\text{пуск}} + 2 I_{\text{ср}}) 10^{-3}, \quad (11.12)$$

где $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток одного электровоза;

$I_{\text{ср}}$ – средний поездной ток.

Коэффициент перегрузки при этом

$$K_{\text{п}} = \frac{P_{\text{max}}}{P_n \cdot n},$$

где P_n – номинальная мощность преобразовательных агрегатов подстанции.

Так преобразовательная подстанция АТП-500/275 допускает двухкратную перегрузку в течение 10 с, следовательно, расчетный коэффициент перегрузки должен быть $K_{\text{п}} \leq 2$. Это требование для выпускаемых тяговых выпрямительных агрегатов выполняется.

На откаточном горизонте устраивается обычно от 2-х до 4-х тяговых подстанций: одна в центральной подстанции (ЦПП) в околоствольном дворе, вторая вблизи центра обрабатываемого месторождения, возможно также размещение на флангах шахтного поля.

Для обеспечения надежности электроснабжения транспорта тяговые подстанции питают двумя кабелями с ЦПП, а тяговые агрегаты подключают к разным секциям подстанции.

11.4 Зарядные установки

Для зарядки аккумуляторных батарей шахтных электровозов широко применяют зарядные устройства (ЗУ) серии ЗУК с трехфазным мостовым выпрямителем на кремниевых диодах с регулированием выпрямленного напряжения посредством силового магнитного усилителя.

Конструктивно эти ЗУ выполнены в виде шкафа (исполнение РП), в котором установлен силовой трансформатор, магнитный усилитель, вентильный блок, реле утечки, вентилятор с электродвигателем (только в ЗУК-155/320М) и другие элементы схемы.

На передней двери размещены электроизмерительные приборы и кнопки управления. Включение и отключение ЗУ производится магнитным пускателем ПМВИ или ПВИ (поставляется отдельно).

Зарядное устройство ЗУК-75/120М имеет естественное воздушное охлаждение и отличается от ЗУК-155/230М меньшими габаритами.

Электрическая схема зарядного устройства ЗУК-155/230М (рисунок 11.9) включает в себя силовой выпрямительный блок, питающийся через силовой трансформатор (Тр) от трехфазной сети переменного тока напряжением 660В или 380В.

На первичной обмотке трансформатора (Тр) предусмотрены отпайки для компенсации длительных отклонений напряжений питающей сети (+10%), на вторичной обмотке — отпайки для дискретного изменения напряжения в соответствии с типом заряжаемой батареи. Главное регулирование выпрямленного напряжения производят изменением тока подмагничивания магнитного усилителя (МУ), рабочие обмотки которого включены в цепи силовых вентиляей.

Компенсационная система автоматической стабилизации зарядного тока, с внешней обратной связью по напряжению, выполнена без промежуточных усилителей. Обмотки управления, токовая (ОУТ) и напряжения (ОУН), включены по магнитным потокам встречно и охватывают все шесть сердечников — МУ. Обмотка (ОУТ), имеющая один виток, служит для создания отрицательной статной связи и для смещения характеристики силового МУ, что позволяет более полно использовать диапазон его регулирования.

От утечек тока на землю в зарядной цепи и во вторичной обмотке силового трансформатора защищает реле РКУ-Зар, отключающее пускатель. Питание реле утечки производится от пускателя.

Измерительная цепь реле, питающаяся от источника оперативного тока с частотой 25 Гц, состоит из выпрямительного моста — В1, чувствительного реле — РИ, километра — КΩ, фильтров заградительного Др- R_4 - C_5 и присоединения С1-С3.

При снижении сопротивления изоляции ниже допустимого или прикосновения человека к токоведущим частям реле РИ срабатывает и размыкает свой контакт в цепи управления магнитного пускателя.

Второй контакт РИ включает сигнальную лампу ЛСК. Для проверки исправности реле служит кнопка КП. Принудительную вентиляцию контролируют с помощью реле ВР.

Кнопочные блокировки дверей отключают питание КБ-1 и КБ-2 при открытии двери шкафа зарядного устройства.

Кроме вышеупомянутых ЗУ типа ЗУК применяются также тиристорные устройства типов УЗА-160-320 и УЗА-200-230У5, имеющие одинаковые габаритные размеры и схемы. Они были разработаны в свое время в связи с выпуском тяжелых электровозов АРП14 и АРП28.

Параметры ЗУ этой серии обеспечивают нормальный (шестичасовой) и усиленный (десятичасовой) заряд всех существующих типов электровозных батарей, а также ускоренный (четырёхчасовой) заряд тяговых батарей емкостью: до 550А·час. ЗУ серии УЗА смонтировано в металлическом шкафу с двухсторонним обслуживанием. Исполнение рудничное повышенной надежности (РП), охлаждение естественное, воздушное.

Электрическая схема УЗА-200-230У5 (рисунок 11.10) содержит:

— силовой блок, состоящий из трансформатора (T_1), силовых вентилях (VD4 — VD6);

— сглаживающего дросселя (L);

— блока питателя (БП);

— блока управления (БУ);

— блока фазоимпульсного управления тиристорами (БФИУ);

— блока сигнализации (БС);

— датчика тока (ДТ);

— реле контроля тока утечки (РКУ; KR).

Питание ЗУ осуществляется от трехфазной сети напряжением 660 или 380В.

Соответственно, первичные обмотки силового трансформатора (Т) и блока питания (БП) путем переключения перемычек соединяются в звезду или треугольник.

Включение и отключение ЗУ производится магнитным пускателем ПВИ-125 (ПМВИ-23М) при напряжении 660В или ПВИ-250 (ПМВИ-61) при напряжении 380В (пускатель в поставку завода-изготовителя ЗУ не входит).

Система автоматического регулирования с обратными связями по току ОС1 (от датчика тока ДТ) и по напряжению ОС2 — обеспечивает режимы заряда батареи: при постоянной силе тока, при постоянном напряжении и комбинированный — с автоматическим переходом с первого режима на второй при заданном значении зарядного напряжения. Операция отключения зарядного устройства после окончания заряда батареи автоматизирована с помощью электронного реле времени с дискретной регулировкой уставки 3, 4, 5, 6, 7 и 10 час переключателем SA2. В режиме заряда при постоянной силе тока ($I_3 = \text{const}$), предусмотренном в качестве основного, емкость, сообщаемая заряжаемой батарее Q_3 (А.ч), линейно зависит от времени заряда t_3 . Необходимое время заряда при заданной емкости легко определяется из соотношения $t_3 = Q_3/I_3$.

В режиме заряда убывающим током при постоянном напряжении или при комбинированном режиме зарядки емкость имеет нелинейную зависимость от времени. В этом случае в качестве программного устройства целесообразно использовать не реле времени, а счетчик ампер-часов.

В устройствах серии УЗА применена защита от опасных утечек тока на землю с помощью реле утечки.

Защита от токов к. з. и перегрузки выполнена с использованием электронных блоков, воздействующих на светодиод оптронного тиристора VD8 (см. рисунок 11.10), который отключает магнитный пускатель в цепи питания ЗУ.

Датчик тока ДТ для системы регулирования и защиты от токов короткого замыкания и перегрузок выполнен на трех специальных трансформаторах тока, первичные обмотки которых включены в цепи вентилялей VD4 — VD8 (см. рисунок 11.10), а от вторичных обмоток, соединенных в звезду, питается трехфазный мостовой выпрямитель VD. Предусмотрены также защита от холостого хода ЗУ, блокировка включения ЗУ при неправильной полярности заряжаемой батареи и возможность автоматического отключения ЗУ при перегреве аккумуляторов. Измерительные приборы (амперметр PA, вольтметр PV и килоомметр PR контроля изоляции) и световая сигнализация с помощью ламп (HL1 — «Разъединитель включен», — «Заряд начат», HL3 — «Заряд окончен», HL4 — «Утечка тока», HL5 — «Перегрев электролита», HL6 — «Токовая защита») обеспечивают контроль за работой ЗУ и фиксирование срабатывания защит.

Сигналы нормального включения и отключения пускателя ПВИ от кнопок SB1 и SB2, а также аварийного отключения при срабатывании защит подаются через оптронный тиристор VD8, который осуществляет гальваническую развязку искробезопасных цепей управления. В устройствах серии УЗА обеспечиваются точность стабилизации тока заряда не менее $\pm 5\%$ и точность стабилизации напряжения $\pm 2\%$ при изменении напряжения сети в пределах (0,85—1,1) $U_{\text{ном}}$.

Промышленный выпуск устройств серии УЗА начал с 1985 г. заводом «Электропреобразователь» (г. Гай, Оренбургская обл.), этим же заводом выпускались устройства серии ЗУК.

В настоящее время также выпускаются зарядные устройства типа ЗУ 120/77-128, предназначенные для зарядки свинцовых тяговых аккумуляторных батарей в подземных условиях угольных предприятий напряжением 120В и емкостью от 385 до 640 А·час и обеспечивающие оптимальный заряд за минимально короткое время. Микропроцессорная схема управления режимами заряда обеспечивает стабильные характеристики без присутствия оператора и по окончании процесса зарядки автоматически отключает зарядное устройство.

Зарядное устройство выпускается ООО НПП «Энергия» (г. Донецк) и является рудничным взрывозащищенным электрооборудованием. Уровень и виды взрывозащиты РП ПУа.

Зарядное устройство обеспечивает комбинированный режим заряда аккумуляторных батарей. Предусмотрена защита от недопустимого перегрева электролита аккумуляторов.

Технические параметры серийно выпускаемых зарядных устройств батарей шахтных аккумуляторных электровозов приведены в таблице 11.4.

Устройства серии УЗА обеспечивают:

- плавное регулирование зарядного тока и напряжения;
- автоматическое отключение по окончании заряда;
- защиту от работы на холостом ходу и от подключения аккумуляторной батареи с обратной полярностью;
- максимальную токовую защиту с регулируемой уставкой и блокировкой после срабатывания от токов короткого замыкания и сигнализацию срабатывания максимальной токовой защиты;
- защиту от токов утечки на землю на вторичной обмотке трансформатора и на стороне выпрямленного напряжения, сигнализацию о ее срабатывании;
- контроль температуры электролита аккумуляторной батареи.

Наиболее мощное автоматическое тиристорное зарядное устройство УЗА-330-360У5 предназначено для заряда тяговых аккумуляторных батарей 154ТНЖШ-550, 16ТНЖК-650, 2х 182ТНЖШ-650.

Это зарядное устройство изготовлено с естественным воздушным охлаждением и состоит из следующих функциональных блоков: силового трансформатора, блока силовых вентилях, блока автоматического управления, блока фазоимпульсного управления тиристорами, блока реле времени, блока сигнализации и реле утечки.

Технические параметры серийных ЗУ для шахтных аккумуляторных электровозов.

Параметры зарядного устройства	Тип зарядного устройства		
	УЗА-200-230-У5	УЗА-160-320-У5	УЗА-330-360-У5
1	2	3	4
Номинальный выпрямленный ток, А	200	160	330
Номинальное выпрямленное напряжение, В	230	320	360
Номинальная выходная мощность, кВт	46	51,2	2x118
К. п. д.	≥0,9	≥0,9	≥0,9
Коэффициент мощности при номинальной нагрузке	≥0,7	≥0,7	≥0,7
Напряжение питания сети, В	380/660	380/660	380/660
Тип заряжаемых батарей	66 ТНЖ-350; 80 ТНЖК-450; 91 ТНЖ-550; 96 ТНЖШ-500; 112 ТНЖК-450.	126 ТНЖК-550; 126 ТНЖК-650; 154 ТНЖШ-500; 161 ТНЖШ-650.	154 ТНЖШ-550; 161 ТНЖШ-650; 2x182ТНЖШ-6 5 0
Масса, кг	965	980	—
Габаритные размеры, мм	1015X860 x1665	1015X860 x1665	—

Выпрямление переменного тока осуществляется по трехфазной несимметричной (полууправляемой) схеме, собранной на трех тиристорах и трех диодах. Выпрямленное напряжение регулируется силовыми тиристорами воздействием на их систему фазоимпульсного управления. Система автоматического регулирования с обратными связями по току (от датчика тока) и по напряжению обеспечивает режимы автоматического заряда батареи; при постоянной силе тока, напряжении и комбинированного, с автоматическим переходом с первого режима на второй. Операция отключения зарядного

устройства после окончания заряда батареи автоматизирована с помощью электронного реле времени с дискретной регулировкой уставок на 3; 4; 5; 6; 7 и 10 час. Зарядные устройства УЗА имеют более высокий уровень автоматизации по сравнению с устройствами ЗУК, однако последние имеют лучшие энергетические и массогабаритные показатели.

Важным направлением является разработка тиристорных зарядно-разрядных устройств для тяговых аккумуляторных батарей шахтных электровозов с отдачей энергии разряда в сеть.

Преобразовательные подстанции эксплуатируют в соответствии с «Правилами технічної експлуатації вугільних шахт» [8], інструкціями заводо-виробників і спеціальними інструкціями, складеними з урахуванням місцевих умов. Полупроводниковые преобразователи, особенно на неуправляемых вентилях, просты в эксплуатации и после наладки могут работать без постоянного обслуживающего персонала с периодическими осмотрами и соответствующей профилактикой. Для обслуживания преобразовательных установок допускаются лица, имеющие специальную подготовку. Инструкция по эксплуатации требует ведения эксплуатационного журнала, в котором указывают даты ввода в эксплуатацию и профилактических осмотров, а также регистрируют аварии и меры по их ликвидации. В начале каждой смены проверяют исправность реле утечки. При профилактических осмотрах проверяют сопротивление изоляции.

Запрещается эксплуатировать зарядные установки без заземления корпуса и с неисправным реле утечки, а также заряжать батареи без заземления батарейного ящика [7; 8].

Зарядные устройства при первом включении необходимо отрегулировать в соответствии с инструкцией. Силовой трансформатор устройства должен быть подключен на отпайки, соответствующие типу заряжаемой батареи. Движок сопротивления, регулирующего ток заряда, устанавливают в положение, обеспечивающее минимальный ток. Включают зарядное устройство и по приборам проверяют силу зарядного тока и напряжение. Если ток не соответствует требуемому значению, зарядное устройство должно быть отключено. Для отключения заряженной батареи необходимо сначала отключить зарядное устройство пускателем, а затем отключить автомат в цепи батареи и штепсельный разъем. При включении зарядного устройства для присоединения батареи действия совершают в обратном порядке.

При осмотре и ремонте зарядного устройства сначала отключают разъединитель пускателя и отсоединяют батарею. В тяговых преобразовательных подстанциях — выключатель на стороне высокого напряжения преобразовательного трансформатора и разъединитель на стороне постоянного тока для исключения подпитки от параллельно работающих подстанций.

В настоящее время ЧАО ПКФ «Амплитуда» выпускает комбинированное зарядно-разрядное устройство ЗРУА, выпускаемое в трех вариантах: как

отдельно для щелочных и кислотных батарей, так и универсальное для двух типов батарей.

Конструктивно зарядное устройство выполнено в виде шкафа в исполнении РП, в котором установлены силовой трансформатор, реле утечки, вентиляционный блок и другие элементы схемы.

На передней двери размещены приборы и кнопки, позволяющие следить за процессом заряда-разряда батарей.

Устройство предназначено для эксплуатации в шахтах, в том числе опасных по газу или пыли, с установкой в околоствольных камерах, оmyваемых свежей струей воздуха.

Контрольные вопросы

1. Основные элементы тягового электроснабжения.
2. Номинальные напряжения в тяговой сети.
3. Конструкция подвески контактного провода.
4. Назначение секционных выключателей.
5. Выбор тока срабатывания защиты.
6. Расчет тока к.з. в контактной сети.
7. Расчет потерь напряжения в сети.
8. Пояснить работу схемы рис.11.6.
9. Расчет мощности тяговой подстанции.
10. Выбор числа агрегатов тяговой подстанции.
11. Пояснить работу схемы рис.11.10.
12. Достоинства зарядных устройств серии УЗА.

12. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

12.1 Требования к эксплуатации электровозов

Эксплуатация локомотивов должна производиться в соответствии с руководством завода-изготовителя.

Каждый локомотив, находящийся в эксплуатации, необходимо осматривать с записью в специальном журнале осмотра в следующие сроки:

- ежесменно машинистом при приемке локомотива;
- дежурным электрослесарем при выпуске локомотива на линию;
- еженедельно начальником электровозного депо (гаража) или механиком участка шахтного транспорта;
- ежемесячно начальником участка совместно с механиком шахтного транспорта.

При подготовке локомотивов к эксплуатации должны быть выполнены следующие работы:

- затянуты и зашплинтованы, где это предусмотрено конструкцией, болтовые соединения;
- навешены сцепки;
- в кабинах локомотива или на батарейных ящиках установлены огнетушители;
- в кабинах локомотива в специальных кронштейнах уложены домкрат или самостав;
- приведены в рабочее состояние согласно требованиям эксплуатационной документации аккумуляторные батареи;
- проверено состояние зацепления конической пары в редукторе. Пятно контактов зубов должно быть по высоте не менее чем 50% высоты зуба, по длине — не менее чем 50% длины зуба;
- проверен осевой зазор в подшипниках букс. Буксы не должны иметь люфт относительно оси колесной пары;
- проверена исправность электрооборудования, надежность его крепления к раме и надежность контактных соединений;
- смазаны все составные единицы, согласно карте смазки эксплуатационной документации;
- отрегулирована тормозная система таким образом, чтобы в заторможенном положении колодки по всей площади касались ободов колес;
- залит масляный блок гидросистемы локомотива маслом до верхнего уровня (по маслоуказателю) и проверена работоспособность гидросистемы;
- засыпан песок в песочницы и проверена работа песочной системы. В случае недостаточной подачи песка, необходимо отрегулировать привод песочной системы. Песок необходимо применять влажностью от 2% до 7%, без примесей глины и других включений;

— проверено сопротивление изоляции электрооборудования при отключенном источнике питания сначала комбинированным прибором (ампервольтметром), а потом мегаомметром на 500В. Величина сопротивления изоляции какой-нибудь точки электрической системы относительно рамы электровоза должна быть не менее чем 0,5МОм;

— проверено сопротивление изоляции между токоведущими частями аккумуляторной батареи и корпусом батарейного ящика. Сопротивление изоляции должно быть не менее чем 10 кОм;

— установлена на аккумуляторном электровозе батарея и закреплена на раме;

— проверено положение всех ключей и рукояток пульта управления. Рукоятки должны находиться в нулевом положении;

— вставлена штепсельная муфта в верхнюю розетку автоматического выключателя (на аккумуляторных электровозах);

— подано напряжение на электровоз и проверена исправность стабилизатора напряжения. При исправном стабилизаторе лампы подсветки; шкалы приборов и сигнальный фонарь в кабине должны гореть;

— проверена работа компрессора и герметичность пневмосистемы;

— проверено натяжение ремней клиноременной передачи компрессорного агрегата;

— проверено функционирование привода токоприемника как ручного, так и автоматического;

— расторможен колодочный тормоз;

— проверена работа электрооборудования и проведена обкатка локомотива во всех режимах с обеих кабин;

— проверены исправность блокировочного приспособления сидения, работа системы освещения, звуковой и световой сигнализации и аппаратуры управления стрелочными переводами с движущего локомотива (при их наличии), а также системы индикации о работе тягового электропривода и скорости движения.

При удовлетворительных результатах проверки и опробовании можно считать локомотив подготовленным к работе.

Ежегодно должен производиться технический осмотр локомотивов комиссией, назначенной приказом руководителя предприятия с участием представителей территориального органа Госгорпромнадзора Украины [7].

Машинист локомотива обязан:

— производить осмотр локомотива при приемке и сдаче смены;

— перед пуском локомотива проверить наличие масла в редукторах, состоянии электрооборудования, наличие песка в песочницах, работу тормозов;

— соблюдать нормальный режим работы локомотива;

— содержать локомотив в чистоте и порядке;

— проверять нагрев букс, двигателей;

— состояние тормозов и другого оборудования;

— принимать меры к своевременному устранению замеченных неполадок.

Перед выездом на линию локомотива дежурный электрослесарь проверяет исправность всех частей локомотива, а замеченные недостатки устраняет немедленно.

Ежедневно дежурным электрослесарем участка ШТ производится проверка правильности эксплуатации и технического состояния локомотивов.

Ремонтный осмотр локомотива производится в гараже один раз в месяц.

Осмотр производит ремонтная бригада электрослесарей при участии механика шахтного транспорта и начальника (заведующего) гаража.

При осмотре проверяют наиболее ответственные части локомотива, согласно инструкции устанавливают возможность дальнейшей его эксплуатации или характер последующего ремонта, производят замену быстро изнашивающихся деталей, попутно устраняют мелкие неисправности.

Текущий ремонт локомотивов производится в гараже. При этом локомотив подвергают частичной разборке с заменой износившихся или вышедших из строя деталей.

При капитальном ремонте:

- полностью разбирают и промывают все узлы локомотива;
- проверяют степень износа деталей и заменяют изношенные детали новыми или отремонтированными;
- очищают якоря и коллекторы двигателей;
- ремонтируют токоприемник, раму локомотива;
- протачивают коллекторы;
- перематывают при необходимости обмотки якоря;
- заменяют подшипники, контроллер и т.д.

Все профилактические мероприятия по осмотру и ремонту локомотивов должны производиться по заранее разработанным и утвержденным графикам.

Во время движения локомотив должен находиться в голове поезда. Нахождение локомотива в хвосте поезда разрешается только при маневровых операциях на участке протяженностью не более 300 м при скорости движения не более 2 м/с. Разрешается загалькивание составов вагонеток к забою при проведении однопутевых подготовительных выработок на расстоянии не более 400 м [7].

Движущийся поезд должен иметь сильный источник света в голове состава, а на последней вагонетке должен быть установлен светильник с красным светом. В случае передвижения локомотива без вагонеток светильник с красным цветом должен устанавливаться на задней (по ходу) части локомотива при отсутствии фары с красным светом.

При нахождении локомотива в хвосте состава поезда на передней наружной стенке первой по ходу движения вагонетки должен быть подвешен включенный специальный светильник, мигающий или красного цвета [7].

Не допускается на участках пути под включенным контактным проводом движение своим ходом аккумуляторных электровозов, не имеющих крыши над кабиной, а также их буксировка при нахождении машиниста в кабине.

Не допускается эксплуатация локомотива при [7]:

- а) нарушениях взрывобезопасности оборудования;
- б) снятой крышке батарейного ящика аккумуляторного электровоза, неисправном ее блокировочном устройстве и без электроизоляционного покрытия;
- в) неисправности электрооборудования, блокировочных устройств и средств защиты;
- г) неисправных или неотрегулированных тормозах;
- д) неисправности песочниц или отсутствии песка в них;
- е) неисправности сцепных устройств;
- ж) неисправности буферов;
- з) изношенных более чем на 2/3 толщины колодках и более чем на 10мм бандажах;
- и) несветящихся или неисправных фар;
- к) неисправности сигнальных устройств.

В шахтах, опасных по газу и пыли, ремонт аккумуляторных электровозов, связанный с вскрытием электрооборудования, согласно требованиям [7], разрешается производить только в гараже.

Эксплуатация аккумуляторных батарей должна осуществляться согласно требованиям эксплуатационной документации на батарею.

Во время эксплуатации и обслуживания аккумуляторных батарей согласно требованиям [8] не должно быть:

- некомплектности батареи, закороченных аккумуляторов, повреждений изоляции аккумуляторов и батарейного ящика;
- разряда батареи до напряжения ниже величины, определенной эксплуатационной документацией;
- недозаряженной батареи перед установкой на электровоз;
- применения недистиллированной воды для подготовки электролита;
- проведения работы на батарее, подключенной к зарядному устройству;
- наличия посторонних предметов на батарее;
- короткого замыкания при работе с гаечными ключами и другими металлическими инструментами.

Перед вводом в эксплуатацию новых аккумуляторных батарей необходимо проветрить их исправность и провести входной контроль сопротивления каждого аккумулятора батареи.

На каждом батарейном ящике должен быть четко нанесен порядковый номер батареи.

Необходимо исключить из эксплуатации и заменить новыми аккумуляторы, имеющие [8]:

- сколы и трещины изоляционного покрытия баков;
- гнутые шпильки, поврежденную резьбу;

- смятые поверхности баков;
- течь электролита из баков;
- порванные резиновые чехлы;
- открытые горловины (без пробок-клапанов).

Количество аккумуляторных батарей для аккумуляторных электровозов, находящихся в работе, определяется производственной необходимостью и степенью их изношенности.

Заряд аккумуляторных батарей производится в зарядных камерах на зарядных столах. Допускается производить заряд аккумуляторных батарей на раме электровоза во временных камерах при подготовке новых горизонтов.

Во время зарядки аккумуляторных батарей выполняются все требования Правил [7].

При транспорте контактными электровозами проводится ремонтный осмотр тяговой сети, при котором особое внимание обращается на состояние подвески и растяжки контактного провода, секционных изоляторов и разъединителей, питающих и отсасывающих пунктов, а также проверяют наличие на рельсовых путях стыковых межрельсовых и межпутевых соединений.

При обнаружении касания контактного провода с любыми посторонними предметами необходимо немедленно снять напряжение в тяговой сети. Наиболее характерным повреждением является «выскакивание» контактного провода из зажима вследствие ослабления стягивающих болтов, что может привести к отклонению контактного провода и соскальзыванию токоприемника при движении электровоза.

Один раз в месяц проводят планово-предупредительный ремонт тяговой сети, включающий электрическое и механическое испытание тяговой сети, очистку подвесной арматуры от пыли и грязи, тщательный осмотр с проведением необходимого ремонта. При обнаружении трещин в изоляторах последние подлежат замене.

Контактный провод в тяговой сети должен быть медным, фасонным, с сечением не менее 65 мм^2 . В выработках, в которых подвешен контактный провод на пересечениях с другими выработками, а также через каждые 200 м должны устанавливаться плакаты с световой надписью «Берегись провода» [8].

Электрические соединители на стыках рельс можно изготавливать из стальной проволоки, сопротивление которой эквивалентно сопротивлению медного провода сечением не менее чем 50 мм^2 [8], что соответствует сечению стальной проволоки более 280 мм^2 .

При контактной откатке для уменьшения сопротивления на рельсовых путях должны устанавливаться электрические соединители [7].

Как известно, в шахтной контактной сети обратным токоведущим проводом является рельсовый путь.

Однако ввиду незначительного переходного сопротивления между рельсами и почвой выработки (от нескольких тысячных до десятых долей Ома

на километр) часть протекающего по рельсам тока ответвляется в почву, образуя блуждающие токи (рисунок 12.1).

Если вблизи рельсов имеются металлические трубы, бронированные кабели или другие проводники, то блуждающие токи, стремясь пройти по пути с наименьшим сопротивлением, будут протекать и по этим проводникам. Вследствие этого между рельсами и металлическими сооружениями и коммуникациями образуются потенциальные зоны, вредные тем, что в одной из них происходит электрокоррозия (разрушение) металлических сооружений, и опасные по той причине, что в случае соприкосновения проводов электродетонаторов с металлическими предметами, находящимися под разными потенциалами, может произойти воспламенение электродетонаторов. Блуждающие токи могут также отрицательно влиять на работу устройств дистанционного управления и автоматики горных машин.

Для уменьшения блуждающих токов необходимо либо уменьшить продольное сопротивление рельсового пути, либо увеличить переходное сопротивление между рельсами и почвой выработки. В шахтных условиях более эффективна первая мера, она обеспечивается установкой стыковых электросоединителей.

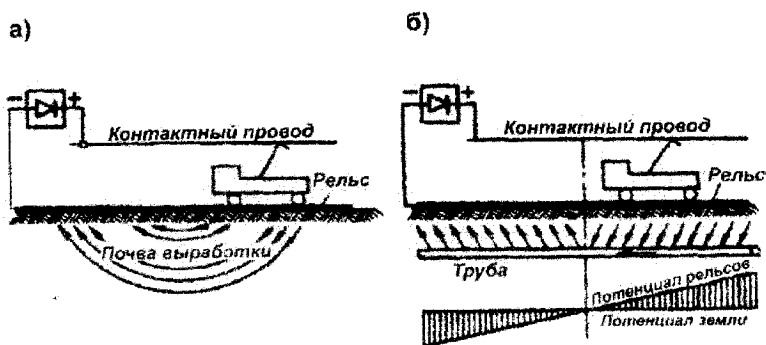


Рисунок 12.1 Схема прохождения блуждающих токов:

а — по почве выработки; б — по протяженным металлическим предметам и почве.

Электросоединители (рисунок 12.2) должны устанавливаться на каждом стыке рельс, стрелок и крестовин, а также между рельсами не реже чем через три стыка в начале и в конце пути, а также между соседними рельсовыми путями в начале и конце путей и не реже чем через каждые 100м.

Электрические соединители должны быть защищены от коррозии и по возможности от механических воздействий. Их необходимо, как правило, приваривать к рельсам, но допускается применять болтовые соединения, обработанные графитной смазкой.

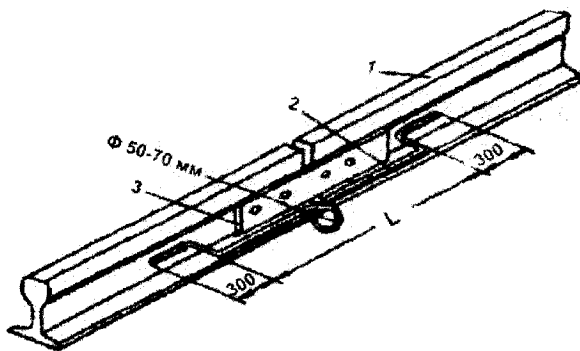


Рисунок 12.2 Стыковой электросоединитель:
1 — рельс; 2 — соединитель; 3 — накладка.

Питающие и отсасывающие кабели контактной сети должны быть разрешенными к применению в шахтах [8].

Периодически, не реже одного раза в три месяца, а также перед включением после монтажа и ремонта или аварийного отключения защитой, необходимо измерить сопротивление изоляции контактного провода относительно земли. Измерение должно выполняться мегаомметром на 1000В или методом амперметра — вольтметра, класс точности которых должен быть не ниже чем 2,5 [8].

Сопротивление изоляции контактной сети и электрооборудования контактной откатки напряжением до 300В постоянного тока должно быть не ниже [8]:

- секции контактного провода — 60 кОм;
- секционного изолятора и изолирующей вставки между сетями, питающимися от разных подстанций — 500 кОм;
- электрооборудования выпрямительных агрегатов — 1000 кОм.

В выработках с капежом разрешается эксплуатация контактной сети при сопротивлении изоляции секции контактного провода не менее чем 20кОм.

Если сопротивление изоляции контактной сети ниже допустимого, то рекомендуется:

- применение для подвески контактного провода фарфоровых изоляторов или установки в растяжке двух или более пружковых изоляторов;
- очистка изоляторов от пыли и грязи и замена поврежденных изоляторов или отслуживших срок службы на новые;
- установка в местах капежа водоотводных устройств.

Контактный провод заменяют в том случае, если его износ превысил допустимую величину [8]:

- 30% — для сечения до 100 мм²;
- 40% — для сечения 100 мм² и более.

Высота подвески контактного провода от головки рельса в подземных выработках должна соответствовать требованиям Правил [7].

В местах, где требуется фиксация высоты подвески контактного провода (пересечение с уклонами, бремсбергами и другими выработками), он должен подвешиваться жестко.

В местах перехода через вентиляционные и противопожарные двери контактный провод должен прерываться или надежно изолироваться.

Оттяжки контактного провода с обеих сторон должны быть изолированы от держателя, при этом расстояние от держателя до каждого из изоляторов должно быть не менее 0,3 м.

В местах подвески расстояние контактного провода до верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м.

Расстояние от токоприемника электровоза до крепи выработки должно быть не менее 0,2 м.

Большинство выработок, по которым прокладывается контактный провод, закрепляется податливой крепью и имеет неравномерный профиль пути. В этих условиях весьма затруднительно выдерживать одинаковую высоту подвески провода, необходимую для обеспечения равномерного нажатия токоприемника электровоза на провод по всей его длине. Поэтому предусматривается применение эластичной подвески, обеспечивающей наиболее оптимальное взаимодействие между проводом и токоприемником, что уменьшает искрение. Кроме того, при эластичной подвеске уменьшается деформация провода при обрушении кровли, а в большинстве случаев предупреждается и его обрыв. Если же необходимо зафиксировать положение провода по отношению к другим предметам, находящимся, например, на пересечениях с трубопроводами или другими выработками, то его подвешивают жестко.

При эластичной подвеске должна применяться арматура, обеспечивающая двойную изоляцию провода от элементов крепи выработки. Первичная изоляция достигается с помощью держателей с изолирующим болтом, а вторичная — с помощью изоляторов, устанавливаемых между держателем и оттяжками. В местах капежа рекомендуется устанавливать по два изолятора в каждой оттяжке. Во всех случаях следует отдавать предпочтение фарфоровым изоляторам. Для жесткой подвески следует применять специальные проволочные держатели или фарфоровые опорные изоляторы.

При разрыве контактного провода в местах перехода через вентиляционные и противопожарные устройства непрерывность электрической цепи должна обеспечиваться с помощью перемычек из кабеля. Если в местах перехода производится изолирование контактного провода, то необходимо предусматривать механическую защиту изоляции, например, путем установки отбойных лыж из гетинакса и т.п.

В тяговых подстанциях и зарядных устройствах электровозной откатки должна осуществляться защита от перегрузки, токов утечки на землю и короткого замыкания в преобразователях, трансформаторах и отходящих

присоединениях, питающих контактную сеть. Для указанной цели должны применяться защиты без выдержки времени [7].

Силовые трансформаторы, тяговые подстанции и отходящие присоединения контактной сети должны эксплуатироваться при исправных приспособлениях защиты от токов короткого замыкания, защиты от снижения сопротивления изоляции и других защит, предусмотренных в этой аппаратуре.

Исправность защитных приспособлений необходимо проверять согласно руководству по эксплуатации этих приспособлений [8].

Контактная сеть должна быть секционирована выключателями, расстояние между которыми не должно превышать 500 м. Секционные выключатели должны устанавливаться также на всех ответвлениях контактного провода [7].

В контактных сетях двухколейных и многоколейных участков допускается параллельное соединение контактных проводов при помощи выключателей.

До разработки секционных выключателей допускается применение секционных разъединителей и автоматических выключателей, используемых в сетях переменного тока.

При питании контактной сети от нескольких подстанций последние должны быть изолированы одна от другой [7].

Основные правила безопасности:

— ремонт контактной сети производят при выключенном на этом участке напряжении и заземленном контактном проводе;

— электрослесари, выполняющие ремонт тяговой сети, должны быть в резиновых перчатках, а осуществляющие подъем контактного провода — и в резиновых ботах.

В процессе эксплуатации электровозного транспорта:

— на время спуска и подъема смены рабочих контактный провод отключается на участке от ствола до посадочной площадки, расположенной в околоствольном дворе;

— отключается контактный провод в местах погрузки и разгрузки длинномерных материалов и оборудования и на посадочных площадках на время выполнения этих работ и посадки (высадки) людей [7].

На шахтах, где производится электровзрывание, все рельсовые пути, не предназначенные для откатки контактными электровозами, в местах соприкосновения с токоведущими рельсами должны быть электрически изолированы от последних в двух точках, отстоящих одна от другой на расстоянии максимально возможной длины состава.

Рельсовые пути, не предназначенные для откатки контактными электровозами, необходимо изолировать от токоведущих рельсов контактной сети с целью предотвращения выноса потенциала за пределы выработок, в которых имеется контактная сеть. Изолирование позволяет предупредить воспламенение электродетонаторов блуждающими токами и ограничить их влияние на слаботочные устройства управления и автоматики.

Изолирование рельс в двух точках, удаленных одна от другой на максимально возможную длину состава, требуется потому, что сопротивление состава может оказаться незначительным и стыки могут перекрываться им на длительное время.

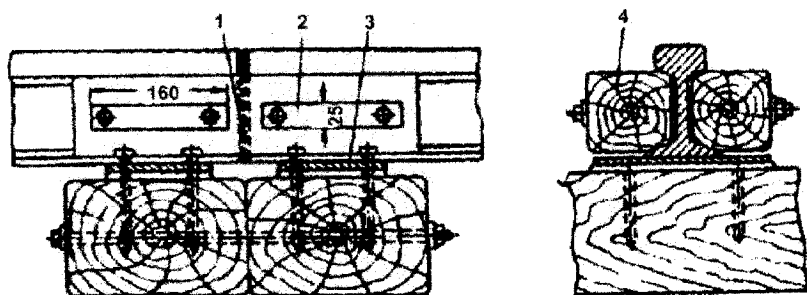


Рисунок 12.3 Изолирующий стык:

- 1 — прокладка между рельсами; 2 — металлическая пластинка; 3 — прокладка под рельс;
4 — соединительная изолирующая накладка.

Для получения изолирующего стыка (рисунок 12.3) необходимо:

- установить прокладки между торцами рельс из гетинакса, текстолита или другого прочного изоляционного материала толщиной 6-8 мм;
- установить изоляционные накладки из деревопластика или прочного дерева, пропитанного в минеральном масле (взамен стальных накладок);
- установить изоляционные прокладки между подошвами рельс и концевыми стальными прокладками.

12.2 Техническое обслуживание и текущий ремонт

Перечни и объемы выполняемых работ осмотров и текущего ремонта приведены в приложении «А» СОУ 10.1-00185790-002 [8] и «Руководстве по эксплуатации локомотива».

Ежесменный осмотр локомотива проводится перед выездом локомотива на линию (маршрут) дежурным электрослесарем и машинистом электровоза.

При ежесменном осмотре:

- проводится внешний осмотр;
- проверяется техническое состояние электровоза;
- контролируется крепление всех сборочных единиц;
- выявляются технические повреждения;
- проверяются тормоза;

- проверяется система подачи песка под колеса;
- проверяется давление в пневмосистеме.

Замеченные неисправности и дефекты сразу устраняются.

Виды технического обслуживания и ремонта локомотивов:

- ежесуточный осмотр (ЕСТО);
- еженедельный осмотр (ЕНО);
- ежемесячный осмотр (ЕМО);
- текущий ремонт (Т);
- ежегодный технический осмотр (ЕГТО).

Объем работ по каждому виду технического обслуживания и ремонта, последовательность их выполнения, инструменты, профессии и количество рабочих, трудоемкость выполнения работ, меры безопасности изложены в технологических картах технического обслуживания и ремонта в «Руководстве по эксплуатации локомотива» завода-изготовителя, где дан перечень возможных неисправностей локомотивов и методы их устранения.

Работы по устранению неисправностей, возникших в процессе эксплуатации локомотивов, предусматривают неплановые работы.

Плановая продолжительность всех видов технического обслуживания и ремонта устанавливаются отраслевыми ремонтными нормативами и «Руководством по эксплуатации локомотива» завода-изготовителя.

Текущий ремонт оборудования производится двумя способами:

- способом замены изношенных деталей исправными деталями; этот способ наиболее простой и обеспечивает необходимое качество ремонта;
- агрегатным способом, при котором определенные составные части или сборочные единицы заменяются новыми или заранее отремонтированными; этот способ является наиболее прогрессивным, обеспечивающим высокое качество ремонта.

При невозможности производства текущего ремонта способами, указанными выше, допускается производство полнокомплектной замены.

Ремонтный осмотр производится в ремонтной мастерской бригадой ремонтных электрослесарей при участии начальника (заведующего) гаражом или механика участка ПТ.

Освещенность мест осмотра должна быть:

- горизонтальная, на уровне 0,8 м от почвы, не менее 10 лк;
- горизонтальная, на верстаках, не менее 20 лк.

Ремонтная мастерская является неотъемлемой частью подземного гаража (депо), предназначенного для стоянки локомотивов во время перерывов в работе и выполнения ремонтных работ.

Смазка узлов и оборудования локомотивов производится в соответствии с картой смазки «Руководства по эксплуатации локомотива» завода-изготовителя.

Ежесуточный осмотр (ЕСТО) включает все работы по ежесменному осмотру и осуществляется дежурным электрослесарем без применения средств контроля и разборки машины (у аккумуляторных электровозов — при снятой

батарее, у контактных — при снятых верхних рамных листах, опущенном и зафиксированном токоприемнике).

При ЕСТО локомотива необходимо выполнять следующие работы:

— осмотреть локомотив, убедиться в отсутствии механических повреждений, не затянутых или отпущенных болтовых соединений, наличия посторонних предметов;

— проверить техническое состояние буферно-цепного устройства. Убедиться в отсутствии осевого люфта;

— внешним осмотром проверить целостность пружин подвески рамы привода;

— проверить нагрев подшипников электродвигателя;

— проверить наличие смазки согласно «Карте смазки» завода-изготовителя.

Проверить уровень масла в редукторе тягового двигателя по контрольным рискам на маслоуказателе: он должен быть между верхней и нижней рисками;

— визуально проверить состояние и износ бандажей колес. При их износе до толщины менее 25 мм заменить колесную пару;

— проверить состояние ходовой части:

а) нагрев подшипников букс;

б) профиль катания бандажей колесных пар и убедиться в отсутствии недопустимого износа, значительных выбоин и других дефектов;

в) исправность подвески и рессор (пружин);

г) креплений буферно-цепных устройств;

д) износ тормозных колодок;

— проверить техническое состояние гидросистемы. Визуально проверить уровень рабочей жидкости в маслобаке (не менее 50%), наличие утечек в гидросистеме. При необходимости масло долить, утечки устранить;

— проверить состояние компрессора, слить конденсат из отстойников воздухопроводника через сливной кран;

— проверить работоспособность пневмосистемы. Расфиксировать и поднять до соприкосновения с контактным проводом токоприемник контактного электровоза. Включить компрессор и заполнить пневмосистему сжатым воздухом. При нормальной работе компрессора давление системы должно повышаться от 0,45 МПа до 0,60 МПа не более чем за 30 сек. Регулятор давления должен включать компрессор при падении давления до 0,45 МПа и выключать его при достижении давления 0,60 МПа, контроль давления должен проводиться манометром, установленным на электровозе. При необходимости устранить утечки воздуха;

— проверить состояние песочниц — наличие и качество песка в бункерах песочниц. При необходимости досыпать песок (допускается применять песок с относительной влажностью от 2% до 7%, без примесей глины); лотки песочниц необходимо очищать от грязи. Проверить наличие смазки трущихся частей песочниц;

— проверить работоспособность песочной системы.

При ручном управлении рычажная передача от рукоятки должна иметь свободный и легкий ход. Натяжение пружин должно обеспечивать возвращение рукоятки и задвижки в первоначальное положение.

При управлении сжатым воздухом следует поочередно нажимать кнопки «Песочницы» на блоке управления. Песок должен высыпаться под колеса на головки рельс. При необходимости отрегулировать положение лотков песочниц, отрегулировать длину тяг и усилие поворотных пружин так, чтобы открытие и закрытие песочниц было полным и одновременным;

— проверить состояние тормозной системы. Визуально проверить зазор между тормозными колодками и бандажами колесных пар (2-4 мм). При необходимости отрегулировать зазор стяжкой. Регулировка механического дискового тормоза (электровоза АРВ7) производится регулировочной втулкой и перестановкой прокладок с одной стороны рычага на другую;

— проверить работоспособность тормозной системы.

При вращении штурвала по часовой стрелке полное торможение должно происходить за 2-2,5 оборота. Ход тормозной системы должен быть свободным. При необходимости тормозные гайки и шарнирные соединения смазывают.

При проверке работы гидро- или пневмосистемы нажать на тормозную педаль, при этом тормозные колодки должны плотно прижаться к бандажам колес за время не более чем 2 сек. Проверку производить давлением в пневмосистеме близким к 0,45 МПа;

— проверить состояние корпуса редуктора привода, плотность прилегания плоскости разъема, состояние регулировочных винтов, стопорных планок, крышек, маслоуказателя, пробки, болтов, установочных винтов, штифтов, шайб, подвески;

— проверить техническое состояние и работоспособность ручного и пневматического приводов опускания токоприемника.

При нажатии кнопки «Токосъем» на блоке управления дуги токоприемников должны опуститься в нижнее положение;

— проверить работоспособность механических и пневматического сигнальных устройств:

— механического звонка — резким нажатием и освобождением рычага, пневматического — нажатием кнопки «Сигнал» на блоке управления.

Звуковой сигнал должен быть слышен отчетливо. При необходимости отрегулировать шарнирные соединения механического звонка, устранить дефекты пневматического сигнального устройства;

— проверить наличие запасных частей, инструментов, домкрата, самостава, огнетушителя.

Ежесдельный осмотр (ЕНО) выполняется без разборки локомотива. При осмотре проверяют наиболее ответственные части локомотива, устанавливая дальнейшую возможность его эксплуатации или характер последующего ремонта, попутно устраняют мелкие неполадки, замеченные при этом, производят смазку согласно карте смазки.

При ЕНО локомотива следует выполнять следующие операции:

- выполнить работы ежесуточного осмотра;
- очистить электровоз от грязи и пыли;
- проверить состояние осей колесных пар и маточных колес (отсутствие трещин);
- проверить состояние рамы (отсутствие сужений или расширений более чем 5 мм);
- проверить состояние колесных пар (отсутствие трещин, выбоин глубиной более чем 3 мм и длиной более чем 5 мм, износ по поверхности катания больше чем 10 мм на сторону и износ реборды – менее чем 13 мм на расстоянии 12 мм от её верха);
- проверить значение диаметров бандажей колес по поверхности катания. Разница диаметров на одной колесной паре должна быть не более чем 2 мм, на электровозе — не более чем 5 мм;
- проверить установку и регулировку букс на шейках осей колесных пар (отрегулированная букса должна перемещаться вдоль оси в пределах от 0,2 мм до 0,4 мм и легко вращаться);
- проверить зазор между направляющими рамы и пазом буксы. Зазор должен находиться в пределах от 2,0 мм до 4,0 мм. При зазоре более чем 4,0 мм необходимо поставить прокладку;
- проверить зазор между колесом и корпусом буксы. Зазор должен быть не менее чем 2,0 мм;
- проверить состояние подшипников и наличие смазки в буксах. В случае необходимости регулировку букс необходимо проводить с помощью жестяных прокладок от 0,1 мм до 0,2 мм. Количество прокладок подбирается для каждой буксы отдельно;
- проверить крепление направляющих буксовых челюстей. Определить надежность крепления опробованием ключом и обстукиванием крепежных деталей молотком.

При необходимости болты и гайки подтянуть, крепежные детали с сорванной резьбой (более двух ниток) заменить;

— проверить плотность соединения элементов гидрооборудования. Течь масла в местах соединений и из узлов системы не допускается;

— проверить техническое состояние тормозной системы (элементы и рычаги не должны иметь видимых дефектов и перекосов, колодки должны быть расположены концентрично бандажа колеса и находиться в плоскости бандажа, зазор между колодкой и бандажом колеса должен быть в пределах от 2,0 мм до 4,0 мм, износ тормозной колодки не должен превышать 2/3 её первоначальной толщины, оставшаяся часть колодки не должна быть менее чем 10,0 мм, износ тормозного винта и гайки не должен превышать 0,5 мм).

— проверить работоспособность скоростемера, отклонение стрелки прибора на возрастающей и убывающей скоростях, она должна плавно отклоняться от нулевого положения и возвращаться на ноль.

Все контролируемые параметры узлов, оборудования локомотива, приведенные выше, соответствуют требованиям приложения А СОУ 10.1-00185790-002 и «Руководства по эксплуатации локомотива».

Ежемесячный осмотр (ЕМО) проводится с вскрытием наиболее ответственных узлов локомотива, но без разборки их на отдельные детали.

ЕМО локомотива необходимо проводить в следующей последовательности:

- выполнить работы ЕНО;
- проверить подвеску рамы локомотива — проверить горизонтальное положение рамы относительно рельс и работу резиновых амортизаторов стабилизатора. При необходимости отрегулировать положение рамы, амортизаторы подтянуть или ослабить;
- проверить состояние пневматической системы локомотива;
- проверить надежность крепления на локомотиве аппаратуры управления, звуковой сигнализации, средств связи, токоприемника.

На аккумуляторных электровозах необходимо проверить:

- крепление батарейного ящика — смещение батарейного ящика на раме электровоза от нормального положения должно отсутствовать;
- состояние батарейного ящика и крышек, выпуклость или вогнутость всех поверхностей должны быть не более 5,0 мм;
- на взрывобезопасных электровозах проверить работоспособность приборов контроля водорода и средств удаления водорода.

Текущий ремонт (Т) локомотива проводится через каждые 6 месяцев его эксплуатации или при отработке 2880 машино-часов («Руководство по эксплуатации локомотива»).

Текущий ремонт включает ремонтно-восстановительные работы ходовой части, тормозной системы, песочной системы, привода электроприемника, пневмосистемы и электрооборудования согласно перечню необходимых работ «Руководства по эксплуатации локомотива».

При текущем ремонте проводится замена сборочных единиц и деталей, срок службы которых истек. Кроме того, при текущем ремонте проводится ремонт вышедших из строя деталей и сборочных единиц, проверка и регулировка всех его элементов.

Текущий ремонт необходимо проводить в следующей последовательности:

- выполнить работы ЕМО;
- демонтировать ходовую часть для выполнения последующих работ по Т;
- демонтировать привод, для этого отсоединить провода от тяговых электродвигателей, приподнять привод грузоподъемным устройством, отвинтить гайки подвески, снять элементы подвески электродвигателя, опустить его;
- снять буксовые челюсти с рамы электропривода, отвинтить гайки винтов крепления к боковинам рамы, поднять раму при помощи кран-балки, выкатить привод;
- проверить сварные швы рамы и других узлов. При наличии трещин сборочную единицу отремонтировать;

— проверить пружины подвески рамы. Снять с буксы лопнувшие пружины, заменить их новыми;

— проверить состояние буферного устройства. Нажать на болты буфера. При свободном их перемещении отвинтить гайки болтов, снять буфер, разъединить стаканы и заменить поломанную пружину;

— проверить состояние накатных роликов на раме. Для замены изношенного ролика извлечь шплинт, молотком выбить ось и заменить корпус ролика. Собрать ролик в обратной последовательности;

— проверить техническое состояние редуктора. Отвинтить болты крепления электродвигателя с редуктором и снять электродвигатель. Снять редуктор, отвинтить болты крепления верхней и нижней его половины, при необходимости заменить промежуточный вал;

— отрегулировать зацепление конической пары редуктора по пятну контакта, пятно касания зубьев конической пары должно быть не менее 50% по длине зуба и 40% по высоте, регулировка зацепления проводится при помощи прокладок.

— проверить боковой зазор (не более 15 мм) между зубьями по линии зацепления при помощи свинцовой пластины. Проверить состояние уплотнения и при необходимости заменить.

— проверить отсутствие течи масла из редуктора. При наличии течи масла через разъёмные соединения редуктора подтянуть гайки болтов. При течи масла через уплотнения заменить уплотнения;

— проверить техническое состояние колесной пары. При толщине бандажа менее 25 мм заменить колесную пару, собрать корпус редуктора, поставить двигатель на редуктор, вкатить привод под раму;

— проверить техническое состояние подвески привода. Лопнувшие пружины подвески двигателя заменить;

— проверить зазоры между челюстью и буксой. При большом зазоре (более 4 мм) определить наиболее изношенную деталь (челюсть или корпус буксы) и заменить её;

— проверить техническое состояние компрессорной системы, отсоединить провода и шланги, демонтировать мотокомпрессорную установку с воздухохоборником. Снять компрессор, регулятор давления и проверить их техническое состояние согласно инструкции по эксплуатации;

— проверить техническое состояние ручного привода тормоза. Свободный ход маховика тормозной системы по окружности не должен превышать 270°. Отрегулировать конический роликоподшипник, для этого затянуть крышку болтами без прокладок, щупом измерить зазор между корпусом подшипника и крышкой. Установить пакет прокладок толщиной на 0,3 мм больше зазора и собрать узел в обратной последовательности.

Проверить состояние винта, гайки и шарнирных соединений. Износ резьбы винта и гайки более 0,5 мм и зазор в шарнирных соединениях более 1 мм не допускаются. Дефектные детали (валики и втулки) заменить. При износе тормозных колодок до толщины менее 10 мм — заменить;

— проверить техническое состояние пневматической тормозной системы. Отвинтить болты крепления тормозных цилиндров, снять их, разобрать, заменить манжеты, собрать цилиндры и установить в обратной последовательности;

— проверить техническое состояние пневматического блока управления.

Отвинтить болты крепления пневматического блока управления, снять его, разобрать, заменить уплотнительные кольца, собрать блок и установить в обратной последовательности;

— проверить техническое состояние гидравлической тормозной системы.

Проверить все гидравлические соединения на отсутствие утечек рабочей жидкости. Заменить неисправные элементы;

— проверить техническое состояние песочниц (при наличии пневмосистемы). Отвинтить болты крепления инжекторов, снять их, прочистить отверстия во втулках диффузоров и инжекторов, собрать узел в обратной последовательности;

— провести регулировку песочной системы. Регулировка песочной системы заключается в установке величины зазора в песочнице для сухого и влажного песка и угла наклона лотка для направления высыпающегося песка на рельсы. Величина зазора в песочнице и угол наклона лотка регулируются специально предназначенными для этого винтами.

Для удаления из песочницы крупных частиц необходимо через засыпное окно ломиком несколько раз приподнять корпус песочницы;

— выполнить работы по техническому обслуживанию электрооборудования;

— опробовать и испытать локомотив в соответствии с требованиями «Руководства по эксплуатации локомотива».

Ежегодный технический осмотр (ЕГТО) проводится с целью детальной проверки общего состояния электровозов, для выяснения возможности их дальнейшей эксплуатации в соответствии с требованиями Правил [7]. При этом должны быть проверены:

- а) наличие песка в песочницах и работа песочной системы;
- б) наличие масла в редукторе и рабочей жидкости в гидросистеме;
- в) работа электрооборудования в основных режимах:

1) трогание и разгон локомотива;

2) изменение направления движения;

3) торможение и остановка;

г) работа вспомогательных приборов и приспособлений:

1) исправность звукового электрического сигнализатора;

2) исправность скоростемера или другой системы индикации скорости;

3) исправность блокировки сиденья;

4) исправность механических звонков;

5) исправность гидравлического, пневматического и механического приводов колодочного тормоза.

12.3 Техническое обслуживание электрооборудования

К электрооборудованию электровозов постоянного тока относятся:

- тяговые электродвигатели постоянного тока последовательного возбуждения;

- контроллеры;
- автоматические выключатели;
- блоки диодов;
- блоки резисторов;
- аппаратура защиты и сигнализации;
- аппаратура освещения;
- межаппаратные соединения.

Кроме этого, аккумуляторные электровозы оборудуются тяговыми батареями, контактные — токоприемными устройствами.

Ежесуточный осмотр (ЕСТО) электрооборудования электровозов следует проводить в следующей последовательности:

- тщательно очистить электровоз от грязи и пыли. Аккумуляторная батарея должна быть очищена от «ползучих» солей и протерта влажной тряпкой;

- визуально проверить крепление электрических аппаратов и электродвигателей, состояние корпусных деталей, взрывозащитных зазоров. Установить отсутствующие крепежные детали, подтянуть ослабленные крепления (свободное перемещение аппаратов не допускается);

- проверить состояние электромагнитного тормоза. Обратит внимание на состояние пружин и подвески тормозного электромагнита, на зазор между головками рельс и полюсными наконечниками.

При погнутых тягах подвески, лопнувших пружинах, зазоре менее 10 мм заполнить работы по устранению неисправностей.

· Убедиться в работоспособности электромагнитного тормоза:

- проверить состояние кабелей и вводов. Кабели с задирами, обрывами и надрезами изоляции заменить. Кабели в уплотнениях не должны проворачиваться в осевом направлении от усилия руки;

- проверить состояние тяговой батареи. При внешнем осмотре убедиться в отсутствии механических повреждений батарейного ящика. Проверить состояние блокировки крышек и элементов устройства крепления батареи, состояние перемычек и гаек на шпильках аккумуляторов и плотность их затяжки.

Проверить состояние аккумуляторов (аккумуляторы должны быть сухими и чистыми, без нарушения целостности изоляции и плотно прижаты друг к другу). Неисправности устранить;

- проверить степень заряженности аккумуляторной батареи. Степень разряда батареи электровоза определяют по показаниям счетчика ампер-часов или по числу горящих светодиодов на сигнальной панели автомата ВАР-4м.

По мере разряда батареи на панели включено число светодиодов, соответствующее оставшейся емкости батареи, не менее:

- пять зеленых — 90%;
- четыре зеленых — 50%;
- три зеленых — 25%;
- два зеленых — 5%;
- один зеленый — нормальный разряд (снижение напряжения на 1В на аккумулятор);
- один красный — глубокий разряд (снижение напряжения до 0,75В на аккумулятор).

Запрещается разряжать аккумуляторные батареи ниже допустимого напряжения под нагрузкой.

— проверить работоспособность газоанализатора. При исправном газоанализаторе сигнальная лампа светится ровным светом. При нажатии на кнопку контроля показывающая стрелка отклоняется к 4% водорода, сигнальная лампа должна мигать;

— проверить содержание водорода в батарейном ящике по свечению сигнальной лампы и шкале показывающего прибора (сигнальная лампа мигает при концентрации водорода более 2,5%). Перед выпуском взрывобезопасного электровоза на линию содержание водорода в батарейном ящике не должно превышать 2,5% [7];

— проверить цепь включения подогрева катализатора. При исправной цепи сигнальная лампочка на торце корпуса ящика светится. Исправность катализатора проверить по нагреву верхней части крышки в месте его установки и по содержанию водорода в батарейном ящике;

— проверить затяжку болтов крепления кожуха вентиляционно-разгрузочных устройств. При слабой затяжке подтянуть болты до упора;

— проверить зазор между крышкой и фланцем батарейного ящика. Зазор должен быть не более 0,5 мм;

— проверить сопротивление изоляции. Определение величины сопротивления изоляции между токоведущими частями батареи и батарейным ящиком проводится по стрелочному индикатору, установленному в автомате. Каждому показателю индикатора соответствует величина сопротивления изоляции батареи, определенная по таблице на крышке автомата (электровоз АМ8Д). Запрещается эксплуатация электровоза при сопротивлении изоляции менее 20 кОм. Проверка сопротивления изоляции электрооборудования производится мегаомметром на 500В при снятой и не подключенной к электровозу аккумуляторной батарее. Сопротивление изоляции электрооборудования относительно «земли» должно быть не ниже 1 МОм [7].

— проверить работоспособность электрического сигнала. При нажатии на кнопку должен быть отчетливо слышен звуковой сигнал. При отсутствии сигнала или недостаточной его громкости проверить состояние шарнирных соединений звонка;

— проверить освещение и световую сигнализацию. Установить реверсивную рукоятку контроллера в нулевое положение — при этом должны гореть только сигнальные фонари. Установить рукоятку в положение «Вперед» — при этом должны гореть передняя фара на дальний свет и задний сигнальный фонарь. Повернуть флажок переключателя в горизонтальное положение — при этом передняя фара должна переключаться на ближний свет. Аналогично проверить заднюю фару, переведя реверсивную рукоятку в положение «Назад». В фарах, которые не горят, проверить лампы и неисправные заменить;

— проверить работу блокировок:

1) проверить исправность действия блокировочного устройства контроллера, которое должно обеспечивать фиксацию всех положений главного барабана и взаимную блокировку главной и реверсивной рукояток.

2) проверить работу «Нулевой» блокировки. При отключенном автомате вывести рукоятку контроллера на первую позицию и попытаться включить аппарат. При исправной блокировке автомат должен мгновенно отключиться.

3) проверить работу блокировки, исключающей управление электровозом при нахождении машиниста вне кабины. Встать с сиденья машиниста — при этом тяговые двигатели должны отключиться.

Еженедельный осмотр (ЕНО) электрооборудования электровозов необходимо проводить в следующей последовательности:

— выполнить работы ЕСТО;

— проверить состояние контроллеров. Снять кожух контроллера, очистить элементы от грязи и пыли (при наличии пневмосистемы продуть контроллер сжатым воздухом), дефекты устранить;

— проверить состояние электрооборудования. Проверяется износ контактных элементов контроллера (пульта управления) и автоматических выключателей, штепсельных муфт, коллекторов и щеток электродвигателей, вставок токоприемников (в случае износа провести замену) и усилия его прижатия к контактному проводу (50Н), срабатывание автоматических выключателей, электромеханических блокировок и освещения. Замеряется сопротивление изоляции.

При снижении сопротивления изоляции ниже 1,0 МОм произвести сушку электродвигателей. Сушку необходимо проводить, пропуская через двигатель ток низкого напряжения (не выше 0,5 от номинального значения) или сухим, нагретым до 70-80°C воздухом.

Провести регулировку и притирку щеток. Щетки должны свободно перемещаться в обоймах. Поверхность щеток должна быть отполирована до зеркального блеска и не иметь трещин и сколов. При длине щеток менее чем 30 мм их нужно заменить;

— проверить установку контакторов (контактные электровозы).

Снять кожухи с установок контакторов, очистить их от грязи и пыли (продуть сжатым воздухом), при необходимости подтянуть контактные соединения;

— проверить пуско-тормозные сопротивления. Вскрыть корпус сопротивлений, прочистить (продуть сжатым воздухом), подтянуть контактные соединения, проверить состояние уплотнений вводной коробки;

— проверить состояние пакетов.

Эксплуатация батарейного ящика с засоренными и поврежденными пакетами не допускается.

Ежемесячный осмотр (ЕМО) ежемесячный осмотр проводится со вскрытием наиболее ответственных узлов электровоза без разборки на отдельные детали. Перед осмотром электровоз тщательно очищается от грязи и пыли.

ЕМО электрооборудования электровозов необходимо проводить в следующей последовательности:

— выполнить работы ЕНО:

— проверить состояние взрывозащитных поверхностей и шелевые зазоры (при вскрытии оболочек, крышек). Контроль электрооборудования проводится в соответствии с требованиями Правил [7] и «Инструкций по осмотру и ревизии рудничного взрывобезопасного электрооборудования»;

— проверить техническое состояние аккумуляторной батареи.

Ветошью протереть перемишки, подгоревшие и поврежденные заменить. Затянуть ослабленные крепления перемишек.

При необходимости межэлементные соединения и борны покрыть тонким слоем вазелина;

— проверить количество и качество электролита в аккумуляторах. Для определения уровня электролита опустить стеклянную трубку диаметром 5-6 мм в аккумулятор до пластин и, плотно зажав пальцем верхний конец трубки, вынуть её. Высота электролита в трубке равна его уровню над пластинами. При необходимости привести уровень электролита в соответствие с допустимыми пределами (30-50мм). Уровень электролита проверяется во всех аккумуляторах.

Проверить плотность электролита ($1,23-1,25 \text{ г/см}^3$) в 3-5 аккумуляторах денсиметром. При необходимости плотность довести до нормы путем доливки электролита или дистиллированной воды. Проверяется температура электролита в 3-5 аккумуляторах.

Температура электролита перед началом зарядки не должна превышать «+» 35°C , а в процессе зарядки — «+» 45°C .

Запрещается применение недистиллированной воды для подготовки электролита;

— проверить техническое состояние электродвигателей.

Проверить состояние коллекторов, щеткодержателей, износ щеток, крепление главных полюсов, наличие смазки в подшипниках. При необходимости зачистить коллектор.

— проверить сопротивление изоляции электрооборудования электровоза, автоматического выключателя, между токоведущими частями батареи и корпусом батарейного ящика согласно требованиям и инструкции по эксплуатации;

— проверить работу электровоза.

После выполнения осмотров и ремонтов электровоз должен быть обкатан с проверкой функционирования во всех режимах.

Проверить пуск электровоза без нагрузки в обоих направлениях (работа контроллера, автомата, фар, звукового сигнала, контроль правильности вращения колесных пар по амперметру — увеличение тока в момент переключения главной рукоятки, визуально — изменение частоты вращения колес).

Проверить работу динамического торможения переводом главной рукоятки на тормозные позиции.

Обкатать электровоз под нагрузкой в обоих направлениях (подтормаживание электровоза осуществлять ручным колодочным тормозом). В этом режиме контролировать ток, потребляемый электродвигателем.

Текущий ремонт (Т) при текущем ремонте (через 6 месяцев эксплуатации) заменяют сборочные единицы и детали, срок службы которых истек, и ремонтируют вышедшие из строя детали и сборочные единицы, проверяют и регулируют элементы.

Текущий ремонт электрооборудования электровозов следует проводить в следующей последовательности:

— выполнить работы ЕМО;

— выполнить ревизию взрывобезопасного электрооборудования.

Очистить наружные поверхности от загрязнений, вскрыть крышки.

Выполнить работы согласно технической документации на электрооборудование.

При замене электрических аппаратов места соединений аппаратов и рамы электровоза зачистить до блеска для обеспечения заземления;

— после выполнения ремонтных работ проверить работу электровоза.

Контрольные вопросы:

1. Виды технического обслуживания.
2. Обязанности машиниста электровоза.
3. Что проверяется перед выездом электровоза?
4. Требования к сопротивлению изоляции.
5. Какие неисправности недопустимы?
6. Требования к подвеске контактного провода.
7. Требования к изоляции контактного провода.
8. Требования к пневматической системе.
9. Содержание ежедневного осмотра.
10. Содержание текущего ремонта.
11. Содержание осмотров электрооборудования.
12. Как проверить работу блокировок?

13. РЕМОНТ ЭЛЕКТРОВЗОВ

13.1 Технология ремонта

Для поддержания локомотива в работоспособном состоянии, т. е. когда он может выполнять заданные функции при сохранении заданных технической документацией параметров и долговечности разработана система технического обслуживания и ремонта [4].

Ремонт — это комплекс работ по поддержанию и восстановлению исправности или работоспособности механизмов.

Ремонтный цикл — это наименьший повторяющийся период эксплуатации, в течение которого в определенной последовательности проводят установленные виды технического обслуживания, предусмотренные нормативной документацией.

Различают следующие виды ремонтов:

— плановый, осуществляемый в плановом порядке и предусмотренный в нормативной документации;

— неплановый, необходимость которого вызвана возникшими отказами или авариями;

— текущий, проводимый в процессе эксплуатации для обеспечения работоспособности узлов локомотива и состоящий в замене или восстановлении отдельных узлов локомотива и их регулировке;

— капитальный, проводимый для восстановления исправности и ресурса локомотива и заключающийся в восстановлении технического состояния локомотива и его узлов на специализированных предприятиях.

Ремонты характеризуются продолжительностью и трудоемкостью — трудозатратами на проведение одного ремонта, стоимостью и послеремонтной гарантийной наработкой.

Ремонтпригодностью называют приспособленность локомотива (машины, механизма и др.) к предупреждению и обнаружению причин отказов и повреждений и устранение их последствий путем проведения его ремонтов и технического обслуживания.

В соответствии с требованиями «Правил безпеки у вугільних шахтах» [7] заботы по осмотру, капитальному ремонту и наладке шахтных локомотивов и их электрооборудования должны проводиться организациями, имеющими разрешение Госгорпромнадзора Украины.

Таковыми предприятиями на Украине являются ОАО «Дружковский машиностроительный завод», ЧАО ПКФ «Амплитуда», ООО «Механик» и др.

Капитальный ремонт осуществляется с целью восстановления работоспособности локомотивов, вышедших из строя из-за износа или поломки деталей и сборочных единиц.

Капитальный ремонт заключается в полной разборке локомотива, дефектации, замене или ремонте износившихся составных частей, сборке, регулировке и последующем испытании локомотива.

Для осуществления капитального ремонта в соответствии с требованиями действующих нормативных документов ремонтное предприятие, производящее капитальный ремонт локомотивов, должно иметь следующие документы:

- руководство по ремонту;
- технические условия на ремонт;
- ремонтную документацию.

Специализированное ремонтное предприятие должно иметь необходимое для капитального ремонта оборудование и оснастку и быть укомплектовано квалифицированными кадрами.

Производственные участки должны быть оборудованы подъемно-транспортными средствами, грузоподъемностью не менее 14 тонн.

Иметь аттестованный стенд для обкатки и испытания локомотивов после завершения проведенного капитального ремонта.

Дефектация и допустимые износы деталей и узлов.

Дефектацией называют определение технического состояния деталей и узлов горно-шахтного оборудования, проводимого на ремонтных предприятиях после разборки машин и мойки узлов и деталей.

Для каждого ремонтного предприятия в соответствии с его специализацией разработаны и утверждены конкретные руководства по капитальному ремонту, в которых изложены требования к организации дефектации изделий и узлов.

Дефектацию изделий производят на специализированных участках ремонтных предприятий, оснащенных необходимыми измерительными инструментами, калибрами, шаблонами, приспособлениями, контрольно-измерительной аппаратурой и пр.

В процессе дефектации оценивают возможность дальнейшего использования деталей по техническому состоянию.

В зависимости от вида и степени повреждения детали при дефектации можно разделить на следующие группы:

— детали, годные для дальнейшего использования, т.е. сохранившие свои первоначальные размеры или имеющие износ, величина которого находится в технически допустимом пределе, предусмотренном браковочной картой;

— изношенные детали, величина износа которых превышает допустимые пределы или они имеют другие повреждения, но подлежат восстановлению для повторного использования;

— изношенные или поврежденные детали, восстановление которых по техническим требованиям невозможно или экономически нецелесообразно.

Дефектация деталей и узлов локомотивов производится по картам браковочных признаков.

Не подлежат восстановлению валы с трещинами, остаточными деформациями и скручиваниями, подшипники качения, у которых имеются

трещины, выкрашивание металла на кольцах, сепараторах, шариках или роликах, раковины и забоины на беговых дорожках, а также шариках и роликах, выработка торцов наружных и внутренних колец на глубину более 0,3 мм.

Пружины заменяют при наличии в них изломов, трещин, коррозии, неравномерности шага, отклонения от перпендикулярности.

Быстроизнашивающиеся детали:

— прокладки из неметаллических материалов, манжеты, уплотнительные кольца из резины, кожи, войлока, пластмасс, предохранительные шайбы, шплинты, стопорные планки, шарики гидроклапанов при капитальном ремонте заменяют новыми независимо от их состояния.

Более подробные сведения о допустимых износах деталей и узлов локомотивов, выбраковке изделий вследствие их повреждений даны в руководствах по капитальному ремонту.

Если при осмотре рамы, корпуса редукторов и других сборочных единиц и деталей обнаружены дефекты, которые не оговорены картами браковочных признаков, вопрос о возможности использования таких деталей, а также определение методов их ремонта решаются ведущими специалистами завода (конструктор, технолог) с участием ОТК и инженерно-технического персонала цеха.

При подготовке деталей к дефектации и капитальному ремонту их тщательно очищают от грязи, смазки, коррозии и промывают. Забоины и задиры зачищаются, резьбы обновляются и прогоняются или на токарных станках, или инструментом (леркой, метчиками).

Очистка поверхностей деталей от коррозии или от защитных покрытий производится механическим или химическим способами.

Мойка деталей и обезжиривание осуществляется в моечных установках в вихревом потоке 3÷5% водного раствора кальцинированной соды, подогретого до температуры 70°÷80°С, или другими методами, имеющимися на ремонтном предприятии.

Для ускорения сушки применяется обдувка сухим (горячим или холодным) воздухом.

Технология капитального ремонта и восстановления деталей.

При восстановлении деталей узлов и оборудования шахтных локомотивов на ремонтных предприятиях добиваются достижения первоначальных или ремонтных размеров, требуемой твердости, износостойкости, чистоты обработки, коррозионной стойкости поверхности и необходимых допусков.

Восстановление деталей проводят по рабочим или ремонтным чертежам в соответствии с требованиями, указанными в технологических картах.

Отремонтированные детали и сборочные единицы должны удовлетворять не только требованиям рабочей или ремонтной документации, а также требованиям действующих нормативных документов и заводских руководств по эксплуатации локомотивов.

Детали и сборочные единицы восстанавливаются методами, указанными в ремонтной документации.

Технология восстановления деталей разрабатывается ремонтными или специализированными организациями.

Детали узлов и оборудования локомотивов восстанавливают:

- ручной электродугой и газовой наплавкой и сваркой;
- полуавтоматической дуговой наплавкой и сваркой полуавтоматами;
- автоматической дуговой наплавкой и сваркой под флюсом;
- вибродуговой наплавкой;
- электролитическим хромированием;
- электролитическим легированием;
- осталиванием;
- цинкованием;
- наружным обжатием цилиндров;
- механической обработкой и упрочнением наружных и внутренних поверхностей, обкатыванием и раскатыванием роликами.

В наплавленном металле трещины и шлаковые включения не допускаются, также не допускаются раковины на трущихся поверхностях. На не трущихся поверхностях допускаются отдельные раковины общей площадью не более 10% площади наплавленной поверхности.

Восстановленная поверхность, вне зависимости от методов восстановления, должна иметь твердость, не ниже указанной на чертеже или же не ниже указанной в графе примечаний норм браковочных признаков.

Наплавка поверхности деталей производится при условии, если не нарушается равномерность и механические качества других поверхностей деталей и наплавка не вызывает неисправимые деформации детали.

Все вновь изготовленные или восстановленные в связи с ремонтом детали и узлы оборудования локомотивов по своему качеству и конструкции, характеристикам и параметрам должны отвечать чертежам основного производства или ремонтным чертежам.

Ремонтные предприятия оснащаются следующим оборудованием:

- универсальными металлорежущими станками (токарными, расточными, фрезерными, сверлильными, шлифовальными);
- аппаратами дуговой сварки;
- специализированными станками сборки-разборки якорей двигателей и изготовления секций и катушек;
- гидравлическими, кривошипными прессами;
- специальными термосушильными камерами с принудительной вентиляцией;
- зуборезными и зубошлифовальными станками исправления профиля зубьев восстанавливаемых зубчатых шестерен.

После капитального ремонта по методикам ремонтных предприятий или заводов-изготовителей проводят заводские испытания отремонтированных локомотивов.

Ремонт деталей и неразъемных составных частей оборудования локомотивов производится по ремонтным чертежам и технологическим картам, в которых изложены основные технические требования по ремонту.

Ремонт неразъемных составных частей при условии технического состояния, отвечающего требованиям ремонтных чертежей и карт браковочных признаков, производится в сборе.

При выборе методов восстановления ремонтным предприятием учитываются:

- производственно-технические возможности;
- наличие необходимого оборудования;
- наличие технологической оснастки;
- наличие необходимых соответствующих материалов.

Применяемые при этом методы восстановления деталей и неразъемных соединений должны решать одновременно две задачи:

- восстановленные детали и неразъемные составные части по своим эксплуатационным качествам не должны уступать качеству новых;
- затраты на восстановление не должны превышать 40% стоимости новой детали или неразъемной составной части.

После окончания ремонта отремонтированные детали и неразъемные составные части проходят проверку и принимаются работниками ОТК завода.

13.2 Ремонт механического оборудования локомотивов

При капитальном ремонте механического оборудования локомотива большое внимание уделяют ремонту букс, редуктора, колесных пар, рессорной подвески тяговых электродвигателей, тормозной и песочной систем.

При ремонте букс заменяют изношенные подшипники, войлочные уплотнения.

При ремонтном осмотре редуктора особое внимание уделяется состоянию зубчатых колес, качеству их зацепления и износу подшипников. При ремонте редукторов производится замена изношенных уплотнений. После проведения капитального ремонта, проверки зацепления зубчатых пар и регулировки редуктор заливают маслом в соответствии с заводской картой смазки.

При ремонтном осмотре пружин подвешивания электродвигателей приводов проводят замену пружин с трещинами и потерявшими упругость новыми. Ремонту и восстановлению пружины не подлежат.

При ремонте колесных пар определяется износ бандажей и реборд, состояние колесных центров и осей полуската.

Бандажи меняют, если на их поверхности имеются трещины или они ослабли на центре. При образовании на поверхности катания бандажа выбоин глубиной более 3 мм и длиной более 5 мм и при износе бандажа по поверхности катания более 10мм и реборды колеса до размера менее 13 мм на

расстоянии 12 мм от вершины гребня колесную пару снимают и обтачивают на станке. После проточки разница в диаметрах бандажей колесной пары должна быть не более чем 2 мм.

Колесный центр считается непригодным и заменяется, если он ослаб на оси и диске, а на ступице имеются трещины.

Оси меняют, если износ осевых подшипников составляет более 1,5 мм (по диаметру), и если оси имеют поперечные риски глубиной $1,5 \div 2,0$ мм и их нельзя устранить.

Колесную пару заменяют при износе и ослаблении зубчатого колеса и внутренней обоймы редукторно-осевого роликоподшипника на оси.

При невозможности восстановления колесную пару заменяют новой.

При ремонте тормозной системы изношенные детали заменяют новыми. В свободном состоянии тормозная система не должна иметь перекосов в вертикальной плоскости, видимых дефектов, а тормозные колодки должны занимать концентрическое положение относительно бандажей и находиться в плоскости бандажа. При износе тормозной колодки более $2/3$ её первоначальной толщины она заменяется [8].

После окончания ремонта производится регулировка тормозной системы.

При ремонте песочной системы проверяется состояние бункеров, поворотных пружин, инжекторов, втулок, задвижек.

В зависимости от их износа они восстанавливаются или заменяются новыми.

Ремонт пневматического оборудования

При капитальном ремонте пневматического оборудования особое внимание уделяется ремонту компрессора, от исправной работы клапанов которого в значительной степени зависит производительность компрессора.

При ремонте клапанов в процессе дефектации решается вопрос возможности восстановления клапанов. После произведенного ремонта клапана производят регулировку в соответствии с требованиями технической документации на компрессор.

При невозможности восстановления клапанов их заменяют новыми. Изношенные пружины заменяют новыми.

При ремонте тормозного цилиндра и цилиндра подъема токоприемника производят замену уплотняющих манжет, решается вопрос о необходимости и возможности их восстановления.

При осмотре регулятора давления проверяется его регулировка, которую производят в соответствии с техническими требованиями специально обученные и квалифицированные рабочие.

После регулировки головку регулировочного винта регулятора пломбируют. После сборки испытывают регулятор давления в соответствии с требованиями «Правил технічної експлуатації вугільних шахт». Давление включения регулятора должно быть 0,45 МПа, а давление выключения — 0,60 МПа [8].

Если регулятор давления невозможно отрегулировать и изношенные детали восстановить, регулятор давления заменяют новым.

При ремонте блока управления меняют изношенные резиновые уплотнения, пружины. Изношенный клапан, если он не подлежит восстановлению, заменяют новым.

Изношенные клиновые ремни, служащие для передачи вращения от двигателя к компрессору, заменяют новыми.

Тормозной кран разбирают, промывают детали в керосине. Изношенные детали восстанавливают или заменяют новыми. Затем собирают кран и регулируют.

При ремонте пневмосигнала производят осмотр клапана (вибрирующей пластинки).

Пластинку аккуратно промывают в керосине, насухо протирают и смазывают. Если пластинка изношена и не подлежит ремонту, её заменяют новой.

13.3 Ремонт электрооборудования локомотивов

При ремонте электрооборудования на ремонтных предприятиях производят восстановление:

- электродвигателей;
- контроллеров;
- автоматических выключателей;
- аппаратуры защиты;
- аппаратуры освещения;
- межаппаратных соединений.

Электрооборудование электровозов может также ремонтироваться на энергозаводах, выпускающих и ремонтирующих данное электрооборудование.

Тяговые двигатели. При выходе из строя обмотки якоря электродвигателя она заменяется новой, (т.е. её перематывают согласно заводской схеме обмотки). Особое внимание при ремонте уделяют состоянию изоляции электродвигателя. Заменяются изношенные щетки, пружины щеткодержателя, подшипники.

При ремонте катушек полюсов проверяется состояние их изоляции, при необходимости катушки заменяются.

Ремонтируя контроллеры, особое внимание уделяют износу контактов. Подгоревшие контакты зачищают бархатным напильником. После зачистки они должны касаться не менее чем на $3/4$ их ширины. Провалы контактов должны быть не менее 1 мм, в противном случае контакты заменяются. После зачистки проверяют прилегание, давление и расхождение контактов.

Дугогасительные камеры с поломанными стенками или с поврежденной изоляцией заменяются. Вращением рукоятки главного барабана проверяют

правильность установки камер. Проверяется работа механической блокировки и четкость фиксации положения барабана.

Пусковые сопротивления.

Изоляционные поверхности очищают от пыли и грязи. При поломке отдельных деталей их заменяют новыми. После ремонта сопротивления собирают и проверяется зазор между крышкой и корпусом ящика, который не должен быть более 0,2 мм.

Токоприемник. Изношенные вставки, пружины заменяют новыми. Дуги токоприемника защищают от нагара и наплавления, при необходимости заменяют новыми.

Автоматический выключатель контактных электровозов.

Сломанные и изношенные детали заменяют новыми (шунты, пружины). Нагары оплавленных контактов зачищают бархатными напильниками. Изношенные контакты и при наличии недостаточного притирания и давления заменяют новыми.

Искрогасительные камеры с поломанными стенками или с поврежденной изоляцией заменяют новыми.

Автоматический выключатель аккумуляторных электровозов.

Автоматический выключатель, встроенный во взрывобезопасный корпус, рассчитан для работы без зачистки и замены каких-либо частей, поэтому при выходе из строя контактов автомат заменяется полностью.

При выходе из строя межаппаратных соединений их заменяют новыми.

Сборка и регулировка узлов оборудования локомотивов

На сборку детали, признанные годными при дефектации, восстановленные или изготовленные вновь, поступают только с клеймом ОТК ремонтного завода.

Отдельные узлы и детали, поступающие на сборку других заводов, должны иметь клеймо ОТК или техническую документацию завода-поставщика, свидетельствующую о пригодности узла или детали.

Поступающие на сборку все детали и узлы должны быть очищены от грязи и возможной ржавчины, острые кромки и заусеницы должны отсутствовать. Сборка узлов и деталей производится по рабочим чертежам локомотива и технологическим картам его сборки. Подключение и монтаж электрооборудования должны производиться в соответствии с монтажной схемой электросоединений завода-изготовителя.

Все детали и узлы, поступающие на сборку, должны быть смазаны в соответствии с картой смазки завода-изготовителя.

Сборка деталей и узлов оборудования локомотивов должна обеспечить нормальную работу всех механизмов и деталей в соответствии с требованиями, предъявляемыми при заводских испытаниях и руководства по эксплуатации завода-изготовителя локомотива.

После окончания сборки деталей и узлов, завершающей производство капитального ремонта локомотива, должна быть произведена регулировка оборудования и проведены заводские испытания на специальном стенде.

Ремонтное предприятие, производившее капитальный ремонт локомотива, предоставляет заказчику (государственному предприятию, шахте) гарантийные обязательства на выполненный ремонт узлов и деталей оборудования.

Меры безопасности при капитальном ремонте локомотивов

На ремонтных предприятиях, независимо от характера и объема выполняемой работы, исполнители должны знать и строго соблюдать основные правила безопасности труда, а также правила по санитарии, гигиене, противопожарной защите и оказанию первой медицинской помощи. Исполнители должны быть проинструктированы под роспись о соблюдении правил безопасности и безопасных методах выполнения работ, иметь соответствующую квалификацию и разряд, необходимые навыки для выполнения порученной работы.

Для обеспечения безопасных условий труда особое внимание необходимо уделить организации рабочих мест исполнителей.

В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями и нормами рабочие места должны иметь достаточную освещенность, ограниченный уровень шума, вибраций и запыленности, нормальную температуру в бытовых помещениях, медицинское обслуживание.

Соблюдение температурного режима на рабочих местах обеспечивается ликвидацией сквозняков, отоплением рабочих помещений и обеспечением теплой одеждой в холодное время года, устройством вентиляции жарких помещений и оборудованием агрегатов, обильно выделяющих тепло, теплозащитными экранами.

Снижение влияния шума зависит от выбора режимов работы оборудования, исключая сильную вибрацию, применение звукоизолирующих материалов, защитных кожухов и облицовки стен звукопоглощающими материалами, шлемофонов и антифонных наушников.

Снижение запыленности на рабочих местах может быть обеспечено применением современных вентиляционных систем, вентиляторных установок в цехах ремонтного предприятия и использованием индивидуальных респираторов рабочими цехов.

Спецодежда рабочих должна быть практичной, удобной, износоустойчивой, не ограничивать свободу действий, соответствовать сезону и требованиям техники безопасности.

Для снижения утомляемости рабочих производственная эстетика предусматривает приятную для восприятия окраску оборудования и стен производственных цехов.

Виновные в нарушении правил техники безопасности, в зависимости от степени и характера нарушений, несут персональную ответственность в административном или уголовном порядке.

Для каждой специальности рабочих на ремонтных предприятиях разрабатываются инструкции по технике безопасности, выполнение требований которых для каждого рабочего обязательно.

Основные правила безопасности при проведении ремонтных работ подробно изложены в специальных инструкциях по профессиям, выдаваемых на руки рабочим.

При проведении сменного наряда и выдаче конкретного задания работникам руководитель цеха (или лицо его заменяющее) проводит подробный инструктаж о соблюдении необходимых при этом правил безопасности и безопасных методах выполнения порученной работы.

13.4 Смазка узлов электровоза

Для смазывания элементов, узлов и оборудования локомотивов применяют минеральные, растительные масла и животные жиры [4].

Наибольшее распространение получили минеральные масла.

Смазка элементов локомотива производится в соответствии с картой смазки. Следует применять смазочные материалы, указанные в заводских инструкциях.

Применение недоброкачественной смазки или смазки, не соответствующей условиям эксплуатации, может ухудшить работоспособность узлов и увеличить их износ. Смешивать смазки различных марок запрещается.

Заводскими инструкциями рекомендуется смазку деталей локомотивов проводить сортами смазочных материалов, указанных в карте смазки.

В качестве смазочных материалов могут применяться:

- солидол УСс;
- смазка 1-13;
- литол 24;
- ЦИАТИМ-203;
- масло индустриальное И-40, И-40А, И-50А; И-12А и др.

В качестве промывочной жидкости используется керосин.

Для проведения операций смазки могут применяться следующие технические средства и инструменты:

шприц типа I; масленка емкостью 0,32 л; лопатка; ведро; воронка; шпатель и др.

Для иллюстрации темы на рис. 13.1 приведена схема смазки электровоза 14КА.

Рассмотрим позиции и количество точек смазки, приведенные на схеме рис. 13.1:

- 1 – редуктор, 2 точки заливки масла;
- 2 – редуктор, 2 точки слива масла;
- 3 – подшипники букс, 4 точки смазки;
- 4 – направляющие букс, 8 точек;
- 5 – шарниры токоприемника, 6 точек;
- 6 – подвеска двигателя, 5 точек;
- 7 – шарниры тормоза, 24 точки.

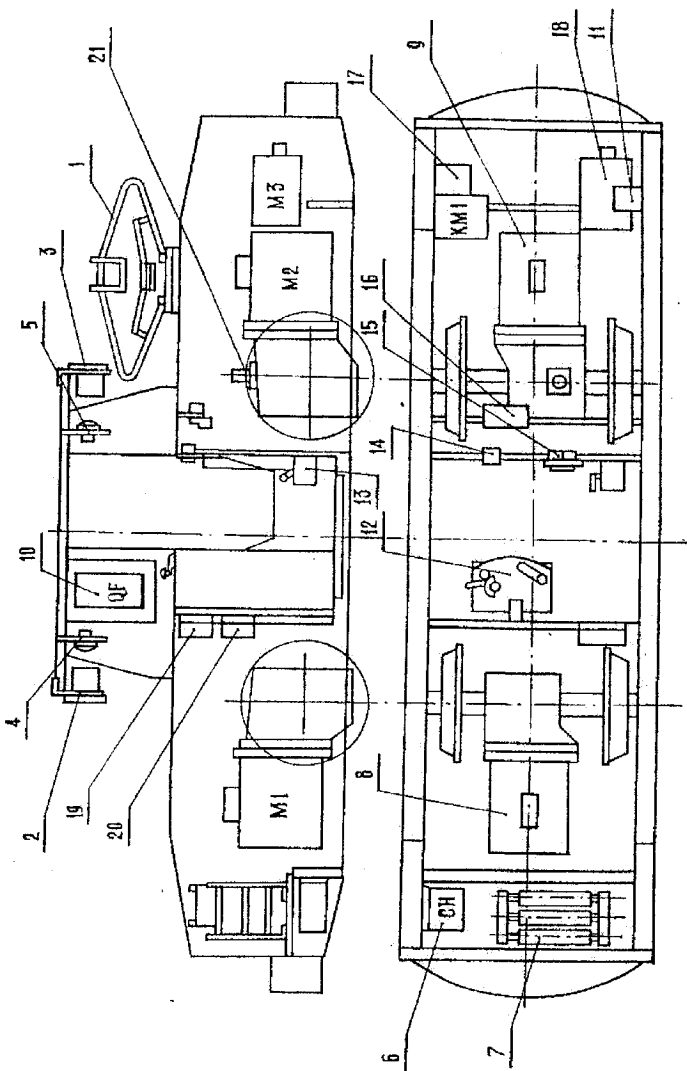


Рис. 13.1. Размещение электрооборудования на электровозе К14М

1 – токосъемник; 2,3 – фары; 4,5 – световые сигналы; 6 – стабилизатор напряжения; 7 – пусковые резисторы; 8,9 – тяговые двигатели; 10 – автоматический выключатель QF; 11 – регулятор давления; 12 – контроллер; 13 – выключатель под сидением; 14 – кнопка сигнала; 15 – speedometer; 16 – сигнальные sireны; 17 – контакторы KM1, KM2; 18 – двигатель компрессора; 19 – переключатели освещения; 20 – предохранители; 21 – датчик скорости.

Смазку покупных изделий, установленных на электровозе (таких как тяговые двигатели, компрессор, тормозной кран, контроллер) производят согласно документации на эти изделия.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить виды ремонтов
2. Дать понятие дефектации
3. Технология восстановления деталей
4. Ремонт редукторов
5. Ремонт колесных пар
6. Ремонт пневматической системы
7. Ремонт контроллеров
8. Ремонт контакторов
9. Виды смазочных материалов
10. Пояснить точки смазки 1 и 2 по рис.13.1
11. Пояснить точки смазки 3 и 4 по рис.13.1

14. ОБОРУДОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ГАРАЖЕЙ И КАМЕР

14.1 Оборудование подземных гаражей

Для стоянки электровозов во время перерывов в работе, осмотра и ремонта, а также зарядки батарей аккумуляторных электровозов в шахте оборудуются специальные камеры, называемые гаражами (депо) [4].

При откатке аккумуляторными электровозами гараж обычно объединяется с зарядной камерой.

Гаражи и зарядные камеры располагают в специально пройденных выработках или на уширениях откаточных выработок.

Зарядные камеры на уширениях устраивают в промежуточных выработках с малым сроком службы.

Согласно требованиям «Правил безопасности у угольных шахтах», камеры для зарядки аккумуляторных батарей должны проветриваться обособленной струей свежего воздуха. Направление свежей струи воздуха должно быть от камеры преобразовательной подстанции к зарядной. Поэтому зарядные камеры с ремонтными мастерскими располагаются параллельно откаточным выработкам, с которыми они соединяются специальными заездами и ходками.

Преобразовательные подстанции размещаются в целике, отделяющем откаточную выработку от зарядной камеры.

Подземные гаражи для контактных электровозов представляют собой ремонтную мастерскую, расположенную в обособленной выработке.

Число заездов в гараж (рисунок 14.1) принимается в соответствии с требованиями СНиП (строительные нормы и промсанитария) в зависимости от числа электровозов.

В типовых проектах гаражей аккумуляторных электровозов число заездов принимается до трех.

Подземные гаражи должны иметь хорошее электрическое освещение.

Двери на въездах в гаражи и зарядные камеры изготавливают из огнестойкого материала.

В гараже также должен находиться в необходимом количестве сухой просеянный песок для пополнения песочниц электровозов.

На рисунке 14.1 представлены схемы типовых электровозных гаражей.

Схема I имеет один заезд в зарядную камеру и предназначается для обслуживания электровозов количеством до 3-х.

В тупике за зарядной камерой располагается ремонтная мастерская со смотровой ямой на один электровоз. Тупиковая сторона камеры через преобразовательную подстанцию и ходок соединяется с откаточной выработкой.

Схема II имеет два заезда в зарядную камеру и предназначается для обслуживания электровозов числом от 4 до 10. Заезды в зарядную камеру

примыкают с обеих сторон. Для вентиляции ремонтная мастерская соединяется ходком с откаточной выработкой.

Схема III имеет два заезда в зарядную камеру и третий заезд в ремонтную мастерскую, предназначенную для обслуживания электровозов числом от 11 до 19.

Схемы IV и V с одним заездом и схема VI с двумя заездами предназначены для обслуживания контактных электровозов числом, соответственно, от 7 до 18.

На шахтах под землей должна быть устроена оборудованная мастерская для ремонта одного электровоза при инвентарном числе до 10 и одновременного ремонта двух электровозов при числе от 11 до 19.

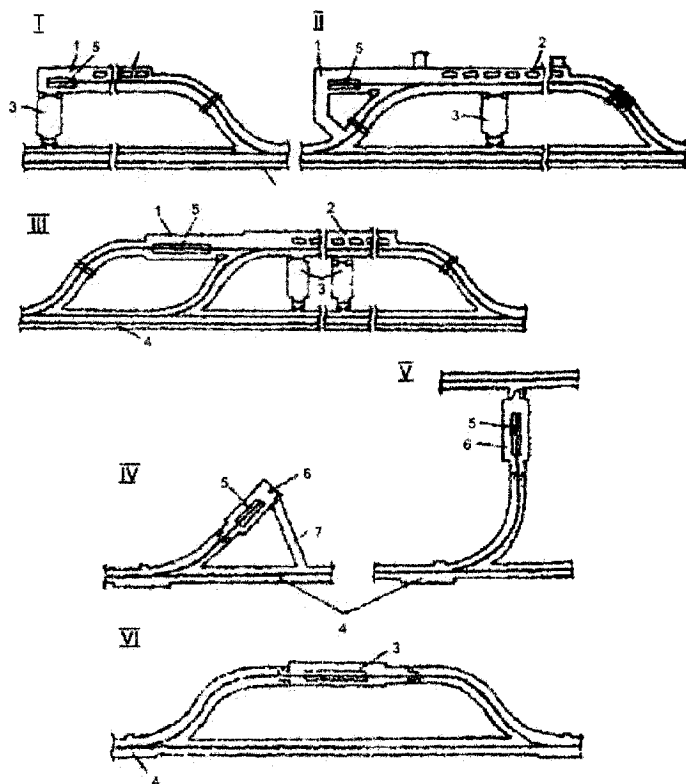


Рисунок 14.1 Схемы типовых депо электровозов:

1 — ремонтная мастерская; 2 — зарядная камера; 3 — преобразовательная подстанция; 4 — откаточная выработка; 5 — смотровая яма; 6 — депо; 7 — вентиляционный ходок.

При числе электровозов (3-7) стоянка запасных электровозов в гараже предусматривается в ремонтной мастерской на смотровой яме.

При числе электровозов (9-10), когда смотровая яма в гараже рассчитана на один электровоз, а запасных электровозов два, один запасной устанавливается на смотровой яме, а второй — в заезде.

Ремонтная мастерская, ширина которой определяется габаритами электровоза, располагается в камере оборудования с учетом свободного прохода у смотровой ямы между электровозами и крепью, равного не менее 1000 мм с каждой стороны, длина ремонтной мастерской определяется числом электровозов с учетом длины смотровой ямы.

На смотровой яме производят осмотр электровоза, смену колесных пар, снятие электродвигателей и т.п.

Размеры смотровой ямы принимаются: ширина 800 мм, минимальная глубина — 1600 мм, длина на один электровоз равна длине электровоза плюс зазор 500 мм между электровозом и ступеньками; длина ямы на два электровоза учитывает также зазор между ними в 1000 мм.

Для спуска в смотровую яму сбоку устраивают приямок с лестницей. Над смотровой ямой на монтажной балке подвешивают таль для снятия двигателей, полускатов, подъема рамы электровозов и других деталей.

Электрооборудование гаража и зарядной камеры должно быть взрывобезопасным. Каждый зарядный стол оборудуют осветительной арматурой [8].

Для ремонта электровозов в гараже должны находиться:

— верстак со слесарными тисками, ящик для инструментов и приспособлений, подъемное оборудование;

— шкаф для материалов и запасных деталей к электровозам и батареям;

— шкаф для хранения смазочных и обтирочных материалов и приспособлений для смазки деталей;

— железные ящики с крышками для смазочных и обтирочных материалов;

— бутылки для хранения дистиллированной воды;

— железные баки для электролита вместимостью для одной батареи, шланг для разведения электролита и заливки батарей;

— средства для тушения пожара;

— амперметры, вольтметры, ареометры, трубки для определения уровня электролита;

— аптечка первой помощи;

— резиновые перчатки, фартуки, калоши, нарукавники, защитные очки;

— часы;

— стол для хранения документации;

— техническая документация: графики «Технического обслуживания и ремонта», книги записи заряда аккумуляторных батарей, ремонта электровозов, паспорта батарей и электровозов, схема коммутации электровозов.

14.2 Оборудование зарядных камер

В зарядной камере осуществляется зарядка и ремонт аккумуляторных батарей. Зарядка производится на зарядных столах, а ремонт — на ремонтных столах. Производить ремонт батарей на зарядных столах запрещается.

Количество зарядных столов в гараже зависит от числа работающих электровозов и условий их работы.

Если емкость батареи может обеспечить работу электровоза в течение смены, то с одним электровозом используются две батареи: одна находится в работе на электровозе, а другая — под зарядом.

Если батареи приходится менять в течение смены, то с одним электровозом используются три батареи: одна находится в работе и две — под зарядом.

Необходимое количество столов для заряда принимается равным числу одновременно заряжаемых батарей плюс один стол на каждые шесть работающих электровозов.

Зарядные столы устанавливаются в зарядной камере параллельно рельсовому пути, уложенному по длине зарядной камеры. При таком расположении поперечные размеры камеры будут наименьшими. Для смены аккумуляторных батарей и механизации их обслуживания применяют мостовой кран типа КЭД грузоподъемностью 7 т, перемещающийся вдоль зарядной камеры (см. рис. 14.2).

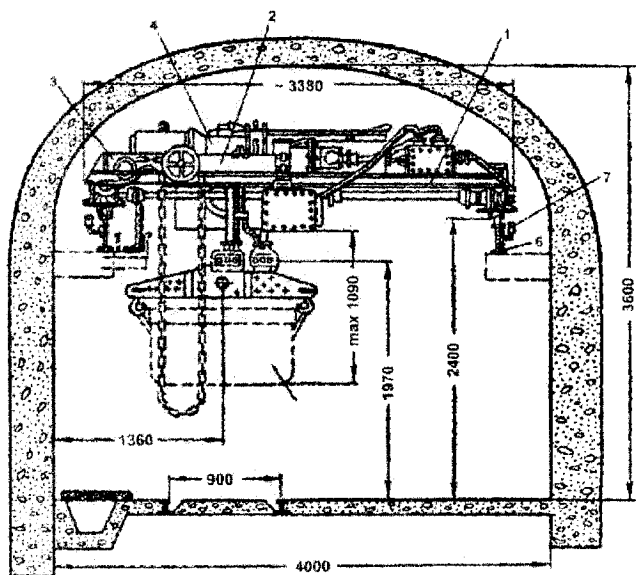


Рисунок 14.2 Кран типа КЭД:

- 1 — мост; 2 — механизм передвижения; 3 — тележка; 4 — механизм подъема;
5 — траверса; 6 — ограничитель хода; 7 — концевые выключатели.

Технические характеристики выпускаемых мостовых кранов приведены в таблице 14.1.

В гаражах, не оборудованных кранами, заменяемые батареи перекатывают по роликам, установленным на электровозе и зарядном столе (рис. 14.3).

Таблица 8.1

Технические характеристики кранов типа КЭД

Технические характеристики	Тип крана		
	КЭД-3	КЭД-4	КЭД-7
Грузоподъемность, кгс	5000	5000	7000
Пролет моста, мм	3080	2780	3080
Привод подъема и перемещение крана	Механический		
Привод перемещения тележки	Ручной		
Скорость подъема, м/мин	1,4	1,4	1,7
Электродвигатель:			
количество	3	3	3
мощность, кВт	4	4	6,2
масса, кг	3750	3750	4500

Зарядные столы состоят из сварной рамы, на которой смонтированы два ряда роликов и две цепные передачи с тягОВОТЛКАЮЩИМИ устройствами.

ТягОВОТЛКАЮЩИЕ устройства приводятся в движение рукояткой через одноступенчатую зубчатую передачу.

Рама опирается на 4 домкрата, с помощью которых ролики устанавливаются на уровне роликов перекатывающего устройства электровоза.

Расстояние между осями зарядных столов принимается таким, чтобы с учетом габаритов батарейных ящиков расстояние между батареями в свету было 1000 мм.

Ширина зарядной камеры принимается исходя из габаритов аккумуляторных батарей с соблюдением следующих зазоров: монтажный зазор между крепью и батареей на зарядном столе 0,6 м; проход для людей между электровозами и крепью 0,7 м; зазор между батареей на зарядном столе и электровозом 0,22 м. Высота зарядных камер и ремонтных мастерских при смене батарей вручную составляет 2,55-2,9 м, при установке их краном — 3,6 м.

Для облегчения доливки и заливки аккумуляторных батарей применяют подвесные заливочные аппараты АЭЗ-2.

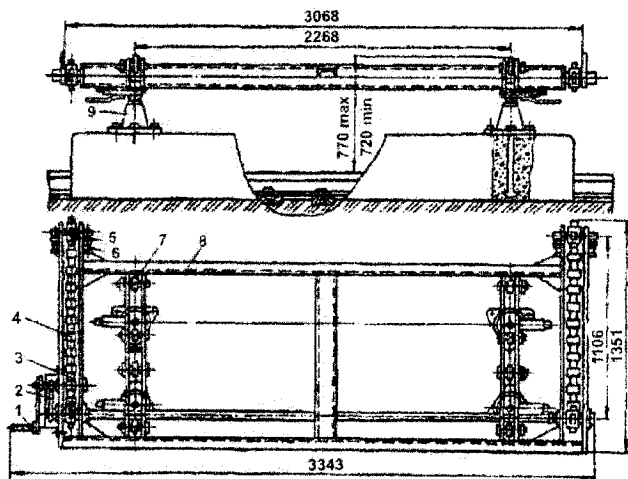


Рисунок 14.3 Механизированный зарядный стол
 1 — рукоятка; 2 — зубчатая передача; 3 — две цепные передачи;
 4 — тягостоголокающее устройство; 5 — звездочки; 6 — натяжные винты;
 7 — ролики; 8 — сварная рама; 9 — четыре домкрата.

14.3 Зарядно-разрядные устройства

Полупроводниковые зарядные устройства типа ЗУК-75/120 и ЗУК-155/230М с кремниевыми вентилями предназначены для зарядки аккумуляторных батарей шахтных электровозов (рис. 14.4).

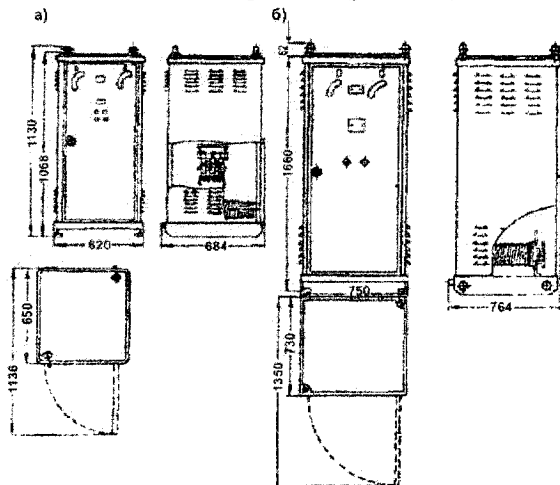


Рисунок 14.4 Зарядное устройство типа ЗУК:
 а — ЗУК-75/120М; б — ЗУК-155/230М

Зарядные устройства эксплуатируются в хорошо вентилируемых подземных камерах шахт при температуре окружающего воздуха от -5° до $+35^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 97%.

Технические характеристики шахтных зарядных устройств типа ЗУК приведены в таблице 14.2.

Таблица 8.2

Технические характеристики шахтных зарядных устройств

№ п/п	Наименование	ЗУК 155/230М	ЗУК-75/120М
1	Исполнение	РП	РП
2	Номинальный выпрямленный ток, А	155	75
3	Номинальное выпрямленное напряжение, В	230	120
4	Напряжение питающей сети, В	380/660 \pm 10%	380/660 \pm 10%
5	К.П.Д. %	93	86
6	Коэффициент мощности	0,82-0,88	0,82-0,88
7	Тип вентилях	ВК2-200-5А или ВК2-200-5В	ВК2-200-2,5
8	Типы заряжаемых батарей	112ТНЖ-350 96 ТНЖ-350 112 ТНЖ-500 126 ТНЖ-550 90 (102) ТНЖ-550 88 ТНЖШ-400	66 ТНЖ-300 36 ТНЖ-300
9	Точность стабилизации тока, %	± 5	± 5
10	Охлаждение	воздушно-принудительное	естественное
11	Масса, кг	520	250

Выпрямительные устройства типа ЗУК (рис. 14.4) представляют собой металлические шкафы одностороннего обслуживания. В шкафу установлен силовой трансформатор, магнитный усилитель, сглаживающий дроссель, регулируемое сопротивление, панели с вентилями и другие элементы схемы.

На передней стенке шкафа размещены электроизмерительные приборы и кнопки управления.

Выпрямление тока производится по трехфазной мостовой схеме.

Выпрямительный блок питается через трехфазный силовой трансформатор от сети переменного тока напряжением 660/380В.

На первичной обмотке трансформатора предусмотрены отпайки для компенсации длительных отклонений напряжения питающей сети ($\pm 10\%$) на вторичной обмотке — отпайки для дискретного изменения напряжения в соответствии с типом заряжаемой батареи.

Плавное регулирование выпрямленного напряжения производится изменением тока подмагничивания магнитного усилителя, рабочие обмотки которого включены в цепи силовых вентилялей.

Для включения и отключения зарядного устройства служит магнитный пускатель ПМВИ-23.

Пускатель обеспечивает автоматическое отключение ЗУКа при срабатывании защиты от коротких замыканий и перегрузок, а также при срабатывании реле утечки РКУ-Зар, встроенного в зарядное устройство.

Для защиты полупроводниковых вентилялей от коммутационных перенапряжений на вторичной стороне силового трансформатора включены резисторно-емкостные цепочки.

Универсальное шахтное разрядное устройство УРУШ-1 предназначено для определения степени разряженности и проведения контрольно-тренировочных режимов железо-никелевых аккумуляторных батарей типа 66ТЖН-300, 80ТЖН-350, 96ТЖН-350.

Технические характеристики устройства УРУШ-1 приведены в таблице 14.3.

Разрядное устройство (рисунок 14.5) рассчитано на эксплуатацию в электровозных гаражах шахт, опасных по газу или пыли, при температуре окружающего воздуха от -5° до $+25^{\circ}$ и относительной влажности 97%.

Таблица 14.3

Технические характеристики устройства УРУШ-1

№ п/п	Наименование	96ТЖН-350	80ТЖН-350
1.	Сопротивление, Ом		
	— в конце разряда	1,5	1,3
	— в начале разряда	1,8	1,6
2.	При номинальном пятичасовом режиме разряда:		
	— величина тока по амперметру, А	70 (65-70)	70 (65-70)
	— допустимое напряжение по вольтметру, В	60	85

Устройство УРУШ-1 (рисунок 14.5) состоит из собранных в кожухе фехралевых элементов и сопротивлений КФ-22М, контроллера ГР-9М-1, имеющего семь положений переключения сопротивлений, коробки переключения сопротивлений, вольтметра, соединительного кабеля со взрывобезопасным штепселем, несущего каркаса и рамы, установленной на специальных катках. Сверху ящик закрывается крышкой.

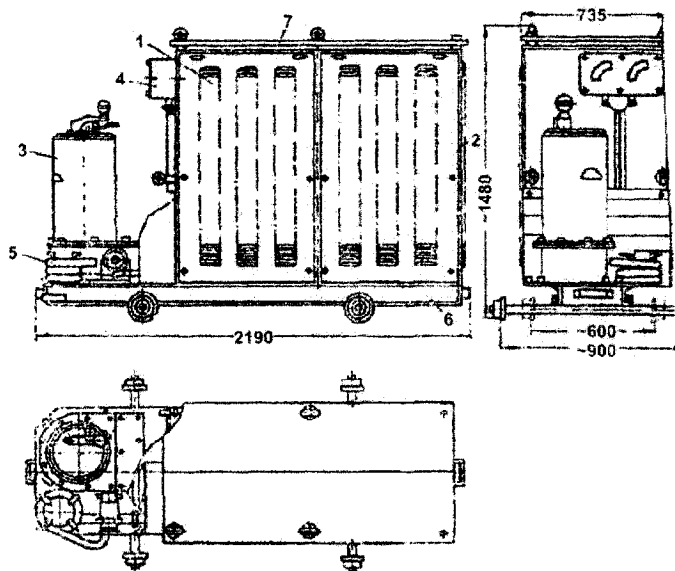


Рисунок 8.5 Разрядное устройство УРУШ-1:

1 — фехралевые элементы и сопротивления; 2 — кожух; 3 — контроллер;
4 — вольтметр; 5 — соединительный кабель; 6 — рама; 7 — крышка.

Контрольные вопросы

1. Назначение электровозных гаражей
2. Назначение зарядных камер
3. Оборудование электровозных гаражей
4. Оборудование зарядных камер
5. Схемы типовых депо (рис. 14.1)
6. Оборудование зарядного стола
7. Назначение и оборудование разрядного устройства

15. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЭЛЕКТРОВОЗНОМ ТРАНСПОРТЕ

15.1 Безопасность при эксплуатации электровозов

Машинист локомотива должен знать схему откатки, рельсовый путь и его состояние, а также состояние крепления горных выработок и зазоров, наличие негабаритных мест в выработках, по которым будут производиться откатка грузов или доставка людей [7;8].

Машинист локомотива имеет право выезжать из гаража на линию только по разрешению руководителя работ (диспетчера, горного мастера) и иметь при себе оформленный путевой лист с росписью в нем дежурного электрослесаря гаража (механика, горного мастера и др.) о выпуске локомотива на линию.

Осмотр контактного электровоза производится только при спущенном токоприемнике, а аккумуляторного — при отключенной батарее.

В шахтах, опасных по газу или пыли, ремонт аккумуляторных электровозов, требующих вскрытия электрооборудования, за исключением плавких вставок, разрешается проводить только в гараже.

Запрещается эксплуатация локомотива при [7]:

- а) нарушении взрывобезопасности электрооборудования;
- б) снятой и двигающейся крышке батарейного ящика аккумуляторного электровоза; неисправном её блокировочном устройстве и без электроизоляционного покрытия;
- в) неисправности электрооборудования, блокировочных устройств и средств защиты;
- г) неисправности токоприемника на контактных электровозах;
- д) отсутствии предусмотренных автоматических газоанализаторов метана;
- е) неисправных или неотрегулированных тормозах;
- ж) нагреве электродвигателей, букс, подшипников и других частей локомотива;
- з) неисправности сцепных устройств;
- и) неисправности буферов;
- к) неисправности песочниц или отсутствием песка в них;
- л) изношенных более чем $2/3$ толщины тормозных колодок и более чем на 10 мм бандажах;
- м) неисправности сигнальных устройств и осветительных фар.

Во время движения локомотив должен находиться в голове состава, а на последней вагонетке прикреплен светильник с красным светом. Нахождение электровоза в хвосте состава допускается во время выполнения маневровых работ на участке протяженностью не более 300 м при скорости движения не более 2 м/сек [7].

Машинист локомотива обязан следить за: правильным положением стрелок, светофоров, рельсовым путем и выработкой, отсутствием на путях людей и подвижного состава. При проезде мимо людей скорость движения локомотива должна быть снижена до минимальной.

Машинисту локомотива во время движения запрещается: высовываться из кабины; управлять локомотивом, стоя в кабине, на буфере или следовать при этом пешком возле локомотива; подсыпать рукой песок на рельсы; производить на ходу сцепку-расцепку вагонеток; запрещается перевозить людей на локомотивах и в вагонетках, не приспособленных для перевозки людей [8].

Сцепление и расцепление вагонов необходимо производить при остановленном составе или вагонетке только специальными приспособлениями (ручками, крючками и т.д.), исключаящими попадание рук между буферами.

Для перевозки людей по горизонтальным выработкам должны применяться пассажирские вагонетки, оборудованные сиденьями и устройствами для подачи сигналов машинисту.

Запрещается в людских поездах перевозить взрывчатые, легковоспламеняющиеся и едкие материалы, а также прицеплять грузовые вагонетки, за исключением не более двух вагонеток с инструментом в конце состава [7].

При перевозке людей в специальных пассажирских вагонетках скорость движения не должна превышать 20 км/час, а в специально оборудованных грузовых вагонетках — 12 км/час [7].

Тормозной путь на преобладающем уклоне при перевозке людей не должен превышать 20 м, а при перевозке грузов — 40 м [7].

Запрещается тормозить электровоз обратным включением электродвигателя («контроток»). Запрещено применение механического торможения локомотива без предварительного выключения электродвигателя [8].

Движение поездов в выработках с завышенным (до 0,050) уклоном рельсового пути, с не соответствующими требованиям «Правил безопасности у вугільних шахтах» зазорами между стенками выработки и подвижным составом, должно осуществляться только в соответствии с мероприятиями по безопасной перевозке людей и грузов в выработках с уклоном пути более 0,005 и в негабаритных местах [6; 7]

Не допускается заезд контактных электровозов в тупиковые выработки шахт, опасных по газу или пыли, проветриваемые вентиляторами местного проветривания.

В выработках шахт, опасных по газу или пыли, должны применяться электровозы с уровнем взрывозащиты РВ. При этом в выработках с исходящей струей и тупиковых выработках, проветриваемых ВМП, шахт III категории, сверхкатегорийных по газу и опасных по внезапным выбросам на электровозах должны предусматриваться переносные (индивидуальные) автоматические приборы контроля содержания метана. Вновь создаваемые электровозы в исполнении РВ должны иметь автоматическую газовую защиту [7].

Допускается применение аккумуляторных электровозов с уровнем взрывозащиты РП в откаточных выработках шахт I и II категории по газу или опасным по пыли, а также в откаточных выработках со свежей струей воздуха шахт III категории, сверхкатегорийных по газу и в таких же выработках на пластах, не опасных по внезапным выбросам, шахт, опасных по выбросам [7].

При проезде вентиляционных дверей не допускается:

- открывать двери толчком локомотива;
- высовываться из кабины или управлять локомотивом, находясь вне кабины;
- оставлять двери открытыми.

Негабаритные груз и материалы (металлическая арочная крепь, рельсы, материалы и т.д.) следует перевозить отдельно от других грузов.

При доставке негабаритных материалов и оборудования необходимо применять специально предназначенные для этих целей вагонетки или платформы, сцепленные между собой жесткими сцепками.

Участок контактного провода на посадочных площадках во время посадки-высадки людей из вагонеток должен быть отключен [7].

Машинисты локомотивов и все лица, связанные с перевозкой взрывчатых материалов, должны быть проинструктированы о правилах перевозки ВВ и ВМ, не покидать состав с ВВ и ВМ, оберегать ВВ и ВМ от хищения [7; 8].

Во время перевозки ВВ и ВМ на пути прохождения поезда должно быть прекращено какое-либо движение.

Перевозить ВВ и ВМ разрешено только в середине порожнякового состава, скорость движения которого должна быть не более 2 м/сек.

При сходе с рельс («бурении») подвижного состава машинист обязан:

- остановить локомотив или поезд, при необходимости затормозив их;
- сообщить диспетчеру или дежурному ИТР шахтного транспорта о месте и характере схода с рельсового пути подвижного состава;
- до прибытия дежурного ИТР шахтного транспорта машинист локомотива должен подготовить имеющиеся средства для постановки на рельсы подвижного состава.

Для постановки на рельсы сошедшего с них подвижного состава на каждом локомотиве должны находиться домкрат, самоставы или другие предназначенные для этой цели средства, а также тормозные башмаки и приспособления для сцепки и расцепки вагонеток [7].

Постановка на рельсы подвижного состава производится только в присутствии и под руководством ИТР участка шахтного транспорта в соответствии с «Инструкцией по безопасной постановке подвижного состава на рельсы».

Участки пути, на которых производится постановка на рельсы подвижного состава или ликвидация аварии, ограждаются сигнальными знаками, запрещающими движение поездов.

При постановке на рельсы подвижного состава запрещается [7]:

— ставить на рельсы вагонетки или локомотивы с помощью толкателей, деревянных упор;

— нахождение людей в зоне действия каната или цепи около движущихся сбуренных вагонеток и локомотивов;

— применять неисправные домкраты, самоставы, тали и т.д.;

— привлекать к работе по постановке на рельсы подвижного состава не обученных и не проинструктированных лиц.

После окончания работ по постановке подвижного состава на рельсы следует устранить неисправность рельсового пути, снять ограждающие знаки и сообщить диспетчеру о возможности открытия движения транспорта.

В случае возникновения пожара в аккумуляторной батарее электровоза следует:

— остановить электровоз и затормозить его ручным тормозом;

— разомкнуть блокировку и сбросить крышки батарейного ящика;

— сбить пламя с помощью порошкового или углекислотного огнетушителя, песка, инертной пыли, куртки спецодежды и т.д., а затем специальными изолированными кусачками перерезать межэлементные перемычки;

— сообщить об аварии диспетчеру.

О каждом случае травмирования или острого заболевания рабочих, первым узнавший об этом, обязан немедленно сообщить сменному ИТР (горному диспетчеру), оказать первую помощь и при необходимости обеспечить доставку его в медпункт [7; 8].

15.2 Безопасность при техническом обслуживании

К эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту локомотивов допускаются лица, прошедшие специальное обучение, знающие правила техники безопасности, овладевшие приемами работ и имеющие право на выполнение этих работ [1; 19].

Техническое обслуживание и ремонт локомотивов выполняется с соблюдением положений технологических карт «Руководства по эксплуатации локомотива».

Перед каждым рейсом по перевозке людей электрослесарь участка шахтного транспорта должен проверить состояние пассажирских вагонеток (цепных устройств, тормозных систем, средств сигнализации, ходовой части) и локомотива, осуществляющего перевозку людей.

Ремонт контактной сети производят при выключенном на этом участке напряжении и заземленном контактном проводе, а на отключенных секционных разъединителях должны быть вывешены плакаты «Не включать — работа на линии!».

Включение и отключение специальных секционных разъединителей в контактной сети следует производить в диэлектрических перчатках. Контактный провод обязательно следует отключать перед началом горных и монтажных работ в выработке, погрузки и разгрузки длинномерных материалов, а также при необходимости замены подвесок, ремонта сети освещения и замены ламп, подвешивания сигнальных датчиков и проводов, измерения сопротивления изоляции участка контактного провода и участкового изолятора, измерения износа контактного провода, прокладки кабеля, замены рельс.

Электрослесари, выполняющие ремонт тяговой сети, должны работать в диэлектрических перчатках, а осуществляющие подъем контактного провода — еще и в резиновых ботах. Работы по наряду должны производиться не менее чем двумя лицами [27].

Работы по ревизии и ремонту контактных электровозов должны производиться при опущенном и зафиксированном токоприемнике, а также при исключенном и заблокированном автоматическом выключателе. Работу по замене элементов токоприемника на линии следует выполнять в диэлектрических перчатках [27].

При ремонте крепления горных выработок кабеля должны быть сняты с подвесок, уложены на почву и надежно защищены от повреждений. Допускается снятие кабеля под напряжением при участии или наблюдении электротехнического персонала с группой по электробезопасности не ниже III.

Осмотр взрывобезопасного электрооборудования аккумуляторных электровозов производится при снятом батарейном ящике.

Измерение сопротивления изоляции электрооборудования и кабелей должно производиться в соответствии с требованиями «Правил безопасности у угльных шахтах».

Минимально допустимые величины сопротивления изоляции электрооборудования и кабелей относительно корпуса и периодичность их проверки должны соответствовать нормам, приведенным в «Эксплуатационных нормах на сопротивление изоляции и методах поиска мест утечки тока в электрооборудовании аккумуляторных электровозов».

Замена ламп в фарах аккумуляторного электровоза производится при снятой батарее в электровозном гараже.

В шахтах, опасных по газу или пыли, ремонт аккумуляторных электровозов, связанный со вскрытием электрооборудования, разрешается производить только в гараже. Осмотр и ремонт производится при отключенной батарее.

Автоматический контроль сопротивления изоляции при зарядке аккумуляторных батарей должен осуществляться реле контроля утечки, встроенными в зарядные устройства [7].

Работы по обслуживанию электрооборудования в шахтах должны производиться в соответствии с требованиями «Инструкции по безопасному производству работ в подземных электроустановках».

Перед допуском бригады или отдельных работников к работе по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования должны приниматься соответствующие предупреждающие меры:

— автоматические фидерные выключатели, блокирующие разъединители, силовые выключатели и защитные аппараты должны быть выключены и заблокированы;

— на рукоятках питающего электрооборудования должны быть вывешены плакаты «Не включать — работают люди!» и на местах работы — «Работать здесь», установлены при необходимости специальные ограждения; снимать таблички и включать аппараты имеют право только работники оперативного (дежурного) персонала, осуществляющие допуск к работе;

— проверить указатели напряжения и отсутствие напряжения на токоведущих частях.

Проверка отсутствия напряжения с помощью указателя напряжения должна производиться в диэлектрических перчатках.

К работе в подземных установках допускаются лица с группой по электробезопасности, присвоенной в соответствии с «Инструкцией по безопасному производству работ в подземных установках».

При отключении тяговых электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры аккумуляторных электровозов от аккумуляторной батареи на её зажимах и на вводных зажимах автоматического выключателя (разъединителя) остается напряжение.

В связи с этим нельзя открывать на линии (в горной выработке) крышки батарейного ящика и оболочки автоматического выключателя (разъединителя), производить какие-либо операции по их ремонту (затяжку гаек на наборных аккумуляторах, замену вышедших из строя перемычек, чистку аккумуляторов и др.), поскольку в этом случае могут возникнуть короткие замыкания, способные воспламенить взрывчатую метановоздушную смесь или вызвать пожар в батарейном ящике.

Для предотвращения ошибочного снятия обслуживающим персоналом крышек батарейного ящика они снабжены блокировочным винтом с головкой под специальный ключ. Крышки можно снять после освобождения блокировочного винта. На линии крышку батарейного ящика допускается снимать только с целью ликвидации аварии внутри батарейного ящика (короткое замыкание, пожар).

Для осмотра и ремонта тяговых двигателей и пусковых сопротивлений надо снять с аккумуляторного электровоза батарейный ящик. Для этого необходимо использовать специальные подъемные устройства, которые имеются только в гараже.

Заряд аккумуляторных батарей производится в зарядных камерах на зарядных столах. Во время заряда аккумуляторных батарей крышка батарейного ящика должна быть снята. Крышки (пробки) горловин аккумуляторов должны быть открыты [7].

Аккумуляторы и батарейный ящик разрешается закрывать только после прекращения газовыделения из аккумуляторов, но не ранее чем через час после окончания заряда.

Применяемые для питания электродвигателей аккумуляторных электровозов аккумуляторные батареи, залитые электролитом (раствором едкой щелочи), способны выделять водород (H_2) и кислород (электролитический газ).

Смесь водорода с воздухом, содержащая 4% H_2 и выше является взрывоопасной и легко воспламеняется электрическими искрами.

Интенсивность выделения водорода из аккумуляторов зависит от режима (заряд, разряд и саморазряд).

Наибольшее количество водорода выделяется в режиме заряда аккумуляторов. Так, при полном заряде аккумуляторной батареи, содержащей 126 никель-железных аккумуляторов, емкостью 550 А·час, выделяется около 15 м³ водорода.

Чтобы избежать возможности образования в окружающей шахтной атмосфере опасной концентрации водорода, аккумуляторные батареи необходимо заряжать в специальных камерах, где имеется вентиляция.

Для того, чтобы избежать разрушений аккумуляторов под воздействием избыточного давления электролитического газа, выделяющегося при заряде, крышки (пробки) горловины аккумуляторов должны быть в течение всего заряда открытыми.

Перед выпуском взрывобезопасного электровоза на линию необходимо измерить содержание водорода в батарейном ящике, которое не должно превышать 2,5% [1].

Проверка содержания водорода в батарейном ящике производится приборами автоматического или периодического контроля.

Батарейный ящик во время заряда батареи должен быть надежно заземлен.

Проверка уровня и плотности электролита в аккумуляторах производится денсиметром аккумуляторным при отключенной от зарядного устройства батарее. При этом необходимо соблюдать правила, изложенные в инструкциях по эксплуатации батарей.

Заряд аккумуляторных батарей должны проводить только лица, имеющие соответствующие квалификацию и право на производство этих работ, прошедшие специальное обучение и инструктаж (зарядчики, электрослесари-зарядчики аккумуляторных батарей).

Для защиты от ожогов электролитом в зарядных камерах должны быть соответствующие средства, нейтрализующие его действие.

Для защиты глаз должны применяться защитные очки, специальные экраны или щитки.

Для защиты кожи от действия вредных жидкостей (электролита, едких щелочей, кислоты и т.п.) работники, занимающиеся зарядкой аккумуляторов, должны обеспечиваться защитными средствами (резиновыми перчатками, накраивниками, фартуками, калошами, защитными мазями, пастами),

соответствующими требованиями ГОСТ «Одежда специальная защитная. Средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация» и ГОСТ «Средства дерматологические защитные. Классификация. Общие технические требования».

В качестве электролитов в никель-железных (никель-кадмиевых) аккумуляторах шахтных электровозов используется водный раствор едкого натра (NaOH) и едкого калия (KOH) плотностью 1,23-1,25 Г/см³.

Едкие щелочи — бесцветные гидроскопические вещества, оказывающие при соприкосновении с ними разъедающее действие на большинство материалов, в том числе на ткани тела человека.

Твердая щелочь и электролит, попадая на кожу человека, в глаза, полость рта, способны вызвать химический ожог — повреждение тканей тела.

В настоящее время применяемые кислотные аккумуляторные батареи в качестве электролита используют кислоту, которая, попадая на кожу человека, вызывает тяжелые ожоги.

В связи с этим при работе с твердой щелочью и электролитом (щелочью или кислотой) необходимо строго соблюдать меры предосторожности, предусмотренные заводскими инструкциями по обслуживанию аккумуляторных электровозов и зарядке аккумуляторов [8].

При попадании электролита (щелочи) на кожу следует немедленно и тщательно промыть пораженное место большим количеством воды и обработать нейтрализующим действие щелочи раствором борной кислоты и срочно обратиться к врачу.

При попадании кислоты на кожу следует немедленно и тщательно смыть пораженное место большим количеством воды.

Обувь и одежду, облитые щелочью, необходимо промыть водой или раствором борной кислоты.

При попадании щелочи в глаза, и полость рта следует произвести смывку или полоскание пострадавших мест 2% раствором борной кислоты и немедленно обратиться к врачу.

Указанный нейтрализующий раствор должен находиться в зарядной камере, в аптечке, как и подробная инструкция о том, как им пользоваться. Кроме того, для интенсивного промывания пораженных щелочью и кислотой мест зарядные камеры должны быть оборудованы кранами или фонтанчиками с чистой водой.

Для питьевых нужд качество воды должно отвечать требованиям ДержСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

При проверке состояния переключателей и аккумуляторов батарея должна быть отключена от зарядного устройства и должны соблюдаться правила, изложенные в инструкции по эксплуатации батареи.

При проверке крепления направляющих буксовых челюстей, подвесок электродвигателя, редуктора, электрооборудования и др. на раме, электровоз должен быть заторможен колодочным тормозом.

При проверке сварных швов рамы и батарейного ящика, состояния пружин подвески рамы и электродвигателя электровоз должен быть заторможен путем подкладки под колеса с обеих сторон башмаков.

При проверке состояния буферного устройства, износа накатных роликов на раме электровоз должен быть заторможен колодочным тормозом

При проверке отсутствия течи масла из редуктора привода под колеса необходимо подложить башмаки.

При замене колесной пары и вкладышей редуктора, приводы необходимо выкатывать при помощи специальной тележки.

При регулировке зубчатого зацепления и конических роликоподшипников редуктора электровоз должен быть заторможен башмаками, подложенными под колеса.

При проверке свободного хода маховика тормозной системы электровоз должен быть заторможен башмаками, подложенными под колеса электровоза с наружной стороны.

При удалении крупных частиц из песочницы песочной системы через засыпное окно ломиком работник, выполняющий эту операцию, должен иметь защитные рукавицы и соблюдать меры личной безопасности, исключающие возможность нанесения травмы.

В зарядных камерах с обособленным проветриванием в шахтах, опасных по газу или пыли, в том числе опасных по внезапным выбросам, должно применяться электрооборудование с уровнем взрывозащиты не ниже РП. При этом воздушная струя, проветривающая заряженные батареи, не должна омывать электрооборудование зарядной камеры [7].

Локомотивное депо для аккумуляторных электровозов должно содержать комплекс камер: зарядной — с зарядными столами, преобразовательной подстанции — с зарядными устройствами и ремонтной мастерской — с набором соответствующего оборудования и инструмента, а также с приспособлениями для промывки аккумуляторов и очистки аккумуляторных батарей [8].

Высота зарядной камеры с ремонтными мастерскими должна обеспечивать применение механизированного подъема батарейных ящиков при их замене на электровозах и постановке на ремонт.

С целью предупреждения перегрева аккумуляторов в процессе заряда батарей зарядные столы рекомендуется оснащать устройствами принудительного охлаждения.

Заезды и ходки, соединяющие локомотивное депо с откаточными выработками, должны быть исправны, не захлаплены и обеспечивать надлежащее проветривание. В локомотивном депо направление движения свежего воздуха должно быть от преобразовательной камеры к зарядной в исходящую струю.

Ремонтные мастерские аккумуляторных электровозов необходимо оснащать приспособлениями для извлечения аккумуляторов из батарейных ящиков.

Щелочной электролит необходимо хранить в пластиковых канистрах или стальных баках, а кислотный и дистиллированную воду — только в пластмассовых сосудах с плотно закрытыми пробками.

В зарядной камере должно быть вывешено табло (плакаты) с обозначением величин контролируемых параметров аккумуляторных батарей, а также должна вестись документация электровозного гаража, включающая такие документы [8]:

- книга осмотра и контроля заряда батарей;
- книга осмотра и ремонта электровозов;
- книга выпуска электровозов на линию;
- журнал проверки реле контроля тока зарядных устройств и контроля сопротивления изоляции.

Передвижные трансформаторные подстанции, комплектные распределительные устройства должны размещаться в хорошо закрепленных и удобных для обслуживания местах, быть защищены от капежа и механических повреждений и не мешать работе транспорта и передвижению людей.

Расстояние от электрооборудования до подвижного состава должно быть не менее 0,8 м, до стенки выработки и до кровли зазор должен быть не менее 0,5 м.

Не допускается установка подстанций в рельсовых уклонах за исключением ниш и заездов, оборудованных барьером и ловителем [7].

Для обеспечения удобств и безопасности профилактических осмотров и ремонтов у распределительных устройств подстанции предусматривают свободные площадки длиной 1,5-2 м, причем со стороны распределительного устройства высокого напряжения площадка должна быть оборудована деревянными подставками на опорных высоковольтных изоляторах.

Подстанция должна быть ограждена решеткой.

Подстанция устанавливается в местах, где капеж отсутствует. При появлении капежа должны быть приняты меры по отводу воды с помощью железных листов или решеток, подвешенных к крепи.

При возможности необходимо переместить подстанцию. Особое значение для безаварийной эксплуатации подстанций имеет местное опознавательное освещение. В оболочке распределительных устройств низкого напряжения ТКШВП и ТСШВП предусмотрен осветительный трансформатор, предназначенный для питания двух безопасных люминесцентных светильников, которые подвешиваются над распределительными устройствами подстанции.

Для обозначения опасности прикосновения подстанция снабжается с доступной для обозрения стороны соответствующим предупредительным знаком.

15.3 Безопасность при перевозке людей

Механизированная перевозка людей должна обеспечивать их доставку к рабочим местам в шахте и обратно при обеспечении требуемой безопасности и комфортности в минимально возможное короткое время.

Продолжительность передвижения людей в шахте в зависимости от расстояния не должна превышать следующих значений (таблица 15.1) [26]:

Таблица 15.1

Продолжительность передвижения людей в шахте в зависимости от расстояния

Расстояние, м	Максимально допустимое время, мин
До 1000	12
1001-2000	18
2001-3000	24
3001-4000	30
4001-5000	35
5001-6000	39
Свыше 6001	45

Перевозка людей по горизонтальным выработкам обязательна в соответствии с требованиями «Правил безпеки у вугільних шахтах», если расстояние до места работы составляет 1 км и более.

Перевозка людей по горизонтальным выработкам действующих и строящихся шахт должна осуществляться специальными пассажирскими средствами, предназначенными для этих целей.

Пассажирские вагонетки должны иметь крышу, глухие торцевые стенки и сиденья с теплоизоляционным покрытием.

Применяемые для перевозки людей специальные пассажирские вагонетки должны быть оборудованы устройствами для подачи сигнала машинисту локомотива.

На пассажирских вагонетках, применяемых в горизонтальных выработках, в соответствии с требованиями «Правил технічної експлуатації вугільних шахт» перед выездом на линию ежемесячно должна проверяться исправность:

- ограждающих приспособлений дверных проемов;
- сцепных приспособлений;
- средств сигнализации;
- тормозных приспособлений (парашютов).

При откатке аккумуляторными электровозами и дизелевозами по согласованию с органами Госгорпромнадзора Украины допускается перевозка

людей отдельными поездами, состоящими из обычных вагонеток со съёмными сиденьями. Последние должны устанавливаться так, чтобы голова сидящего рабочего не выступала за габариты локомотива по высоте.

Для перевозки людей, сопровождающих состав с материалами и оборудованием, а также для перевозки отдельных лиц на протяжении смены в горизонтальных выработках допускается включать в грузовой состав одну пассажирскую вагонетку для внутрисменной перевозки людей, которая должна располагаться за локомотивом в голове состава. Скорость перевозки людей в этом случае не должна превышать 12 км/час. Конструкция вагонетки согласовывается с МакНИИ [7].

Не допускается прицеплять к пассажирской вагонетке платформу с материалами и оборудованием, а также вагонетки, в которых перевозимый груз выступает за их габариты.

При перевозке людей в пассажирских вагонетках (поездах) по горизонтальным выработкам скорость движения не должна превышать 20 км/час, а при перевозке людей специально оборудованными грузовыми вагонетками — 12 км/час [7].

Контактный провод на посадочных площадках во время посадки (высадки) людей должен быть отключен.

Ежесменно перед началом перевозки людей машинист локомотива должен проводить осмотр вагонеток, причем особое внимание должно быть обращено на сцепные и сигнальные устройства, колеса и тормоза. Результаты осмотра докладываются сменному руководителю работ. Запись производится должностным лицом (сменным руководителем) в путевой лист машиниста локомотива.

Во время перевозки людей пассажирскими поездами контроль за посадкой, закрытием дверей вагонеток и отправлением поездов должен осуществляться назначенным приказом по шахте ответственным лицом.

Контроль за посадкой в пассажирскую вагонетку для внутрисменной перевозки людей должны обеспечивать машинисты локомотивов [8].

Все пункты посадки в поезда и выходы из них должны быть освещены.

Не допускается:

— проход между вагонетками и перемещение через них во время движения состава;

— перевозка в поездах с людьми инструментов и запасных частей, выступающих за борт вагонеток, взрывчатых, легковоспламеняющихся и едких материалов;

— прицепка грузовых вагонеток к людским составам, за исключением не более двух вагонеток в конце состава для перевозки инструмента;

— езда людей на локомотивах, в необорудованных вагонетках, на платформах (площадках) и т.п.

Время перевозки людей должно определяться для каждого отдельного маршрута по формулам (15.1 и 15.2) [26]:

$$T_{\text{марш.расч.}} = \Sigma T_{\text{мех.}} + \Sigma T_{\text{пеш.}} + \Sigma T_{\text{уз.сопр.}} + \Sigma T_{\text{орг.}} \leq T_{\text{регл.}}, \text{ мин.}, \quad (15.1)$$

или

$$T_{\text{марш.расч.}} = \Sigma \frac{L_{\text{мех.}}}{V_{\text{мех.}}} + \Sigma \frac{L_{\text{пеш.}}}{V_{\text{пеш.}}} + \Sigma T_{\text{уз.сопр.}} + \Sigma T_{\text{орг.}} \leq T_{\text{регл.}}, \text{ мин} \quad (15.2)$$

где $T_{\text{марш.расч.}}$ — расчетное время следования людей по маршруту, мин;

$T_{\text{регл.}}$ — регламентированное время следования людей по маршруту, мин;

$\Sigma T_{\text{мех.}}$ — суммарное расчетное время следования людей по всем механизированным транспортным звеньям, мин;

$\Sigma T_{\text{пеш.}}$ — суммарное расчетное время следования людей по всем пешеходным маршрутам, мин;

$\Sigma T_{\text{уз.сопр.}}$ — суммарное нормативное время, затрачиваемое в узлах сопряжения на всем маршруте, мин;

$\Sigma T_{\text{орг.}}$ — суммарное время, затрачиваемое по организационным причинам, мин;

$L_{\text{мех.}}$ — протяженность механизированного звена, м ;

$V_{\text{мех.}}$ — расчетная скорость транспортного средства в пределах каждого транспортного звена, м/мин;

$L_{\text{пеш.}}$ — протяженность пешеходного маршрута, м;

$V_{\text{пеш.}}$ — расчетная скорость пешехода по маршруту, м/мин.

Для транспортных систем, ориентированных на доставку людей в минимальное расчетное время, выбор оборудования в соответствии с областями его применения должен быть направлен на минимизацию соответствующих слагаемых уравнения (15.1 или 15.2), что достигается выбором транспортных средств и режимов их работы, обеспечивающих:

— минимальное количество транспортных звеньев, которое при проектировании новых и реконструкции действующих шахт не должно превышать трех от околоствольного двора до участка работы. При этом количество пересадок не должно быть больше двух;

— перевозку людей с высокими расчетными скоростями*. Коэффициенты скорости и расчетные скорости транспортных средств, используемых для перевозки людей, для условий строящихся и реконструируемых шахт, должны соответствовать данным таблицы 15.2. Расчетные параметры транспортных средств, обеспечивающих перевозку людей с указанными в таблице 15.2 расчетными скоростями, весовую норму поезда, режимы движения и т.д., принимать в соответствии с требованиями соответствующих разделов «Основных положений по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт» [26];

— минимальные затраты времени в узлах сопряжения транспортных средств:

а) на посадку-высадку людей в транспортные средства определяют по данным таблицы 15.3 [26];

б) на пешие переходы в узлах сопряжения, исходя из их фактической протяженности, которая во всех случаях не должна превышать 100 м;

в) ожидание посадки и отправления пассажирского поезда по горизонтальным выработкам — не более 6 мин.

Таблица 15.2

Расчетные скорости перевозки людей

Наименование оборудования	Паспортная скорость, м/сек	Коэффициент скорости	Расчетная* скорость, м/сек
Локомотивная откатка: — контактными электровозами; — аккумуляторными электровозами.	5,0	0,75-0,8	3,75-4,0
	3,75	0,75-0,8	2,8-3,0

* *Примечание.* Под расчетной скоростью понимается произведение паспортной скорости на коэффициент скорости.

Таблица 15.3

Минимальные затраты времени на посадку-высадку людей в транспортные средства

Транспортное средство	Норматив времени, сек	
	на посадку	на выход
Вагонетки пассажирские	1,4 n_v	1,3 n_v

Примечание. n_v — соответственно: количество людей, перевозимых пассажирской вагонеткой.

Объем пассажирских перевозок — пассажиропоток (количество людей, которых необходимо доставлять на все места работы, расположенные на маршруте) необходимо определять отдельно для каждого маршрута; при проектировании новых и реконструкции действующих шахт — по планируемой производительности рабочих или по расстановке на схеме горных выработок в соответствии с действующими нормами численности, а для действующих шахт — по фактической расстановке трудящихся по местам работы. Для расчета перевозки людей пассажиропоток следует принимать по наиболее загруженной схеме.

Работа транспорта по перевозке людей должна быть увязана с одной стороны — с режимом работы очистных и подготовительных участков, а с другой — с работой шахтного подъема, являющегося исходным звеном в общей технологической цепи перевозки людей.

При наличии на шахте нескольких маршрутов перевозки людей работу подъемной установки по спуску людей необходимо организовывать таким образом, чтобы можно было комплектовать отдельные маршруты перевозки.

Для увязки во времени и пространстве отдельных звеньев транспорта необходимо составлять график перевозки людей по отдельным маршрутам.

Графиком движения поездов должны предусматриваться отдельные интервалы времени для перевозки угля, породы, материалов и людей.

Для маршрута в выработках с уклоном от 0,005% до 0,050% или группы однотипных маршрутов с аналогичными горнотехническими условиями должен быть разработан проект безопасной перевозки людей локомотивной откаткой.

15.4 Обеспечение электробезопасности

Обеспечение требований электробезопасности в контактных сетях постоянного тока шахтного электровозного транспорта может быть достигнуто путем использования комплекса технических способов и средств защиты: защитного заземления; изоляции токоведущих частей (рабочей, дополнительной, усиленной, двойной); оградительных устройств; предупредительной сигнализации, блокировки, знаков безопасности; средств защиты и предохранительных приспособлений; малого напряжения; защитного отключения и т. п. Каждое из этих средств имеет различный механизм предотвращения (или устранения) протекания тока через тело человека и обеспечивает безопасность при появлении не любого, а только ограниченного числа опасностей. Поэтому наибольшую безопасность можно обеспечить путем комплексного использования взаимодополняющих технических средств и способов защиты, а также систем защитного отключения [28].

Для устранения основной причины электротравматизма – случайного прикосновения человека к токоведущим элементам контактной сети – наиболее эффективно применение систем защитного отключения. Они выполняют следующие функции: селекцию измеряемых сигналов, используемых для контроля сопротивления изоляции или утечки (в том числе и сопротивления тела человека) всей находящейся под напряжением сети на фоне силового тока ее нагрузки и сигналов помех; автоматическое отключение защищаемой сети при снижении сопротивления изоляции ниже допустимых значений или появлении тока утечки; предупреждение возможности включения сети при сопротивлении изоляции ниже допустимых значений или наличии тока утечки; предотвращение появления ЭДС вращающихся двигателей в отключенной сети и подавление их самоиндукции; автоматическое повторное включение сети после отключения ее защитой. Основным функциональным элементом этих систем являются устройства защитного отключения. Эти устройства обеспечивают контроль предельно допустимых уровней токов, протекающих через тело человека и через сопротивление изоляции сети, и отключение сети с заданным быстродействием.

Классификация защитных устройств. Анализ разработанных и испытанных в различное время устройств защиты позволяет классифицировать их принципам построения и работы (рис. 15.1).

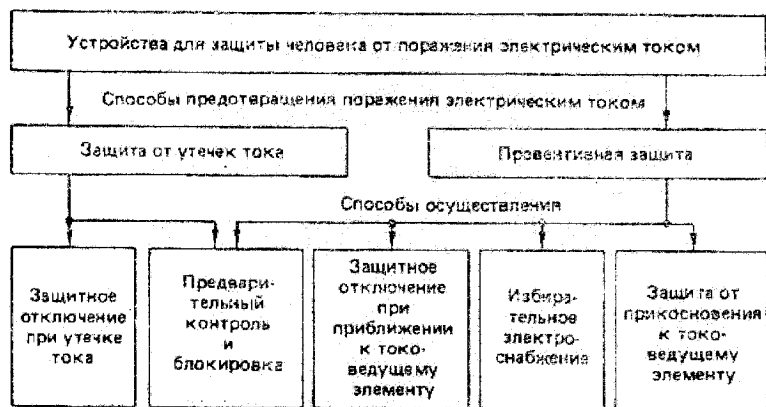


Рис. 15.1 Классификация устройств защиты от поражения электрическим током

Наиболее общим отличительным признаком устройств является функциональное назначение, характеризующее основные способы предотвращения поражения человека электрическим током, согласно которым защитные устройства разделяются на превентивную защиту и защиту от утечек тока из контактной сети на землю.

Превентивная (предупредительная) защита предназначена для предотвращения контакта человека с токоведущими элементами сети. Защита от утечек тока, в свою очередь, предназначена для защитного отключения напряжения в контактной сети при возникновении недопустимого снижения сопротивления утечки (повреждения изоляции между токоведущими элементами и землей или случайного прикосновения к ним человека), а также для осуществления предварительного контроля указанного сопротивления утечки перед включением силового напряжения в сеть.

Устройства превентивной защиты. Эффективность устройств превентивной защиты определяется экономичностью их реализации и количеством предотвращаемых ситуаций, представляющих опасность для человека. Учитывая эти требования, рассмотрим краткую характеристику устройств превентивной защиты по способам предотвращения случайного прикосновения человека к открытому токоведущему элементу сети, находящемуся под напряжением, и эффективность их применения.

Ограждение токоведущих элементов сети предупреждает случайное прикосновение человека к контактному проводу при помощи изоляционных конструкций жесткого или эластичного вида. Однако, оно не предотвращает в полной мере случайного контакта человека с токоведущими элементами сети. В условиях повышенной влажности и запыленности сопротивление изоляции ограждений снижается и требует профилактического контроля, что связано с высокими капитальными и эксплуатационными затратами. Поэтому на подземном транспорте защитное ограждение контактного провода нашло

только частичное применение на особо опасных участках сети, где необходимость их применения требуют Правила безопасности [7].

Избирательное электроснабжение участков контактной сети предусматривает разделение ее на изолированные друг от друга секции, получающие питание только во время нахождения на них электровоза. При этом работа людей в зоне контактного провода включенной секции невозможна, поскольку по выработке движется электровоз. В остальное время контактный провод отключен и случайное прикосновение к нему безопасно.

Подается силовое напряжение на секцию при помощи коммутационных аппаратов, управление которыми осуществляется от различного типа путевых датчиков или пунктов дистанционного управления. Сигнализация о наличии напряжения и о движении электровоза в отдельных вариантах исполнения системы осуществляется при помощи световой или звуковой сигнализации, которая включается перед подачей напряжения на секцию сети.

Системы избирательного электроснабжения сети разрабатывались как самостоятельные технические средства безопасности, так и в комплексе с системами дистанционного управления электровозами в местах погрузки и системами автоматического вождения электровозов. Эти системы отличаются высокой сложностью силовой схемы электроснабжения, требуют больших капитальных затрат. На подземном транспорте избирательное электроснабжение участков сети нашло частичное применение в системах дистанционного управления электровозами в местах погрузки вагонов. Однако из-за наличия разрывов контактного провода под погрузочными люками, оснащенными средствами вибро-выпуска руды, эта система совершенствуется в направлении создания смешанного контактно-аккумуляторного электроснабжения в сочетании с дистанционным управлением электровозом. Такой вид электроснабжения значительно повышает безопасность, но не решает проблемы в целом.

Устройства предварительного контроля и блокировки позволяют обеспечить контроль сопротивления утечки в отключенной сети (или в отдельно защищаемой ее секции) и заблокировать включение сети при недопустимом значении этого сопротивления. Применяются они как в качестве автономных устройств, так и в составе систем защиты, включающих целый комплекс взаимосвязанных защитных устройств. Известно использование их в составе системы избирательного электроснабжения электровозами и в системе защитного отключения. Применение устройств в составе систем защиты является наиболее целесообразным, так как это позволяет осуществлять автоматическое включение напряжения при устранении (самоустранении) недопустимого значения сопротивления утечки, что сокращает время вынужденных перерывов электроснабжения электровозного транспорта при защитных отключениях в контактной сети.

Анализ устройств превентивной защиты показывает, что они не удовлетворяют требованиям электробезопасности и эксплуатации, так как каждое из них только уменьшает вероятность прикосновения человека к

токоведущему элементу сети, не решая проблему электробезопасности подземного электровозного транспорта в целом. В связи с этим при существующем уровне развития защитных устройств по-прежнему можно считать, что наиболее эффективными средствами защиты человека от поражения электрическим током при прикосновении к открытым токоведущим элементам сети являются устройства для защиты от утечек. Вместе с тем появление совершенной, приемлемой для эксплуатации превентивной защиты позволит осуществить максимальный уровень электробезопасности, поскольку по своему принципу работы она предотвращает протекание тока через тело человека. В связи с этим совершенствование этих защит перспективно.

Наиболее приемлемым видом превентивной защиты являются устройства предварительного контроля сопротивления утечки перед включением силового напряжения, которые в сочетании с защитным отключением обеспечивают минимальные перерывы электроснабжения потребителей в случае защитного отключения напряжения при устранении (самоустранении) недопустимого сопротивления утечки в сети без ущерба для условий электробезопасности.

Устройства защитного отключения (УЗО) являются наиболее эффективным средством обеспечения электробезопасности. Согласно действующим Правилам в качестве длительно допустимого тока через тело человека принят ток 50мА, допустимое время срабатывания 0,2с.

Сложность задачи контроля утечек (прикосновения человека) заключается в том, что параллельно утечке до 50мА подключается нагрузка электровозов с токами 400-800А, что в 10^4 больше.

Было предложено много способов разделения цепей силового и оперативного (измерительного) тока. Наиболее работоспособным оказался способ с одновременным разделением по времени и по направлению силового и оперативного токов.

Способ основан на использовании прерывистого (импульсного) силового напряжения для питания нагрузки контактной сети и контроля сопротивления утечки во времени пауз. Структурные схемы устройств защитного отключения (для различных способов включения измерителя сопротивления утечки), реализующих этот способ, представлены на рис. 15.2.

Для прерывания силового напряжения и создания бестоковой паузы используется коммутатор К цепи постоянного тока (рис. 15.2, а) или же управляемый тяговый преобразователь U (рис. 15.2, б), формирование импульсного напряжения которым осуществляется по командам от системы управления (па рисунке не показано). Источник оперативного тока $G_{o,t}$ подключается к сети после коммутатора К и контактного выключателя Q.

Чувствительный орган ЧО устройства (рис. 15.2, а) подключен параллельно сопротивлению изоляции, а также параллельно преобразователю U, нагрузке M сети и источнику оперативного тока $G_{o,t}$ через вентильный заградитель V2. При отсутствии утечек тока (когда сопротивление утечки R1 и сопротивление изоляции R2 велики) чувствительный орган ЧО устройства не срабатывает, выключатель Q включен, и в сеть подается импульсное

напряжение питания. Во время бестоковых пауз в сеть подается оперативное напряжение обратной полярности по отношению к силовому (рис. 15.3).

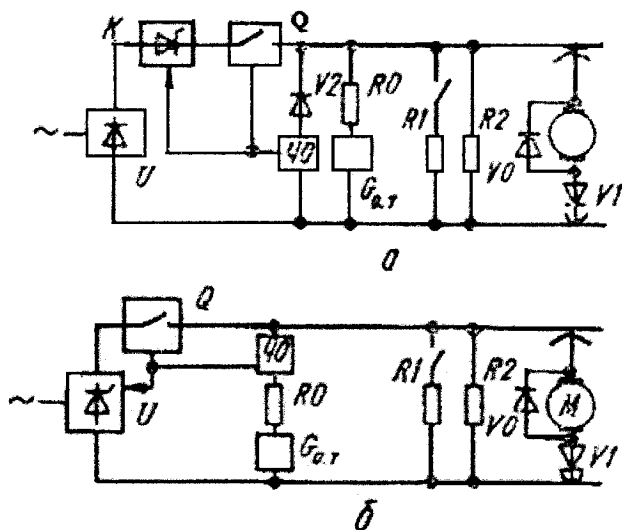


Рис 15.2 Структурные схемы УЗО:

а – с коммутатором в цепи постоянного тока; б – с управляемым тяговым преобразователем.

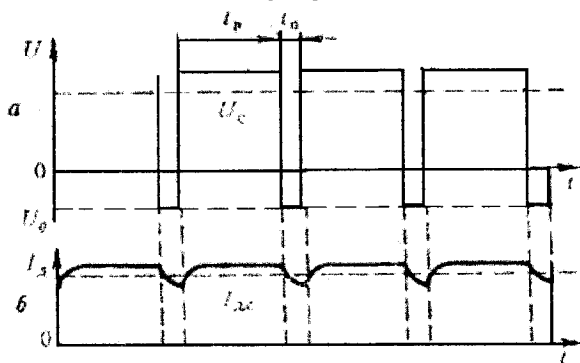


Рис. 15.3 Напряжение в контактной сети (а) и ток в цепи двигателя (б) при прерывистом режиме питания:

U , U_0 – рабочее и оперативное напряжение между контактным проводом и рельсом; t_p , t_0 – продолжительность времени работы и паузы; $I_{Дс}$ – среднее значение тока в цепи двигателя

При появлении в сети ниже допустимого сопротивления утечки $R1$ (или сопротивления прикоснувшегося к сети человека), это сопротивление шунтирует цепь чувствительного элемента. В результате оперативное напряжение на ЧО уменьшается, он срабатывает и воздействует на

выключатель Q, который отключает силовое напряжение сети. Диод V2 предотвращает протекание тока в цепи чувствительного органа от тягового преобразователя, вентиль V0 обеспечивает протекание тока в цепи двигателя М электровоза под действием ЭДС самоиндукции во время пауз силового напряжения. Вентиль V1 является заградителем для оперативного тока через двигатель электровоза.

В устройстве, представленном на рис. 15.2, б, работа составляющих его элементов происходит аналогично описанному за исключением того, что чувствительный орган ЧО включен последовательно с сопротивлением утечки сети (R1 и R2) для оперативной цепи и реагирует не на напряжение, а на оперативный ток.

На основе временного способа разделения цепей силового и оперативного токов создан целый ряд устройств защитного отключения, из которых наиболее известными являются устройства УЗО-2 и УЗО-300, разработанные МакНИИ и Днепропетровским заводом шахтной автоматики, а также ТПС-500-275 института ВНИИБТГ.

Главным достоинством устройств является возможность получения высокой чувствительности при контроле сопротивления утечки. Такая чувствительность достигается благодаря высокому качеству заградителей для оперативного тока защиты, получаемому путем использования полупроводниковых вентилях. Это дает возможность использовать управляемые полупроводниковые коммутаторы силовых цепей и решить задачу селективной защиты от утечек тока сети. Кроме того, функциональное построение устройства предусматривает работу в режиме реле утечки и в режиме блокировочного реле утечки, что позволяет осуществить автоматическое включение напряжения в сеть после устранения (самоустранения) недопустимой утечки тока, а значит, свести к минимуму простой электровозного транспорта [28].

Контрольные вопросы

1. Как обеспечивается безопасность при осмотре электровоза?
2. Когда запрещается эксплуатация электровоза?
3. Как выполняется освещение электровоза и состава?
4. Можно ли тормозить противовключением двигателей?
5. Можно ли тормозить при включенных двигателях?
6. Обеспечение безопасности при ремонте контактной сети
7. Как проверяется отсутствие напряжения?
8. Безопасность обслуживания аккумуляторов?
9. Безопасность перевозки людей
10. Требования к местам посадки людей
11. Устройства превентивной защиты
12. Устройства защитного отключения
13. Ток срабатывания защитного отключения
14. Пояснить графики на рис. 15.3.

16. ШАХТНЫЕ ВАГОНЕТКИ И ПОЕЗДА

Шахтные вагонетки предназначены для транспортирования угля, руды, породы и материалов по горным выработкам шахт. По своему назначению вагонетки делятся на грузовые, пассажирские и специальные.

В свою очередь грузовые вагонетки в зависимости от транспортируемого груза подразделяются на вагонетки для перевозки угля, руды, породы, материалов.

Пассажирские вагонетки предназначены для доставки людей по горным выработкам к месту работы и стволу в соответствии с графиком перевозки, утвержденным главным инженером шахты.

Специальные вагонетки используются для транспортирования материалов и оборудования — леса, ВМ, секций механизированных крепей, деталей и узлов машин, смазочных материалов, электролита и пр. [8].

16.1 Шахтные грузовые вагонетки

Грузовые вагонетки содержат следующие основные элементы: кузов, раму, буфера, колеса, прицепные устройства.

Вагонетки соединяются с помощью сцепок. Сцепка универсальная, вращающаяся, штамповочно-сварной конструкции, состоит из крюка, серьги, траверсы, вертлюга и звена. Она обеспечивает надежную сцепку вагонеток на путях с уклоном до 18° и возможность разгрузки во вращающемся опрокидывателе без расцепления состава. Допустимое усилие на сцепное устройство составляет 6,0 т. Общий вид грузовой вагонетки и сцепного устройства приведены на рисунках 16.1 и 16.2.

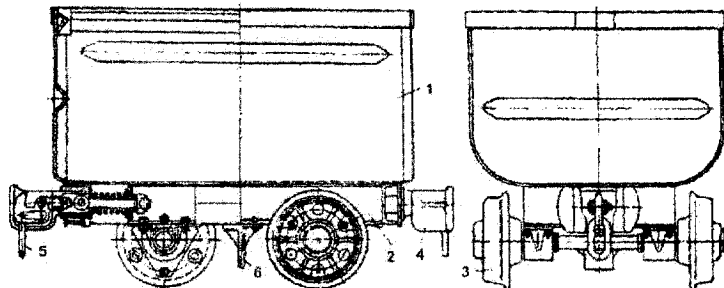


Рисунок 16.1 Шахтные вагонетки типа ВГ с глухим кузовом:
1 — кузов; 2 — рама; 3 — колесная пара; 4 — буфер; 5 — сцепка;
6 — подвагонный упор.

Кузов вагонеток сварной конструкции — из двух штампованных лобовин и полукруглого днища с боковинами. Для повышения жесткости кузов (у вагонеток всех типоразмеров) усилен в верхней части продольными гофрами жесткости и наружной обвязкой.

Рама вагонеток клепадно-сварной конструкции выполнена из двух продольных швеллеров с отогнутыми полками (СП10 и СП12, соответственно, для вагонеток с колеей 600 и 900 мм), стальных литых кронштейнов, стального литого упора и двух стальных литых буферов. Колесная пара вагонеток не амортизирована и состоит из двух стальных литых колес, в ступице которых посажены подшипники.

Весь набор подшипникового узла закреплен гайкой, которая стопорится от проворачивания шплинтом. На оси колесных пар приварены упорные кольца, служащие ограничителями от смещения колесной пары относительно продольной оси рамы.

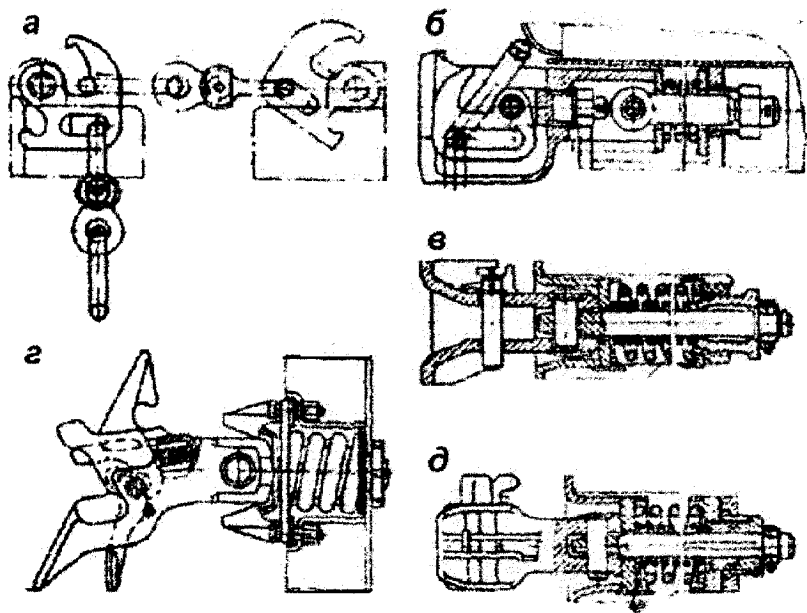


Рисунок 16.2 Сцепки шахтных вагонеток:

а — крюковая универсальная вращающаяся; б и в — звеньевая вращающаяся;
г — автоматическая невращающаяся типа А7; д — автоматическая вращающаяся.

Автоматическая невращающаяся сцепка А7 состоит из стального литого корпуса, механизмов замыкающего и расцепления, амортизирующего устройства. Сцепление сцепок происходит автоматически при соударении

вагонеток. Для расцепления сцепок необходимо нажать на рычаг расцепления одной из сцепок и развести вагонетки. Корпус сцепки имеет крюк, который используют для присоединения тягового каната лебедки при маневровых работах. Сцепка рассчитана на тяговую нагрузку 7,0 т с шестикратным запасом прочности.

Шахтные грузовые вагонетки с глухим кузовом предназначены для транспортирования горной массы по подземным выработкам шахт.

Выпускается модификация УВГ и ВГ, различной грузоподъемности. Вагонетка состоит из кузова, рамы, колесных пар и сцепок. Кузов сварной конструкции собран из двух штампованных лобовин, днища с боковинами и обвязки. Для повышения жесткости в верхней части кузова имеются поперечные и продольные гофры.

Рама клепано-сварной конструкции состоит из двух продольных балок-швеллеров с отогнутыми полками и стальных литых кронштейнов, стального литого упора, двух стальных буферов.

Колесная пара состоит из двух стальных литых колес со ступицами открытого типа, в которых насажено по два конических роликоподшипника. Роликоподшипники внутренними кольцами насажены на шейки оси. Наружные кольца подшипников упираются в буртик колеса.

С внутренней стороны колеса устанавливается лабиринтное кольцо с напрессованным на него уплотнением. Весь подшипниковый пакет закреплен на оси гайкой, которая стопорится шплинтом. Ступица закрыта крышкой с отверстием, закрытым пробкой, через которое производится смазка подшипникового узла в процессе эксплуатации.

Сцепка крюковая, вращающаяся, штамповосварной конструкции (см. рисунок 16.2), состоит из крюка, серьги, траверсы, вертлюга и звена. Конструкция сцепок позволяет производить разгрузку вагонеток в опрокидывателе без расцепления состава.

Сцепка рассчитана на тяговую нагрузку 8,0 т с шестикратным запасом прочности.

Технические характеристики вагонеток УВГ и ВГ приведены в таблице 16.1.

Шахтные грузовые вагонетки с донной разгрузкой. На многих действующих шахтах угольной промышленности эксплуатируются вагонетки с разгрузкой через дно, типа ВДК и ВШ, для транспортирования горной массы по подземным выработкам.

Вагонетки ВДК могут быть использованы для проведения закладочных и балластировочных работ.

Кузов приваривается к раме, состоящей из балок передних и продольных, на которых приварены кронштейны для подвески днищ и установки затворов.

В нижней части к раме приварены колесные балки, предназначенные для соединения корпуса вагонетки с колесной парой. Соединение осуществляется через резинометаллические амортизаторы, предназначенные для снижения динамических нагрузок на ходовую часть вагонетки при движении по неровностям рельсового пути. Колесная пара крепится к балке при помощи зашлифованных пальцев через вилку буксы.

Днище сварной конструкции состоит из штампованного основания, усиленного ребрами жесткости, и кронштейнов, при помощи которых производится его подвеска. Днище открывается вдоль продольной оси вагонетки при помощи замкового рычажного устройства. Нижняя кромка днища в открытом состоянии находится выше головки рельс.

Колесные пары и резинометаллические амортизаторы унифицированы с аналогичными узлами вагонеток типа ВГ.

Для уменьшения смещения колесной пары относительно вагонетки на ось колесной пары приварены упорные кольца.

Для сцепления вагонеток устанавливается автоматическая невращающаяся сцепка. Расцепление вагонеток производится нажатием на рычаг расцепления. Технические данные и общий вид вагонетки приведены в таблице 16.2 и на рисунке 16.3.

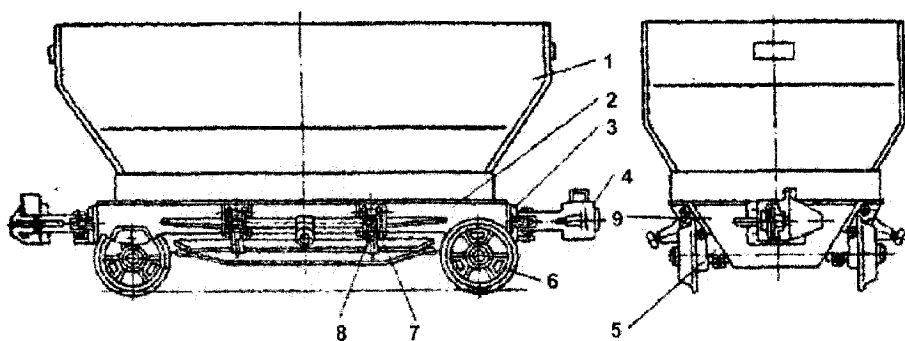


Рисунок 16.3 Шахтные грузовые вагонетки с донной двусторонней разгрузкой типа ВДК 2,5:

- 1 — сварной кузов; 2 — продольные балки, служащие рамой вагонетки;
- 3 — буферные балки для размещения автоматических сцепок — 4 (типа Н 7);
- 5 — поперечные колесные балки для размещения амортизаторов подвески и крепления колесных пар — 6; 7 — кронштейны подвески днищ и затворов — 8; 9 — упоры для проталкивания вагонеток толкателем.

Колесная пара вагонетки ВДК-2,5-900 (рисунок 16.4) состоит из двух стальных колес со ступицами открытого типа.

Внутри ступицы колеса, в средней ее части, имеется проточка, в которую впрессовано кольцо — 7, с обеих сторон кольца находятся наружные кольца подшипников, подшипники внутренними кольцами установлены на ось, между подшипниками на оси имеется кольцо — 3, уменьшающее объем внутренней полости колеса и предназначенное для качественной смазки подшипников.

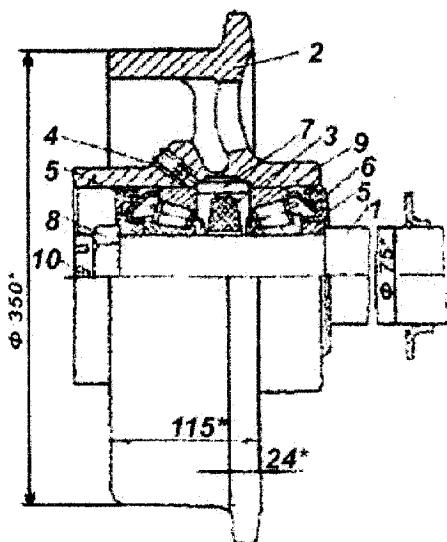


Рисунок 16.4 Колесная пара вагонетки ВДК-2,5-900:

1 — ось; 2 — колесо; 3 — кольцо; 4 — пробка; 5 — кольцо лабиринтное; 6 — уплотнение; 7 — кольцо распорное; 8 — гайка; 9 — подшипник; 10 — шплинт.

С наружной и внутренней сторон ступицы колеса и на ось к подшипникам устанавливаются лабиринтные кольца, на которые вставлены уплотнения.

Весь подшипниковый пакет на оси закреплен гайкой, а гайка в свою очередь застопорена от проворачивания шплинтом.

На ось пары колесной приварены упорные кольца для уменьшения смещений колесной пары относительно вагонетки. Для сцепления вагонеток устанавливается автоматическая невращающаяся сцепка.

Расцепление сцепок производится нажатием на рычаг расцепления.

Разгрузка горной массы из вагонеток осуществляется при помощи специального разгрузочного устройства.

Технические характеристики вагонетки ВДК-2,5-900

Техническая характеристика	Значение
Вместимость м ³	2,5
Грузоподъемность, т	4,4
Тяговое усилие сцепки, т	7,0
Высота оси сцепки от уровня головки, мм	365
Ширина разгрузочного отверстия, мм	700
<i>Габаритные размеры, мм:</i>	
длина	2880
ширина	1240
ширина оси открытых днищ	1380
высота от уровня головки рельса	1500
масса, кг	1442
колея, мм	900
диаметр колеса по ободу катания	350

Вагонетка с донной разгрузкой типа ВШ-8-900 также предназначена для транспортирования горной массы по подземным выработкам и промышленным площадкам шахт.

Конструктивно вагонетка состоит из рамы, колесных пар, кузова, запорного устройства, откидных днищ и сцепок. Рама вагонетки сварной конструкции состоит из двух продольных швеллеров, соединенных между собой буферными коробками. В буферной коробке закреплена двумя болтами деревянная буферная колодка, заключенная в штампованный панцирь, что позволяет в случае её повреждения заменить.

В местах установки осей колесных пар и днищ к швеллерам привариваются специальные накладки. Кузов вагонетки сварной конструкции трапецидальной формы, закрепленный на раме электросваркой, состоит из двух боковых, передней и задней стенок. Для повышения жесткости внутри кузова по всей его длине приварены ребра жесткости. Нижний проем кузова перекрывается откидными днищами. Откидные днища по своей конструкции разделяются на передние, средние и задние.

Каждое из них представляет собой коробку, состоящую из штампованного кожуха, закрытого снизу шарнирно закрепленным на оси днища.

Среднее и заднее днища крепятся на оси колесных пар.

Запорное устройство днищ состоит из рычага, соединенного с крюком, направляющей рычага и пружины.

При движении вагонетки над разгрузочным бункером рычаг запорного устройства своей выступающей частью скользит по открывающему устройству, установленному вдоль бункера слева по ходу вагонетки и поворачивает крюк, на который опирается заднее (по ходу) днище. Заднее днище, лишенное упоров, поворачивается вокруг своей оси, освобождая поочередно следующие два днища.

Закрывание днищ происходит при подъеме их по кривой, установленной между рельсами (в обратном порядке).

Сцепление вагонеток осуществляется при помощи штыря и звена.

Колесная пара унифицированной конструкции для всех грузовых вагонеток.

Технические данные и рисунок общего вида приведены в таблице 16.3 и на рисунке 16.5.

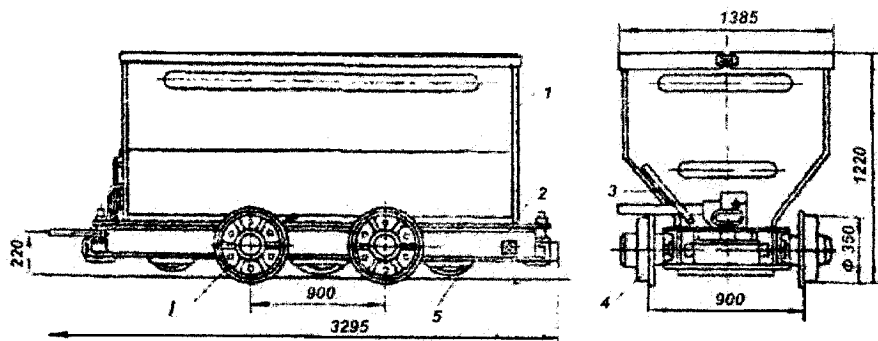


Рисунок 16.5 Вагонетка с донной разгрузкой ВШ-8-900:

- 1 — кузов, 2 — рама; 3 — запорное устройство днищ; 4 — колесная пара;
5 — днище; I — место смазки

Вагонетка ВШ-8-900 (рисунок 16.5) состоит из корпуса — 1, затвора — 2, днища — 3, амортизатора — 4, колесной пары — 5 и автосцепок — 6.

Корпус вагонеток представляет собой сварную конструкцию, состоящую из рамы, балок колесных, боковин, лобовин, пояса бокового.

Кузов сварной конструкции состоит из лобовин и боковин, усиленных продольным профилем жесткости.

Кузов приваривается к раме, состоящей из балок передних и продольных, на которых приварены кронштейны для подвески и установки затворов.

В нижней части к раме приварены колесные балки, предназначенные для соединения корпуса вагонетки с колесной парой. Соединение осуществляется через резинометаллические амортизаторы, предназначенные для снижения динамических нагрузок на ходовую часть вагонетки при движении по неровностям рельсового пути. Колесная пара крепится к колесной балке при помощи зашплинтованных пальцев через вилку буксы.

Днище предназначено для плотного закрывания кузова корпуса вагонетки и представляет собой сварную конструкцию.

Днище проушинами крепится пальцами к раме корпуса вагонетки. К раме корпуса вагонетки крепится затвор, предназначенный для закрывания и открывания днищ вагонеток.

Корпус вагонетки через колесные балки, амортизаторы и вкладыши опирается на ось колесной пары.

Таблица 16.3

Технические характеристики вагонетки ВШ-8-900

Технические характеристики	Значение
Вместимость, м ³	3,12
Грузоподъемность, т	5,5
Сцепка	штыревая однозвенная
Тяговое усилие сцепки, т	5,88
<i>Габаритные размеры, мм:</i>	
длина	3295
ширина	1385
высота от уровня головки рельса	1220
жесткая база, мм	900
диаметр колеса по ободу катания, мм	350
масса, кг	1350
колея, мм	900

16.2 Специальные вагонетки и поезда

Поезд секционный типа ПС 3,3-900 предназначен для транспортирования горной массы по главным откаточным выработкам шахт.

Секционный поезд, по сравнению с составом из отдельных вагонеток, имеет ряд преимуществ:

- большее значение коэффициента использования габаритного объема;
- меньшее значение коэффициента тары;
- меньшее время разгрузки и маневров;
- большая грузоподъемность при определенной весовой норме поезда;
- большая пропускная способность погрузочного и разгрузочного пунктов;
- большая производительность локомотивного транспорта;
- меньшее число локомотивов и составов для транспортирования одного и того же количества груза на определенное расстояние;
- более простая компоновка погрузочных пунктов;
- сокращение объема горных работ на строительство погрузочных пунктов.

Применение секционных поездов способствует упрощению транспортно-технологических схем, систем автоматизации пунктов погрузки-разгрузки, повышению безопасности работ на подземном транспорте, сокращению численности обслуживающего персонала и позволяет увеличить производительность откатки до 18%.

Секционные поезда типа ПС 3,5 и ПС 1,5 состоят из отдельных секций с откидными днищами, шарнирно соединенными в состав. Число секций в составе принимается в зависимости от тяговых возможностей локомотива и технологических условий применения.

Поезд секционный состоит из передней секции, промежуточных секций и тележки.

Передняя секция имеет корпус, днище, затвор, колесную пару, кронштейн, амортизатор и автосцепки.

Корпус секции представляет собой сварную конструкцию, состоящую из кузова, рамы, колесной балки, бокового пояса, лобового пояса.

Кузов сварной конструкции собран из боковин и лобовин, усиленных уголками жесткости. Лобовины имеют выштамповки сферической формы с козырьком, препятствующим просыпанию угля в межсекционное пространство при погрузке.

Кузов приваривается к раме, состоящей из балок, проушин для подвески днищ и затворов.

Днище представляет собой сварную конструкцию, состоящую из собственно днища, двух продольных балок, двух проушин, которыми днище крепится к раме.

К раме корпуса крепится затвор, предназначенный для открывания и закрывания днища, и запорный кронштейн.

Затвор состоит из рычага, штыря, опорного ролика и ролика-водила.

Для принудительного поджатия рычагов к кронштейну, исключая самопроизвольное открывание днищ при движении, установлены пружины кручения.

Корпус секции опирается колесной балкой через амортизаторы на колесную пару, состоящую из двух литых стальных колес, в ступице которых посажено по два роликоподшипника. Подшипники внутренними кольцами посажены на ось. Наружные кольца упираются в буртик ступицы колеса. С внутренней стороны колеса устанавливают уплотнительные лабиринтные кольца.

Весь подшипниковый набор закреплен на оси гайкой, которая стопорится от раскручивания шплинтом. С наружной стороны ступица имеет крышку с отверстием, закрытым пробкой, для смазки подшипников и съема крышки.

Передняя секция оснащена автоматической невращающейся сцепкой, состоящей из стального литого корпуса, замыкающего механизма, механизма расцепления, амортизирующего устройства и тяги.

Сцепление поезда с локомотивом, оснащенным автосцепкой, происходит автоматически при соударении. Расцепление сцепок производится нажатием на рычаг автосцепки.

Промежуточные секции, в отличие от передней, не имеют автосцепок. Для соединения секций между собой и с передней секцией служат узлы соединения.

На тяги соединения установлена пружина, служащая для снижения динамических нагрузок при движении.

Тележка служит для поддержания передней стенки секции и состоит из рамы сварной конструкции, автоматической сцепки, колесной пары и амортизаторов.

В комплекте с поездом поставляется вторая тележка, служащая для перевозки единичных секций при формировании состава.

Разгрузка угля из секционного поезда производится при движении состава над бункером. Ролики затвора накатываются на лыжи открывающего устройства, рычаги затвора освобождают кронштейны днищ, которые под действием массы груза открываются.

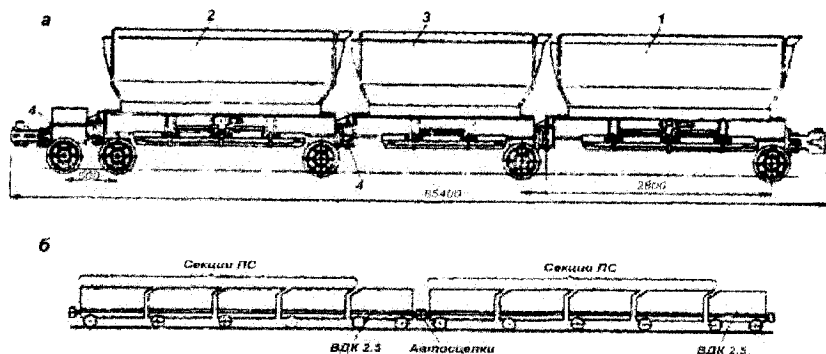


Рисунок 16.6 Поезд секционный ПС 3,5-900 с вагонетками ВДК-2,5:

а — общий вид; б — схема секционирования.

При дальнейшем движении поезда ролики затвора упираются в лыжку запирающего устройства и через рычаги затвора закрывают створки днищ.

Конструкция затворов днищ позволяет осуществлять движение поезда на разгрузочный бункер любой стороной.

Технические данные секционных поездов ПС и общий вид приведены в таблице 16.4 и на рис. 16.5.

Шахтные пассажирские вагонетки. В соответствии с требованиями «Правил безопасности у вугільних шахтах» на действующих и строящихся шахтах обязательно должна осуществляться перевозка людей к месту работы при расстоянии 1 км и более по горизонтальным, а по вертикальным и наклонным выработкам — если разность между отметками конечных пунктов выработок превышает 25 м.

Для перевозки людей используются:

— по горизонтальным выработкам вагонетки типа ВПГ12 и ВПГ18, а также пассажирский секционный поезд ПСП;

— по выработкам с углом наклона 6° - 30° по рельсам типа Р24 и Р33 вагонетки типа ВЛН1-10Г и ВЛН1-10П;

— по выработкам с углом наклона 6° - 50° и рельсам типа Р24 и Р33 вагонетки типа ВЛН2 различных модификаций;

— по горным выработкам с углом наклона 40° - 80° и рельсам типа Р24 и Р33 вагонетки типа ВЛН3 двух модификаций — ВЛН3-6Г-600 и ВЛН3-6П-600.

Таблица 16.4

Технические данные секционных поездов ПС

Наименование параметра	ПС 1,5-600	ПС 3,5-900
Число секций, шт.	25	30
Вместимость секций, м ³	1,5	3,5
Длина секций, мм	1800	3486
Вместимость поезда, м ³	37,5	105
Высота от уровня головки рельса, мм	1450	1600
<i>Продолжение таблицы 12.4</i>		
Ширина колеи, мм	600	900
Высота оси сцепки от уровня головки рельса, мм	365	365

Ширина разгрузочного отверстия, мм	—	700
Минимальный радиус кривых рельсового пути, мм	12	12
<i>Габаритные размеры поезда, мм</i>		
длина	—	85400
ширина	—	1350
сцепка	крюковая	автоматическая
масса поезда, кг	—	41325

Конструктивно вагонетка ВПГ состоит из кузова с размещенными внутри него сиденьями, рамы, жестких подпружиненных сцепных устройств, ходовой части с подрессорными скатами, стояночного тормоза, сигнального устройства, обеспечивающего подачу сигнала машинисту локомотива с любого сиденья каждой вагонетки поезда.

Дверные проемы кузова ограждены дверями. Ходовая часть вагонеток ВПГ 12 выполнена в виде подрессорных двусосных тележек.

Пассажирский секционный поезд ПСП по сравнению с вагонетками ВПГ снижает динамические нагрузки на пассажиров при его движении и улучшает комфортность их размещения. Поезд более устойчив и позволяет увеличить скорость его движения.

Секционный поезд состоит из головной двусосной секции и линейных одноосных секций, число которых в составе принимается в зависимости от необходимого числа посадочных мест и тяговых возможностей локомотива. Колесные пары секций подрессорены. Между собой секции соединены жесткими сцепками. Поезд с локомотивом соединяется подпружиненными сцепными устройствами.

Головная секция предусматривает размещение в ней носилок с пострадавшим и оснащена приспособлением для разъединения (в случае необходимости) секций поезда. Входные проемы секций ограждены дверями, в кузове секций размещены сиденья.

Технические характеристики вагонеток ВПГ, ВЛН, поезда ПСП и общий вид приведены в таблицах 16.5, 16.6 и на рисунках 16.7 и 16.8.

Технические характеристики вагонеток для перевозки людей

Параметры	Модели вагонеток						
	ВПГ12	ВПГ18	ВЛН1-10Г (ВЛН1-10П)	ВЛН1-15Г (ВЛН1-15П)	ВЛН2-10Г (ВЛН2-10П)	ВЛН2-15Г (ВЛН2-15П)	ВЛН3-6Г (ВЛН3-6П)
Угол наклона выработки, град.	Горизонтальная		6-30	6-30	6-50	6-50	40-80
Число посадочных мест, шт.	12	18	10	15	10	15	6
Колея*, мм	600	900	600	750; 900	600	750; 900	600
Тяговое усилие сцепки, кН	60		85 (70)	85 (70)	85 (70)	85 (70)	50 (25)
Диаметр колеса по ободу катания, мм	300	350	300	300	300	300	300
Жесткая база, мм	1500		3300	3300	3300	3300	3000
<i>Основные размеры, мм:</i>							
длина	4550		5000	5000	5000	5000	4600
ширина	1030	1325	1075	1400	1080	1400	1070
высота от головки рельса	1530	1530	1565	1565	1565	1565	1200
масса, кг	1800	2150	2140 (2100)	2470 (2440)	2280	2530	1870 (1885)

Примечание. *По отдельным заказам вагонетки выпускаются на ширину колеи 550 и 575 мм.

Технические характеристики секционного пассажирского поезда

Наименование	ПСП9-900	ПСП6-600
Колея, мм	900	600
<i>Число посадочных мест в секции, шт:</i>		
головной	9	5
линейной	12	8
минимальный радиус закругления пути, м	12	9
<i>Основные размеры, мм:</i>		
<i>Длина кузова секций:</i>		
головной	2600	2300
линейной	3100	2800
ширина	1350	1050
высота от головки рельса	1500	1530

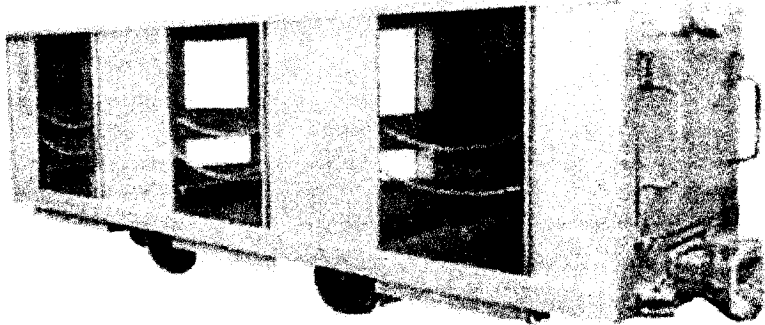


Рисунок 16.7 Вагонетка типа ВПГ для перевозки людей по горизонтальным выработкам

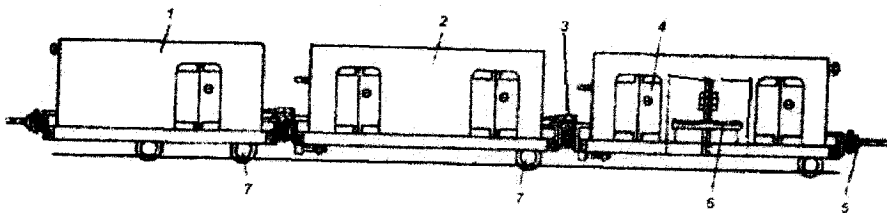


Рисунок 16.8 Секционный пассажирский поезд ПСП:

1 — головная двухдверная секция; 2 — линейные однодверные секции; 3 — жесткие сцепки; 4 — двери; 5 — сцепное устройство; 6 — сиденья; 7 — колесные пары.

Вагонетки для наклонных выработок

Головные вагонетки ВЛН1-10Г и ВЛН1-15Г предназначены для одиночной работы и оборудованы устройством для соединения с тяговым канатом [8].

Прицепные вагонетки ВЛН1-10П и ВЛН1-15П предназначены для работы в составе с одной головной вагонеткой и несколькими прицепными и оборудованы прицепными устройствами [12]. Вагонетки головная и прицепная состоят из корпуса для размещения пассажиров, привода для аварийного включения тормозной системы каждой вагонетки, ходовых тележек, каретки тормозной, амортизационного устройства для плавного торможения, сцепки у головной вагонетки для соединения с тяговым канатом, а у прицепной — для соединения с головной или прицепными вагонетками, ограничителя скорости (только у головной вагонетки) для автоматического включения тормозной системы при превышении скорости движения свыше установленной на 15-25%, пантографа для связи кондуктора с машинистом подъема.

Тормозное устройство вагонеток ВЛН1 снабжено упорами для остановки тормозной каретки и системой торможения.

Тормозные каретки головной и прицепной вагонеток имеют единую конструкцию и взаимозаменяемость. Предназначены для размещения деталей и узлов парашютов, с помощью которых осуществляется улавливание каретки и её плавное торможение.

Тормозная каретка состоит из сварной рамы, в нижней части которой на осях подвешены упоры, удерживаемые в поднятом транспортном положении защелками, надетыми на один вал с выключающей вилкой.

При срабатывании включающего устройства упоры падают и осуществляют торможение каретки.

Корпус вагонетки представляет собой сварную форму, основанием которой является рама, состоящая из двух усиленных швеллеров с поперечными связями. В корпусе предусмотрены места для установки пяти рядов сидений. На крыше корпуса вагонетки установлен пантограф, а на раме садовых тележек тормозная каретка, привод тормозной каретки, амортизационное устройство и другие узлы.

Ходовая часть вагонетки выполнена поддрессоренной и состоит из двух двусосных тележек.

Полускаты на всех тележках применены от шахтных грузовых однотипных вагонеток, с диаметром колеса по ободу катания равным 300 мм. Опорное устройство корпуса вагонетки на тележку (сферическая пята и подпятник) обеспечивает свободный поворот тележки на 10° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Один скат задней тележки у головной вагонетки — специальный. На оси специального ската с вращающейся осью установлена звездочка, передающая вращение ограничителю скорости, а на раме тележки установлены стойки с плитой крепления ограничителя скорости.

Центробежный ограничитель скорости предназначен для автоматического включения тормозной системы при превышении установленной скорости на 15-25%.

Ограничитель скорости устанавливается на задней тележке головной вагонетки и приводится во вращение цепной передачей от специального ската с вращающейся осью.

На ведущем диске расположены две защелки, удерживаемые пружинами и упорами. При вращении диска со скоростью, превышающей допустимую, под действием центробежных сил защелки преодолевают усилие пружин, перемещаются к периферии ведущего диска, захватывают ведомый диск, который включает привод тормозной каретки.

Ограничитель скорости настраивается на необходимую рабочую и проверочную скорости на заводе-изготовителе, значение которых указывается на наружной стороне ведущего диска.

Устройство амортизационное предназначено для плавной аварийной остановки вагонетки и состоит из двух тормозных канатов с пружинным устройством, двух канатных амортизаторов и двух копирных линейек.

Канатные амортизаторы устанавливаются на тормозной каретке.

Процесс торможения начинается с момента улавливания тормозной каретки упорами, когда каретка остается неподвижной, а корпус вагонетки с тормозными канатами и копирными линейками продолжает свое движение под действием сил инерции и массы; при этом подвижные сухари канатного амортизатора взаимодействуют с копирными линейками и изгибают тормозные канаты, создавая переменное тормозное усилие от минимума до максимума.

Привод тормозной каретки предназначен для аварийного включения парашютов и срабатывает автоматически при обрыве тягового каната, сцепки, при превышении скорости движения вагонеток или состава сверх установленной, а также от ручного включения рукояткой.

Технические характеристики и общий вид вагонеток и элементов конструкции приведен в таблице 16.7 и рисунках 16.9, 16.10.



Рисунок 16.9 Вагонетка головная ВЛН1

Таблица 16.7

Технические характеристики вагонеток типа ВЛН1

№ п/п	Параметр	ВЛН1-10Г	ВЛН1-10П	ВЛН1-15Г	ВЛН1-15П
1.	Колея, мм	600		900	750
2.	Число посадочных мест	10	10	15	15
3.	Скорость движения, м/сек, не более	5	5	5	5
4.	Статическое усилие на сцепке, не более, кН	85	70	85	70
5.	База, мм	3300	3300	3300	3300
6.	<i>Габаритные размеры, мм:</i> длина (без учета длины сцепок)	5330	5330	5330	5330
	ширина	1075	1075	1400	1400
	Тип рельс	P24/ P33	P24/ P33	P24/ P33	P24/ P33

7.	<i>Наименьший радиус округления пути, м:</i> в плане по профилю	9 25	9 25	9 25	9 25
8.	Предельное число вагонеток состава при максимальном угле наклона выработки 30°	5	5	4	4
9.	Высота от обода катания колеса (без учета пантографа), мм	1510	1510	1510	1510
10.	масса, кг	2140	2110	2470	2440

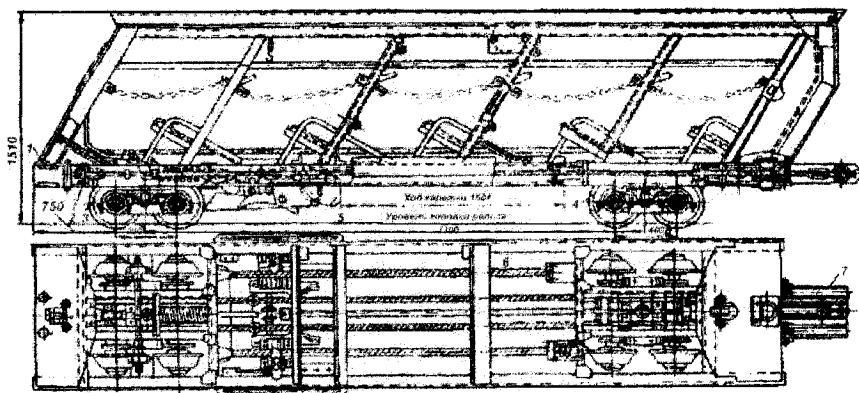


Рисунок 16.10 Вагонетка прицепная ВЛН1:

- 1 — корпус; 2 — привод аварийного включения тормоза; 3, 4 — ходовые тележки;
5 — каретка тормозная; 6 — амортизационное устройство;
7 — сцепка прицепной вагонетки.

Специальные средства для перевозки материалов и оборудования

Для бесперебойной работы очистных, подготовительных забоев и обеспечения жизнедеятельности шахты необходима регулярная доставка в шахту большого числа разнообразных по размерам, массе и форме грузов, основными из которых являются: длинномерные материалы (рельсы, трубы); лесоматериалы; металлическая крепь, железобетонные изделия; сыпучие материалы; оборудование, узлы и запчасти машин и др.

Для удобства и безопасности доставки грузов используются специализированные средства, включающие вспомогательные транспортные установки, контейнеры, пакеты, поддоны.

К числу таких специализированных средств относятся:

- устройства для доставки рельс и труб;
- устройства для доставки железобетонных изделий;
- контейнер с платформой для перевозки различного вида материалов и оборудования;
- платформы для доставки крупного горношахтного оборудования;
- вагонетки для доставки горюче-смазочных материалов, эмульсий, дистиллированной воды.

К числу вагонеток специального назначения относятся ремонтные, противопожарные, путеизмерительные, а также вагонетки для перевозки больных, побелки и осланцевания горных выработок. Все эти вагонетки оборудуются на базе типовых шахтных грузовых вагонеток.

Для доставки шахтных рельс типа Р24 и Р33 применяются средства доставки СР-10 и УДР-900 (УДР-600).

Средства доставки СР-10 (рисунок 16.11) имеет контейнер 4-КР-10, который состоит из двух барабанов — 5 и промежуточных опор — 7 с захватами для рельс — 8. Промежуточные опоры удерживают рельсы от прогиба.

Для увеличения длины контейнера предусмотрена специальная проставка — 8, которая крепится болтовыми соединениями, установленными на фланцах. Барабаны контейнера имеют гнезда для закрепления на них рельс.

Контейнер с рельсами перевозится на платформе — 1 ПК-900, состоящей из двух двусосных тележек — 9, соединяемых двумя штангами — 10. Для крепления контейнера на каждой тележке имеется подшипниковая опора — 3 с замками. На одной тележке, кроме того, предусматривается механизм поворота — 2, с помощью которого контейнер можно поворачивать при загрузке и разгрузке рельс.

Устройство для доставки рельс УДР-900 (УДР-600) имеет две универсальные поворотные транспортные тележки ЗТУПТ-900 (ТУПТ-600), на которые укладывается и закрепляется пакет из шести рельс Р33 или восьми рельс Р24.

Каждая тележка имеет две оси — 10 со скатами, поворотную платформу (турель) — 9 с разгрузочными роликами — 8, фиксирующие штыри — 4 и стопорные винты с гайками (рисунок 16.12).

В комплект устройства входят кассеты, с помощью которых составляется пакет рельс.

Пакет, уложенный на тележки, фиксируется на них скобами — 6, несущей кассетой — 1, грузовым канатом — 2 с предохранительным стопором — 7 и направляющим устройством для каната — 5.

Технические характеристики и общий вид устройств приведены в таблице 16.8 и на рисунках 16.11, 16.12.

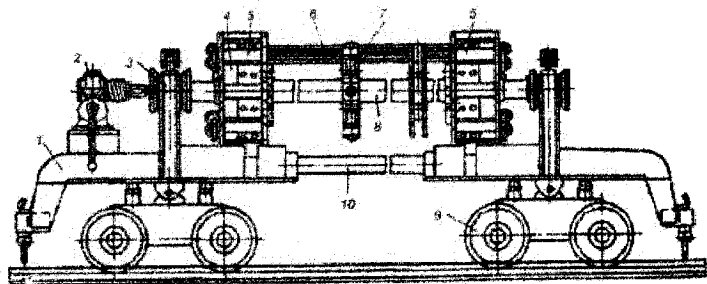


Рисунок 16.11 Средства доставки рельс СР-10:

- 1 — платформа; 2 — механизм поворота; 3 — подшипниковая опора с замками;
 4 — кронштейн; 5 — барабаны; 6 — захват; 7 — промежуточная опора;
 8 — проставка; 9 — двусная тележка, 10 — шпанги.

Таблица 16.8

Технические характеристики средств для перевозки грузов

Показатели	Средства для перевозки рельс	
	СР-10	УДР-900 (УДР-600)
Число перевозимых рельс, шт.	10	6(Р33), 8(р24)
Длина перевозимых рельс, мм	6000-8000	6000-12500
Ширина рельсовой колеи, мм	900	900 (600)
Габаритные размеры средств доставки, мм		
длина	10980	8200-12700
ширина	1150	1150
высота контейнера или кассеты	1100	850
длина	9150	880
ширина	750	100
высота	750	280
масса, кг:		
контейнеры или кассеты	1080	28
платформы	2090	1280

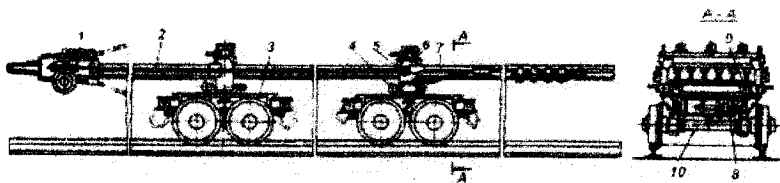


Рисунок 16.12 Устройство для спуска и доставки рельс УДР-900 (УДР-600):

- 1 — несущая кассета; 2 — грузовой канат; 3 — транспортные тележки;
- 4 — штыри фиксирующие; 5 — направляющее устройство; 6 — скобы;
- 7 — стопор предохранительный; 8 — разгрузочные ролики; 9 — поворотная платформа; 10 — оси.

Институтом «Днепрогипрошахт» и ГОАО НИПКИ «Углемеханизация» разработаны комплекты контейнеров и поддонов, рассчитанные на размещение в них различных грузов до 5 т, а также универсальные платформы для их перевозок на колею 900 мм и 600 мм.

Технические характеристики и общий вид устройств приведены в таблице 16.9 и на рисунках 16.13; 16.14.

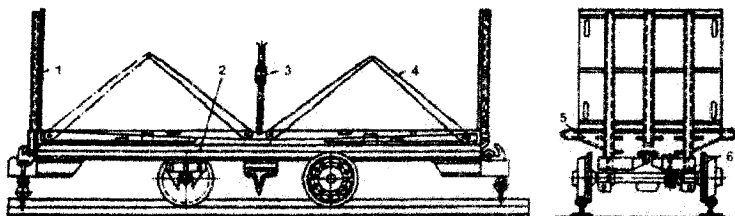


Рисунок 16.13 Платформа универсальная транспортировочная
ПУТ-900 (ПУТ-600):

- 1 — съемные торцевые стойки; 2 — рама со скатами; 3 — прижимная скоба;
- 4 — боковые шарнирные взаимозапирающиеся стойки; 5 — плита с гнездами и фиксаторами; 6 — упоры от опрокидывания.

Технические характеристики контейнеров и поддонов

Показатели	Колея, мм	Контейнер или поддон					Платформа ПУТ-900 ПУТ-600
		КМ-900 (КМ-600)	УК-900 (УК-600)	ПШ-900 (ПШ-600)	КПСМ-900 (КПСМ-600)	КПСМ-900 (КПСМ-600)	
Вид транспортабельного груза	—	Элементы арочной крепи	Штучные изделия	Железобетонные шпалы	Сыпучие материалы	Масло и другие материалы	Контейнеры и поддоны
Емкость, м ³	900 600	16* 8*	13 0,75	23* —	0,9 0,55	0,6 0,4	— —
Масса транспортабельного груза, т	900 600	5 3	2,5 1,15	2,5	1,3 0,85	0,7 0,3	5,0 3,0
Габаритные размеры, мм:							
длина	900 600	3000 2500	1650 1200	1300	1450 1200	1400 1200	3800 2900
ширина	900 600	1130 730	1100 800	1130	1100 800	1100 800	1300 850
высота	900 600	950 950	950 1000	350	950 1000	950 1000	550 500
масса, кг	900 600	710 420	340 250	170	325 250	270 240	1350 710

Примечание. * Показатели даны в штуках

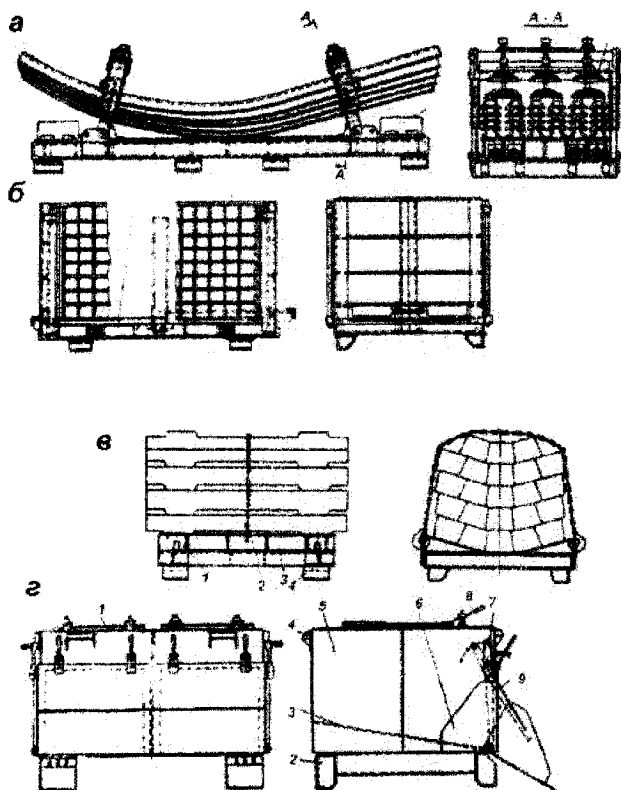


Рисунок 16.14 Устройства для доставки материалов и изделий:

- а — контейнер для арочной металлокрепи КМ-900 (КМ-600); б — контейнер универсальный для штучных грузов УК-900; в — поддон для шпал ПШ-900 (ПШ-600); г — контейнер для пылевидных и сыпучих материалов КПСМ-900 (КПСМ-600).

К специальному подвижному составу относится также противопожарный поезд. В состав противопожарного поезда входят вагонетки для воды, ручных пенных огнетушителей, оборудования, песка или инертной пыли емкостью 1 м^3 , перевозки команды и платформа с ручным пожарным насосом.

В таблице 16.10 приведены технические характеристики вагонеток противопожарного поезда: ВДВ емкостью 2 м^3 для воды, ПОЗ — на колею 600, 750, 900 мм для оборудования; ВДИ — на колею 600 (750) и 900 мм для инструмента, огнетушителей и инертной пыли.

Технические характеристики вагонеток противопожарного поезда

№ п/п	Наименование параметра	ВДВ	ПОЗ	ВДИ
1.	Колея, мм	900 600	750 900	600(750) 900
2.	Жесткая база, мм	800 550	800 1100	550 1100
3.	Диаметр колеса, мм	350 300	350 350	300 350
4.	Тип сцепки	Крюковая, невращающаяся		
5.	Высота сцепки от головки рельс, мм	365 320	365 365	320 365
6.	Основные размеры, мм			
	— длина по буферам	2810 2000	2900 3450	2000 2810
	— ширина	1250 880	1220 1320	930 1250
	— высота	1240 535	567 570	1380 1200
7.	масса, кг	1250 500	734 900	650 1200

Для перевозки взрывчатых материалов и леса используются вагонетки, изготовленные на базе стандартной.

Кузов вагонетки для перевозки ВМ покрывают деревянной предохранительной обшивкой и окрашивают в белый цвет, деревянные буфера обшивают резиновой лентой. На кузове вагонетки выполняют надпись «Взрывчатые вещества». Технические характеристики вагонеток ВВ для перевозки взрывчатых веществ и доставки леса ВЛ приведены в таблице 16.11.

Технические характеристики вагонеток типа ВЛ и ВВ

Наименование параметра	ВЛ600	ВЛ900	ВВ600	ВВ900
Грузоподъемность, т	1,4	4,0	0,18	0,3
Колея, мм	600	900	600	900
Жесткая база, мм	550	1100	650	1200
Диаметр колеса, мм	300	350	300	400
Тип сцепки	Крюковая, невращающаяся			

Высота сцепки от головки рельса, мм	320	365	320	365
Основные размеры, мм				
длина	2000	3450	2600	3390
ширина	880	1320	1030	1240
высота	1150	1300	850	950
масса, кг	540	840	765	1180

Вагонетки ВСМ 1,4 предназначены для доставки в шахту смазочных материалов и рабочих жидкостей.

Вагонетки изготовлены на базе стандартных грузовых вагонеток на колею 600 и 900 мм, закрытых металлической крышкой с отверстием, закрывающимся пробкой.

Кузов вагонетки смонтирован на базе вагонетки ВГ-1,4 и состоит из трех отсеков для жидкой смазки и емкости для консистентной смазки. Внутренние поверхности отсеков вагонетки обработаны антикоррозийным покрытием. На заливных горловинах установлены фильтры. Конструкция вагонетки предусматривает установку противопожарных средств.

Основные параметры вагонеток ВСМ 1,4 приведены в таблице 16.12.

Таблица 16.12

Параметры вагонеток ВСМ 1,4

Наименование параметра	ВСМ 1,4
Колея, мм	600
Базовый тип вагонетки	ВГ 1,4
Вместимость отсеков для рабочей жидкости и смазочных материалов, м ³ :	
— масло индустриальное общего назначения или эмульсии	0,95
— масло индустриальное общего назначения	0,16
— нигрол	0,14
— смазка 1-13 жировая	0,014

16.3 Эксплуатация и техническое обслуживание

Содержание вагонного парка в исправном состоянии и своевременный ремонт вагонеток имеет существенное значение для обеспечения безаварийной работы подземного транспорта.

Техническое обслуживание и ремонт шахтных вагонеток должны выполняться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов («Правил безпеки у вугільних шахтах», «Правил технічної експлуатації вугільних шахт») и положений «Руководства по эксплуатации» завода-изготовителя на каждый тип вагонетки.

Все вагонетки, поступающие на шахту, снабжаются инвентарными номерами и регистрируются в специальной книге после тщательного их осмотра и проверки работы узлов.

При осмотре вагонеток с глухим кузовом проверяется:

- комплектность поставки;
- деформация кузова;
- наличие непроваренных швов;
- смазка подшипниковых узлов;
- свободное вращение колес от руки;
- наличие дефектов литья;
- следы заварки раковин и трещин.

Сцепки не должны иметь деформаций и повреждений.

При осмотре секций секционного поезда и вагонеток с донной разгрузкой проверяется:

- работа замковых механизмов;
- работа створок днищ;
- величина зазора между створками днищ, в закрытом состоянии зазор не более 3 мм;
- надежность крепления амортизаторов, автосцепок, межсекционных соединений.

При введении в эксплуатацию пассажирских вагонеток для наклонных выработок проводится контрольная проверка сборки всех составных единиц и элементов их технического состояния [8]:

- прицепных устройств-блокировок, исключаящих возможность самопроизвольного рассоединения;
- промежуточных сцепок и тяг;
- тормозных устройств — тормозных кареток, канатных амортизаторов, тормозных канатов;
- привода парашютной системы — шарнирного звена центральной тяги головной вагонетки;
- надежности удерживания защёлки;
- надежности крепления блокировочных устройств;
- тросов ручного привода и ограничителя скорости;
- исправности приводных пружин;

— надёжности перемещения приводных элементов.

Во время ежеквартальных осмотров пассажирских и грузовых вагонеток (секций, поездов) необходимо контролировать величину деформации кузова по ширине. В вагонетках (секциях) с донной разгрузкой необходимо следить за состоянием осей, катков, упор днищ и рычагов затворов. Открытие и закрытие створок днищ должно быть плавным, без рывков и заеданий [8].

При проверке технического состояния ходовой части определяется:

— возможность поворота ходовых тележек в горизонтальной и вертикальной плоскости на угол не менее 10° ;

— исправность колесных пар и фиксаторов.

Проверяется техническое состояние ограничителя скорости, соответствия величины скорости на ведущем диске ограничителя и номинальной скорости для конкретных условий эксплуатации; направляющих лап, пантографа для связи с машинистом подъема, устройств сигнализации и готовности их к использованию.

Проверяется также наличие и качество смазки всех элементов конструкции. Все шахтные вагонетки, секционные поезда и платформы не реже одного раза в полугодие подлежат ревизии, смазке и ремонту. Вагонетки, секции и платформы с неустранимыми дефектами выбраковываются и отправляются в ремонт с последующей записью в книге полугодовых ревизий [8].

Техническое состояние вагонеток проверяется не реже одного раза в сутки дежурным электрослесарем участка шахтного транспорта.

При этом устраняются мелкие повреждения, заменяются мелкие изношенные детали (болты, крышки колес, шплинты и др.) и отбираются вагонетки для внеочередных ремонтов.

При текущем ремонте, проводимом в шахтной мастерской, проверяют швы, имеющие дефекты, наваривают накладки на пробоины, правят кузова, заменяют тяговые полосы, сцепки, опорные кронштейны, буфера, ремонтируют или заменяют детали колесных пар, заправляют смазкой подшипниковые узлы колес.

Во время текущего ремонта вагонеток (секций) необходимо проводить контрольные замеры износа крюковых сцепок и автосцепок.

Замене подлежат [8]:

— автоматические сцепки, которые при отклонении в вертикальной или горизонтальной плоскости не возвращаются в исходное положение ввиду выхода из строя центрующей пружины, износа рабочей части замка до ширины меньше чем 35 мм, зева корпуса больше чем 109 мм и малого зуба меньше чем 52 мм;

— крюковые сцепки, не соответствующие требованиям КД 12.10.029-99 «Вироби вугільного машинобудівництва. Вагонетки шахтні вантажні. Зчепи. Типи та розміри».

Подшипниковые узлы колесных пар вагонеток, платформ и секций необходимо регулировать в сроки, указанные в их эксплуатационной документации [4].

В местах ремонта и осмотра вагонеток необходимо устанавливать габаритные рамы для контроля поперечных размеров кузовов вагонеток, а также приспособления для исправления кузовов.

В процессе эксплуатации вагонеток необходимо своевременно и регулярно очищать их от налипшей горной массы способами, предусмотренными технологией их разгрузки, или оборудовать в шахте или на поверхности специальные пункты для очистки вагонеток.

Шахтные вагонетки и секционные поезда должны быть выведены из эксплуатации и направлены в ремонт, если они имеют следующие повреждения [7; 8]:

- отрыв обвязки кузова на длине более чем 13% сварного шва по одной из сторон стенки;
- отрыв кузова от рамы в случае разрушения более чем 10% длины сварного шва;
- разрыв сварных швов элементов рамы;
- потеря шплинтов, шайб, гаск;
- изгиб или излом пальца подвески колесной пары;
- выбоины на ободу катания колеса глубиной более чем 10 мм;
- износ профиля катания колеса на величину более чем 10 мм по диаметру и износ на 80% реборды по толщине по сравнению с начальной;
- заклинивание колёс;
- биение обода колеса относительно оси более чем 2 мм;
- непроворачивание роликов затворов на осях;
- невозвращение в исходное положение корпуса автоматической сцепки при отклонении на 10° по вертикали и на 20° по горизонтали;
- износ элементов сцепок выше допустимого.

Контрольные вопросы

1. Виды шахтных вагонеток
2. Пояснить конструкцию вагонетки ВГ (рис. 16.1)
3. Конструкция вагонетки с данной разгрузкой
4. Строение секционного поезда (рис. 16.6)
5. Конструкция пассажирских вагонеток
6. Вагонетки для наклонных выработок
7. Виды специальных транспортных средств
8. Средства для доставки рельс (рис. 16.12)
9. Устройства для доставки материалов (рис. 16.4)
10. Состав противопожарного поезда
11. Особенности вагонеток для перевозки ВВ
12. Требования к эксплуатации вагонеток

17. ОБОРУДОВАНИЕ ПОГРУЗОЧНЫХ И РАЗГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ

17.1 Оборудование погрузочных пунктов

На стыке различных видов шахтного транспорта, конвейерного и рельсового, горизонтального и вертикального, устанавливаются перегрузочные пункты. К ним относятся стационарные (со сроком службы более 1,5 лет), полустационарные (со сроком службы до 1,5 лет) и временные (сроком службы до 5 суток), где происходит загрузка или разгрузка вагонеток.

На каждый погрузочный пункт должен составляться технологический паспорт, утверждаемый главным инженером шахты.

По числу путей в горной выработке погрузочные пункты подразделяются на однопутевые и двухпутевые, а по наличию аккумулялирующих емкостей — с емкостью и без емкости.

От равномерности работы подземных разгрузочных пунктов в окрестностях дворах и их пропускной способности зависит нагрузка на шахту, цикличность и производительность работы всех технологических звеньев — от забоев до пунктов отгрузки продукции с территории шахты. От пропускной способности погрузочного пункта в значительной степени зависит нагрузка на лаву, цикличность и интенсивность её работы.

В связи с этим производительность и надежность оборудования комплекса погрузки или разгрузки на подземном транспорте имеет важное значение. Основное требование предъявляемое к комплексу — последовательное и бесперебойное выполнение технологических операций.

В общем виде процесс погрузки состоит из ряда последовательных технологических операций: подача порожняка, заполнение вагонеток, выдача груженого состава.

Развитие рельсовых путей на погрузочном пункте должно обеспечивать обмен составов и погрузку угля (породы) без прерывания движения. Погрузочные пункты нельзя размещать в выработках с транзитным движением составов.

Погрузочные пункты должны быть [8]:

— полностью механизированы, в том числе с перекрытием зазоров между вагонетками в случае безбункерной погрузки питателями или шиберами при бункерной погрузке;

— оснащены средствами сигнализации или связью с машинистами локомотивов для обеспечения безопасности маневровых операций.

Перемещение вагонеток при загрузке на стационарных и полустационарных пунктах должно осуществляться автоматизированными погрузочными комплексами и дистанционно управляемыми толкателями.

Оборудование погрузочных пунктов должно ежемесячно проверяться на холостом ходу и под погрузкой.

Загрузочные устройства, применяемые на подземных погрузочных пунктах, различаются:

по способу перекрытия межвагонного пространства:

— загрузатели, перекрывающие поток угля при появлении межвагонного пространства;

— загрузатели, изменяющие направление потока угля, — по способу загрузки вагонетки;

— загрузатели, аккумулирующие уголь и заполняющие следующую вагонетку;

— загрузатели, не имеющие аккумулирующей емкости;

по роду потребляемой энергии:

— гидравлические;

— пневматические;

— электрические.

Перекрывающие устройства применяются в основном при загрузке вагонеток из емкостей и с конвейеров.

Зазор между загрузочным устройством и локомотивом с кабиной без крыши должен быть не менее 0,4 м [7]. Если кабина локомотива имеет крышу, а также, если локомотив не проходит под люком, зазор между погрузочным устройством и вагонетками (секциями состава) принимается индивидуально, в соответствии с условиями безаварийного функционирования оборудования, и должен предусматриваться в паспорте локомотива [8].

Устройства, аккумулирующие уголь при появлении межвагонного промежутка, применяются при загрузке с конвейера. По своей конструкции они выполняются в виде металлических подъемных желобов или желобов с секторными затворами, подвесных фартуков, шибберных перекрывателей и т.п.

Устройства, изменяющие направление потока угля, применяются при погрузке в вагонетки с конвейера. К ним относятся различной конструкции приводные и бесприводные перекидные лотки, передвижные желоба и т.п.

Из этой группы загрузателей наиболее широкое применение получили серийно изготавливаемые перекидные лотки.

На подземных погрузочных пунктах, с загрузкой вагонеток с конвейера, применяются загрузочные устройства, обеспечивающие перекрытие межвагонного промежутка без остановки конвейера, подающего уголь.

Эффективная и распространенная конструкция загрузателя приведена на рисунке 17.1.

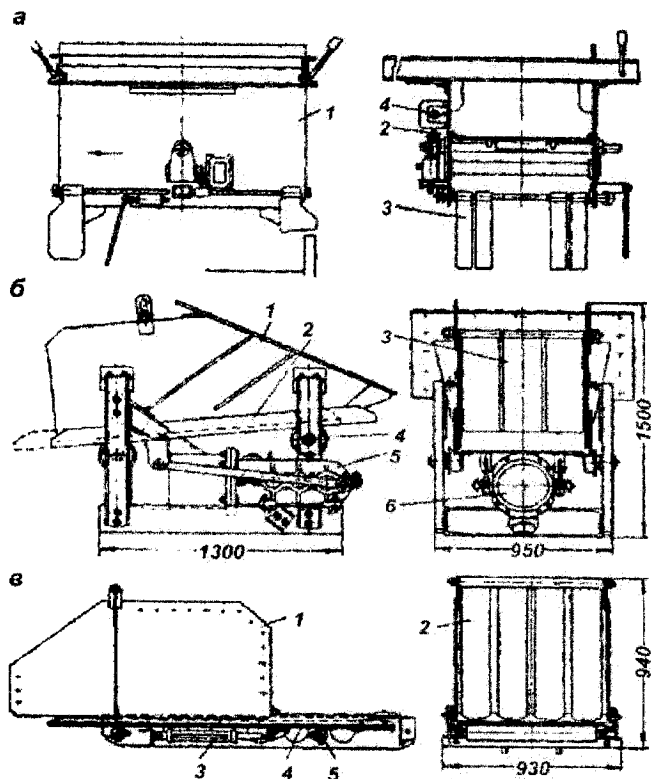


Рисунок 17.1 Типы загрузочных устройств:

- а — загрузатель для загрузки вагонеток с конвейера: 1 — приемный бункер;
 2 — поворотный лист; 3 — датчик контроля заполнения вагонетки;
 4 — гидроцилиндр;
- б — питатель люковой качающийся типа ЛКП: 1 — приемный бункер; 2 — стол;
 3 — отражатели; 4 — поддерживающий ролик; 5 — редуктор;
 6 — электродвигатель;
- в — питатель качающийся гидравлический типа ПГ: 1 — боковая стенка;
 2 — отражатели; 3 — гидроцилиндр; 4 — стол; 5 — поддерживающий ролик.

Загрузатель представляет собой приемный бункер, между стенками которого размещен поворотный лист, поворачиваемый с помощью гидроцилиндра и рычажной системы на 80° . Поворотный лист направляет поток угля в переднюю, а по заполнении — в следующую вагонетку. К бункеру загрузателя подвешены «флажки», воздействующие на гидродатчики контроля заполнения вагонетки.

Основные типы питателей, применяемых для механизации процесса погрузки (или перегрузки) транспортируемого материала, и их конструкции приведены в таблице 17.1, и рисунках 17.2, 17.3, 17.4.

Основные типы питателей

Питатель	Конструктивная схема	Производительность, т/час	Транспортируемый груз	Крупность кусков транспортируемого груза, мм	Номер рисунка
Пластинчатый	Несущее полотно:				
	— на тяговой цепи с роликами, передвигается по направляющей раме (тип ПЛ)	120-780	порода и уголь	260-500	13.4
	— передвигается по роликам, установленным на раме (тип ПТ)	120-780	то же	260-500	13.4
Качающийся	Установленный под выпускным отверстием бункера лоток, имеющий возвратно-поступательное движение и опирающийся на ролики				
	— подвесной, тип КЛ с электроприводом	300-1500	то же	400-500	13.5
	— стационарный, тип КТ с электроприводом	55-1000	то же	150-700	13.6, а
	— подвесной с приводом от гидронасоса, тип ПГ	0-500	уголь	до 500	13.6, б
Вибрационный	Подвешенный под выпускным отверстием бункера лоток на пружинных тягах				
	— с прикрепленным к нему вибратором. Лоток совершает возвратно-поступательное движение	90-150	порода и уголь	310-400	13.7
	— с прикрепленными к нему двумя вибраторами	250-500	то же	500-700	13.7

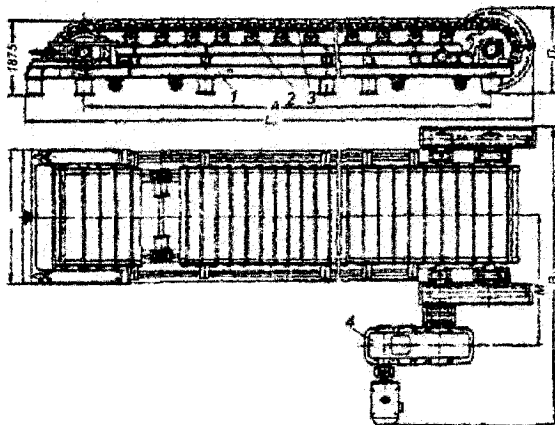


Рисунок 17.2 Пластинчатый питатель типа ПТ:
1 — рама, 2 — опорные ролики, 3 — рабочий орган, 4 — привод.

Конструкция питателей должна обеспечивать:

- поддержание заданной производительности независимо от физических свойств материала;
- минимальное разрушение угля;
- малошумность и плавность работы;
- безопасность в обслуживании.

Пластинчатые питатели состоят из рабочего органа, выполненного из стальных взаимно перекрывающихся друг друга пластин, прикрепленных к звеньям двух тяговых цепей. Цепи приводятся в движение механическим приводом с помощью приводных звездочек. Тяговые цепи снабжены роликами для передвижения по направляющим рамы (питатели типа ПЛ) или перемещаются на опорных роликах, установленных стационарно на раме (питатели типа ПТ).

Натяжение цепей создается винтовым натяжным устройством (рис. 17.2).

Качающиеся питатели различаются двух типов: подвесные КЛ и стационарные КТ (рис. 17.3).

Качающийся питатель состоит из подвижного каретки-лотка, установленного с небольшим уклоном в сторону потока материала и огражденного с трех сторон неподвижными бортами.

Каретка-лоток поддерживается роликами, валы которых вращаются в подшипниках.

На ряде шахт в настоящее время вместо узла вал-ролики с подшипниками применяются катки, движущиеся по металлическим пластинам, закрепленным на раме. По мере износа катки и пластины заменяются новыми.

Привод питателя состоит из электродвигателя, редуктора, кривошипно-шатунного механизма, сообщающего лотку возвратно-поступательное движение.

Производительность питателей типа КЛ и КТ регулируется величиной открытия секторной заслонки, установленной между бортами, и величиной хода лотка перестановкой «пальца» кривошипа.

Стационарные питатели типа КТ монтируются на фундаменте, а подвесные типа КЛ закрепляются на металлической части бункера.

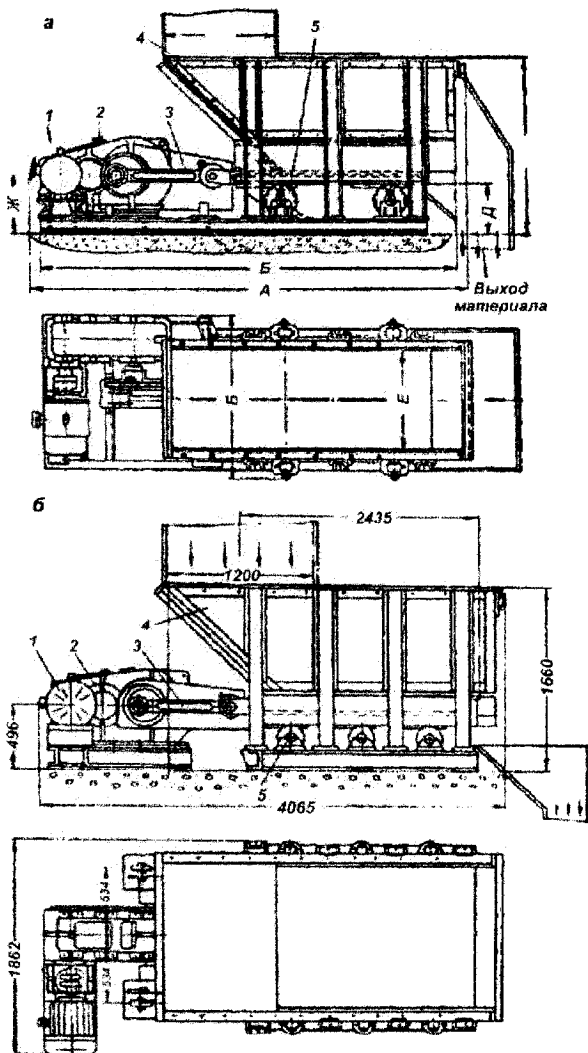


Рисунок 17.3 Качающийся питатель типа КТ:

а – питатель КТ5 (КТ8, КТ10); б – питатель КТ12; 1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — кривошипно-шатунный механизм; 4 — корпус; 5 — поддерживающие ролики.

Вибрационные питатели типа ПЭВ предназначены для подачи из бункеров угля и породы крупностью 310-700 мм.

Вибрационный питатель (рис. 17.4) состоит из лотка — 1, с присоединенным к нему якорем — 2. Питатель монтируется на несущей конструкции бункера на подвесках — 3. Выдача материала осуществляется в результате высокочастотного колебательного движения лотка.

В зависимости от производительности питатели выпускаются с одним (рис. 17.4, а) или двумя (рис. 17.4, б) электромагнитными вибраторами.

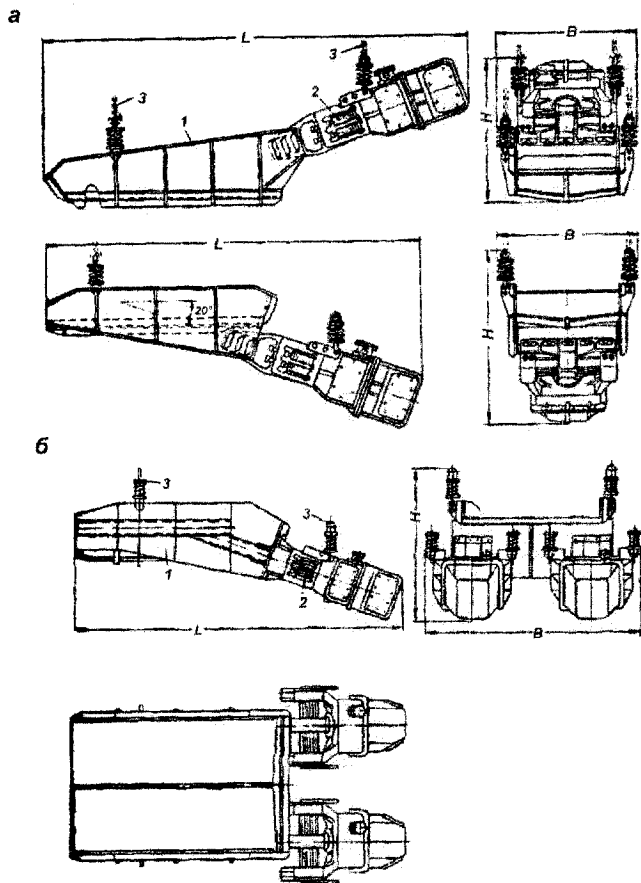


Рисунок 17.4 Конструкции вибрационных питателей:

а — питатель ПЭВ-9А (ПЭВ-12А); б — питатель ПЭВ-15А (ПЭВ-19А);
 1 — лоток, с якорем электромагнита; 2 — электромагнит; 3 — пружинная подвеска.

17.2 Оборудование для передвижения вагонеток

Толкатели. Одним из главных структурных элементов комплексов погрузки (разгрузки) являются толкатели, предназначенные для принудительного передвижения нерасцепленных составов или отдельных вагонеток.

Управление толкателями должно осуществляться из пунктов, расположенных в нишах или других местах, безопасных для обслуживающего персонала при обязательном наличии блокировки, препятствующей одновременному включению опрокидывателя и толкателя [7].

Толкатель погрузочного пункта рекомендуется устанавливать на порожняковой части грузовой ветви рельсового пути с таким расчётом, чтобы последняя вагонетка состава становилась под погрузку [8].

Толкатели различаются:

— по способу воздействия на вагонетку — толкатели нижнего действия, перемещающие вагонетку за ось, подвагонный упор или колесо;

— по роду потребляемой энергии — электрические, пневматические, электрогидравлические;

— по способу монтажа — фундаментные и бесфундаментные;

— по типу тягового органа — цепные, канатные, поршневые, с толкающей тележкой.

Широкое распространение получили на шахтах толкатели нижнего действия, предназначенные для обмена груженых вагонеток, проталкивания нерасцепленных составов и одиночных вагонеток при обмене их в опрокидывателях и проталкивания вагонеток по откаточным путям.

Исполнение толкателя определяет его основные размеры и ход кулака толкателя.

Технические характеристики толкателей и общий вид представлены в таблице 17.2 и на рисунках 17.5, 17.6.

На погрузочно-разгрузочных пунктах используются следующие типы толкателей:

— ТЦ — цепные с замкнутой цепью и электроприводом;

— ТЦН — с незамкнутой цепью и электроприводом;

— ТК — канатные с электроприводом;

— ТШП — штоковые с пневматическим приводом;

— ТШГ — штоковые с гидравлическим приводом.

Все типы толкателей изготавливаются в исполнениях:

К — при посадке на жесткие посадочные устройства;

П — при посадке клетки на качающиеся площадки;

С — для проталкивания составов.

Техническая характеристика толкателей

Параметры	Модели толкателей									
	ТКП2М	ПТВ1М	ПТВ2М	ПТВ3М	ТКПГ	ПГГ1	ПГГ2	ПГГ3	ОПЗ,3	ОПЗ,6
Тип вагонетки	ВГ1,2 ...ВГ3, 3	ВГ1, 3	ВГ2, 5	ВГ3, 3	ВГ1,2 ...ВГ3, 3	ВГ1, 4	ВГ2, 5	ВГ3, 3	ВД3, 3	ВД5, 6
Толкающее усилие на кулаке, кгс	2000	3000	3000	3000	3500	4000	4000	4000	4000	4000
Скорость проталкивания составов при погрузке, м/сек	0,21	0- 0,26	0- 0,26	0- 0,26	0,21	0-0,4	0-0,4	0-0,4	0-0,4	0-0,4
Ход кулаков, мм	400	2200	3040	3680	400	750	850	1025	1025	1295
Электродвигатель:										
тип		КОФ 21-6	КОФ 21-6	КОФ 21-6	ВАО 6-4	Параметры гидросистемы				
мощность, кВт	—	11,0	11,0	11,0	13					
Насос (тип)	—	Г12- 25А	Г12- 25А	Г12- 25А	Н-30Е					
Рабочее давление в системе, кгс/см ²	—	63,0	63,0	63,0	125	Параметры гидросистемы				
Рабочая жидкость	Масло индустриальное общего назначения									
Основные размеры, мм:										
длина	4490	4370	5240	6040	5250	5900	6400	7300	7300	9000
ширина	680	430	540	540	275	560	560	560	560	560
высота	1240	270	300	300	300	210	210	210	300	300
масса установки толкателя, кг	1346	1490	1690	1880	1165	1230	1310	1450	1450	1590

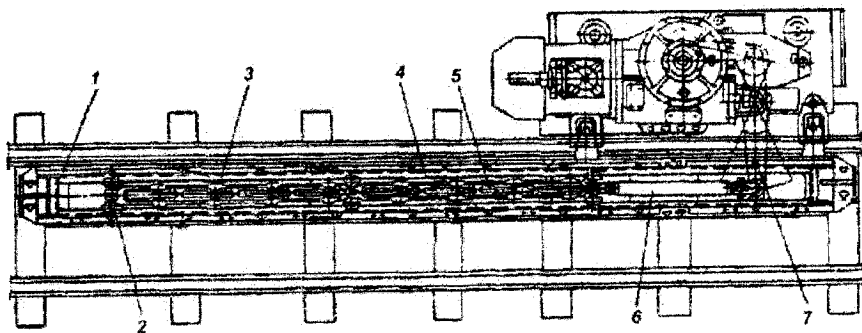


Рисунок 17.5 Передвижной штанговый толкатель ТКП2МД:

1 — направляющие рамы; 2 — катки; 3, 4 — обоймы; 5 — кулаки; 6 — тяга; 7 — рычаг качающийся.

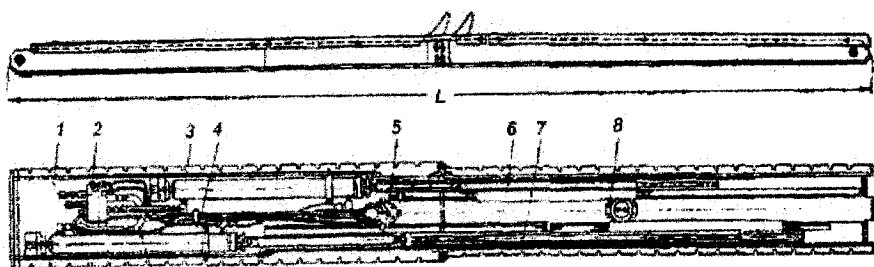


Рисунок 17.6 Толкатель типа ПТВМ:

1 — рама; 2 — золотник распределительный; 3 — цилиндр левый; 4 — цилиндр правый; 5 — кран команд; 6 — ползун левый; 7 — ползун правый; 8 — шестерня промежуточная; 9 — разводка труб.

В настоящее время на подземных стационарных погрузочных пунктах получили распространение **автоматизированные комплексы оборудования погрузочных пунктов**. Технические характеристики автоматизированных комплексов приведены в таблице 17.3.

Маневровые лебедки. Перемещение отдельных вагонеток или составов при маневровых работах на погрузочных и обменных пунктах может осуществляться также маневровыми лебедками.

Для выполнения маневровых операций и откатки вагонеток в горизонтальных выработках с уклоном до 0,005 допускается применение лебедок, имеющих скорость до 1 м/сек [7].

Маневровые лебедки используются также на приемно-отправительных площадках в околоствольных дворах.

Нашли широкое применение на шахтах однобарабанные лебедки типа ЛВД и ЛВП с дистанционным управлением, двухбарабанные МК и др.

**Техническая характеристика автоматизированных комплексов
оборудования погрузочных пунктов**

Параметры	Модели автоматизированных комплексов								
	ГУ АПП-64	ГУ АПП2-64	ГУ АПП3-64	ГПК	ПП1	ПП2М	ПП3	ОПП3,3	ОПП5,5С
Производительность, т/час	300	300	300	500	650	750	800	750	850
Тип вагонетки	ВГ1,3	ВГ2,5	ВГ3,3	ВГ1,4	ВГ1,4	ВГ2,5	ВГ3,3	ВД3,3	ВД5,6
Способ загрузки вагонетки	Из бункера; с конвейера			Из бункера	С конвейера			Из бункера; с конвейера	
Тип толкателя	ПТВ 1М	ПТВ 2М	ПТВ 3М	ПП _г	ПП _г			ПП _г	
Скорость проталкивания м/сек	0,25			0-0,4	0-0,4			0,04	
Максимальное усилие на кулаке толкателя, кгс	3000	3000	3000	4000	4000			6000	
Зона действия толкателя, мм	2300	3040	3680	3100	3100			3850	6000
Тип питателя (при погрузке из емкости)	ЛПК-2			ПГ	—			КТ	
Перекрытатель межвагонеточного пространства	Поворотный желоб			—	Поворотный желоб				
Способ проталкивания вагонеток (захват вагонеток)	За ось				За подвагонный упор или за ось			За подвагонный упор	
Направление проталкивания	Одностороннее				Двухстороннее				
Наличие тормозящего устройства	Нет			Есть	Есть			Есть	
Насосная установка:									
Насос (тип)	Г12-25А			Стопор (табл. 9.9)	Г12-26А			Г13-36А	

Номинальное рабочее давление, кгс/м ²	63			Питатели (табл. 13.3)	50			60	
Электродвигатель:									
тип	BA061-6			—	BA072-6			BA072-4	
мощность, кВт	6				22			30	
число оборотов, об/мин	970				980			1460	
масса*, кг	3172 (4399)	3346 (4573)	3516 (4743)	3380	4800	4000	5000	5000	5900

Примечание. *Масса в скобках дана для установок ГУАПП с питателем ЛКП.

Однобарабанная маневровая лебедка типа ЛВД (рис. 17.7) состоит из барабана — 7, планетарного редуктора, смонтированного внутри барабана.

Барабан закреплен на раме — 1 с помощью кронштейнов 2 и 11, соединенных между собой угольниками 3 и 13.

В одном кронштейне барабан опирается на специальный роликоподшипник, в другом — через выступающий хвостовик редуктора на радиальный шарикоподшипник. На этом же хвостовике редуктора неподвижно закреплен шкив фрикциона — 5.

Тормозная система лебедки выполнена из двух одинаковых ленточных тормозов 6 и 9 и предохранительного храпового стопора — 12, установленных на раме. Стопор и один тормоз — 9 воздействуют непосредственно на барабан, другой тормоз — на шкив фрикциона.

Плавное соединение и отсоединение барабана и привода производится фрикционом, торможение и стопорение барабана — ленточным тормозом.

Во время навивки каната на барабан фрикцион тормоза — 6 затянут и шкив неподвижен.

При свободном сматывании каната с барабана фрикционы тормозов 6 и 9 находятся в незажатом положении, при этом барабан и шкив тормоза — 9 вращаются как одна деталь.

Управление лебедками — дистанционное (от механизма — 14) и ручное.

Электродвигатель — 10 имеет специальное исполнение и встроен в барабан лебедки. Механизм для дистанционного управления состоит из двух подпружиненных собачек — 18, закрепленных на шкиве фрикциона тормоза — 6 и ленточного сервотормоза — 17, смонтированного на кронштейне и соединенного тягой с рычажным устройством тормоза — 19.

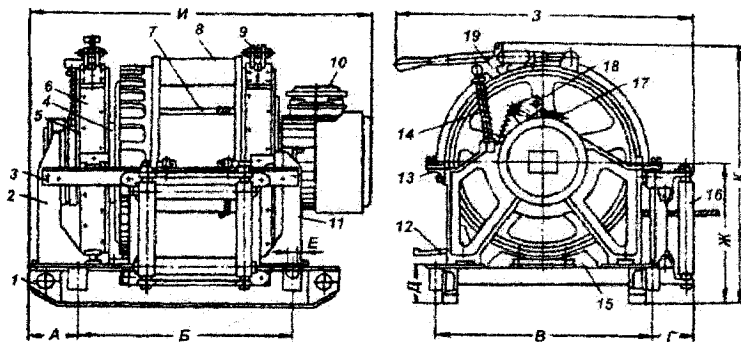


Рисунок 17.7 Лебедка шахтная однобарабанная типа ЛВД:

- 1 — рама; 2 и 11 — кронштейны; 3 и 13 — угольники; 4 — планетарный редуктор;
 5 — шкив фрикциона; 6 и 9 — ленточные тормоза; 7 — барабан; 8 — верхние
 ограждения барабана; 10 — электродвигатель; 12 — предохранительный храповый стопор;
 14 — механизм дистанционного управления лебедкой; 15 — нижние ограждения барабана;
 16 — направляющие ролики; 17 — ленточный сервотормоз; 18 — две подпружиненные
 собачки; 19 — рычажное устройство тормоза.

Механизм дистанционного управления обеспечивает при пуске двигателя автоматическое затягивание тормоза фрикциона и присоединение барабана к приводу, после чего производится навивка каната на барабан. При пуске двигателя в обратном направлении тормоз фрикциона автоматически отпускается, барабан отсоединяется от привода, и канат свободно разматывается с барабана. С помощью храпового стопора обеспечивается стопорение барабана при работе на уклоне.

Направляющие ролики — 16, нижние — 15 и верхние — 8 ограждения барабана закреплены на раме и угольниках.

Выпускается 8 унифицированных моделей лебедок типа ЛВД с тяговым усилием от 1,8 до 6,3 т при скорости перемещения каната от 0,25 до 0,7 м/сек, канатоемкостью барабана 200-350 м, диаметром каната 12,5 мм и мощностью электродвигателя от 3,0 до 13 кВт.

Лебедки типа ЛВП имеют в основном кинематическую схему, такую же, как и лебедки типа ЛВД, но с пневмодвигателем.

У лебедок типа ЛВП пневмодвигатель имеет фланец, с помощью которого он крепится на кронштейне рамы лебедки.

Технические данные лебедок типа ЛВД и ЛВП приведены в таблице 17.4.

Маневровая лебедка МК6 предназначена для маневровых работ с составом вагонеток у погрузочного пункта или у опрокидывателя в околоствольном дворе, а также при проведении подготовительных выработок.

Маневровая лебедка МК6 состоит из следующих основных узлов: электродвигателя, редуктора, двух барабанов в сборе, корпуса барабанов, притормаживающих устройств и рамы.

Основные технические параметры лебедок

Параметры	Шахтные одnobаранные лебедки											
	ЛВД 11	ЛВД12	ЛВД13	ЛВД 14	ЛВП13	ЛВП14	ЛВД11	ЛВД12	ЛВД13	ЛВД14	ЛВП13	ЛВП14
Тяговое усилие (номинальное), кгс	900	630	900	6630	630	450	1800	1250	1800	1250	1250	900
Скорость навивки каната (средняя), м/сек	0,25	0,35	0,5	0,7	0,5	0,7	0,25	0,35	0,5	0,7	0,5	0,7
Канатоемкость барабана, м	200	200	200	200	200	200	250	350	250	350	350	350
Диаметр каната, мм	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	15,5	18,5	13,5	12,5	12,5	18,5
Двигатель:												
— тип	ВАОЛ4	ВАОЛ4	ВАОЛ4	ВАОЛ4	шестеренный	шестеренный	ВАОЛ5	ВАОЛ5	ВАОЛ5	ВАОЛ5	шестеренный	шестеренный
— мощность, кВт (л.с)	3	3	5,5	5,5	(8)	(8)	5,5	5,5	13	13	(12)	(12)
— скорость вращения, об/мин	750	750	1500	1500	1500	1500	750	750	1500	1500	1500	1500
масса лебедки, кг	460	460	460	460	460	460	660	660	660	660	645	645

Примечание. Тип лебедки обозначается следующими буквами и цифрами: Л — лебедка; В — встроенный; Д — электродвигатель; П — пневмодвигатель; первые цифры: 1 и 2 — номер типоразмера; вторые цифры: 1, 2, 3 и 4 — номер сборки.

Основные технические характеристики лебедки МК6 следующие:

— тяговое усилие	— 1650 кгс;
— скорость навивки каната	— 0,195 м/сек;
— канатоемкость барабана	— 150 м;
— диаметр каната	— 12,5мм;
Электродвигатель:	
— тип	— КОМ 32-4;
— мощность	— 7 кВт;
— скорость вращения	— 1450 об/мин;
— масса (с электродвигателем)	— 755 кг.

При эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте маневровых лебедок должны выполняться требования действующих нормативных документов («Правил безопасности у угольных шахтах», «Правил технічної експлуатації вугільних шахт» и «Руководств по эксплуатации» завода-изготовителя).

Лебедки подлежат немедленному ремонту в случае таких неисправностей:

- имеется утечка масла через уплотнения, в редукторе;
- поломаны или изношены реборды;
- изношены элементы тормозов;
- раскрошены зубья шестерен;
- нехарактерный шум шестерен и подшипников;
- ослабление крепления лебедки;
- количество оборванных проволок на шаге скрутки каната более 25%.

17.3 Оборудование разгрузочных пунктов

Опрокидыватели предназначены для разгрузки вагонеток в околоствольных дворах скиповых подъемов.

Опрокидыватели также устанавливаются в местах перегрузки горной массы из вагонеток в бункера для дальнейшей транспортировки конвейерами.

Эксплуатируемые в угольной промышленности опрокидыватели подразделяются:

- по назначению — для разгрузки одиночных вагонеток и нерасцепленных составов (без пропуска и с пропуском электровозов);
- по конструктивному исполнению — круговые, боковые, лобовые; неполноворотные (реверсивные), полноворотные (нереверсивные);
- с непрерывной работой двигателя при каждом цикле: правого и левого вращения (со стороны входа вагонеток);
- по типу привода — электропривод, гидропривод, пневмопривод;
- по числу одновременно разгружаемых вагонеток — одной, двух.

Опрокидыватель состоит из барабана, устанавливаемого на роликах, монтируемых на общей раме. Внутри барабана уложены рельсы и установлены стопора для фиксирования вагонетки в опрокидывателе.

Барабан снабжен кольцами с обработанными поверхностями катания. Барабан приводится во вращение с помощью приводных роликов.

Передача вращения барабану у опрокидывателя типа ОК (рис. 17.8) осуществляется с помощью втулочно-роликовой цепи, один конец которой закреплен на барабане с помощью натяжного винта. При разгрузке вагонеток барабан поворачивается в каждую сторону на 195° и устанавливается в положение, при котором происходит выгрузка содержимого вагонетки и возможна её очистка с помощью вибраторов, металлических вращающихся щеток и т.п.

В опрокидывателях применяется электровиброочистка вагонеток вибраторами ВВДВ4 с возмущающей силой 1000 ± 1500 кгс или пневмовиброочистка вибраторами с возмущающей силой 4000 кгс.

При опрокидывании вагонетка удерживается уголками, приваренными к верхней части барабана.

Для гашения ударов при остановке барабана предусмотрены пружинные и гидравлические демпферы.

На шахтах эксплуатируются опрокидыватели различных типов ОА, ОН, НУ, ОК и др.

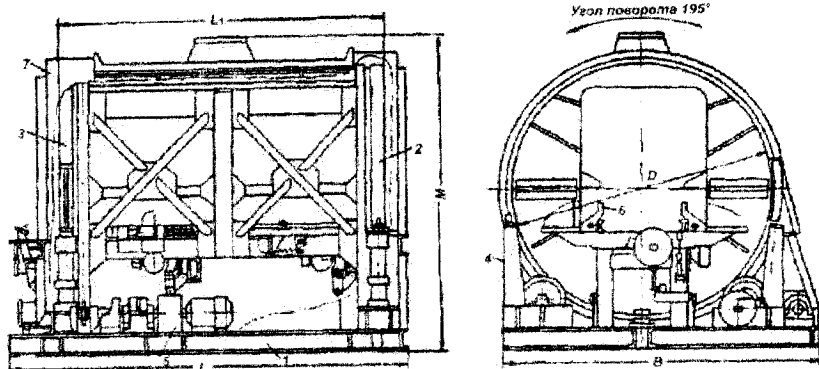


Рисунок 17.8 Круговой опрокидыватель типа ОК:
1 — рама; 2 — барабан; 3 — втулочно-роликовая цепь; 4 — демпфер;
5 — привод; 6 — стопор; 7 — кожух.

Технические параметры опрокидывателей типа ОК приведены в таблице 17.5.

При эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте опрокидывателей должны выполняться требования действующих нормативных документов и руководства по эксплуатации опрокидывателей завода-изготовителя.

Технические параметры опрокидывателей типа ОК

Опрокидыватели	Тип вагонов	Колея, мм	Число одновременно разгружаемых вагонов, шт.	Барaban		Электро-двигатель				Редуктор		Основные размеры, мм			Масса, кг	Число электродвигателей, шт.	Число пневмодвигателей, шт.
				диаметр D, мм	длина L, мм	тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин	тип	передаточное число	длина L	ширина B	высота H				
OK2,8-190-60	ВГ0,8	600	1	2800	1900	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	2840	3600	3400	9000-9055	1	1	
				2800	3650												
OK2,8-350-60	ВГ0,8; ВГ1,0	600	2	2800	2280	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	3180	3600	3400	10300-10355	1	1	
				2800	4430												
OK2,8-430-60	ВГ1,1; ВГ1,3	600	2	2800	2750	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	3576	3600	3422	14500-14600	2	2	
				2800	5370												
OK2,8-260-60	ВГ1,4	600	1	2800	3080	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	3906	3600	3422	12080-12100	1	1	
				2800	6030												
OK2,8-510-60	ВГ1,4	600	2	2800	3100	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	7089	3600	3422	16445-16745	2	2	
				2800	6030												
OK2,8-290-60	ВГ1,6	600	1	2800	3100	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	3900	3775	3750	13700-13750	2	2	
				2800	6030												
OK2,8-570-60	ВГ1,6	600	2	2800	3100	КО11-6К	6	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	7070	3775	3750	20080-20200	4	4	
				2800	6030												
OK3,0-300-90	ВГ2,5	900	1	3000	3800	КО12-6К	8	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	4600	3775	3750	14500-14515	2	2	
				3000	7450												
OK3,0580-90	ВГ2,5	900	2	3000	3800	КО12-6К	8	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	5470	3775	3750	22080-22200	4	4	
				3000	7450												
OK3,0-360-90	ВГ3,3	900	1	3000	3800	КО12-6К	8	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	4600	3775	3750	14500-14515	2	2	
				3000	7450												
OK3,0-720-90	ВГ3,3	900	2	3000	3800	КО12-6К	8	970	ЦДНЗБ	16,3 (12,3)	5470	3775	3750	22080-22200	4	4	
				3000	7450												

Контрольные вопросы

1. Виды загрузочных устройств
2. Способы перекрытия междвагонного промежутка
3. Назначение и виды питателей
4. Конструкция качающихся питателей
5. Конструкция вибрационных питателей
6. Назначение и виды толкателей
7. Пояснить работу толкателя (рис.17.5)
8. Назначение маневровых лебедок
9. Пояснить конструкцию лебедки (рис.17.7)
10. Пояснить работу опрокидывателя (рис. 17.8)

18. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКОМОТИВНОЙ ОТКАТКИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Целью расчета является определение пропускной способности электровозной откатки, числа вагонеток в составе и необходимого количества локомотивов, расхода электроэнергии.

18.1 Расчет параметров подвижного состава

Основными исходными данными для расчета являются:

- плотность транспортируемой горной массы в насыпке;
- тип и характеристика локомотивов и вагонеток;
- план и профиль откаточных путей, их состояние;
- длина откатки, производительность пунктов погрузки, вид организации откатки.

Тип локомотива (контактный, аккумуляторный, бесконтактный электровоз, гировоз или дизелевоз) выбирают в соответствии с требованиями «Правил безопасности у угольных шахтах» [7], «Правил технічної експлуатації вугільних шахт» [8] и других требований.

Масса локомотива, тип вагонетки и вместимость ее кузова определяют, исходя из производственной мощности шахты и условий эксплуатации.

В таблице 18.1 приведены рекомендации по выбору вагонетки, исходя из вместимости кузова, зависимости от длины откатки и производственной мощности шахты.

В таблице 18.2 приведены рекомендуемые значения массы локомотива в соответствии с определенной производственной мощностью шахты и шириной колеи.

Профиль и план пути откаточных горизонтов принимают по данным маркшейдерской съемки.

Если на отдельных участках трассы профиль рельсового пути меняет уклон, то производят спрямление профиля.

Участок пути длиной $L \geq 15 \div 200$ м, уклон которого отличается от соседних более чем на $1 \div 2\%$, является руководящим и спрямлению не подлежит.

Спрямленный средневзвешенный уклон откаточных путей по шахте:

$$i_c = \frac{L_1 i_1 + L_2 i_2 + \dots + L_n i_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}, \% \quad (18.1)$$

где i_1, i_2, \dots, i_n — уклон откаточного пути первого, второго и т. д. откаточного участка, %.

Если локомотивы не закреплены за погрузочными пунктами, то за расчетную принимают средневзвешенную длину откатки:

$$L = \frac{L_1 Q_1 + L_2 Q_2 + \dots + L_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}, \text{ м,} \quad (18.2)$$

где L_1, L_2, \dots, L_n — длина откаточного пути от околоствольного двора до первого, до второго и т. д. погрузочного пункта, м;

Q_1, Q_2, \dots, Q_n — сменная производительность первого, второго и т. д. погрузочного пункта, т.

Таблица 18.1

Вместимость кузова шахтной вагонетки

Длина откатки, км	Вместимость кузова вагонетки (м ³) при производственной мощности шахты, тыс. т/год					
	100	200	400	600	1000	2000 и более
0,3	0,7	1,2	1,2	—	—	—
0,5	0,7	1,2	1,2	2,2	4,5	—
1,0	0,7	1,2	2,2	2,2	4,5	9,5
2,0	1,2	1,2	2,2	4,5	4,5	9,5
3,0	—	—	—	4,5	4,5	9,5
5,0	—	—	—	—	9,5	9,5

Таблица 18.2

Рекомендуемая масса локомотива

Ширина колеи, мм	Масса локомотива (т) при производственной мощности шахты, тыс. т/год				
	до 200	200-500	500-1000	1000-3000	2000 и более
600	7,0	—	—	—	—
600 и 750	—	7,0 и 10,0	—	—	—
750	—	—	10,0	—	—
750	—	—	—	14,0	—
750 и 900	—	—	—	—	28,0

Необходимую силу тяги электровоза можно определить по формуле:

$$F = n_B(m_T + m_B)g(w_0 \pm i + 110a) \quad (18.3)$$

где m_T, m_B — масса соответственно груза и вагонетки, т;

n_B — число вагонеток в составе;

g — ускорение свободного падения, м/сек², $g = 9,81$ м/сек²;

w_0 — удельное сопротивление движению вагонетки определяется по таблице 18.3;

w_1 — удельное сопротивление движению электровоза, определяется по таблице 18.4;

i — уклон пути, ‰

a — ускорение или замедление электровоза, м/сек²;

a_T — замедление при торможении электровоза, м/сек²,

$$a_T = \frac{V_{II}^2}{2L_T}, \text{ м/сек}^2 \quad (18.4)$$

где V_{II} — скорость движения электровоза в продолжительном режиме работы двигателей, м/сек (таблица 18.4) [6];

L_T — допустимый тормозной путь.

Таблица 18.3

Характеристики вагонеток

Тип единицы подвижного состава	Вместимость, м ³	Масса (без груза), т	Жесткая база, мм	Основное удельное сопротивление движению, Н/кН
Вагонетки с глухим кузовом	1,0	0,525	500	24
	1,1	0,59	550	
	1,3	0,625		
	1,4	0,66	650	
	1,6	0,69	800	9
	2,5	1,13		
	3,3	1,26	1100	13
Секция поезда секционного	3,0	1,483	1670	10
	3,5	1,575		10
	3,0	1,05	2800	15
	3,5	1,43		15
Вагонетки с разгрузкой через дно	2,5	1,442	1680	10

Характеристики локомотивов

Тип локомотива	Ширина колеи, мм	Сцепной вес, т	Скорость локомотива в продолжительном режиме работы двигателей, м/сек	Ток продолжительного режима работы двигателей, А	Удельное сопротивление движению, Н/кН	Характеристика тяговых батарей 1)	
						Количество аккумуляторов в батарее, шт.	Емкость аккумулятора, А·час
Аккумуляторный электровоз	600	7	3,17	55	36	88	400
	900					90	550
	600	8	2,5	61	32	96 (56)	350 (560)
	900		3,04			112 (56)	350 (560)
	600	16	2,50	61	32	192 (112)	350 (560)
	900		3,04			224 (112)	350 (560)
	600	10		3,30	61	34	112 (72)
	900		14				4,6
	900	10		4,30	90	35	
	Контактный электровоз	14	3,80	122	37	—	—
Гировоз	600	5,7	1,90	—	35	—	—
	900	5,9				—	—

Примечание. 1. Величина (без скобок) — для щелочных батарей, в скобках — для кислотных.

Допустимую массу поезда определяют из условий: трогания груженого поезда с места, обеспечения сцепления колес электровоза с рельсами при установившемся движении с равномерной скоростью при минимальных коэффициентах сцепления, нагрева тяговых двигателей, обеспечения длины тормозного пути в пределах допустимого «Правилами безопасности у угльных шахтах» [7] при движении груженого состава под уклон. Окончательно допустимую массу поезда принимают по наименьшему из полученных значений.

Из теории движения поезда известно, что сила тяги не может быть больше силы сцепления ведущих колес электровоза с рельсами, т. е.

$$F = 1000P_{\text{сц}} \psi_k = 1000m_{\text{э}} g \psi_k, \text{ Н}, \quad (18.5)$$

где $P_{\text{сц}}$ — сцепной вес локомотива, т;

$m_{\text{э}}$ — масса электровоза, т;

ψ_k — коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами, определяется по таблице 18.5 [6].

Таблица 18.5

Значение коэффициента сцепления в угольных шахтах

Состояние поверхности рельс	Коэффициент сцепления колес с рельсами
Покрытые редкой угольной и породной пылью	0,08
Мокрые, чистые	0,09
Влажные, практически чистые	0,12
Сухие, практически чистые	0,17
Покрытые песком, раздавленным в результате предыдущей поездки	0,14
Посыпанные песком	0,18

Подставляя полученное значение в предыдущее выражение, имеем:

$$1000m_{\text{э}} g \psi_k = n_{\text{в}} (m_{\text{г}} + m_{\text{в}}) g (w_0 \pm i + 100a), \quad (18.6)$$

Отсюда определяем массу прицепной части поезда:

$$m_{\text{п}} = n_{\text{в}} m_{\text{г}} + m_{\text{в}} = m_{\text{э}} \left(\frac{1000\psi_k}{w_0 \pm i + 110a} - 1 \right), \text{ т}, \quad (18.7)$$

Масса прицепной части груженого поезда при движении под уклон:

$$m_{п.г} = n_B m_{г} + m_B = m_э \left(\frac{1000\psi_{гp}}{w_{г-i_c} + 110a} - 1 \right), \text{ т}, \quad (18.8)$$

и порожнего поезда на подъем:

$$m_{п.п} = n_B m_B = m_э \left(\frac{1000\psi_{гp}}{w_{п+i_c} + 110a} - 1 \right), \text{ т}, \quad (18.9)$$

где $\psi_{гp}$ — коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами при трогании, $\psi_{гp} = 0,24$;

i_c — средневзвешенный уклон пути в промилле.

Из двух значений $m_{п.г}$ и $m_{п.п}$ выбирают максимальное.

Масса прицепной части груженого поезда по условию сцепления колес локомотива с рельсами при равномерном движении:

$$m_{п.г} = m_э \left(\frac{1000\psi_k}{w_{г-i_c}} - 1 \right), \text{ т}, \quad (18.10)$$

и порожнего поезда на подъем:

$$m_{п.п} = m_э \left(\frac{1000\psi_k}{w_{п+i_c}} - 1 \right), \text{ т}, \quad (18.11)$$

где ψ_k — коэффициент сцепления колес электровоза с рельсами в движении (см. таблицу 18.5).

Нагрев тяговых двигателей также ограничивает массу поезда. Нормальная работа двигателей без перегрева возможна при условии, что величина эффективного тока $I_{эф}$ (А) не должна быть больше длительного тока $I_{дл}$ (А), указанного в характеристике электровоза, т. е. $I_{эф} \leq I_{дл}$.

Для одного рейса:

$$I_{эф} = \mathcal{L} \frac{I_{г}^2 t_{г} + I_{п}^2 t_{п}}{t_p}, \text{ А}, \quad (18.12)$$

где $I_{г}$, $I_{п}$ — токи двигателя при движении груженого и порожнего составов, А;

$t_{г}$, $t_{п}$ — время движения груженого и порожнего составов, мин;

t_p — время одного рейса, мин;

\mathcal{L} — коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателей при выполнении маневров ($\mathcal{L} = 1,15 + 1,4$).

Время одного рейса (мин):

$$t_p = t_{г} + t_{п} + t_{м}, \quad (18.13)$$

где $t_{м}$ — продолжительность маневровых операций, включающих загрузку вагонов и их разгрузку в круговых опрокидывателях, мин.

Продолжительность маневровых операций определяется по таблице 18.6.

Продолжительность маневровых операций

Вместимость кузова вагонетки, м ³	Время загрузки одной вагонетки под люком, мин	Время разгрузки под опрокидывателем, мин	
		Одной вагонетки	Двух вагонеток
1,2	1,25	0,5	0,67
2,2	1,5	0,58	0,75
4,5	2	0,67	0,83
9,5	3	0,83	-

Время движения (мин) груженого и порожнего составов:

$$t_{\Gamma} = 60L_{\Gamma}k_{\Gamma}v_{\Gamma}, \text{ мин}, \quad (18.14)$$

$$t_{\Pi} = 60L_{\Pi}k_{\Pi}v_{\Pi}, \text{ мин}, \quad (18.15)$$

где v_{Γ} , v_{Π} — действительные скорости движения, соответственно, груженого и порожнего составов (км/ч);

k_{Γ} , k_{Π} — коэффициенты, учитывающие снижение скорости и периоды разгона и торможения и равные, соответственно, 0,75 и 0,8;

L_{Γ} , L_{Π} — длина пути, соответственно, в груженом и порожняковом направлении, км.

Значение токов I_{Γ} и I_{Π} и скоростей v_{Γ} и v_{Π} определяют с помощью электромеханической характеристики тягового двигателя электровоза по силе тяги F'_{Γ} в груженом и F'_{Π} порожняковом направлениях, проходящейся на один двигатель:

$$F'_{\Gamma} = \frac{1}{n_{\text{дв}}} [m_{\Sigma} + n_{\text{в}} m_{\Gamma} + m_{\text{в}}] (w_{\Gamma} - i_c), \text{ Н}, \quad (18.16)$$

$$F'_{\Pi} = \frac{1}{n_{\text{дв}}} (m_{\Sigma} + n_{\text{в}} m_{\text{в}}) (w_{\Pi} + i_c), \text{ Н}, \quad (18.17)$$

где $n_{\text{дв}}$ — число тяговых двигателей электровоза.

В случае, если $I_{\text{эф}}$ окажется больше $I_{\text{дл}}$, то необходимо уменьшить число вагонеток $n_{\text{в}}$ в составе и продолжить расчеты до достижения условия $I_{\text{эф}} \leq I_{\text{дл}}$.

Тормозной путь ℓ_{Γ} (от начала торможения до полной остановки) согласно «Правилам безопасности у угльных шахтах» [7] на преобладающем уклоне при перевозке грузов составляет 40 м, а при перевозке людей — 20 м. Экстренная остановка в пределах допустимой величины тормозного пути

обеспечивается установлением допустимой скорости движения $V_{\text{доп}}$ для груженого состава на наибольшем руководящем уклоне i_p пути:

$$v_{\text{доп}} = \overline{0,21l_T(b_T + w_T - i_p)}, \text{ км/час}, \quad (18.18)$$

Удельная тормозная сила:

$$b_T = \frac{1000m_{\text{э}}\psi_k}{m_{\text{э}} + n_{\text{в}}(m_{\text{Г}} + m_{\text{В}})}, \text{ Н/кН}, \quad (18.19)$$

В тех случаях, когда электровоз оборудован рельсовым электромагнитным тормозом, в формулу удельной тормозной силы b_T вводится дополнительная тормозная сила $B_{\text{доп}}$ (Н), тогда:

$$b_T = \frac{1000m_{\text{э}}\psi_k + B_{\text{доп}}}{m_{\text{э}} + n_{\text{в}}(m_{\text{Г}} + m_{\text{В}})}, \text{ Н/кН}, \quad (18.20)$$

18.2 Определение числа локомотивов и расхода энергии

Число рейсов одного локомотива в смену:

$$Z = \frac{60T_{\text{см}}k_{\text{э}}}{t_p}, \quad (18.21)$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, час;

$k_{\text{э}}$ — коэффициент, учитывающий время подготовки электровоза к эксплуатации (для контактных электровозов — 0,9).

Требуемое число рейсов в смену для вывозки горной массы:

$$z_{\text{см}} = k_{\text{н}} \frac{Q_{\text{см}}}{n_{\text{в}}m_{\text{Г}}} + z_{\text{л}} + z_{\text{м}}, \quad (18.22)$$

где $k_{\text{н}}$ — коэффициент неравномерности поступления груза (1,25÷1,5);

$Q_{\text{см}}$ — суммарная сменная производительность шахты, т;

$z_{\text{л}}, z_{\text{м}}$ — число рейсов на одно крыло, соответственно, с людьми и вспомогательными материалами.

Требуемое число рейсовых локомотивов:

$$n_{\text{эл,р}} = z/z_{\text{см}} \quad (18.23)$$

Численность парка локомотивов на шахте должна определяться согласно требованиям «Правил безопасности у вугільних шахтах» [7].

Количество резервных локомотивов при этом необходимо принимать таким: при количестве рабочих локомотивов до 6 — один; от 7 до 12 рабочих локомотив — два; 13 и более от — трех до четырех [8].

Инвентарное (списочное) число локомотивов $n_{\text{инв}}$ с учетом резервных:

$$n_{\text{инв}} = n_{\text{эл.р}} + n_{\text{рез}}, \quad (18.24)$$

где $n_{\text{эл.р}}$ — количество рабочих электровозов;

$n_{\text{рез}}$ — количество резервных электровозов.

Сменная производительность одного локомотива:

$$P_{\text{эл}} = Q_{\text{см}} L / n_{\text{эл.р}}, \text{ т} \cdot \text{км/смену} \quad (18.25)$$

где L — длина пробега локомотива за смену, км.

Необходимый парк вагонеток:

$$n_{\text{в.п}} = 1,25 (n_{\text{в}} n_{\text{эл.р}} + n_{\text{в.м}}), \quad (18.26)$$

где $n_{\text{в.м}}$ — число вагонеток, занятых на транспорте вспомогательных материалов.

Расход энергии за один рейс, отнесенный к колесам локомотива:

$$\mathcal{E} = \frac{F_{\text{г}} L_{\text{г}} + F_{\text{п}} L_{\text{п}}}{1000}, \text{ МДж}, \quad (18.27)$$

где $F_{\text{г}}$, $F_{\text{п}}$ — сила тяги локомотива, соответственно, в груженом и порожняковом направлениях, Н.

$L_{\text{г}}$, $L_{\text{п}}$ — длина пробега локомотива соответственно в груженом и порожняковом направлениях, км.

Расход энергии для контактных электровозов, отнесенный к шинам подстанции:

$$\mathcal{E}_{\text{ц.п}} = \frac{\mathcal{E}}{\eta_{\text{э}} \eta_{\text{с}} \eta_{\text{п}}}, \text{ МДж}, \quad (18.28)$$

где $\eta_{\text{э}}$, $\eta_{\text{с}}$, $\eta_{\text{п}}$ — к.п.д. соответственно локомотива, тяговой сети и подстанции $\eta_{\text{э}} = 0,6$; $\eta_{\text{с}} = 0,95$; $\eta_{\text{п}} = 0,93$; общий к.п.д. составляет 0,53.

Удельный расход энергии за смену:

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{ц.п}} / n_{\text{в}} m_{\text{т}} L, \text{ МДж/т} \cdot \text{км} \quad (18.29)$$

Общий расход энергии за смену:

$$\mathcal{E}_{\text{см}} = \mathcal{E}_{\text{уд}} Q_{\text{см}} L, \text{ МДж}. \quad (18.30)$$

По приведенным выше формулам могут быть построены тяговые диаграммы $F=f(t)$ применительно к соответствующим диаграммам скорости. Соответственно значению силы тяги в различные периоды движения могут быть найдены по рабочим характеристикам двигателей значения тока, потребляемого электровозом, что позволяет построить тяговые диаграммы $I=f(t)$ как для самого электровоза, так и для отдельного тягового двигателя [9].

На рисунке 18.1 приведено потребление тока электровозом, т.е. кривые $I_{эл}=f(t)$ при трапециевидальной диаграмме скорости $V=f(t)$ [9].

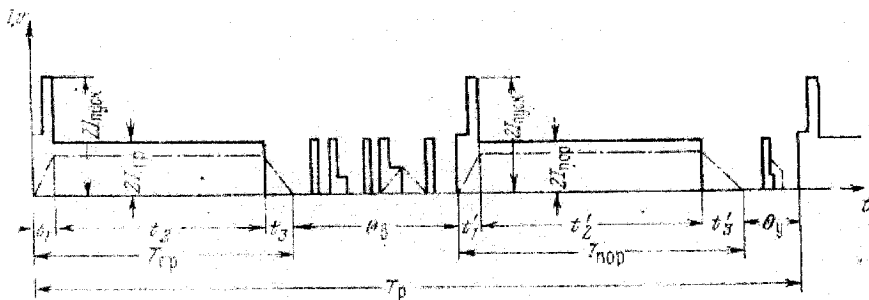


Рисунок 18.1 Диаграмма потребления тока электровозом с двумя двигателями в течение одного полного рейса:

$I_{уст}$ — установившийся ток;

$2I_{пуск}$ — пусковой ток электровоза (суммарный пусковой ток двух тяговых двигателей при параллельном соединении);

$2I_{гр}$ — ток, потребляемый электровозом при установившемся движении с грузом;

$2I_{пор}$ — ток, потребляемый электровозом при установившемся движении с порожняком;

t_1, t_1' — период пуска при движении с грузом и порожняком;

t_2, t_2' — периоды движения с установившейся скоростью;

t_3, t_3' — периоды замедления (остановки);

$t_д$ — продолжительность маневровых операций в околостольном дворе;

$Q_у$ — продолжительность маневровых операций на участке;

$T_р$ — продолжительность одного полного рейса;

$T_{гр}$ — продолжительность движения с грузом;

$T_{пор}$ — продолжительность движения с порожняком.

Контрольные вопросы

1. Исходные данные для выбора электровоза
2. Как выбрать емкость вагонетки?
3. Как определить средневзвешенный уклон?
4. Чему равна максимальная сила тяги?
5. Критерии выбора массы поезда
6. Расчет эквивалентного тока двигателя
7. Расчет по тормозному пути
8. Расход энергии за один рейс
9. Общий к.п.д. транспортной системы
10. Пояснить диаграмму на рис. 18.1

19. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

19.1 Организация движения поездов

На подземном транспорте откатка горной массы в зависимости от горнотехнических факторов (схемы очистных и подготовительных выработок, нагрузки на погрузочных пунктах, длины откатки и др.) может быть организована по одно- или двухзвенной схемам откатки [8].

Двухзвенную схему работу локомотивной откатки необходимо предусматривать, если имеется группа сближенных погрузочных пунктов с малыми грузами, расположенных на большом расстоянии от околоствольного двора. В этом случае уголь должен доставляться от погрузочных пунктов до сборной разминовки небольшими составами, а от сборной разминовки до околоствольного двора — большегрузными.

В остальных случаях применяется однозвенная откатка. При однозвенной схеме откатки каждый локомотив должен перевозить груженные и порожние вагонетки по всем транспортным маршрутам.

В случае больших грузопотоков для повышения пропускной способности транспорта необходимо применять технологию поточной локомотивной откатки, которая предусматривает:

- кольцевое движение груженных и порожних составов, в том числе на погрузочных пунктах и в околоствольном дворе;
- транспортирование угля с использованием секционных поездов и саморазгружающихся вагонеток;
- устройство на погрузочных пунктах и в околоствольном дворе аккумулирующих горных бункеров емкостью не менее емкости, принятой на шахте величины поезда.

Движение груженных, пассажирских и специальных поездов должно производиться по общешахтному графику, увязанному с работой очистных и подготовительных участков, смежных звеньев транспорта и комплекса подъема.

Маршрут каждого поезда, отправляющегося из околоствольного двора, устанавливается диспетчером.

Разработанный на определенный отрезок времени график движения поездов должен обеспечивать плановую и равномерную работу откатки, согласованную с работой подъема, устранять возможные простои и неорганизованность в работе локомотивов.

Графиком движения поездов должны предусматриваться интервалы времени для перевозки угля, породы, материалов и людей.

Графики движения поездов строят в прямоугольных координатах обычно для одной смены. По оси ординат откладывают расстояние между отдельными

пунктами, а по оси абсцисс — время (часы суток с разделением на минутные интервалы).

Движение поездов изображают прямыми наклонными линиями, угол наклона которых зависит от средней скорости движения на перегоне, а продолжительность стоянок и маневров — горизонтальными линиями.

Для построения графика предварительно определяют длину откаточных участков, весовую норму поезда, число рабочих локомотивов, скорость и продолжительность их движения, а также длительность стоянки в конечных пунктах и на разминонках.

Ввиду того, что продолжительность одного рейса (к месту назначения и обратно) зависит от длины откатки и скорости движения, графики составляют для откаточных участков различной длины.

Максимально допустимые скорости движения на отдельных участках выработок должны устанавливаться режимом откатки и указываться на графиках движения поездов.

При работе одного (или спаренного) локомотива по однопутному откаточному участку применяют графики без скрещивания (рис. 19.1, а).

При работе двух или трех локомотивов по однопутному откаточному участку для возможности следования встречных поездов в противоположных направлениях в выработках устраивают путевые разминовки, на которых поезд останавливается и движется дальше только после прихода встречного поезда. Организация движения поездов в этом случае может осуществляться по графикам встречного движения со скрещиванием на разминке, по эстафетному графику или по комбинированному.

При графике со скрещиванием на разминке (рис. 19.1, б) локомотив №1 и локомотив №2 перевозят следующие с ними груженный или порожний поезд на всем протяжении транспортног участка. Если число разминок больше минимального (число локомотивов минус единица), то поезд, подходящий к разминке, в случае свободного перегона движется дальше, не останавливаясь.

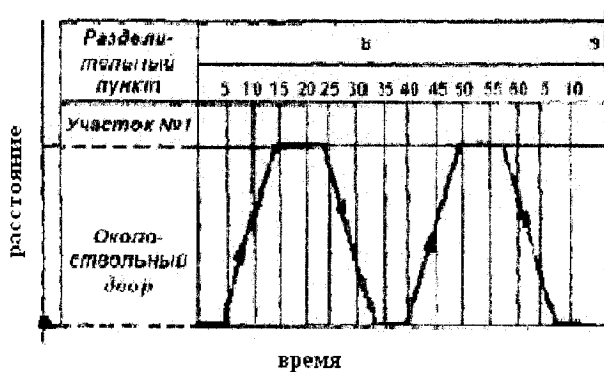
Тогда на последующей разминке должен загореться сигнал, запрещающий движение встречному поезду по перегону.

Основным критерием для выбора места расположения разминки являются минимальные простои на ожидание встречного поезда.

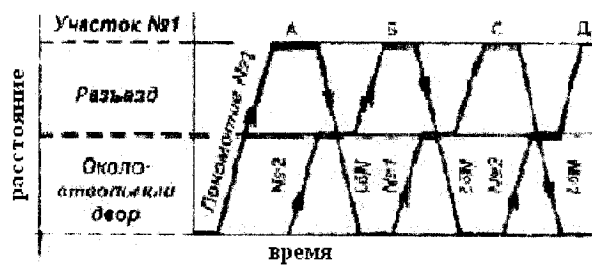
При эстафетном графике (рис. 19.1, в) движение локомотива предусматривается только по закрепленным за ним перегонам, на границе которых оборудуются разминовки для обмена составами с локомотивом, обслуживающим перегон. Число перегонов должно соответствовать числу работающих локомотивов. При движении по эстафетному графику разминки следует располагать так, чтобы продолжительность полного оборота локомотива по каждому из перегонов было примерно одинаковой.

Движение трех локомотивов и более по однопутному участку с несколькими обменными и погрузочными пунктами должно осуществляться по комбинированному графику с устройством путевых разминок через каждые 300-400 метров и с применением аппаратуры АБСС-1 и средств связи машиниста локомотива с диспетчером.

а)



б)



в)

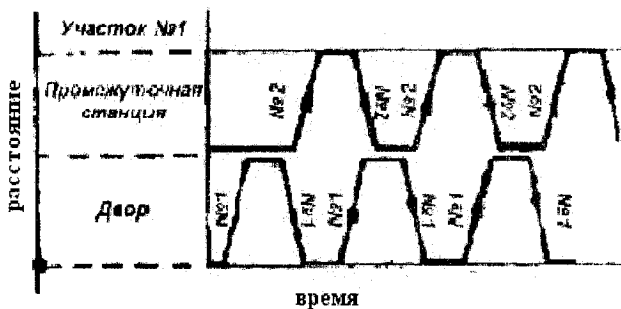


Рисунок 19.1 Графики движения локомотивов по однопутной выработке:
 а — при одном локомотиве; б — при двух локомотивах со скрещиванием на разъезде;
 в — эстафетный график.

При одновременной работе четырех локомотивов и более целесообразно иметь двухпутное раздельное движение груженных и порожних составов с интервалом между поездами не менее 80 метров.

На двухпутных участках основных откаточных выработок каждый путь должен служить для движения поездов в одном направлении.

Для обеспечения ритмичной работы локомотивного транспорта необходимо составлять и вести при необходимости плановый и исполнительный графики.

Плановый график составляется заранее на определенный отрезок времени и является планом работы откатки, в котором зафиксированы моменты прибытия локомотивов в те или иные пункты.

Сводный график движения локомотивов должен составляться при одновременной работе на горизонте околоствольного двора четырех локомотивов и более.

При построении графика локомотивной откатки, прежде всего, следует обеспечивать правильный выбор интервалов между подачами поездов к пунктам погрузки и разгрузки. Интервалы между подачами поездов к пунктам погрузки,

при отсутствии на них аккумулирующих горных бункеров, должны быть примерно равны времени, в течение которого погрузочный пункт выдает количество груза, равное полезной емкости одного состава. Необходимо, чтобы длительность маневровых операций и стоянки в месте погрузки не превышала требуемого интервала. Интервал между временем прибытия локомотивов в околоствольный двор должен выбираться в зависимости от производительности подъема, наличия и вместимости бункера у ствола и от продолжительности маневровых операций в околоствольном дворе.

Интервалы между прибытиями локомотивов в околоствольный двор должны быть равны времени, в течение которого груз, доставленный поездом, может быть выдан на поверхность и разгружен. Нарушение этого положения приводит к простоям локомотивов, неравномерной работе подъема и скоплению поездов в околоствольном дворе.

При построении графика движения необходимо следить за тем, чтобы в околоствольном дворе одновременно не собиралось несколько локомотивов.

Поступление груженных поездов в околоствольный двор и отправление порожних поездов на участки должно происходить так, чтобы обеспечить плановую (почасовую) подачу порожняка на добычные или подготовительные участки и нормальную работу подъема, предотвратив при этом чрезмерное скопление поездов в околоствольном дворе. Во время планового осмотра ствола и ревизии подъемной машины в околоствольный двор должно поступать наименьшее число поездов.

На сводном графике должно быть показано движение пассажирских поездов в точном соответствии с установленным расписанием перевозки подземных рабочих.

Сводный плановый график движения поездов является частью общешахтного планового графика работы подземного транспорта, который включает в себя также график работы подъема, уклонов и бремсбергов, расстановки вагонного парка, почасовой подачи порожняка, доставки вспомогательных материалов участкам, расстановки и графика выходов рабочих подземного транспорта.

Для оперативного руководства движением поездов сменным диспетчером в процессе работы должен составляться исполнительный график, отражающий фактическое положение дел на каждый момент времени и помогающий диспетчеру регулировать движение поездов и быстро ликвидировать задержки и неполадки в их движении.

Производя ежедневный анализ исполнительных графиков движения, можно установить недочеты в работе локомотивной откатки и принять меры к их устранению.

19.2 СЦБ на шахтном локомотивном транспорте

Системой сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) называют комплекс технических средств, предназначенных для централизованного управления движением поездов, отдельных локомотивов на откаточных выработках и в околостольном дворе. Средства СЦБ подразделяются на устройства сигнализации, централизации и блокировки.

Устройство сигнализации служит для обеспечения безопасности движения поездов и подачи указаний машинисту.

К системе сигнализации относятся светофоры и устройства связи. Устройства централизации служат для дистанционного управления сигналами и стрелками из диспетчерского пункта.

Устройства блокировки служат для контроля сигналов отдельных светофоров, занятости пути и положения стрелок.

К устройствам блокировки в основном относятся путевые датчики, исключающие включение «враждебных» маршрутов.

Роль СЦБ не ограничивается обеспечением безопасности движения, система приобретает исключительное значение также и для увеличения пропускной способности и экономичности локомотивной откатки. Достигается это правильной организацией движения, сокращением времени на перевод стрелок, маневров локомотива и т.п., а также рациональным использованием подвижного состава и путевых устройств.

Как показывает опыт, при внедрении устройств СЦБ на подземном транспорте шахт улучшается работа транспорта в целом, достигается безопасность движения подземных поездов, повышаются производительность локомотивной откатки и пропускная способность шахтных откаточных путей, растет экономичность откатки.

Для обеспечения безопасности движения поездов и повышения производительности локомотивного транспорта могут применяться следующие устройства и аппаратура:

— в пределах околоствольных дворов — устройства СЦБ, обеспечивающие централизованное диспетчерское управление светофорами и стрелочными переводами;

— на откаточных выработках возле соединений и перед разветвлениями — аппаратура автоматического управления отдельными стрелочными переводами с движущегося локомотива.

Светофоры — это путевые сигнальные элементы, обеспечивающие безопасность движения поездов, разрешающие или запрещающие машинисту локомотива движение на участок, ограждаемый данными светофорами.

Система сигнализации для шахтной СЦБ принята двухзначной: красный свет — сигнал, запрещающий движение вперед, зеленый — разрешающий.

По своему назначению сигналы светофора делят на входные, выходные и проходные. Входные или выходные сигналы разрешают или запрещают выход поезда с перегона на околоствольный двор, обменный пункт или разминовку, а проходные сигналы разрешают или запрещают следовать поезду с одного участка на другой в пределах околоствольного двора или перегона.

Светофорная сигнализация может быть построена по двум принципам:

1) нормально открытого перегона — горит нормально зеленый свет;

2) нормально закрытого перегона — горит нормально красный свет, хотя перегон (или участок пути) в данный момент свободен.

Сигнализацию по принципу нормально горящего зеленого света применяют только при отсутствии встречного движения, т. е. когда поезда идут друг за другом, например при односторонней или кольцевой откатке, и в практике шахтной СЦБ сигнализация может быть использована для проходных светофоров.

Входные и выходные светофоры в системе шахтной СЦБ должны быть нормально закрытыми и дистанционно открываться в пределах околоствольного двора только диспетчером, управляющим движением, а на перегонах автоматически — подвижным составом.

Входные светофоры устанавливают от первой входной стрелки на расстоянии не менее 15 м, выходные — для каждого отправного пути впереди места, предназначенного для стоянки локомотива.

Во всех случаях светофоры устанавливают с правой стороны по направлению движения поездов или над осью ограждаемого ими участка пути, причем таким образом, чтобы их сигналы были видны машинисту на расстоянии не менее 40 м от места установки.

При подходе локомотива к светофору на занятом маршрутном участке красный сигнал меняется на красный мигающий. **Отсутствие любого сигнала на светофоре означает запрет движения.**

Сигнальные огни светофора в системах АСБ переключаются автоматически.

Зеленый сигнал должен загораться при следующих условиях:

- наличию запроса на данный маршрут;
- отсутствию автоматически заданных или занятых «враждебных» маршрутов;
- незанятости маршрутного участка следования;
- автоматической установки и контроля за прижатием в необходимое положение остряков стрелки.

Наличие зеленого мигающего сигнала говорит об исчезновении контроля положения стрелочного перевода, входящего в заданный маршрут, при условии свободного маршрутного участка и отсутствия заданных «враждебных» маршрутов.

Мигающий зеленый свет на светофоре продолжительностью не более 10 секунд разрешает машинисту следовать по маршруту с повышенным вниманием и переводить стрелки вручную или с локомотива по пути следования.

Переключение сигнала с разрешающего на запрещающий должно происходить при проследовании головы состава за светофор. Путьевые датчики (воздействующие и приемные элементы) должны срабатывать только от локомотива.

Приемными элементами, осуществляющими связь подвижного состава с сигнальными и централизованными устройствами, являются путьевые датчики, которые автоматически регулируют движение поездов на том или ином участке пути. В системах СЦБ применяются датчики точечного действия различных конструкций.

При светофорной сигнализации по принципу нормально горящего красного света необходимо устанавливать датчики:

- приближения или запроса, располагаемые перед светофором на расстоянии не менее длины тормозного пути. Эти датчики осуществляют:
 - первоначальное воздействие на электрическую схему для запроса у диспетчера или автоматического включения в светофоре разрешающего сигнала;
 - перекрытия или перемены сигнала, устанавливаемые за светофором (по ходу движения) на расстоянии 1-5 м, для переключения в нем зеленого света вновь на красный (ограждения от наезда вслед) и занятия перегона;
 - отбоя, устанавливаемые в конце маршрута на расстоянии, равном и не меньше максимальной длины поезда, считая от остря входной стрелки;
 - управления одиночной стрелкой с движущегося электровоза, устанавливаемые перед стрелочными переводами на расстояние не менее длины тормозного пути.

Управление одиночными стрелками из кабины движущегося локомотива рекомендуется применять в местах выполнения маневров. В этих случаях допускается установка указанных датчиков на расстояние от стрелки меньшем чем длина тормозного пути.

По конструкции и принципу действия путьевые датчики выполняются в виде рельсовых педалей, путьевых электроконтактов, индуктивных и магнитных

датчиков, фотодатчиков и фотореле, радиоактивных датчиков с гамма-электронным реле, щеточных датчиков с реле РВЩ, ультразвуковых датчиков, точечных рельсовых цепей и пр. Места установки приемных элементов датчиков по выработкам должны быть отмечены указателями с целью ориентировки машинистов локомотивов.

Для контроля положения и прижатия остяков управляемых стрелочных переводов должны применяться *сигнальные световые двузначные указатели со светофильтрами*, отличающимися по цвету от светофильтров светофоров (например, синий и оранжевый). Световые сигнальные указатели, предназначенные для контроля положения и прижатия остяков стрелочных переводов, должны устанавливаться перед стрелочным переводом со стороны пера стрелки.

Сетевой сигнальный указатель ССУ-2 (рисунок 19.2) предназначен для световой сигнализации в виде светофора, указателя положения управляемых стрелок, предупредительного сигнала «Берегись локомотива» и предупредительного сигнального указателя ПС.

Указатель состоит: из литого алюминиевого корпуса — 1 с крышкой — 4. В корпусе размещены камера — 3 с четырьмя светофильтрами — 6, а также рамная панель с двумя лампами накаливания — 2 и кабельный ввод — 5.

При использовании ССУ-2 в качестве светофора в нем устанавливают по два зеленых и красных светофильтра, а при использовании как сигнализатора о положении остяков — по два желтых (плюсовое положение) и синих (минусовое положение) светофильтра. Исполнение указателя ССУ-2 рудничное взрывобезопасное (РВ).

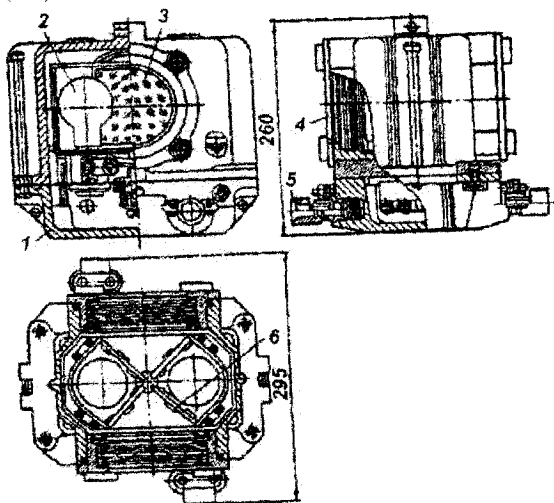


Рисунок 19.2 Сигнальный световой указатель ССУ-2:
1 — алюминиевый корпус; 2 — лампы накаливания; 3 — камера; 4 — крышка;
5 — кабельный ввод; 6 — светофильтры.

Для максимальной безопасности движения по горным выработкам системам СЦБ придается ряд защитных функций, заключающихся в исключении возможности:

- установки маршрута на занятый блок-участок;
- задания маршрута с момента включения разрешающего сигнала «враждебного» маршрута;
- перевода стрелки при заданном маршруте;
- перевода стрелок с движущегося локомотива при занятом маршруте;
- задержки состава у сигнала, если положение стрелки не контролируется.

Отключение и включение электропитания в системах не должно вызывать появления разрешающего сигнала, когда движение недопустимо и потерю контроля принятого запроса. Питание аппаратуры должно осуществляться при контактной откатке — от контактной сети, а при аккумуляторной — от сети переменного тока. Во всех случаях должна предусматриваться ограждающая сигнализация «Берегись локомотива».

В настоящее время все более широкое распространение получили системы СЦБ с использованием комплектов аппаратуры АБСС-1, НЭРПА-1, ЛСПМ, а также ранее выпускающегося комплекса ЧУС-3.

Аппаратура блокировки стрелок и сигналов АБСС-1 предназначена для автоматического управления сигнальными огнями светофора и приводными стрелочными переводами на блок-участках подземного электровозного транспорта шахт. Аппаратурой АБСС-1 оборудуются узлы с одно- и двухпутными перегонами, а также однопутные приемно-отправительные пути, имеющие пружинные и автоматизированные стрелки. Аппаратура применяется также для автоматической светофорной блокировки. Перевод стрелок в этом случае осуществляется по команде, подаваемой машинистом из кабины движущегося локомотива.

Аппаратура АБСС-1 обеспечивает:

- автоматическое открытие после произведенного запроса зеленого (разрешающего) сигнала светофора, если данный маршрут свободен и стрелки переведены;
- автоматическое переключение нормально горящего красного (запрещающего) сигнала на мигающий красный при срабатывании датчиков запроса и занятом блок-участке;
- автоматическое переключение мигающего красного сигнала на зеленый после освобождения блок-участка;
- возможность накопления маршрутов с последующим их заданием;
- автоматическое переключение разрешающего сигнала на запрещающий при выходе состава за светофор;
- автоматическую разделку маршрута после освобождения блок-участка;
- автоматический выбор маршрута;
- невозможность одновременного задания «враждебных» маршрутов;

- очередность заданий (предпочтение) маршрутов при нескольких запрошенных (накопленных) маршрутах;
- автоматический перевод приводных стрелок в маршрутах;
- автоматическое открытие разрешающего мигающего сигнала при наличии в маршруте стрелок, еще не переведенных в необходимое положение;
- подачу команды на включение предохранительной сигнализации «Берегись локомотива» с момента включения разрешающего сигнала до момента разделки маршрута;
- возможность одновременного задания нескольких «невраждебных» маршрутов;
- отмену маршрута.

19.3 Управление стрелочными переводами

Для дистанционного и автоматического управления стрелочными переводами служат стрелочные приводы. В системах рудничной СЦБ (система сигнализации, централизации и блокировки) применяются три типа стрелочных переводов: моторные, электромагнитные (соленоидные) и гидравлические.

Наиболее широкое распространение получил привод моторный стрелочный ПМС-4, предназначенный для автоматического, дистанционного и централизованного управления стрелками, а также и сигнализации положения стрелочного перевода.

Привод ПМС-4 состоит из двух основных частей: электродвигателя с буфером и фиксирующего устройства. Асинхронный короткозамкнутый электродвигатель мощностью 0,75 кВт с буфером вмонтирован в цилиндрический корпус. Контроль положения штока, усилие поджатия остряков, отключение электродвигателя осуществляется фиксирующим устройством.

Техническая характеристика привода ПМС-4 приведена в таблице 19.1.

Электромагнитный (соленоидный) стрелочный привод ПСС-4 содержит две основные части:

- электромагнит;
- блок фиксирующего устройства.

Время срабатывания электромагнита составляет 0,7 сек.

С помощью болтов и фланцев электромагнит крепится к блоку фиксирующего устройства, в котором смонтированы: собственно устройство, контактная группа с механизмом, регулирующим замыкание и размыкание контактов, и механизм ручного перевода.

При подаче питания на катушку электромагнита сердечник втягивается внутрь катушки на 80 мм и на это же расстояние перемещается шток. Пружинный фиксатор соответственно положению штока переходит через «мертвую» точку. В данном положении он воздействует на шток с усилием 500÷700Н. Под действием этого усилия, а также сил инерции движущихся масс стрелка перемещается еще на 40 мм.

Техническая характеристика привода ПМС-4

№ п/п	Наименование характеристики	Значение параметра
1.	Номинальное напряжение цепи, В:	
	— питание двигателя привода	127, 660
	— управления	36
2.	Номинальное тяговое усилие на штоке, Н	1200
3.	Ход штока, мм	120
4.	Число включений штока в минуту	15
5.	Время перевода, сек	0,8
6.	Исполнение по уровню и виду взрывозащиты	РВ, ЗВ
7.	Основные размеры, мм:	
	— длина	780
	— ширина	400
	— высота	330
8.	Масса, кг	110

Для дистанционного перевода стрелок в шахтах, опасных по газу и пыли, может применяться пневматический привод.

Привод крепят на шпалы. Пневмоцилиндр привода располагается в специальном углублении, в почве выработки. Пульт управления подвешивают на кронштейне на расстоянии 15-20 м от стрелочного перевода. При перемещении рукоятки управления сжатый воздух поступает в одну из полостей пневмоцилиндра и шток переводит стрелку. Крайнее положение фиксируется пружинным фиксатором. При прекращении воздействия на рукоятку она возвращается в центральное положение, и доступ воздуха в пневмоцилиндр прекращается. Сжатый воздух, находящийся в пневмоцилиндре, выходит через выхлопное отверстие пульта управления. Основные параметры привода приведены в таблице 19.2

Дистанционное управление стрелочными переводами с движущего электровоза позволяет увеличить производительность электровозного транспорта и повысить безопасность движения.

Для этой цели промышленностью выпускается несколько комплектов аппаратуры в исполнении РВ (ЧУС-3 и ЛСПМ) и РН (АПС-1Л).

Таблица 19.2

Основные параметры привода

№ п/п	Наименование параметров	Значение параметров
1.	Диаметр поршня, не менее, мм	80
2.	Ход поршня, мм	70-160
3.	Сила, развиваемая поршнем при давлении воздуха в сети 0,4 МПа, кН	2
4.	Сила прижатия острия фиксаторами, не менее, кН	1,2

Аппаратура частотного управления стрелками ЧУС-3 предназначена для работы на электровозном транспорте угольных шахт, опасных по газу и пыли. Схема и конструкция аппаратуры позволяют использовать её в устройствах автоматической блокировки и электрической централизации стрелок и сигналов.

В комплект аппаратуры входят:

- аппарат задания маршрута АЗМ-2;
- блок приемника сигналов БПС-14;
- две рамочные антенны АР-1;
- генератор переносный ГПИ-2;
- указатель сигнальный световой ССУ-2;
- пускатель привода ППВ-2;
- привод моторный стрелочный ПМС-4;
- кнопка местного управления КМУ (КУВ-3).

Аппарат АЗМ-2 (рис. 19.3) служит для генерирования и излучения с помощью антенны АР-1 электромагнитных волн различной частоты в устройствах перевода стрелок с движущего электровоза и в устройствах сигнализации.

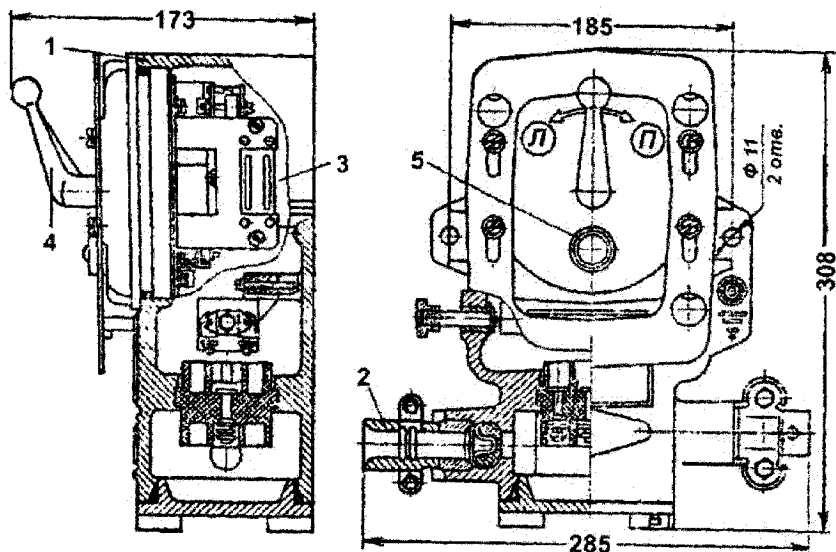


Рисунок 19.3 Аппарат задания маршрута АЗМ-2:

1 — корпус; 2 — ввод; 3 — генератор сигналов; 4 — переключатель частоты сигналов; 5 — светящийся глазок.

Аппарат представляет собой корпус — 1 с вводом — 2, в котором размещены генератор сигналов — 3 и переключатель частоты сигналов — 4.

Рукоятка переключателя выведена на лицевую сторону и имеет три положения: среднее, левое «Л» и правое «П». При установке рукоятки переключателя в среднее положение генератор выдаёт сигналы с частотой 26 кгц, в «левое» — 14 кгц и в «правое» — 20 кгц.

Визуальный контроль исправности работы генератора сигналов осуществляется с помощью светящегося глазка — 5.

Блок БПС-14 предназначен для приема высокочастотных электромагнитных колебаний от антенны АР-1, усиления этих колебаний и передачи команды на включение пускателя привода.

Антенна АР-1 (рис. 19.4) используется для передачи высокочастотных электромагнитных колебаний от генератора или их приема и передачи для усиления в блок БПС.

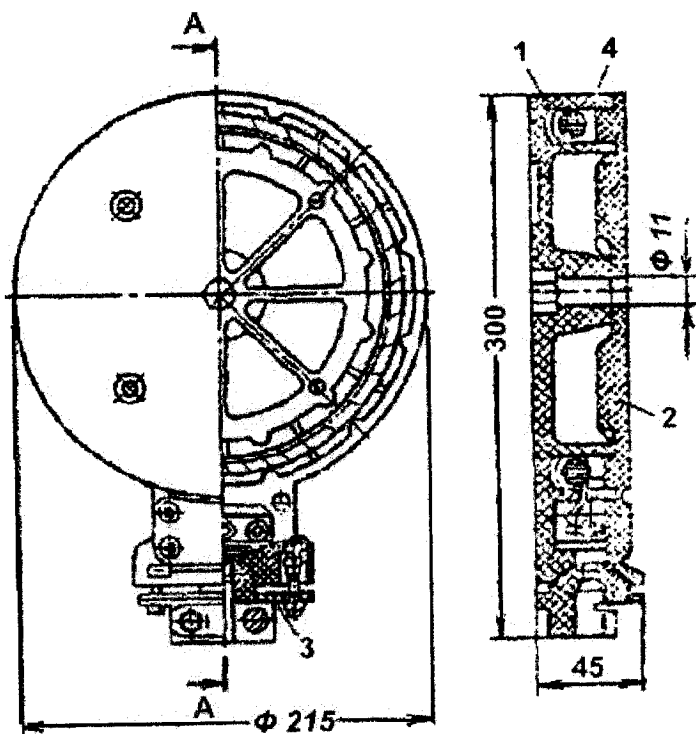


Рисунок 19.4 Антенна рамочная АР-1:

1 — корпус из прессматериала; 2 — крышка; 3 — кабельный ввод;
4 — катушка.

Генератор ГПИ-2 применяется для наладочных работ в процессе монтажа и эксплуатации аппаратуры ЧУС-3.

На крышке генератора установлены:

- тумблер для переключения частот;
- кнопка для включения генератора в работу;
- розетка для заряда батареи.

Внутренний монтаж генератора залит эпоксидной смолой.

Указатель ССУ-2 служит для двусторонней подачи световых сигналов о положении перьев стрелочного перевода.

Привод ПМС-4 используется для дистанционного и автоматического управления и сигнализации положения стрелочного перевода.

Привод содержит электродвигатель мощностью 1,2 кВт, напряжением до 660 В и фиксирующее устройство.

Пускатель ППВ-2 предназначен для управления стрелочным переводом ПМС-4. Он представляет собой блок, в котором размещены блокировочный

разъединитель, пусковая аппаратура для включения асинхронного двигателя напряжением до 660 В и защитная аппаратура. На крышке пускателя имеются кнопки взвода теплового реле и проверки реле утечки, а также смотровое окно.

В таблице 19.2 даны наименования аппаратов, места установки, масса и габариты.

Основными элементами системы подачи и приема сигналов управления аппаратуры ЧУС-3 являются аппарат АЗМ и блок приема сигналов БПС.

Схема аппарата АЗМ-2 (рис. 19.5) основана на использовании генератора сигналов на триоде Т.

Таблица 19.2

Места установки аппаратов ЧУС-3, их габариты и масса

№ п/п	Наименование	Наименование аппаратов					
		АЗМ-2	БПС-14	АР-1	ССУ-2	ППВ-2	ПМС-4
1.	Места установки	В кабине электровоза	На стенке выработки	Задающая на электровозе, приемная — между шпалами	У стрелочного перевода	В выработке	На шпалах у стрелки
2.	Габариты, мм:						
	длина	285	285	300	300	520	780
	ширина	173	156	215	260	760	400
	высота	308	308	46	295	750	352
3.	Масса, кг	17	17	2	14	135	100

Через антенну АР электромагнитные волны излучаются в определенном направлении и принимаются антенной блока приемника сигналов БПС (рис. 19.6)

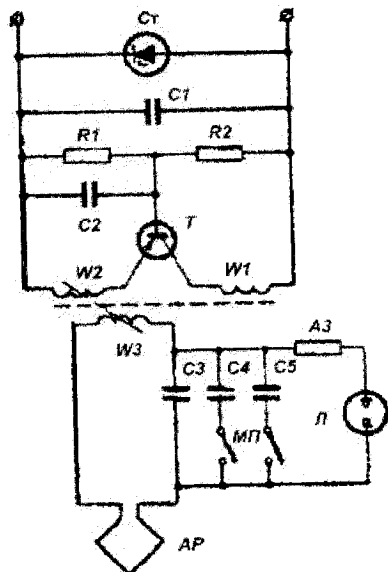


Рисунок 19.5 Электрическая схема аппарата задания маршрута АЗМ-2

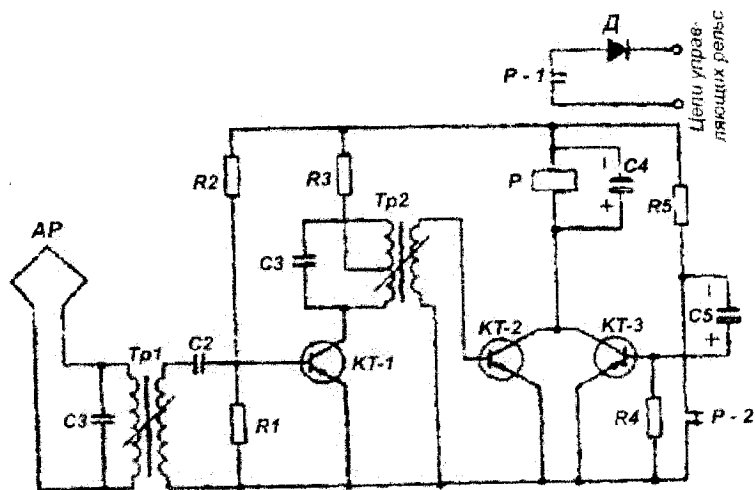


Рисунок 19.6 Электрическая схема высокочастотного приемника сигналов БПС

При поступлении сигнала триод КТ-1 будет открываться и закрываться с частотой проходящего сигнала. Если частота принятого сигнала близка к частоте колебательного контура Тр2-С3, то на выходе трансформатора Тр2 образуется сигнал максимального напряжения, который усиливается триодом КТ-2. В этом случае включается реле Р, которое своим контактом Р-1 замыкает цепи стрелочных управляющих реле.

При замыкании контактов Р-2 образуется цепь разряда конденсатора С5, при разряде которого открывается триод КТ-3. Это обуславливает выдачу сигнала такой длительности, при которой происходит надежное срабатывание стрелочных управляющих реле.

На рис. 19.7 приведена блок-схема аппаратуры ЧУС-3.

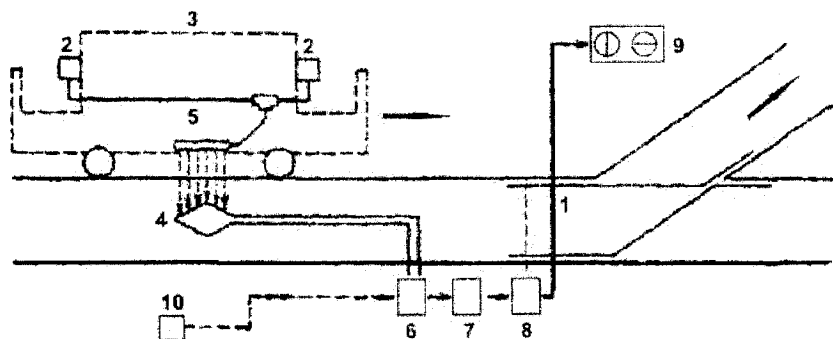


Рисунок 19.7 Блок-схема аппаратуры ЧУС-3:

- 1 — стрелка; 2 — аппарат АЗМ-2; 3 — электровоз; 4 — приемная антенна;
 5 — задающая антенна; 6 — приемник сигналов БПС — 14; 7 — пускатель ППВ-2;
 8 — привод ПМС -4; 9 — табло ССУ-2; 10 — кнопочный пост КУВ-3.

Машинист электровоза, подъезжая к стрелке — 1, должен повернуть рукоятку переключателя на аппарате — 2 (АЗМ-2) в положение «Л» и удерживать её в этом положении до тех пор, пока электровоз — 3 не проедет над приемной антенной — 4. Генератор аппарата — 2 генерирует через задающую антенну — 5 электромагнитные колебания частотой 15 кгц.

Сигнал, принятый антенной — 4, усиливается приемником сигналов — 6 (БПС-14) до величины, необходимой для срабатывания его выходного реле. После этого сигнал поступает в пускатель — 7 (ППВ-2), в котором включаются стрелочные управляющие реле и контактор, который в свою очередь, подключает привод — 8 (ПМС-4) к питающей сети и осуществляет перевод стрелок. При этом на табло — 9 (ССУ-2) изменяются световые сигналы, указывающие положение стрелочного перевода — 1.

Перевод стрелок может быть осуществлен и с помощью кнопочного поста — 10 (КУВ-3), установленного на стенке выработки.

Двигатель привода стрелок рассчитан на повторно-кратковременный режим работы при числе включений в минуту не более — 15 и защищен от длительного пребывания под током (в случае заклинивания тяги и в связи с этим несрабатывания концевого выключателя) с помощью теплового реле с регулируемой уставкой отключения.

Для контроля изоляции электрических цепей сигнализации используется реле утечки УАКИ-127.

Аппаратура ЧУС-3 выпускалась Конотопским заводом «Красный металлист».

Аппаратура ЛСПМ состоит из:

- привода соленоидного ВСП -2;
- блока управления ВБУС;
- реле РВЦ;
- концевого выключателя ВВ-5;
- светофора двузначного ССУ-2.

Привод ВСП-2, устанавливаемый на специальной раме у стрелки, служит для дистанционного или автоматического управления и сигнализации положению стрелочного перевода. Он состоит из двух электромагнитов соленоидного типа, связанных со штоком в виде зубчатой рейки, фиксирующего устройства, концевого выключателя ВВ-5. Привод включается в работу блоком управления ВБУС, преобразующим переменный ток в постоянный для питания соленоидов. Соленоиды защищены от продолжительного нахождения под током и от чрезмерного нагрева тепловыми реле ТРВ, встроенными в блок питания.

Соленоидный привод управляется через реле РВЦ с электровоза с помощью двух тросиков, установленных перед стрелкой, и датчиков.

На рисунке 19.8 приведена электрическая схема аппаратуры ЛСПМ. Приближаясь к управляемой стрелке, машинист по сигналам светофора судит о положении стрелки и при необходимости переводит ее в другое положение: касается датчиком (щеткой) соответствующего тросика, подвешенного на изоляторах вдоль выработки слева и справа. При этом включается реле Р₁ или Р₂ в аппаратуре РВЦ, которое в свою очередь подает команду на включение контакторов К₁ и К₂ блока ВБУС. При этом подается питание на выпрямитель В блока управления ВБУС и выпрямленное напряжение 275В на соленоидный привод ВСП-2.

Привод переводит стрелку в другое конечное положение, фиксируемое контактами ВК₁ и ВК₂ выключателя ВВ-5 и сигналами светофора ЛС₁ и ЛС₂.

Привод ВСП-2 имеет тяговое усилие до 100 кгс, ход штока до 100 мм и время срабатывания 0,3 сек. Габариты привода 1016x450x315мм, масса 190 кг (с аппаратурой).

Блок питания ВСП-2 питает обмотки соленоида ВСП-2 выпрямленным током 22А при напряжении 275В. Габариты блока 555x550x530мм, масса 117 кг.

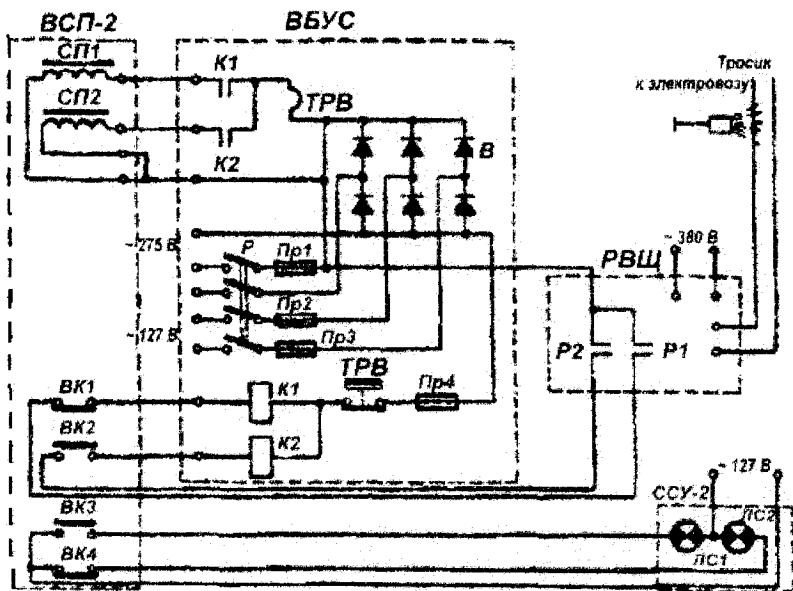


Рисунок 19.8 Электрическая схема аппаратуры ЛСПМ

Остальные элементы комплекса (реле РВЩ, выключатель ВВ-5, светофор ССУ-2) выпускались серийно. Аппаратуру ЛСПМ выпускал Ворошиловградский завод «Углеприбор».

Аппаратура АПС-1Л предназначена для дистанционного управления переводом стрелок с движущегося контактного электровоза или пульта диспетчера в системах СЦБ.

В состав комплекса входят:

- соленоидный привод ВСП;
- релейно-контакторный ящик РКЯ-1М;
- шунтовые салазки;
- двузначный светофор;
- комплект установочной аппаратуры.

В аппаратуре используется тот же соленоидный привод ВСП, что и в аппаратуре ЛСПМ. Управляют приводом через релейно-контакторный ящик РКЯ-1М с электровоза при помощи пантографа и шунтовых салазок, которые крепятся на контактном проводе перед стрелками с двух сторон.

В ящике РКЯ-1М установлены контакторы для включения привода ВСП, предохранители для защиты силовой цепи и цепей управления, тепловые реле ТРВ-1 для защиты соленоидных катушек от перегрева и блокировочный разъединитель БР. Габариты ящика 650x540x290 мм, масса 47 кг.

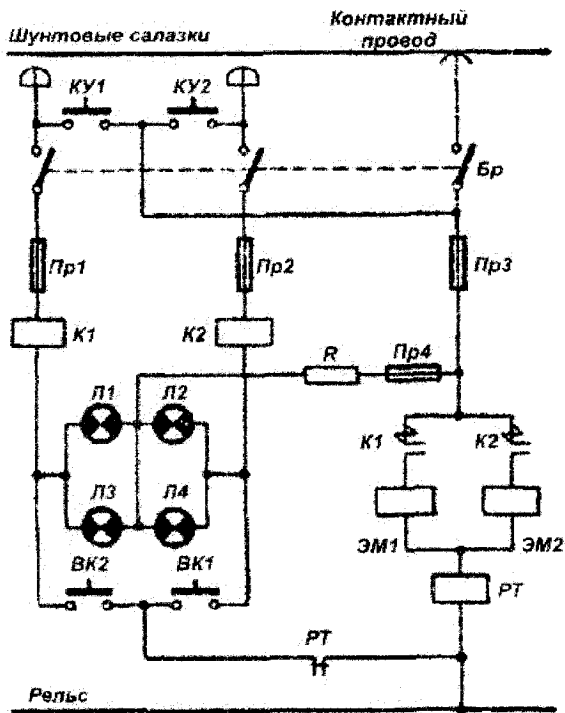


Рисунок 19.9 Электрическая схема аппаратуры АПС-1Л

На рисунке 19.9 приведена схема аппаратуры АПС-1Л. Машинист электровоза, подъезжая к управляемой стрелке, определяет положение стрелочного перевода по сигналам светофора Л1-Л4.

В зависимости от того, в какое направление нужно переводить стрелку, машинист электровоза, проезжая шунтовые салазки, должен или оставить пантограф в нормально поднятом положении (при этом он коснется шунтовых салазок, закрепленных около троллейного провода), или опустить его, если стрелку переводить не нужно. Через салазки (в системах диспетчерского управления стрелками через кнопки КУ1 и КУ2) напряжение контактной сети подается к контакторам К1 и К2, которые включают соленоидные катушки ЭМ1 или ЭМ2.

Блокировочный разъединитель БР служит для включения и отключения цепей и блокировки крышки в рабочем положении.

Конечные выключатели ВК1 и ВК2 размыкают свои контакты, когда острия стрелки прижаты к рамному рельсу в том или ином положении.

Установка соленоидного привода осуществляется таким же образом, как и в аппаратуре ЛСПМ. Релейно-контакторный ящик устанавливается в нише.

После установки и монтажа аппаратуры ее многократно проверяют на работоспособность.

В случае несрабатывания привода следует изменить полюс соленоидных катушек.

Аппаратура АПС-1Л выпускалась Луганским заводом «Углеприбор».

В настоящее время заводом выпускаются следующие типы аппаратуры:

— **аппарат АБСС.1М**, предназначенный для автоматизированного управления сигналами светофора и приводами стрелочных переводов на блок-участках подземного рельсового транспорта шахт средней и малой производительности, имеющих не более восьми маршрутов и четырех приводных стрелок;

— **комплект КДРТ.1** предназначен для управления стрелочными переводами из кабины движущегося локомотива на подземном рельсовом транспорте.

19.4 Сигнализация и связь на транспорте

Производительная и безопасная работа всех звеньев локомотивной откатки угольных шахт зависит от своевременности и степени полного информационного обеспечения диспетчеров, горных мастеров, машинистов локомотивов, операторов погрузочных и перегрузочных пунктов, а также от формы предъявления сообщений.

Все откаточные выработки с локомотивной откаткой должны оснащаться рельсовыми знаками и сигналами, выполненными и размещенными в соответствии с требованиями Правил, [8].

Представление сообщений в зависимости от их назначения, необходимой продолжительности и протяженности зоны действия осуществляют:

— сигналами (оперативными командами, экстренными предупреждениями, контрольно-осведомительной информацией);

— знаками (запрещающими, предупреждающими, предписывающими, указательными) (рис. 19.10 и 19.11);

— транспарантами и трафаретами (рис. 19.12).

Предусматривают применение световой и звуковой сигнализации.

Световыми сигналами регулируют движение на локомотивном подземном транспорте, дублируют звуковые предупредительные сигналы (при неблагоприятной шумовой обстановке); на прямолинейных участках выработок подают оперативные команды.

Световые сигнальные табло (рис. 19.13) и транспаранты, используемые для представления контрольно-осведомительной информации операторам погрузочных, разгрузочных и обменных пунктов (узловых пунктов),

размещаются таким образом, чтобы они находились в поле зрения и вместе с тем не создавали препятствия обзору пункта.

Световые сигнальные указатели операторам узловых пунктов устанавливаются на противоположной стенке выработки в поле зрения оператора, а не в нише, чтобы избежать возникновения слепящего эффекта.

Звуковой сигнал должен быть слышен на всем участке горного оборудования (в зоне действия толкателя и т.п.) [7].

Запрещающие знаки — знаки, запрещающие выполнять определенное действие.

Предупреждающие знаки — знаки, предназначенные для предупреждения возможной опасности.

Предписывающие знаки — знаки, предписывающие выполнение определенных действий для обеспечения безопасности производственной деятельности.

Указательные знаки предназначены для указания местонахождения различных объектов и устройств, пунктов медицинской помощи и переключения в самоспасатели, а также мест стоянки (остановки) локомотива и конца контактного провода.

Транспаранты и трафареты предназначены для запрещения каких-либо действий и предупреждения об опасности.

Основные знаки безопасности для подземного транспорта:

- «Въезд запрещен»;
- «Проезд без остановки запрещен»;
- «Ограничение скорости»;
- «Отмена ограничений».

Они аналогичны знакам, применяемым на автодорожном транспорте.

Общие знаки:

- «Вход (проход) запрещен»;
- «Осторожно! Опасность взрыва»;
- «Осторожно! Электрическое напряжение».

Вместе с тем, в свод единых знаков входят некоторые дополнительные знаки, потребность в которых обусловлена спецификой работ в подземных горных выработках с локомотивной откаткой, например «Сцепляй (расцепляй) здесь!», «Дай сигнал», «Конец контактного провода» и др.

На шахтах с учетом конкретных условий при возникновении необходимости могут применяться дополнительные знаки, определяемые главным инженером шахты по согласованию с участковым горнотехническим инспектором.

Не рекомендуется устанавливать в одной точке пути более двух знаков и располагать их по длине выработки с интервалом менее 15 метров.

Если на участке пути имеется несколько опасностей, требующих от человека одинаковых ответных действий, допускается установка одного предупреждающего знака «Внимание!».

Схемы расстановки знаков безопасности на шахтном подземном транспорте должна составлять комиссия под руководством главного инженера шахты с участием представителей технической инспекции профсоюза рабочих угольной промышленности, районной горнотехнической инспекции, которые утверждаются руководством вышестоящего органа управления.

Размещение знаков безопасности в выработках должно быть таким, чтобы изображение на знаках было отчетливо видно с расстояния 20 метров.

Схемы расстановки знаков безопасности в процессе эксплуатации должны пересматриваться не реже одного раза в год и учитывать развитие горных работ на этот период.

Знаки: «Въезд запрещен», «Вход запрещен», «Ремонтные работы», «Ограничение скорости» («Тихий ход»), «Внимание!», «Въезд дизелевозов запрещен», «Производят взрывание», «Отказ» при наличии производственной необходимости должны устанавливать работники шахт в оперативном порядке дополнительно к утвержденной схеме.

Предупреждающие знаки



Указательные знаки



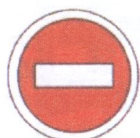
Запрещающие знаки



Рисунок 19.10 Путьевые и сигнальные знаки

1 — конец кривой; 2,3 — начало кривой; 4 — пересечение путей;
 5 — погрузочный пункт; 6 — стрелочный перевод; 7 — начало торможения;
 8 — осторожно — движение людей; 9 — ограждение места ремонтных работ; 10 — сигнал; 11 — участок пути, требующий ремонта; 12 — участок выработки, требующий ремонта; 13 — спуск; 14 — подъем; 15 — вентиляционная дверь; 16 — прочие опасности; 17 — берегись провода; 18 — под напряжением, опасно для жизни; 19 — к стволу; 20 — на ходок; 21 — запасный выход; 22 — телефон; 23 — наименование участка; 24 — номер пикета; 25 — телефонный аппарат; 26 — медицинский пункт; 27 — наименование выработки; 28 — закрой дверь; 29 — заземлено; 30 — назначение аппарата распределительного устройства; 31 — назначение низковольтного аппарата; 32 — указатель величины высокого напряжения; 33 — вход (проход) запрещен; 34 — производят взрывание; 35 — отказ; 36 — ограничение скорости; 37 — въезд запрещен; 38 — конец ограничений; 39 — работают люди; 40 — вход посторонним запрещен.

1. Запрещающие знаки



1.1



1.2



1.3



1.4



1.5



1.6



1.7



1.8



1.9



1.10

2. Предупреждающие знаки



2.1



2.2



2.3

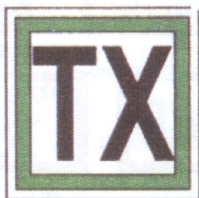


2.4



2.5

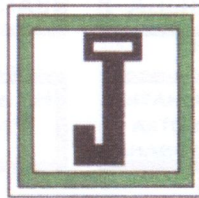
3. Предписывающие знаки



3.1

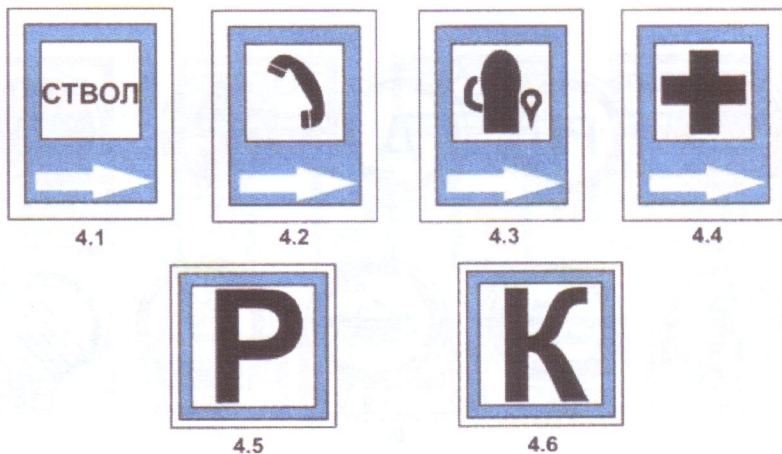


3.2



3.3

4. Указательные знаки



- Рисунок 19.11 Запрещающие, предупреждающие, предписывающие и указательные знаки:
- 1.1 — въезд запрещен; 1.2 — въезд электровоза в исполнении «РП» запрещен; 1.3 — въезд дизелевоза запрещен; 1.4 — проезд без остановки запрещен; 1.5 — ограничение скорости; 1.6 — вход (переход) запрещен; 1.7 — вход посторонним запрещен; 1.8 — производят взрывание; 1.9 — отказ; 1.10 — отмена ограничения.
- 2.1 — уклон пути; 2.2 — ремонтные работы; 2.3 — внимание; 2.4 — Осторожно! Опасность взрыва; 2.5 — Осторожно! Электрическое напряжение.
- 3.1 — тихий ход; 3.2 — дай сигнал; 3.3 — сцепляй (расцепляй) здесь.
- 4.1 — указатели выработок и направлений к запасным выходам; 4.2 — телефонный аппарат; 4.3 — пункт переключения в резервные самоспасатели; 4.4 — медицинский пункт; 4.5 — место стоянки (остановки) локомотивов; 4.6 — конец контактной подвески.



Рисунок 19.12 Транспаранты и трафареты:

- 5.1 — берегись контактного провода; 5.2 — езда запрещена; 5.3 — вход запрещен; 5.4 — выработка, оборудованная напочвенной дорогой; 5.5 — не включать! Выработка загазирована; 5.6 — не включать! Работают люди; 5.7 — указание наличия высокого напряжения; 5.8 — назначение аппарата распределительного устройства или низковольтного аппарата.


Цвет фона и контуры изображения, шрифт надписей на знаках безопасности должны соответствовать требованиям ГОСТа «Єдині вимоги до сигналів і знаків у підземних виробках і на шахтному транспорті» и изготавливаются в соответствии с правилами, приведенными в этих нормативных документах [8].


Условные обозначения средств сигнализации, автоматики и связи на схемах подземного транспорта представлены на следующих рисунках:

- звуковые сигнальные приборы (рис. 19.14);
- аппараты связи (рис. 19.15);
- датчики и включающие устройства (рис. 19.16).


Знаки для предъявления сообщений на пультах операторов погрузочных, разгрузочных и обменных пунктов представлены на рис. 19.17.


Обозначения средств сигнализации, автоматики и связи на схемах путевого развития подземного транспорта (приведены ниже на рис. 19.13, 19.14, 19.15, 19.16)


 — светофор двухстороннего действия с сигнальными огнями зеленого и красного цвета


 — светофор двухстороннего действия с сигнальными огнями желтого и синего цвета (указатель положения стрелочного перевода)

 — указатель маршрутный

 — лампа сигнальная

 — световое табло (светознак, транспарант)

 — световое табло на несколько сигналов

 — огонь сигнальный мигающий

  — контрольные огни на аппаратах управления

Рисунок 19.13 Световые сигнальные приборы

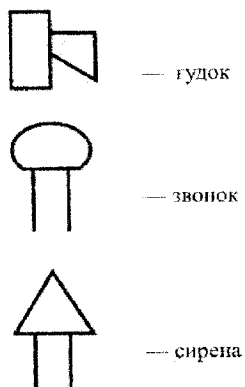


Рисунок 19.14 Звуковые сигнальные приборы

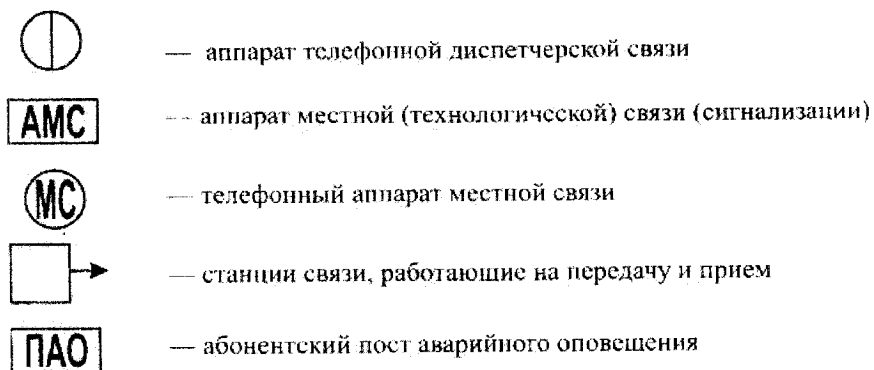


Рисунок 19.15 Аппараты связи








	— датчик путевой
ДПС	— датчик перемены сигнала
ДЗ	— датчик запроса
ДО	— датчик отбоя
ДП	— датчик предельного заполнения ветви пункта вагонетками
ДНС	— датчик наличия состава вагонеток в определенном месте (например, на толкателе)
	— кнопочный пост
	— тяговый включатель

Рисунок 19.16 Датчики и включающие устройства

	— запрос разрешения въезда на территорию пункта
	— уведомление о постановке состава вагонеток на территорию пункта
	— разрешение машинисту локомотива на возобновление работ по погрузке (разгрузке) составов, на пункте
	— бункер не заполнен

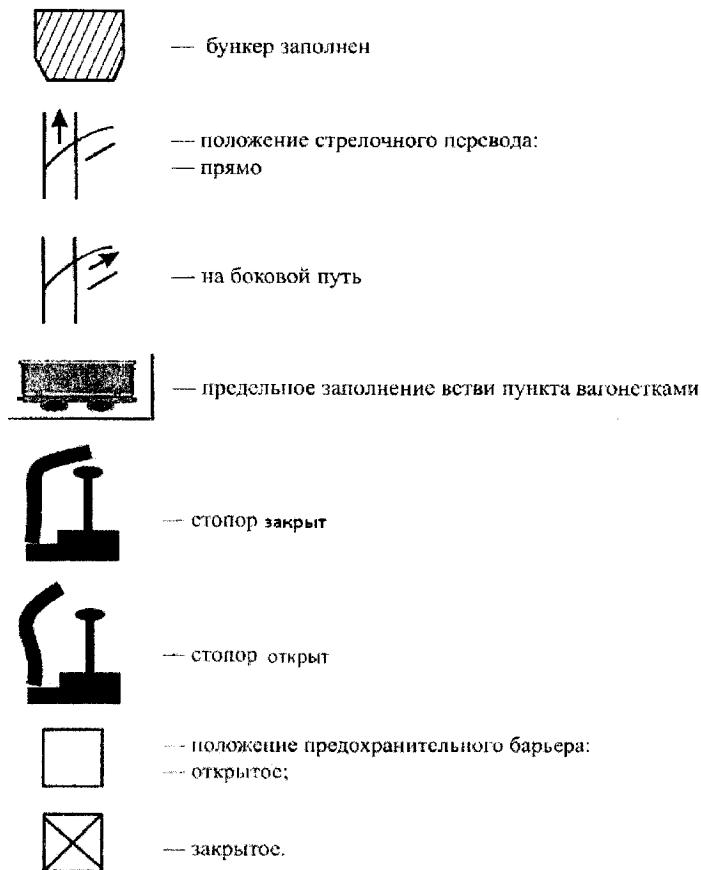


Рисунок 19.17 Знаки для предъявления сообщений на пультах операторов погрузочных, разгрузочных и обменных пунктов

Примеры расстановки средств сигнализации и связи на погрузочных пунктах приведены на рисунках 19.18; 19.19 и 19.20.

Пример 1. Стационарный погрузочный пункт в однопутевой выработке с обменной разминожкой под погрузкой (рис. 19.18)

Машинист локомотива останавливает поезд перед светофором С-1 у знака «Проезд без остановки запрещен». С помощью аппарата местной связи или сигнализации (АМС) машинист локомотива запрашивает у оператора разрешение на подачу порожняка либо на транзитное проследование. При включении оператором на входном светофоре С-1 разрешающего зеленого света машинист ведет состав по обходному пути за стрелочный перевод СП-2 до расположения локомотива против знака «Место стоянки (остановки)

локомотива». Следуя по обходному пути и подъезжая к нише оператора по предписанию путевого знака «Дай сигнал», машинист подает предупредительный сигнал. По получении этого сигнала оператор переключает зеленый свет светофора С-1 на красный.

При возникновении необходимости остановки состава во время его движения «толчком», т.е. в процессе заталкивания состава, оператор может включить звуковую сигнализацию (гудок Г).

При постановке состава на толкатель оператор включает на светофоре С-4 красный свет, по которому машинист прекращает движение поезда, отцепляет локомотив и по обходному пути выезжает за стрелочный перевод СП-1 до аппарата местной связи или сигнализации (АМС). Запросив у оператора разрешение на подъезд и прицепку к грузеному составу и получив ответный разрешающий сигнал на светофоре С-1, машинист въезжает на грузовую ветвь.

Сформировав поезд, машинист выезжает с территории погрузочного пункта. По пути движения машинист локомотива с помощью поста АМС уведомляет оператора об убытии с территории пункта. Получив данное сообщение, оператор включает на светофоре С-1 красный свет и начинает работы по погрузке нового состава.

Перед включением толкателя подается звуковой предупредительный сигнал (гудки Г).

Если предусматривается транзитное движение, то для получения разрешения с порожняковой стороны пункта устанавливают устройство АМС, светофор и знак «Проезд без остановки запрещен».

Места расположения светофоров и знаков могут уточняться при выполнении проектов с учетом реальных протяженностей ветвей пунктов.

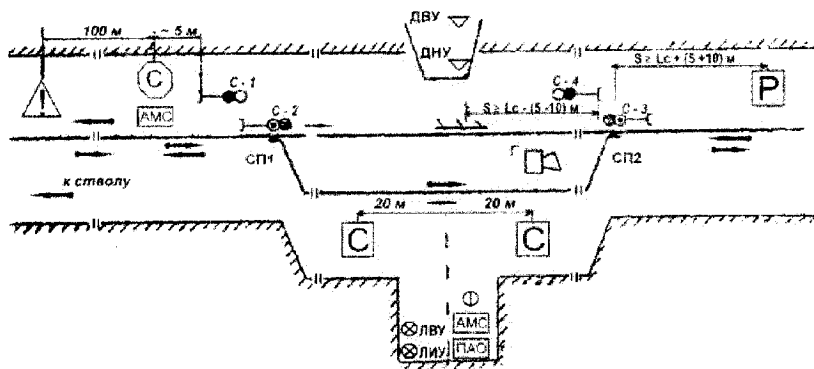


Рисунок 19.18 Схема расстановки средств сигнализации на стационарном погрузочном пункте в однопутевой выработке с обменной разминковкой под погрузкой (L_c — длина состава вагонеток)

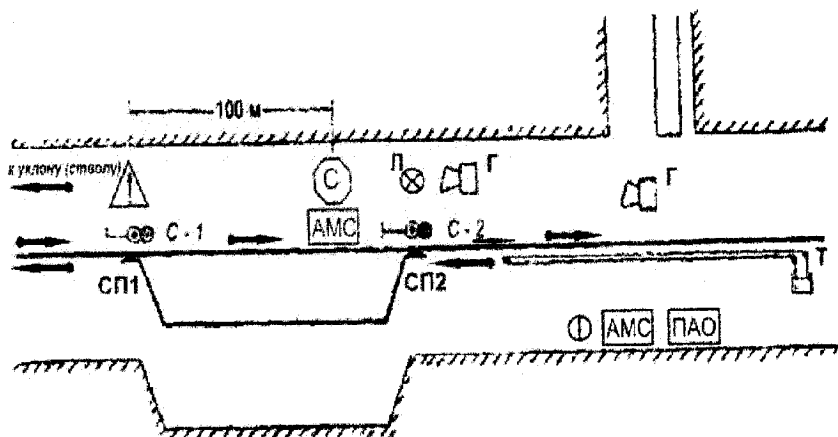


Рисунок 19.19 Схема расстановки средств сигнализации на погрузочном пункте в однопутевой выработке с отстающей разминовкой.

Пример 2. Погрузочный пункт в однопутевой выработке с отстающей разминовкой (рис. 19.19).

Машинист локомотива оставляет состав порожних вагонеток обменной разминовке перед стрелочным переводом СП-2. При помощи аппарата местной связи или сигнализации (АМС) запрашивает у оператора пункта разрешение на проведение обменных работ. Получив ответный разрешающий сигнал (загорается лампа *Л*), подъезжает к груженому составу, прицепляет его к локомотиву и уводит на грузовую ветвь обменной разминовки. После чего машинист переводит локомотив в хвост порожнякового состава и подает его «толкателем» до получения от оператора пункта сигнала остановки (гудки *Г*). Отцепив локомотив от порожнякового состава, машинист возвращается на грузовую ветвь обменной разминовки, прицепляет груженный состав и уводит его к пункту разгрузки.

Оператор пункта выключает лампу — *Л*, переводит толкателем — *Т* вновь прибывший состав вагонеток на порожняковую ветвь погрузочного пункта. Перед пуском толкателя включается звуковая предупредительная сигнализация (гудки *Г* на территории пункта).

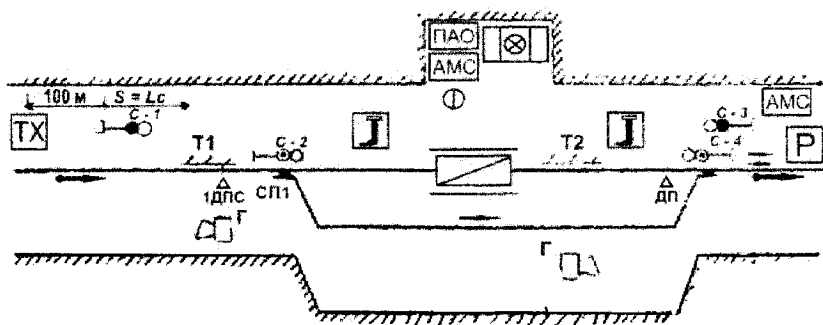


Рисунок 19.20 Схема расстановки средств сигнализации на пункте разгрузки вагонеток с круговым опрокидывателем

Пример 3. Пункт разгрузки вагонеток в круговом опрокидывателе с расстановкой оборудования по схеме Т—О—Т (толкатель — опрокидыватель — толкатель) рис. 19.20.

Машинист локомотива, следуя к пункту разгрузки, при зеленом свете на светофоре С-1 ставит состав на толкатель Т-1, отцепляет локомотив и через стрелочный перевод СП-1 выезжает на обходной путь. При постановке состава на толкатель Т-1 на входном светофоре С-1 (датчиком ДПС) включается красный свет. Проезжая за стрелочный перевод СП-2 до знака остановки, машинист по аппарату местной связи сигнализации (АМС) запрашивает у оператора разрешение на въезд на порожняковую ветвь. После включения оператором пункта зеленого света на светофоре С-3 машинист локомотива подъезжает к составу, формирует поезд и убывает к пункту погрузки. Проезжая мимо поста (АМС), машинист локомотива сообщает оператору об убытии с территории пункта. Получив это сообщение, оператор разгрузочного пункта переключает свет светофора С-3 с зеленого на красный, подает предупредительный сигнал и приступает к разгрузке вагонеток.

Датчик ДП предназначенся для сигнализации оператору пункта о предельном заполнении ветви составом вагонеток. Сигнал подается при предельном заполнении ветви составом вагонеток, оповещая об этом оператора пункта.

Для уведомления машиниста локомотива о постановке состава вагонеток на толкатель рекомендуется устанавливать светофор (или сигнальный светильник), сигнализирующий красным светом о необходимости прекращения подачи состава и о возможности отцепки локомотива.

Рекомендуется оборудовать пункты автоматической сигнализацией убытия сформированного поезда с территории пункта после завершения операций по обмену составов вагонеток.

Согласно требованиям «Правил безопасности у угольных шахтах» [7], каждая шахта должна быть оборудована следующими видами связи и сигнализации:

- а) системой фиксированной связи;
- б) системой общешахтного аварийного оповещения;
- в) участковыми (местными) системами оперативной и предупредительной сигнализации на технологических участках (подъеме, транспорте, очистных забоях и др.).

Телефонные аппараты устанавливаются в соответствии с проектом на всех эксплуатационных участках, основных пунктах откатки и транспортирования грузов, на всех пунктах посадки людей в транспортные средства, во всех электромашиных камерах, ЦПП, распределительных пунктах напряжением свыше 1200В, у стволов, в складах ВМ, в здравпунктах, в выработках подготовительных участков и в местах, предусмотренных планом ликвидации аварии [7].

В оперативной работе диспетчерской службы локомотивной откатки угольной шахты телефонная связь имеет важное значение.

Используя телефонную связь, диспетчер имеет полную информацию о работе локомотивного транспорта, а именно:

- об обеспечении бесперебойного снабжения порожняком всех очистных и подготовительных забоев;
- о своевременной вывозке груза;
- о поддержании неснижаемого запаса порожних вагонеток на всех погрузочных и разгрузочных обменных пунктах;
- об устранении неполадок и задержек в работе подземного транспорта;
- об обеспечении своевременной перевозки людей к месту работы и обратно;
- об обеспечении очистных и подготовительных участков материалами и своевременной доставки оборудования.

Низкочастотная телефонная связь служит для оперативной передачи указаний и распоряжений машинистам локомотивов, горным мастерам УШТ, операторам погрузочных и разгрузочных пунктов.

Телефонная связь диспетчерской службы состоит из:

- пульты с искробезопасным коммутатором телефонной диспетчерской связи с искробезопасными телефонными аппаратами ТАШ;
- пульты управления СЦБ и мнемосхемы (упрощенной схемой транспортной цепи) подземного транспорта диспетчера, связанной с аппаратурой АБСС-1, НЭРПА-1 и др.

Для организации диспетчерской связи на подземном транспорте применяют прямую телефонную громкоговорящую связь диспетчера с подчиненными ему абонентами (а через общешахтную телефонную станцию — и с другими абонентами шахты), а также для приема с поверхности шахты сигнала оповещения и подключения его к абонентам громкоговорящей связи [7].

Аппаратуру громкоговорящей связи устанавливают в камере диспетчера подземного транспорта. Она состоит из пульта настольного исполнения во взрывобезопасной оболочке и устройства взрывозащиты.

В качестве абонентных устройств телефонной связи могут быть использованы телефонные аппараты типа ТАШ, а в качестве устройств громкоговорящей связи — типа ТАК.

При использовании связи машинист запрашивает у диспетчера разрешение на отъезд состава, докладывает о числе вагонов в составе, замеченных неисправностях и неполадках по пути следования и т.д. Диспетчер с помощью связи может дать в любой момент указания различной формы и содержания любому машинисту локомотива и операторам погрузочных пунктов и опрокидывателей околоствольных дворов.

Контрольные вопросы

1. Построение графиков движения
2. Как определить время движения?
3. Когда применяют двухпутные схемы?
4. Расшифруйте сокращение СЦБ
5. Что означает отсутствие сигнала светофора?
6. Назначение путевых датчиков
7. Назначение устройств СЦБ
8. Виды стрелочных переводов
9. Принципы управления стрелками ЧУС – 3
10. Пояснить работу схемы рис.19.7
11. Виды сигнальных знаков
12. Пояснить расстановку знаков на рис. 19.18

ЛИТЕРАТУРА

1. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України / ред. А. К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005. – 512 с.
2. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник [та ін.]. – К.: Вид. Інституту електродинаміки НАН України, 2011. – 275 с.
3. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009-2010 гг.: Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004-2011 гг. / Е. К. Бабец, Л. А. Штанько, В. А. Салганик [и др.]. – Кривой Рог: Видавничий дім, 2011. – 329 с.
4. Шахтный подземный транспорт: Справочное издание. / Под общ. ред. Б. А. Грядущего. – Донецк: 2013 – 480с.
5. Системы управления шахтным электровозным транспортом. / О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, Н. И. Шулин, П. К. Саворский. – Киев: Техніка, 1985. – 198 с.
6. СОУ 10.1. 00185790. 007:2006. Транспорт шахтный локомотивный. Перевезення людей і вантажів в виробках з ухилом колії від 0,005 до 0,05. – К., 2006. – 47 с.
7. НПАОП 10.0. – 1.01 – 05. Правила безпеки у вугільних шахтах. – Луганськ: Копіцентр, 2005. – 196 с.
8. СОУ 10.1. – 00185790 – 002 – 2005. Правила технічної експлуатації вугільних шахт. – К., 2006. – 353 с.
9. Волотковский С. А. Рудничная электровозная тяга. М.: Недра, 1981. – 389с.
10. Транспорт на горных предприятиях. / Под ред. Б. А. Кузнецова. М.: Недра, 1976. – 552с.
11. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода. М.: Энерг., 1981. – 576с.
12. ГОСТ 12.2.112 – 86. Транспорт рудничный электровозный. Общие требования безопасности к подвижному составу. – М., 1986. – 10 с.
13. Радин В. И., Брускин Д. Э., Зорохович А. Е. Электрические машины. Асинхронные машины. – М.: ВП, 1988. – 328 с.
14. Инструкция по эксплуатации тяговых двигателей. – Харьков, ПАО «Электромашина».
15. Информационные материалы фирмы ASEA, Швеция.
16. Богаенко И. Н. Контроль температуры электрических машин. К.: Техника, 1975. – 176 с.
17. Системы управления рудничным электровозным транспортом. / О. Н. Синчук, Т. М. Беридзе, Э. С. Гузов и др. – М.: Недра, 1993. – 255с.

18. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов. / Под ред. О. Н. Синчука. – Киев, Инст. эл-динамики НАНУ, 2006. – 251 с.

19. Пивняк Г. Г., Волков А. В. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. Днепропетровск: НГУ, 2006. – 470 с.

20. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии в структурах электроприводов. / Под ред. О. Н. Синчука. – Кременчуг, 2008. – 88 с.

21. Костенко М. П., Пиотровский Л. М. Электрические машины, ч. 1.2. Л.: Энергия, 1972, 1973. – 543, 648 с.

22. Осипов С. И. Основы электрической и тепловозной тяги. М.: Транспорт, 1985. – 408 с.

23. Ящики батарейные взрывобезопасные типа АБВ и 2АБВ. Техническое описание и руководство по эксплуатации. Донецк: ЧАО ПКФ «Амплитуда», 2012. – 20 с.

24. Выключатели автоматические батарейные ВАБ. Руководство по эксплуатации. Донецк: ЧАО ПКФ «Амплитуда», 2010. – 30 с.

25. Контроллер транзисторный взрывобезопасный КТВ-2. Руководство по эксплуатации. Донецк: ЧАО ПКФ «Амплитуда», 2010. – 21 с.

26. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт. / ИГД им. Скочинского. – М., 1984. – 347 с.

27. Збірник інструкцій до правил безпеки у вугільних шахтах: Керівний нормативний документ у 2-х томах. – Т2. – К.: Мінпаливенерго, 2000. – 416 с.

28. Электробезопасность рудничной откатки. / Синчук О. Н., Гузов Э. С., Ликаренко А. Г., Животовский А. Г. – К.: Техника, 1988. – 188 с.

29. Тяговый двигатель типа СТК-45УХЛ5 для рудничных электровозов. Руководство по эксплуатации. Смелявский электромеханический завод, 2014. – 15 с.

30. Информационные материалы предприятия «Амплитуда». www.amplituda-zvd.com.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

1. Технические характеристики шахтных электровозов приведены в таблицах 1, 2, 3.

2. Условные обозначения шахтных локомотивов.

2.1 Условные обозначения шахтных аккумуляторных электровозов включают (табл. 1):

Цифра слева от буквенного — обозначение сцепного веса индекса электровоза в тоннах.

Цифра справа от буквы — обозначение конструктивного исполнения электровоза.

Буквенные обозначения расшифровываются следующим образом:

А	— аккумуляторный;
Р	— рудничный;
П	— повышенной надежности;
В	— взрывобезопасный;
М	— модернизированный;
У	— унифицированный;
Э	— электровоз.

Пример условного обозначения электровозов:

4,5АПП2 — аккумуляторный рудничный повышенной надежности электровоз, с сцепным весом 4,5т; второго конструктивного исполнения.

5АРВ1 — аккумуляторный рудничный взрывобезопасный электровоз, с сцепным весом 5т; первого конструктивного исполнения.

Единой системе обозначений не соответствует обозначение электровозов АМ8-1; АМ8-2; АМ8Д и 2АМ8Д.

В данном случае на сцепной вес в тоннах указывает первая цифра после букв; вторая цифра указывает на конструктивное исполнение, а букву «Д» у электровозов АМ8Д и 2АМ8Д следует понимать как электровоз «Дружковский».

Примеры условного обозначения:

АМ8-1 — аккумуляторный электровоз модернизированный, сцепным весом 8т; первого конструктивного исполнения;

АМ8Д — аккумуляторный модернизированный электровоз, сцепным весом 8т «Дружковский»;

2АМ8Д — цифра — 2 — обозначает спаренный электровоз АМ8Д, т. е. спаренный аккумуляторный модернизированный электровоз, сцепным весом 2х8т (16т) «Дружковский».

В электровозах АРП-7, АРВ-7, АРП10, АРП-14, АРП-28 на сцепной вес в тоннах указывает цифра после буквенного обозначения.

Например:

АРП-7 — аккумуляторный рудничный, повышенной надежности электровоз, сцепным весом 7т.

Условное обозначение электровозов АРП8Т, А8 и В8

АРП8Т — аккумуляторный рудничный повышенной надежности, сцепным весом 8 тонн, с транзисторной системой управления.

А8-900У5 — аккумуляторный электровоз рудничный, повышенной надежности, сцепным весом 8 тонн, на колею 900 мм, исполнения У, категория размещения — 5.

В8-900У5 — аккумуляторный электровоз рудничный, взрывобезопасный, сцепным весом 8 тонн, на колею 900 мм, исполнения У, категория размещения — 5.

Условное обозначение аккумуляторного электровоза ЭРА 900-В9 (П8)



2.2 Условное обозначение шахтных контактных электровозов включает (табл. 2):

Цифра слева от буквенного индекса — сцепной вес в тоннах;

Цифра справа от буквенного индекса — конструктивное исполнение электровоза;

Буквенные обозначения расфигуровываются следующим образом:

К — контактный;

Р — рудничный;

- Т — с тиристорным управлением тяговых двигателей;
 У — унифицированный;
 М — модернизированный;
 Э — электровоз.

Примеры условного обозначения контактных электровозов:

7КР1У — контактный рудничный электровоз унифицированный, сцепным весом 7 тонн; первого конструктивного исполнения.

В контактных электровозах К10, КТ14, КТ28, К14М на сцепной вес локомотива указывает цифра после буквенного обозначения.

Например:

К14М — контактный модернизированный электровоз, сцепным весом 14 тонн.

ЭК 10Р — электровоз контактный, сцепным весом 10 тонн, рудничный.

14КА — электровоз контактный, сцепным весом 14 тонн (А-«Амплитуда»).

2.3 Условное обозначение шахтных бесконтактных электровозов переменного тока повышенной частоты (высокочастотных), (табл. 3):

Буквенные обозначения расшифровываются следующим образом:

Цифра справа от буквенного — указывает на сцепной вес в индекса тоннах;

Буквенное обозначение В — высокочастотный;

Пример условного обозначения бесконтактного электровоза (высокочастотного):

В-14 — высокочастотный электровоз сцепным весом 14т.

Таблица 1

Техническая характеристика шахтных аккумуляторных электровозов

Тип электровоза	Средний вес, т	Ширина колеи, мм	Часовой режим при номинальном напряжении			Аккумуляторная батарея			Жесткая ваза, мм	Диаметр колеса, мм	Передаточное отношение редуктора	Тяговый двигатель		Скорость при питании от батарей с учетом внутреннего сопротивления аккумулятора, км/ч		Конструктивная скорость, км/ч	Ясногорский машиностроительный завод (Росня)	
			Мощность тяговых двигателей, кВт	Скорость электровоза, км/ч	Сила тяги, кН	Тип	Энергоемкость, кВт*ч	Напряжение, В				Часовой режим А	Длительный режим тор	Часовой режим	Длительный режим			
4.5АР III	4,5	600 900	2х6,0	4,75	7,5	66ТЖН-300	24,75	82,5	900	540	29,75	ЭДР-6	93	40	2,9	7,0	9,5	Ясногорский машиностроительный завод (Росня)
													105	45	3,7	8,3	13,3	
4.5АР II2	4,5	600 900	2х7,0	6,66	7,0	66ТЖН-300	24,75	82,5	900	540	22,87	ЭДР-7П	93	40	2,9	7,0	9,5	Ясногорский машиностроительный завод (Росня)
													105	45	3,7	8,3	13,3	
5АРВ 1	5,0	600 900	2х6,0	4,75	7,5	56 ГЖН-25011	20,6	82,5	900	540	29,75	ЭДР-6	93	40	2,9	7,0	9,5	Ясногорский машиностроительный завод (Росня)
													105	45	3,7	8,3	13,3	
5АРВ 2	5,0	600 900	2х7,0	6,66	7,0	56ТЖН-250П	20,6	82,5	950	540	22,87	ЭДР-7П	105	45	3,7	8,3	13,3	Ясногорский машиностроительный завод (Росня)
													105	45	3,7	8,3	13,3	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
АМ8Д	8,0	600	2x12,0	6,0	12,0	96ТЖН-500	60,0	120	1200	380	10,97	ДПТ Р-12	125	50	4,5	9,0	12,0	ОАО «Дружковский машиностроительный завод»
	8,0	900	2x14,2	7,2		112ТЖН-500	70,0	140						5,4	10,5	13,6		
2АМ8Д	16,0	900	4x14,2	7,2	24,0	2x112ТЖН-500	140	140	1200	680	10,97	ЦРТ Р-12	125	50	5,4	10,5	13,6	Ясногорский машиностроительный завод (Россия)
	7,0	600	2x10	7,5	8,8	90ТНЖП-550	58,4	106	1200	540	21,35	ДРТ-10	116	48	5,9	10,3	12	
АРП-7	7,0	900		8,5	8,8	102ТНЖ П-550	66,0	120	1200	540	21,35	ДРТ-10	116	48	6,4	10,5	12	Ясногорский машиностроительный завод (Россия)
	7,0	900	2x10	7,5	8,8	88ТНЖ-400	41,2	103	1200	540	21,35	ДРТ-10	116	48	5,9	10,3	12	
АРП-10Г	10,7	600	2x13	7,2	12,5	112ТНЖ П-550	64,5	130	1400	680	10,96	ДРТ-13	122	50	5,9	10,0	20	ОАО «Дружковский машиностроительный завод»
	9,0	900	2x14,6	7,9										60	7,3	13,1	18	
АРП-4	14,0	900	2x23,5	9,0	18,0	16ГТНЖП-550	104	185	1655	680	12,65	ЭТ-23,5	150	60	7,3	13,1	18	ОАО «Дружковский машиностроительный завод»
	28,0	900	4x26	10,5	34,9	2x182ТНЖК-650	274	210	1650	680	12,65	ЭТ-2,6	144	58	8,5	14,1	20	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
АВ8Т	8,5	600 900	28,2	7,2	12,3		50,9	—	1200	680	—	—	—	—	7,2	10,4	21,6	ОАО «Дружковский машиностроительный завод»
АРВ1 0ГЭ	11,5	600 900	28,2	7,2	12,3	Щелоч- ные или кислот- ные батареи	90,0	—	1200	680	—	—	—	—	7,6	10,4	21,6	
АРП8 Т	8,7	600 900	26 26	5,7 6,8	12,1 12,2	ТНЖШ ТНЖШ	71,5/ 55	—	1200 1200	680 680	11	ДРТ- 13	122	61	8,7	8,1	14,0	ЧАО ПКФ «Амгм Туд» (г. Донецк, Украина)
							79,7/ 65				11	ДРТ- 13	122	61	6,8	10	14,0	
2АРП 8Т	16,0	600 900	2x26 2x26	6,8	24,4	ТНЖШ ТНЖШ	130	140	1200	600	11	ДРТ- 13	122	61	6,8	10	14	
АРП7- 600У5	7	600	2x10	7,5	9,5	88ТНКШ —450У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	
АРП7- 900У5	7	900	2x10	8,5	10,0	88ТНКШ —450У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	
АРВ7- 600У5	7	600	2x10	7,5	9,5	90ТНЖ Ш-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
АВ-7-900У5	7	900	2x10	8,5	10,0	102ТНЖ Ш-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	Ясногорский машиностроительный завод (Россия) и Компания «Александр» (г. Запорожье, Украина)
АА 5,5-600У5	5,5	600	2x10	7,2	9,0	84ТНЖ Ш-400У5	—	—	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	
А5,5-900У5	5,5	900	2x10	8,1	9,5	96ТНЖ Ш-400У5	—	—	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	
А8-600У5	8	600	2x13,2	11,6	11,6	112ТНЖ - Ш-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	
В8-600У5	8	600	2x13,2	11,6	11,5	116ТНЖ Ш-450У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	
А8-900У5	8	900	2x14,6	11,5	11,5	108ТНЖ Ш-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	
В8-900У5	8	900	2x14,6	11,5	11,5	128ТНЖ Ш-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2В8-600У5	16	600	4x13,4	23	16	2x112 ТНЖШ-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	Машиностроительный завод (Россия) и Компания «Алекандр» (г. Запорожье, Украина)
2В8-900У5	16	900	4x13,4	23	16	2x118 ТНЖШ-550У5	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	Ясногорский завод (Россия)
2А8-600У5	16	600	4x13,4	7,2	16	—	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	Ясногорский завод (Россия)
2А8-900У5	16	900	4x14,6	8,1	16	—	—	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	Ясногорский завод (Россия)
ЭРА900-В9(П8)	9(РВ)) 8(РП))	900	2x13, 2x19,8	—	2x 167,7 ; 2x 190,3	Р/ΔS	—	120	1200	680	—	ДРТ 13; ДРТ 14	2Х12 2; 2Х13 2	2Х 61; 2Х 65	—	—	—	ООО НПП «Энергия» (г. Донецк, Украина)
2ЭРА900-В9(П8)	18(Р В) 16(Р П)	900	4x13, 4x15,8	—	4x 167,7 ;	Р/ΔS	—	120	1200	680	—	ДРТ 13; ДРТ 14	2Х12 2; 2Х13 2	2Х 61; 2Х 65	—	—	—	ООО НПП «Энергия» (г. Донецк, Украина)

Таблица 2

Техническая характеристика шахтных контактных электровозов

Тип элек- тров- оза	Сцепной вес, т		Ширина колеи, мм		Часовой режим			Длитель- ный режим		Типовые двигатели			Передачное отношение редуктора		Основные размеры, мм			Жесткая база, мм	Диаметр колеса, мм	Конструктивная скорость, км/ч	Завод-изготовитель
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
К10	10	600 900	Сила тяги, кН	19,0	2х33	11,7	4,8	18,0	ЭТ- 31	142	62	250	10,97	7920 5200	1050 1350	1650	1200	680	24,4	ОАО «Дружковский машиностроительный завод» (Украина)	
			Мощность тяговых двигателей кВт																		
К14	14	900 750	Сила тяги, кН	24,0	2х45	12,8	6,5	18,4	ЭТ- 46	204	85	250	14,75	5600	1350	1650	1800	760	25,6	ОАО «Александров- ский машиностроительный завод» (Россия)	
			Мощность тяговых двигателей кВт																		
КТ14 **	14	900 750	Сила тяги, кН	27,0	2х45	11,5	17,5	14	—	204	122	250	14,75	5600	1350	1650	1800	680	26,0	ОАО «Александров- ский машиностроительный завод» (Россия)	
			Мощность тяговых двигателей кВт																		
КТ28 **	28	900 750	Сила тяги, кН	54,0	4х45	11,5	—	14	—	204	122	250	14,75	12000	1350	1650	1800	680	26,0	ОАО «Александров- ский машиностроительный завод» (Россия)	
			Мощность тяговых двигателей кВт																		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
К14 М**	14	900	27,0	2x45	11,2	14	14,4	—	204	122	250	14,75	5100	1350	1650	1700	680	26,0	«Дружковский машиностроитель ный завод» (Украина)
		600																	
7КР М1	7, 9	600	18,0	2x33	12,2	—	—	—	—	—	—	—	4500	1350	1500	—	—	—	ОАО «Дружковский машиностроитель ный завод» (Украина)
		750 900																	
7КА	7	600,	16,5	2x33	10,5	5,9	11,2	ДНТ -33	152	90	250	11	4500	1032 1332	1500	1200	680	22,6	ЧАО ПКФ «Амплитула» (г. Донецк, Украина)
		750, 900																	
10К А	10	600,	17,0	2x33	10,5	5,9	11,2	ДНТ -33	152	90	250	11	4500	1048	1500	1200	680	22,6	ЧАО ПКФ «Амплитула» (г. Донецк, Украина)
		750, 900																	
14КА	14	750	24,0	2x45	12,6	7,4	13,6	ДНТ -45	152	90	250	15	4900	1340	1550	1700	760	28,0	ЧАО ПКФ «Амплитула» (г. Донецк, Украина)
		900																	
ЭК 10Т	10	900	19,8	66	10,8	9,6	13,4	—	—	—	250	—	4800	1350	1650	1200	—	—	ОАО «Дружковский машиностроитель ный завод» (Украина)
		600																	
ЭК 10Р	10	600	19,8	66	10,8	9,6	13,4	—	—	—	250	—	4800	1050	1650	1200	—	—	ОАО «Дружковский машиностроитель ный завод» (Украина)
		900																	

Примечание. ** Вновь создаваемый рудничный электровоз.

Технические характеристики шахтных бесконтактных электродвигателей переменного тока повышенной частоты (высокочастотных)

Тип электроваза	Сцепной вес, т	Параметры часового режима			Ширина колес, мм	Жесткая база, мм	Тяговый двигатель				Завод-изготовитель
		Мощность двигателя, кВт	Скорость км/ч	Сила тяги, кН			Тип	Мощность, кВт	Частота вращения при часовом режиме нагрузки об/мин	900	
В10	10	23,5	10,5	1560	900	1300	ЭТ-23,5	23,5	900	ОАО «Дружковский машиностроительный завод» (Украина)	
В14	14	47	10,2	1780	900	1655	ДРТ-23,5	23,5	1030		

Примечание. 1. Электровозы, выпускаемые Ясногорским машиностроительным заводом, предназначены для работы в шахтах, опасных по газу или пыли, в следующих исполнениях с уровнем взрывозащиты: АРП-7; АВ; 2А8; А5,5 — исполнение «РП»; АРВ-7; В8 и 2В8 — исполнение «РВ».

2. Электровозы АВ8Т и АРВ10ГЭ предназначены для работы в шахтах, опасных по газу или пыли.

3. Электровоз АРП8Т (ЧАО ПКФ «Амплитуда») может выпускаться и в спаренном исполнении 2АРП8Т.

НОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

1. Электродвигатель постоянного тока тяговый рудничный повышенной надежности типа ДТН-45/27

Электродвигатель типа ДТН-45/27 предназначен для комплектации рудничных контактных электровозов массой 14т (К14, 14КА). Двигатель изготавливает ПАО «Электромашина» г. Харьков.

Климатическое исполнение и категория размещения – У5, Т5.

Номинальные значения климатических факторов:

- высота над уровнем моря – не более 2000 м;
- температура окружающего воздуха от -40°C до $+35^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность окружающей среды при температуре $(35\pm 2)^{\circ}\text{C}$ - $(98\pm 2)\%$ с конденсацией влаги;
- окружающая среда – невзрывоопасна по метану и не содержит агрессивных газов и паров;
- максимальная запыленность рудничной пылью – 250 мг/м^3 .

Степень защиты по ГОСТ 17494 и ДСТУ ІЕС 60034-5 – ІР 43 (защита от проникновения воды обеспечивается оболочкой двигателя и элементами конструкции электровоза при встройке).

Степень охлаждения по ГОСТ 20459-ІС 01;

Исполнение - рудничное нормальное РН.

Уровень изоляции по ГОСТ 24719 – 1.

Возбуждение электромагнитное последовательное;

Направление вращения – реверсивное.

Отличительной особенностью электродвигателя ДТН-45/27 (повышенной надежности) является увеличение мощности в длительном режиме с 27 кВт до 35 кВт, часовом с 45 кВт до 50 кВт, и в течении 15мин. 55 кВт.

Увеличение мощности в длительном режиме обеспечено путем изменения класса нагревостойкости изоляции электродвигателя с «F» на «H» и внедрения прогрессивного пропиточного компаунда Элпласт 180-ІД для пропитки обмоток электродвигателя в вакуум - нагнетательной установке вместо лака КО-916к и эффективной системы вентиляции, что позволило существенно улучшить теплоотдачу от обмоток к корпусу электродвигателя.

Допустимые режимы работы электродвигателя

Наименование параметра	Тип электродвигателя	
	ДТН-45/27	
	Режим работы	
	S2 – 60 (часовой)	S1 (продолжительный)
Номинальная мощность, кВт	50	35
Номинальное напряжение, В	250	250
Номинальный ток, А	230	158
КПД, %	87	88,6
Номинальная частота вращения, об/мин	1255	1460
Максимальная частота вращения, об/мин	4000	
Масса, кг	550+30	

Примечания: 1. Электродвигатель может комплектоваться: контроллером силовым КС-305М; блоком резисторов БР-1; стабилизатором напряжения ИСН-1; токоприемником рудничным ТРН.

Пример формулирования заказа: Электродвигатель ДТН-45/27 ТУ У 31.1-00214868-255 2012.

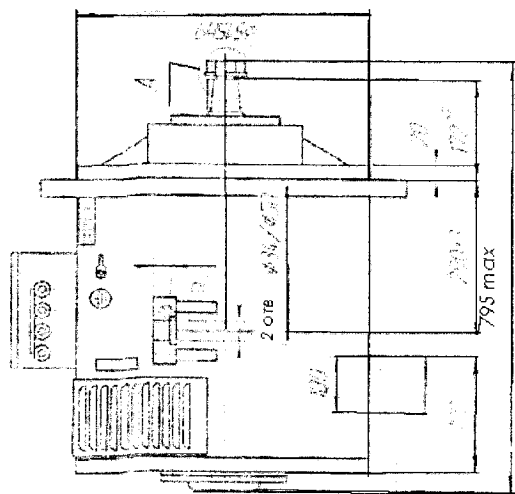
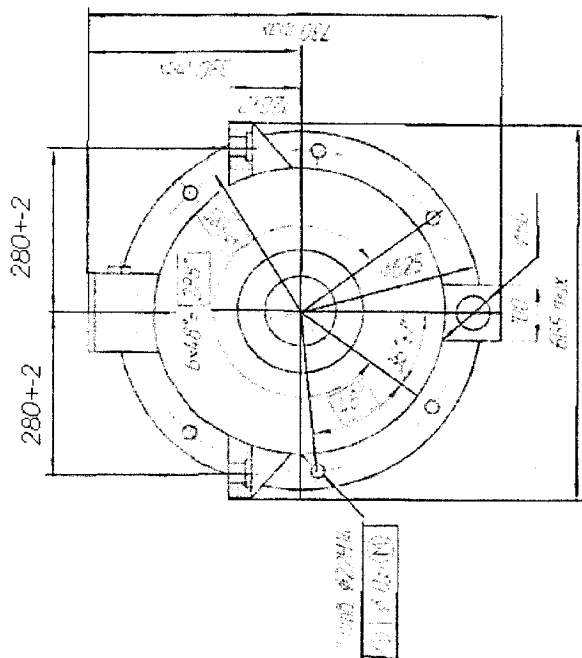


Рисунок П.1. Габаритные, установочные и присоединительные размеры двигателя ДТН - 45/27

2. Тяговый двигатель типа СТК-45

Тяговый двигатель типа СТК-45УХЛ5 предназначен для рудничных контактных электровозов массой 14т, эксплуатируемых в шахтах с повышенной влажностью и запыленностью, в условиях умеренного климата [29].

Двигатель СТК-45УХЛ5 - четырехполюсная машина постоянного тока. Принципиальная конструкция двигателя представлена на рисунке П2.

Обмотка якоря - волновая, в пазовой части крепится клиньями, а на лобовых частях - стеклобандажами. Соединение проводников обмотки якоря с коллекторными пластинами осуществляется путем сварки в нейтральной среде.

Коллектор двигателя 1 арочный на стальном сборном основании, щеткодержателей 2 восемь имеют устройства для регулирования усилия нажатия пружины на щетку 3. Величина усилия нажатия пружины на щетку должна соответствовать указанному в технических данных. Для осмотра щеточного аппарата и коллектора в корпусе двигателя предусмотрены коллекторные люки, закрытые четырьмя крышками 4.

Со стороны коллектора в двигателе применен роликовый подшипник 5, а с противоположной стороны - шариковый 6. Номера подшипников указаны в технических данных.

Для предотвращения проникновения машинного масла из редуктора в подшипниковый узел, в крышке шарикового подшипника предусмотрены уплотнения в виде манжет, между подшипниковым щитом и крышкой подшипника - резиновая прокладка 7 из резины маслостойкой, к крышке шарикового подшипника прикреплены защитные кожухи 8 и 9, к втулке 25 прикреплен подвижный диск 20.

Для подшипников применяется смазка Литол-24 ГОСТ 21150-87.

Двигатель выполняется с самовентилиацией. На валу 10 двигателя со стороны, противоположной коллектору, располагается вентилятор 11. Вентилятор имеет сварную конструкцию. Вентилирующий воздух входит в двигатель через закрытые сетками отверстия в двух верхних крышках коллекторных люков. Выходит вентилярующий воздух через два отверстия в верхней части корпуса, расположенных против лопаток вентилятора и также закрытых сетками.

Обмотки возбуждения главных 13 и добавочных 14 полюсов выполнены с изоляцией класса нагревостойкости «Н» и пропитаны в компаунде КП-303Б.

Выводные провода через резиновые втулки выводятся в коробку выводов 15, находящуюся в верхней части корпуса.

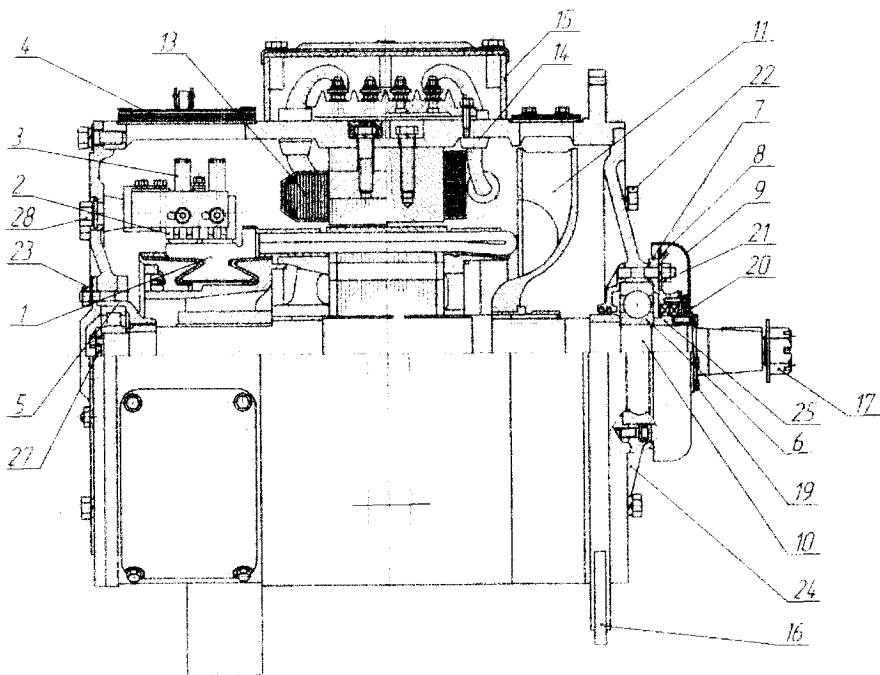


Рисунок П.2 Конструкция двигателя СТК-45

Соединение двигателя с редуктором осуществляется с помощью фланца 16, приваренного к корпусу двигателя.

Выводные провода двигателя маркируются в соответствии со схемой соединений, а именно:

А 1 - начало обмотки якоря;

В2 - конец обмотки добавочных полюсов;

Д1 - начало последовательной (серийной) обмотки - возбуждения;

Д2- конец последовательной (серийной) обмотки возбуждения;

Обмотка якоря и добавочных полюсов соединяются последовательно внутри двигателя.

При выпуске двигателя из предприятия-изготовителя все наружные поверхности, не имеющие лакокрасочных и гальванических покрытий, покрываются тонким слоем нейтральной смазки. Конец вала, кроме того, обертывается телефонной или парафинированной бумагой.

Технические данные двигателя типа СТК – 45УХЛ5

Мощность – 45 кВт, режим работы – S2, рабочее напряжение – 250 В, рабочий ток – 210 А, частота вращения – 1300 мин⁻¹, КПД – 86 %.

Наибольшая частота вращения – 4000 мин⁻¹. Номинальная степень возбуждения – 100%. Класс изоляции – Н. Вид возбуждения – последовательное. Эквивалентный режим на нагревание – 60 мин - 250 В - 210 А. Способ охлаждения IC01 по ГОСТ 20459-87. Степень защиты IP54 по ГОСТ 17494-87. Изоляция на 500 В. Испытательное напряжение 2100 В.

Характеристики якоря

		Испыт. Частота вращ., мин ⁻¹	3750	
Число пазов	35	Тип обмотки	волновая	
Размеры паза	10,8x28,5	Размеры провода, мм	1,5x10	
Коллекторных пластин	175	Марка провода	ПСДКТ	
Уравнительных соединений	-	Сторон секций в пазу	10	
Провод уравни. соединений	-	Витков в секции	1	
Масса провода ур. соединений, кг	-	Паралельн. проводов	-	
Шаг	по пазам	1-10	Мертвых секций	-
	по коллектору	1-88	Сопротивл. при 20 ⁰ С, Ом	0,0436
	уравни. соединен.	-	Масса провода, кг	21

Характеристики магнитной системы

Обмотка возбуждения	Последовательная	Добавочная	
Число полюсов	4	4	
Число витков в катушке	24,5+5,5=30	25	
Размер провода, мм	(1,08x50) и (1,56x35)	2,44x19,5	
Марка провода	ДПРНМ	ПММ	
Параллельных проводов	-	-	
Соединение катушек	последовательное	последовательное	
Сопротивление при 20 ⁰ С, Ом	0,0234	0,0139	
Масса провода, кг	28+8=36	16,8	
Воздушный зазор, мм	под центром 2,25	3,5	
Прокладки	материал	-	латунь
	толщина	-	0,5

Примечание. Двигатель имеет 8 щеткодержателей по одной щетке в каждом.
 Размер и тип щеток 2(10x32)x42 ЭГ 84, ЭГ 841
 Усилие нажатия на щетку 2,4+0,2 Н

Примечание. Подшипники: с/к роликовый 30-32310 АЛ1
 с/привода шариковый 80-413

Смазка – Литол 24 ГОСТ 21150-87

3. Контроллер силовой КС-001

Контроллер силовой КС-001 предназначен для реостатного пуска и электродинамического торможения тяговых электродвигателей рудничных электровозов, работающих от контактной сети постоянного тока напряжением 250В [30]. Общий вид контроллера приведен на рис. П.3.

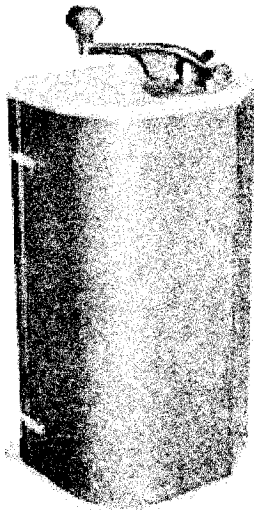


Рисунок П.3 Общий вид контроллера

Контроллер является усовершенствованной модификацией контроллера силового КС-305У5, оба контроллера полностью взаимозаменяемы.

В контроллере применена принципиально новая система переключения контактов. Вместо пластинчатого переключателя используются усиленные кулачковые элементы. Кулачковые элементы главного барабана не только усилены по площади прилегания, но и усилены конструктивно, что повышает их надежность и работоспособность. Главное преимущество данного контроллера перед его предшественниками – это рациональное расположение его составных частей, что позволяет избежать возникновения дуги между элементами и тем самым повышает надежность и безопасность. Контроллер способен выдерживать более высокие нагрузки.

Контроллер состоит из главного и реверсивного барабанов, установленных в подшипниках между основанием и крышкой, которые соединены между собой тремя стальными рейками. Главный и реверсивный

барабаны представляют собой стальные валы с профильными изоляционными шайбами, которые воздействуя на подвижные рычаги кулачковых элементов, укрепленных на рейках, замыкают или размыкают контакты согласно диаграммы замыканий контроллера.

Технические данные контроллера:

Напряжение номинальное, В:	
главных цепей и цепей управления	250
цепей освещения и сигнализации	24
Ток номинальный главных цепей, А	410
Номинальный режим работы	повторно-кратковременный, ПВ 20%
Ток длительного режима, А	200
Ток номинальный цепей освещения, сигнализации и блокировки, А	5
Количество контактов:	
коммутирующих	11
реверсивных	8
цепей освещения и сигнализации	4
блокировки	1
Нажатие контактов, Н:	
коммутирующих и реверсивных	40±5
цепей освещения, сигнализации и	
блокировки не менее	2,8
Провал контактов, мм	
цепей освещения, сигнализации и	
блокировки	2,0 ^{-1,8} _{-1,0}
Раствор контактов, мм	
коммутирующих	12 ⁻¹ ₋₂
реверсивных	9 ⁻² ₋₁
цепей освещения, сигнализации и	
блокировки	10±2

Силовым контроллером КС-001 комплектуются рудничные контактные электровозы 7КА, 10КА, 14КА, изготавливаемые предприятием «Амплитуда».

Навчальне видання

СИНЧУК Олег Николаевич

ГУЗОВ Эдуард Семенович

ДЕБЕЛЫЙ Владимир Леонидович

ДЕБЕЛЫЙ Леонид Леонидович

ШАХТНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗНЫЙ ТРАНСПОРТ. ТЕОРИЯ, КОНСТРУКЦИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Под редакцией

доктора технических наук

профессора Синчука О. Н.

Навчальний посібник

Російською мовою

Підписано до друку 03.02.2015

Формат 70x100 ¹/₁₆. Умовн. друк. арк. 24,7.

Тираж 300 прим. Замовлення № 5-15.

Папір офсетний. Гарнітура Times.

Ціна договірна

Видавець і виготовлювач ПП Щербатих О.В.

вул. Чапаєва, 36-Б, м. Кременчук, 39601

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №2129 від 17.03.2005р.

www.novabook.com.ua

Синчук Олег Николаевич, 1949 г. рождения, (ныне ГВУЗ «Криворожский национальный университет»), доктор технических наук (1988 г.), профессор (1989 г.), заведующий кафедры «Автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте» ГВУЗ «Криворожский национальный университет».

Область научных изысканий:

- электромеханические комплексы и системы в промышленности в электрифицированных видах транспорта;
- эффективность систем электроснабжения и электропотребления предприятий горнометаллургической отрасли;
- электробезопасность при ведении горных работ.

Автор более 450 научных работ, в т.ч. 30 учебников, учебных пособий и монографий. Владелец более 50 патентов и авторских свидетельств на изобретение.

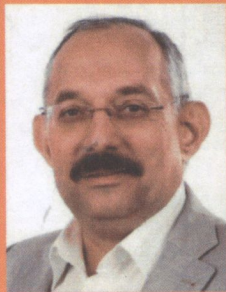


Гузов Эдуард Семенович, 1938 г. рождения, в 1960 г. окончил Криворожский горнорудный институт (ныне ГВУЗ «Криворожский национальный университет»), кандидат технических наук (1968 г.), доцент (1971 г.), профессор кафедры «Автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте» ГВУЗ «Криворожский национальный университет».

Область научных изысканий:

- электрооборудование рудничного электровозного транспорта;
- электроснабжение промышленных предприятий.

Автор более 100 научных работ, в т.ч. 8 учебников, учебных пособий и монографий. Владелец 15 патентов и авторских свидетельств на изобретение.



Дебелый Владимир Леонидович, 1959 г. рождения, в 1981 г. закончил Донецкий институт советской торговли, 1989 г. закончил Донецкий политехнический институт (ныне Донецкий Национальный технический университет), доктор технических наук (2009 г.), глава наблюдательного совета ООО «Завод «Амплитуда».

Область научных изысканий:

- модернизация и безопасность деятельности в угольной промышленности;
- экологическая безопасность.

Автор более 50 научных работ и статей, в т.ч. 4 учебников, учебных пособий и владелец более 10 патентов.



Дебелый Леонид Леонидович, 1968 г. рождения, в 2001 г. и 2005 г. закончил Донецкий национальный технический университет по специальности инженер и экономика предприятия соответственно, кандидат технических наук (2011 г.), заместитель главы наблюдательного совета ООО «Завод «Амплитуда».

Область научных изысканий:

- модернизация и безопасность деятельности в угольной промышленности;
- экологическая безопасность.

Автор более 10 научных работ и статей, в т.ч. 2 учебников, учебных пособий и владелец более 10 патентов.