

**Хибинский технический колледж**

**НАЗАРОВ А.И.**

**«Монтаж и эксплуатация электрооборудования»**

*учебное пособие*

*для среднего профессионального образования*

**некоммерческое издание**

**Кировск**

**2015**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное агентство по образованию

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ  
СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ (ИПР СПО)**

109316, г. Москва, Волгоградский пр-т, д. 43  
тел/факс: (095) 173-87-61

21.04.2005 № 179-15/1004  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Институт проблем развития среднего профессионального образования Министерства образования и науки Российской Федерации разрешает издание учебного пособия: «Монтаж электрического оборудования» автор Назаров А.И. для студентов специальностей 1806, 2913 изучающих дисциплины «Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий», «Монтажное оборудование», для использования в учебном процессе с грифом:

**«Допущено Ученым советом Института проблем развития Среднего профессионального образования Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования».**

Утверждено на заседании Ученого совета  
Протокол № от 20.04.2005 г

Председатель Ученого совета, Профессор, *подпись* д.п.н. А.А. Скамницкий

Исп. Подольская О.Н.  
173-87-6 1 доб. 112

Настоящее пособие предназначено для студентов, изучающих электрические установки и электрическое оборудование предприятий и гражданских зданий, в том числе - горных предприятий. Содержит сведения о современных устройствах, применяемых в системах электроснабжения и способах выполнения электромонтажных работ. Большое внимание уделено монтажу электропроводок. Может быть использовано рабочими и специалистами среднего звена на производстве. Текст-218 стр., рис.-98, библиограф.- 18.

Автор - преподаватель ХТК А.И. Назаров  
Рецензенты – Гл. энергетик ОАО Апатит п/п 19.03.2010 М.В. Горбачев  
Зам. нач. отдела главного энергетика ОАО «АПАТИТ» В.Д. Зубцов

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 часть. Монтаж электрооборудования	
1. Виды электропроводок.....	7
2. Требования к электропроводкам.....	8
3. Подготовка трассы и крепление электропроводок.....	9
4. Прокладка проводов в строительных конструкциях.....	12
5. Монтаж плоских проводов.....	12
6. Электропроводки в трубах.....	13
7. Проводка на тросах и струнах.....	16
8. Электропроводки в лотках и коробках.....	18
9. Прокладка негибких проводов и кабелей.....	20
10. Электропроводки во взрывоопасных зонах.....	25
11. Наружные проводки, проводки на чердаках.....	27
12. Монтаж шинопроводов.....	28
13. Монтаж электрического соединения.....	28
14. Монтаж осветительного оборудования.....	37
15. Монтаж защитного заземления.....	35
16. Проверка новых проводок.....	43
17. Охрана труда при монтаже проводок.....	45
18. Монтаж воздушных линий.....	46
19. Монтаж кабельных линий.....	57
20. Монтаж электродвигателей.....	79
21. Монтаж тяговых сетей.....	81
22. Монтаж электрооборудования кранов и лифтов .....	90
22. Монтаж контактных сетей в подземных выработках.....	93
23. Монтаж освещения на горных предприятиях.....	95
24. Особенности монтажа рудничного электрооборудования.....	99
25. Монтаж КРУ.....	102
26. Монтаж трансформаторов и КТП.....	104
2 часть. Эксплуатация электрооборудования	
1. Организация эксплуатации электрооборудования.....	108
2. Эксплуатация воздушных линий и токопроводов.....	122
3. Эксплуатация кабельных линий.....	129
4. Эксплуатация электродвигателей.....	139
5. Эксплуатация электрического освещения.....	153
6. Эксплуатация электрооборудования жилых зданий.....	158
7. Эксплуатация оборудования трансформаторных подстанций.....	167
8. Эксплуатация электросварочных установок.....	184
9. Эксплуатация переносных электроприемников.....	186
10. Эксплуатация электротермических установок.....	188
11. Эксплуатация электрооборудования кранов и лифтов.....	195
12. Эксплуатация рудничных пускателей и автоматов.....	197
13. Средства индивидуальной защиты в электроустановках.....	204
14. Эксплуатация заземления.....	207
Литература.....	212
Приложения.....	213

## ВВЕДЕНИЕ.

На современных предприятиях применяются различные виды и типы электрического оборудования: электропроводки, электрические аппараты, электрические машины, контрольно-измерительные приборы, электрические средства автоматизации и связи.

Монтаж каждого вида электрооборудования имеет свои особенности, в то же время встречаются сходные процессы и операции, связанные с подготовкой, технологией и техникой монтажных работ.

В книге рассматриваются вопросы организации и технологии электромонтажных работ, значительная часть книги посвящена монтажу проводов, кабельных и воздушных линий электроснабжения. Во второй части рассматриваются вопросы эксплуатации электрооборудования.

Впервые в мировой практике электрический кабель был применен русским академиком П.Л. Шиллингом в 1812 году для взрывания мин в Неве. Для промышленных целей кабель применяется в России с 1839 года.

Особенностью современных конструкций кабелей является применение новых электроизоляционных материалов, обеспечивающих высокую электрическую прочность изоляции и наличие герметичной оболочки для защиты токоведущих жил и их изоляции от вредного воздействия влаги, кислоты, газов и от механических повреждений. При монтаже кабель режут и рубят на части, разделяют концы кабеля, нарушая при этом его герметичность, поэтому непременным условием качественного монтажа кабеля является восстановление его герметичности.

Персонал, выполняющий монтаж кабельных линий, должен иметь высокую квалификацию и добросовестность, поскольку путем наружного осмотра брак в смонтированной кабельной линии обнаружить невозможно. Исправная и безаварийная работа смонтированного электрооборудования возможны только при высоком качестве монтажных работ.

Главными условиями, выполнение которых при монтаже обеспечивает высокую надежность всей электрической сети, являются:

- правильный выбор электрического оборудования и проводок в соответствии с расчетными нагрузками, рабочим напряжением и условиями эксплуатации;
- выбор рациональных трасс прокладки линий с целью уменьшения длины и обхода наиболее опасных мест;
- соблюдение всех условий транспортировки, хранения, раскатки и укладки кабелей;
- высокое качество соединений и оконцевания жил кабелей.
- применение в необходимых случаях резервных линий питания, резервных машин.

Следующие этапы после выполнения монтажных работ – испытание смонтированного оборудования, сервисное обслуживание в течение гарантийного срока и эксплуатация, включающая в себя техническое обслуживание и ремонт. Одним из условий надежной эксплуатации электрических кабельных линий, оборудования для распределения электроэнергии, силовых трансформаторов, является **содержание их всех под напряжением** и, по возможности, - под нагрузкой.

Электромонтажные работы могут выполнять специализированные предприятия и организации, имеющие соответствующие лицензии, техническую и проектную документацию, оборудование, машины и механизмы, и квалифицированный персонал.

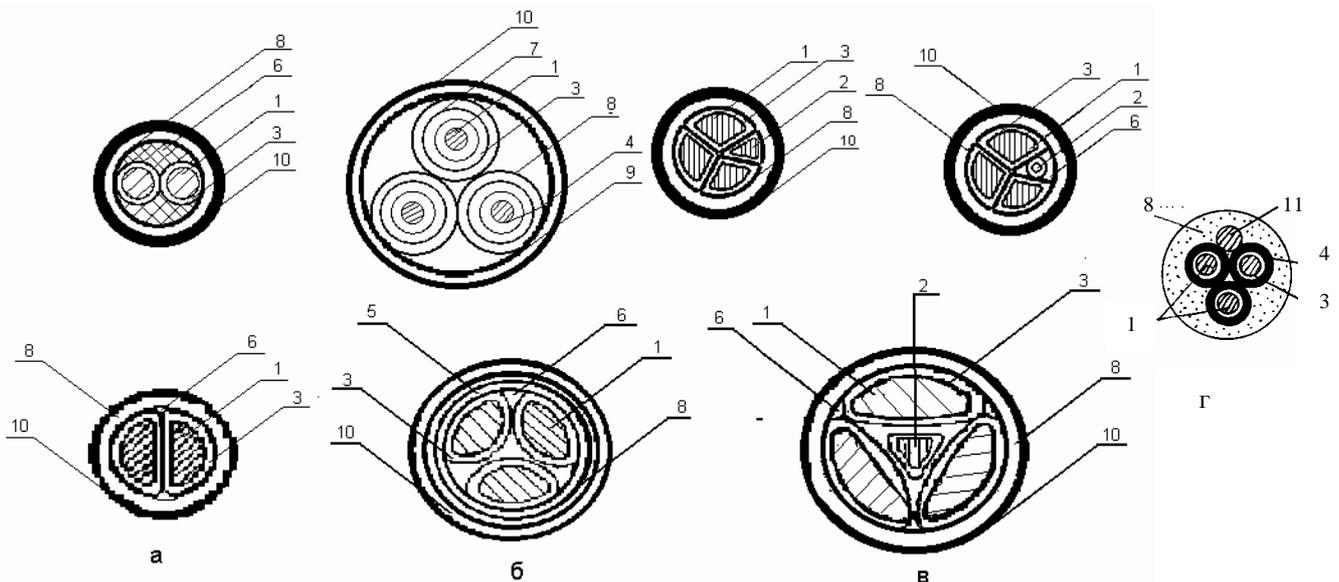
Существуют ведомственные и вневедомственные монтажные организации. Самые крупные из них – это специализированные республиканские структуры, имеющие высокую степень централизации, проектные институты, заводы по производству изделий для монтажа и отделения в регионах. Они могут выполнять работы на разных предприятиях, принадлежащих разным держателям или ведомствам.

Другой тип ЭМО – это ведомственные, принадлежащие определенному предприятию, заводу, акционерному обществу. Как правило, они обслуживают только цеха своего предприятия.

Примером мощной электромонтажной организации может служить всероссийское общество РОСэлектромонтаж, имеющее отделения (тресты) в регионах и крупных промышленных районах. Региональное управление СЗЭМ (г. Санкт-Петербург) обслуживает северо-западный район России, в том числе предприятия Мурманской области. В Кировско-Апатитском промышленном районе работает Мурманское отделение и Кировский участок СЗЭМ. Примером ведомственных монтажных организаций могут служить подразделения цехов комбинатов «АПАТИТ», Ковдорский ГОК, «СЕВЕРНИКЕЛЬ» и других.

В качестве силовых проводников используются кабели, неизолированные и изолированные провода, токопроводы, шинопроводы. Силовые кабели предназначены для передачи по ним на расстояние электроэнергии, используемой для питания электрических установок. Они имеют одну или несколько изолированных жил, заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров и в необходимых случаях броня.

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящие жилы, изоляция, оболочки и защитные покровы. Помимо основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, нулевые жилы, жилы защитного заземления и заполнители.



*а – двухжильные кабели с круглыми и секторными жилами; б – трехжильные кабели с поясной изоляцией и с отдельными оболочками; в – четырехжильные кабели с нулевой жилой секторной, круглой и треугольной формы; г- четырехжильный гибкий*

1 – токопроводящая жила; 2 – нулевая жила; 3 – изоляция жилы; 4 – экран на токопроводящей жиле; 5 – поясная изоляция; 6 – заполнитель; 7 – экран на изоляции жилы; 8 – оболочка (шланг у гибких кабелей); 9 – броня; 10 – наружный защитный покров; 11-заземляющая жила

**Рисунок 1 - Сечения силовых кабелей**

**Токопроводящие жилы** предназначены для прохождения электрического тока, они бывают основными и нулевыми. **Основные** жилы применяются для выполнения основной функции кабеля – передачи по ним электроэнергии. **Нулевые** жилы предназначены для протекания разности токов фаз (полюсов) при неравномерной их нагрузке. Они присоединяются к нейтрали источника тока в системах с заземленной нейтралью трансформатора. **Заземляющие** жилы, металлические оболочки, броня выполняют функцию вспомогательных жил кабеля и предназначены для соединения не находящихся под рабочим напряжением металлических частей электроустановки, к которой подключен кабель, с контуром защитного заземления источника тока, то есть для обеспечения **неразрывности заземляющей сети**. **Жилы кабелей** изготавливаются из меди и алюминия, (у нагревательных кабелей – из нихрома).

**Изоляция** служит для обеспечения необходимой электрической прочности токопроводящих жил кабеля по отношению друг к другу и к заземленной оболочке (земле). Изоляция бывает бумажная, резиновая, пластмассовая, ПВХ, СПЭ (сшитый полиэтилен).

**Экраны** используются для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, протекающих по кабелю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. Экраны бывают проводящие и полупроводящие.

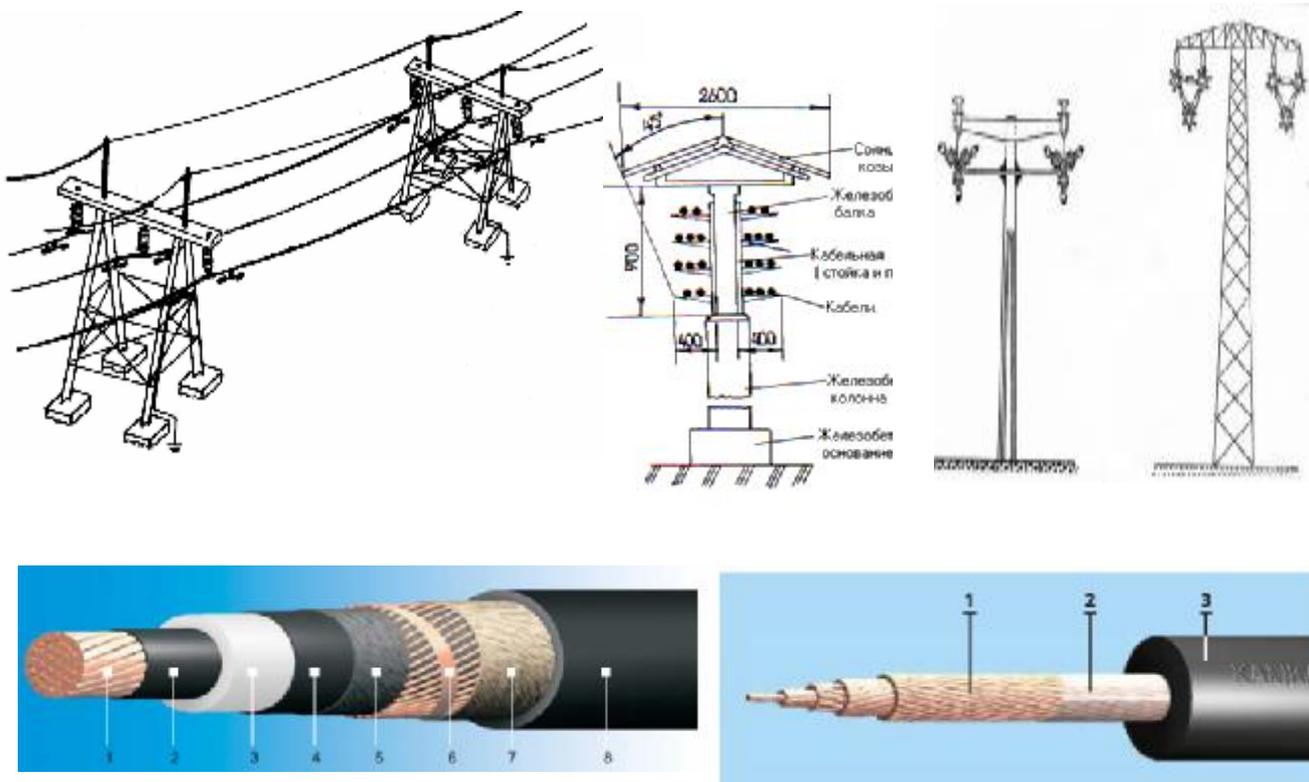
**Заполнители** предназначены для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля в целях герметизации, придания необходимой формы и механической устойчивости конструкции кабеля.

**Оболочки** защищают внутренние элементы кабеля от увлажнения и механических внешних воздействий. Оболочки бывают металлические, резиновые и пластмассовые.

**Защитные** покровы предназначены для защиты оболочки кабеля от внешних воздействий. В зависимости от конструкции кабеля в защитные покровы входят подушка под броней, бронепокров и наружный покров. Наружный покров может быть негорючим и горючим.

Силовые кабели с бумажной пропитанной и обедненной пропиткой изоляции предназначены для эксплуатации в стационарных установках на воздухе и в земле при температуре окружающей среды от  $+50^{\circ}\text{C}$  до  $-50^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 98% при температуре до  $+35^{\circ}\text{C}$  при горизонтальной прокладке и с ограничением разности уровней. Изготавливаются они для номинальных напряжений 1, 6, 10, 35 кВ и более (до 500 кВ) переменного тока частотой 50 Гц, но они могут быть использованы в сетях постоянного тока.

Силовые кабели с бумажной изоляцией, пропитанные нестекающим составом, и с пластмассовой изоляцией предназначены для прокладки на вертикальных и наклонных участках трасс без ограничения разности уровней. Силовые кабели с пластмассовой изоляцией, в пластмассовой или алюминиевой оболочке с защитными покровами или без них, предназначены для передачи и распространения электроэнергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 0,66; 1; 3 и 6, 10 кВ и более.



**Рисунок 2 – Общий вид воздушной линии, кабельной эстакады и токопроводов. Кабель с изоляцией из СПЭ и сварочный особо гибкий кабель.**

## ЧАСТЬ 1. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.

### 1. Виды электропроводок.

Электрическая энергия к электроприемникам подводится по проводникам, к которым относятся провода, кабели, шины, шинопроводы и токопроводы. Совокупность проводников с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями и деталями называют *электропроводкой*. По способу выполнения электропроводка может быть *открытой*, если она проложена по поверхности стен и потолков, по балкам и фермам, и *скрытой*, если она проложена внутри конструктивных элементов зданий или сооружений (в полах, перекрытиях, стенах, каналах и т.п.). Электропроводка может быть стационарной, переносной, передвижной; может быть временной и постоянной.

По месту расположения электропроводка может быть *внутренняя*, т.е. проложенная внутри зданий, помещений и сооружений, и *наружная*, т.е. проложенная по наружным стенам зданий и сооружений или между ними, под навесами, а также на опорах, установленных вне улиц, дорог и т.п.

*Вводом от воздушной линии* электропередачи называется электропроводка, соединяющая ответвление от воздушной линии электропередачи с внутренней электропроводкой, считая от изолятора, установленного на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства внутри здания (рис. 3). Ответвление от воздушной линии (ВЛ) к вводу в здание при напряжении до 1000 В не является наружной электропроводкой и относится к ВЛ, а выполняется **изолированным** проводом.

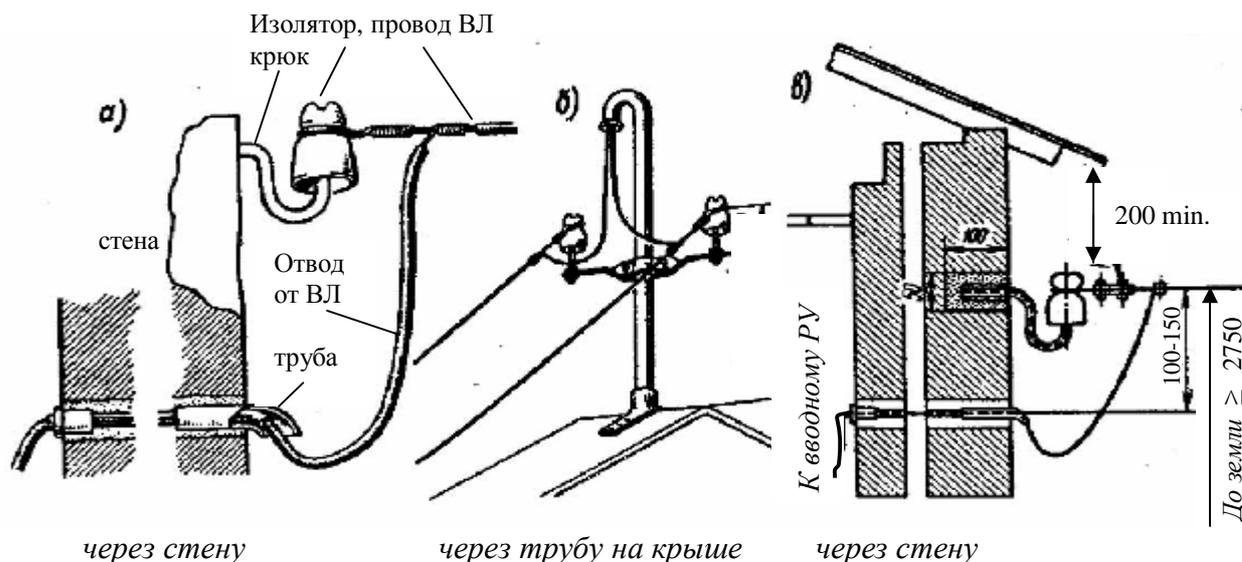


Рисунок 3 - Устройство ввода в здание от ВЛ напряжением 380 (220) В.

**Внутренняя** открытая электропроводка может выполняться **открытой** и **скрытой**. Внутренняя открытая проводка может быть *струнной*, если несущим элементом является стальная проволока (струна), или металлическая полоса, закрепленные вплотную к несущей поверхности (стене, потолку), и предназначенные для крепления к ним проводов, кабелей, или их пучков; *тросовой*, когда провода, кабели или их пучки крепятся к стальной проволоке или канату, натянутым в воздухе. Проводки могут быть в коробах, представляющих собой закрытую полую конструкцию прямоугольного или круглого сечения, предназначенную для прокладки в них проводов и кабелей, или *в лотках*, изготавливаемых из негорюемых материалов, а также в стальных или пластмассовых трубах.

*Скрытая электропроводка* выполняется в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуренных бороздах, под штукатуркой, а также помещается в строительные конструкции при их изготовлении.

*Открытую электропроводку* выполняют проводами, кабелями и токопроводами, под которыми понимают устройства, состоящие из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций. Они могут быть гибкие (из проводов) и жесткие (из жестких шин).

Жесткий токопровод напряжением до  $1000\text{ В}$  заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называют *шинопроводом*. В зависимости от назначения их подразделяют на магистральные, распределительные, троллейные и осветительные.

*Изолированные провода* подразделяют на защищенные и незащищенные. Защищенные провода поверх электрической изоляции имеют оболочку для предохранения от механических повреждений.

## 2. Требования к электропроводкам.

В стальных и других прочных трубах, рукавах, коробах, лотках и замкнутых каналах строительных конструкций допускается совместная прокладка проводов и кабелей для одного агрегата, силовых и контрольных цепей одного агрегата, силовых и контрольных цепей нескольких агрегатов или машин, панелей, щитов управления и других, связанных технологическим процессом; цепей, питающих сложный светильник, нескольких групп одного вида освещения с общим числом проводов в трубе не более восьми; осветительных цепей до  $42\text{ В}$  с цепями напряжением свыше  $42\text{ В}$  в отдельную изоляционную трубу. **Не следует совместно** прокладывать взаиморезервирующие цепи рабочего и аварийного освещения, а также осветительные цепи напряжением до  $42\text{ В}$  с цепями напряжением свыше  $42\text{ В}$ . Совместно эти цепи прокладывают лишь в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные перегородки из несгораемых материалов. Во избежание опасного нагрева стальных и изоляционных труб со стальной оболочкой, вследствие образования в них переменного магнитного поля при переменном или выпрямленном токе фазные и нулевой (прямой и обратный) проводники прокладывают в них только в случае, если длительный ток в проводниках не превышает  $25\text{ А}$ .

Соединения и ответвления проводов выполняют так, чтобы они не испытывали механических нагрузок и жилы проводов и кабелей были изолированы. Соединения и ответвления проводов, проложенных внутри неоткрывающихся коробов, в трубах и в гибких металлических шлангах, проложенных открыто или скрыто, выполняют в соединительных и ответвительных коробках. Провода в местах выхода из жестких труб и гибких металлических рукавов защищают от повреждений втулками, зенкерованием, развальцовыванием концов труб и другими способами. При этом в местах соединения, ответвления и присоединения жил предусматривают *запас* провода или кабеля, обеспечивающий возможность повторного соединения, ответвления или присоединения проводов и кабелей в местах, доступных для осмотра и ремонта.

Там, где электропроводки или токопроводы пересекают температурные и осадочные швы, устанавливают компенсирующие устройства. В случае, когда под воздействием изменений температуры и вибрации деформация жестких электропроводок может вызвать опасные механические напряжения проводов или изоляторов, принимают меры к устранению этих напряжений с помощью компенсаторов и других приспособлений. Ленточные и гибкие токопроводы не требуют установки компенсаторов линейного расширения в местах пересечения ими температурных швов.

Виды электропроводки и способы прокладки проводов и кабелей, применяемых в зависимости от характеристики окружающей среды, определяются в соответствии с требованиями ПУЭ. Провода и кабели, прокладываемые в коробах и лотках, обязательно маркируют с помощью надписей или табличек.

При открытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из несгораемых материалов и незащищенных проводов расстояние в свету от провода (кабеля) до поверхности оснований, конструкций, деталей из сгораемых материалов предусматривают не менее

10 мм или отделяют их от поверхности слоем несгораемого материала, выступающего с каждой стороны провода (кабеля) не менее чем на **10 мм**.

При скрытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций, в бороздах и других местах с наличием сгораемых конструкций провода и кабеля защищают сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон.

При открытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов по несгораемым и трудносгораемым основаниям и конструкциям расстояние в свету от трубы (короба) до поверхности окружающих конструкций, деталей из сгораемых материалов принимают не менее **100 мм** или их отделяют со всех сторон от этих поверхностей сплошным слоем несгораемого материала толщиной не менее **10 мм**.

Для стационарных электропроводок применяются преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами, **если это не запрещено правилами безопасности**.

Незащищенные изолированные провода при напряжении свыше **42 В** в помещениях без повышенной опасности и при напряжении до **42 В** в любых помещениях прокладывают на высоте **не менее 2 м**, а в помещениях с повышенной опасностью и особоопасных при напряжении свыше 42В – на высоте **не менее 2,5 м** от пола или уровня площадки обслуживания. На спуски к выключателям, штепсельным розеткам, щиткам, пусковым аппаратам, светильникам, устанавливаемым на стене, это требование не распространяется, кроме производственных помещений, где эта часть проводки защищается от механических повреждений на высоте не менее **1,5 м** от уровня пола или от площадки обслуживания.

Если незащищенные изолированные провода пересекаются с незащищенными или защищенными изолированными проводами и расстояние между проводами **менее 10 мм**, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод накладывают **дополнительную изоляцию**. При пересечении трубопроводов незащищенными и защищенными проводами и кабелями их располагают на расстоянии **не менее 50 мм** друг от друга, а от трубопроводов, содержащих горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы, **не менее 100 мм**. При расстоянии между ними **менее 250 мм** провода и кабели дополнительно защищают от механических повреждений на длине не менее **250 мм** в каждую сторону от трубопровода. От горячих трубопроводов провода и кабели защищают **теплоизоляционными материалами**.

В местах прохода проводов и кабелей через стены, междуэтажные перекрытия или выхода их наружу обеспечивают **возможность смены** электропроводки. Для этого проход выполняют в *трубе, коробе, проеме* и т.п. В местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу зазоры между проводами, кабелями и трубой, а также резервные трубы заделывают легко удаляемой массой из несгораемого материала. Заделка должна допускать замену, дополнительную прокладку новых проводов и кабелей и обеспечивать предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

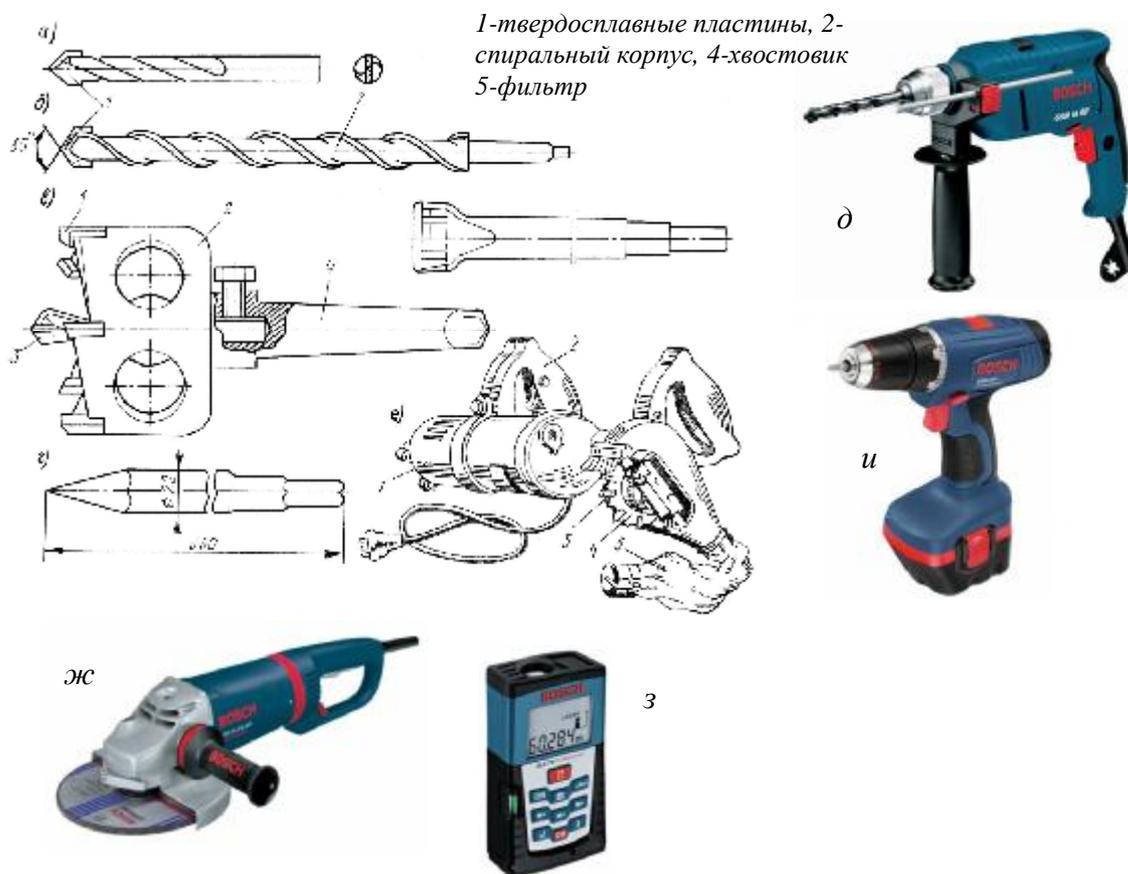
При проходе проводов из сухого или влажного помещения в сырое, или из одного сырого помещения в другое сырое, или при выходе проводов из помещения наружу - каждый провод прокладывают в **отдельной** трубе. При выходе из сухого или влажного помещения в сырое или наружу - соединения проводов выполняют в сухом помещении. Соединение проводов **внутри трубы не допускается**.

### 3. Подготовка трассы и крепление электропроводок.

При выполнении электромонтажных работ приходится значительную часть операций производить вручную, особенно при пробивке отверстий и борозд. Эти работы механизуются с помощью ручных механизмов с использованием пневматических, гидравлических и электрических машин, а также механизмами, приводимыми в действие силой взрыва. К средствам малой механизации относятся ручные электро-и пневмодрели, пневматические молотки, перфораторы, гидравлические прессы, строительномонтажные пистолеты, элек-

тромолотки, различные домкраты, лебедки, тали, механизмы для обработки стальных труб и др.

При работе по бетону следует учитывать характер инертного наполнителя бетона, а не только его марку. Бетоны, имеющие в качестве наполнителя кирпич или известняк, а также кирпичные, шлакобетонные, гипсолитовые и подобные им наполнители, вследствие их малой абразивности сравнительно легко поддаются сверлению инструментом, армированным твердым сплавом.



*а, б – спиральные сверла с твердосплавными пластинами ; б – для глубоких отверстий; в – коронка армированная зубьями из твердого сплава, е-машина для образования борозд с армированной фрезой, г - тика, д-перфоратор, и-шуруповерт, ж- отрезная машина, з-лазерный дальномер*

#### Рисунок 4 - Инструмент для пробивки отверстий, ниш и борозд. Дальномер

Для сверления отверстий в конструкциях небольшой твердости применяют электродрели и перфораторы вращательного действия на напряжение 220 В промышленной частоты (50 Гц) с двойной изоляцией, а также на напряжение 36 В частотой 200 Гц. Для образования отверстий в бетоне с наполнителями из песчаника или гранита, имеющем большую твердость и абразивность, применяют инструмент только **ударно-вращательного или ударно-поворотного действия (перфораторы)**.

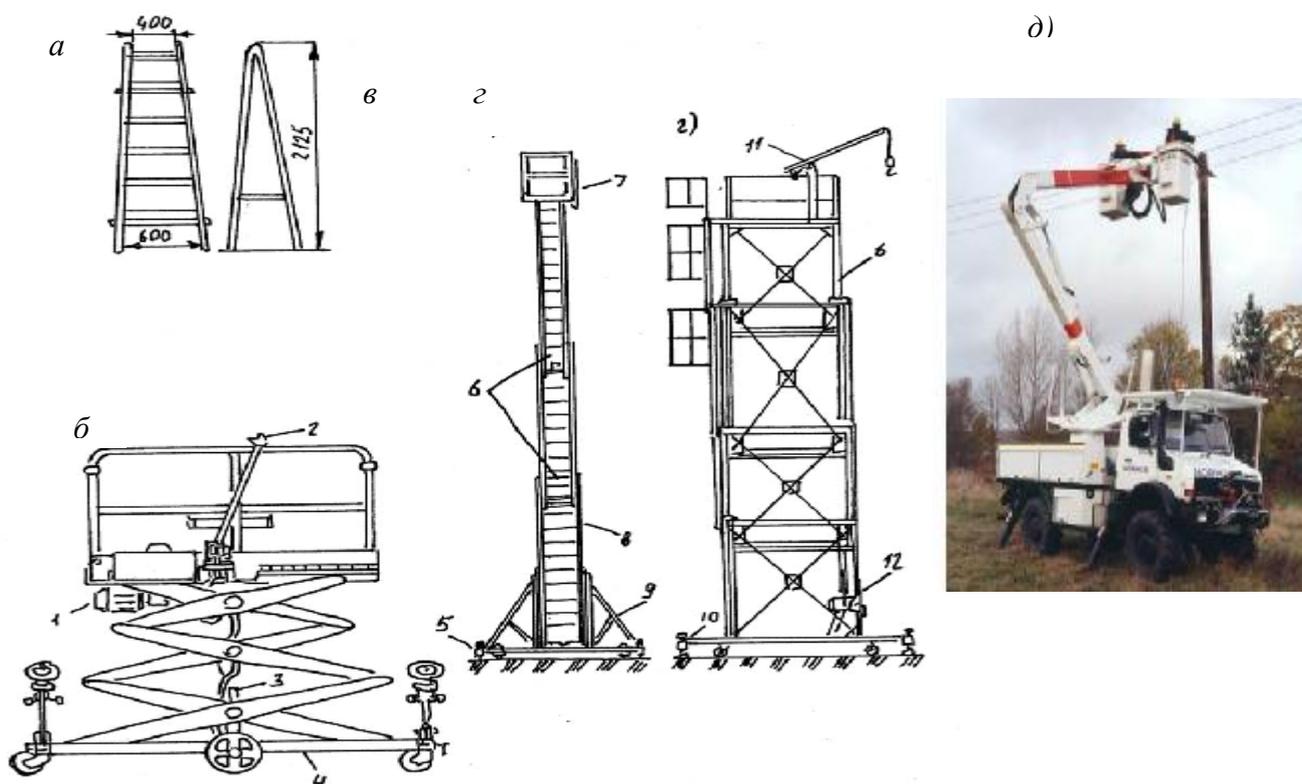
При креплении проводок и аппаратов применяют пластмассовые и металлические дюбели и анкера, дюбели с волокнистым наполнением и распорной гайкой, болты, шпильки, скобы, штыри, крюки, а также специальные дюбели для строительно-монтажных пистолетов и ручных оправок. Для заготовки отверстий под пластмассовые или металлические дюбели с волокнистым наполнением применяют специальные пробойники для ручного молотка, а для забивки дюбелей типа гвоздей – ручную оправку. Для образования отверстий в строительных конструкциях из кирпича и других подобных материалов промышленность выпускает специальные ручные электросверлильные машины и переставные электрические станки; на-

ряду с ними могут применяться и ручные электрические сверлильные машины общепромышленного назначения (например, для сверления по металлу) .

В зависимости от массы ручные сверлильные машины бывают пистолетного типа, удерживаемые в процессе работы одной рукой; машины с двумя рукоятками, удерживаемые в работе обеими руками; машины с двумя боковыми рукоятками и грудным упором на задней стенке для более удобного удерживания и создания повышенного осевого давления. Применяют также машины с комплектом насадок для выполнения различных операций. Кроме того, применяют электрические молотки, пневматические сверлильные машины, перфораторы, а также пиротехнические пистолеты и оправки для забивки дюбелей и колонки для пробивки отверстий в потолке.

Для упрощения работ по монтажу, а также для снижения трудовых затрат и стоимости работ крепежные детали и мелкие изделия приклеивают с помощью специального клея, приклеивать провода и кабели непосредственно к основаниям не следует, за исключением отдельных случаев скрытой проводки. Крепежные детали и изделия приклеивают к бетонным, железобетонным, керамзитобетонным, асбестоцементным, кирпичным, керамическим и стеклянным строительным основаниям, поверхностный слой которых обладает прочностью, достаточной для удерживания приклеенных изделий.

Поверхность строительного основания в местах приклейки должна быть ровной, очищенной от грязи, пыли, копоти и т.п. Нельзя приклеивать к сырым, пропитанным маслом, побеленным, окрашенным и оштукатуренным поверхностям, а также к основаниям, которые могут подвергнуться намоканию в процессе эксплуатации. Приклеивание выполняют при положительных температурах в помещениях с относительной влажностью воздуха, не превышающей 75 %.



*Для работы на высоте применяют подмости, лестницы, автовышки различных конструкций и типов, имеющие ограждения по периметру для предотвращения падения людей. При этом используются защитные средства, монтажные пояса, каски.*

*а – лестница- стремянка; б – гидравлическая подъемная платформа; в – телескопическая катушечная вышка; г – телескопические подмости, д – автовышка изолированная.*

**С приставных лестниц работа не разрешается.**

**Рисунок 5 - Средства для работы на высоте**

#### 4. Прокладка проводов в строительных конструкциях.

Для прокладки проводов в крупнопанельных и крупноблочных зданиях применяют специальную систему электропроводок, состоящую из пустот, каналов, борозд, штробов, других углублений, формируемых во время изготовления панелей. Провода прокладывают в специально предусмотренных для этой цели каналах, в панелях, перегородках или в пустотах панелей, обусловленных их конструкцией. Каналы для проводок, ниши, гнезда, сквозные проходы и другие устройства в строительных элементах зданий для электропроводок выполняются на заводах домостроительных комбинатов. Каналы образуют, как правило, без замоноличивания изоляционных труб в строительные конструкции. Во избежание повреждения изоляции при протягивании проводов каналы должны иметь на всем протяжении гладкую поверхность без наплывов и острых граней.

Диаметры каналов для питающих сетей должны быть не менее 1,1 диаметра стальных труб, применяемых для прокладки соответствующих проводов; длина каналов между протяжными нишами или коробками не должна превышать 8 м; соединительные ниши в стеновых панелях необходимо выполнять в виде полукруглых выемок радиусом 70 мм; гнезда в железобетонных и других панелях для непосредственной установки штепсельных розеток и выключателей делают конусными с отверстиями диаметром 72 и 74 мм, а в гнездах для коробок диаметром 85 мм вмазывают специальный стакан, представляющий собой полый цилиндр, состоящий из двух половинок переменного диаметра. Стакан имеет кольцевые выступы по диаметру, перегородку для звукоизоляции и сквозное отверстие для прохода каналаобразователя. Выключатели и штепсельные розетки закрепляются в закладных стаканах распорными планками на кольцевых выступах. Стаканы, выпускаемые заводами, имеют различную длину, что позволяет закреплять их в железобетонных и гипсолитовых панелях разной толщины. Иногда вместо каналаобразователей на домостроительных комбинатах в панели закладывают пластмассовые трубы.

Предварительно заготовленные в мастерских электропроводки затягивают в каналы панелей. Число прокладываемых в одном канале проводов зависит от диаметра канала и сечения провода. Распределительные групповые сети выполняют из проводов с алюминиевыми или медными жилами.

В кирпичных зданиях провода прокладывают непосредственно под штукатуркой с устройством или без устройства борозд в зазорах кирпичной кладки, в горизонтальных или вертикальных каналах, которые должны быть предусмотрены при кладке стен.

Каждая отдельная заготовка проводки групповой осветительной сети предназначенная для прокладки на месте строительства здания, представляет собой крупный узел, состоящий из участков проводов, сходящихся в одной или нескольких соединительных коробках, соединяемых в этих коробках или только проходящих через них. Сеть представляет собой участки электропроводок, располагающиеся в пределах одной отдельной строительной конструкции, собранные по заданной схеме и снабженные необходимыми электроустановочными изделиями. Плоские провода применяют для групповых осветительных сетей и мелких силовых нагрузок в жилых и общественных зданиях. Их прокладывают, как скрыто под слоем штукатурки или внутри стен и перекрытий, так и открыто по поверхностям стен и потолков, а также в подвалах жилых и общественных зданий. В санузлах применяют только скрытую проводку. Открытая прокладка алюминиевых проводов в пожароопасных помещениях и на чердаках, во взрывоопасных, особо сырых помещениях, помещениях с активной агрессивной средой, в детских и лечебных учреждениях, зрелищных предприятиях, **клубах и школах не допускается**. В этих случаях необходимо применять **медные** провода.

#### 5. Монтаж плоских проводов.

При открытой прокладке по стенам и потолкам провод прокладывают на расстоянии не менее **200 мм** от карнизов, выступающих декоративных элементов. В помещениях, оклеенных обоями, верхнюю горизонтальную прокладку выполняют выше обоев.

При скрытой горизонтальной проводке по стенам провода укладывают параллельно линии карнизов на расстоянии **100-200 мм** от потолка или **50-100 мм** от карниза; спуски к выключателям, штепсельным розеткам или светильникам выполняют вертикально по отвесам. В перекрытиях допускается прокладка по кратчайшему расстоянию без учета взаимного расположения стен, потолка и пола.

**Во влажных помещениях** длину проводки стремятся максимально сократить, размещая проводку и выключатели **вне этих помещений**, а светильники на стенах, смежных с коридором. При параллельной прокладке, как скрытой, так и открытой, расстояние между отдельными проводами принимается **3-5 см**.

При открытой прокладке провод крепят к опорной плоскости приклеиванием или скобами. При скрытой прокладке крепление провода производят «примораживанием» провода алебастровым раствором в нескольких местах по длине трассы.

Для разделки проводов применяют универсальные клещи, при прокладке плоских проводов **по сгораемым основаниям** под ними по всей длине кладут полосу из несгораемого материала толщиной не менее 3 мм с выступом от края провода не менее чем на 5 мм. Пересечение жил в местах сгиба не разрешается. Не допускается также пересечение проводов.

Соединения и ответвления плоских проводов, прокладываемых открыто и скрыто, выполняют **только** в ответвительных или соединительных **коробках** и коробках выключателей, штепсельных розеток и светильников **с помощью зажимов, прессованием или сваркой. Заделка соединений проводов и кабелей в трубы или под штукатурку не допускается.** При открытой прокладке проводов для соединения применяют малогабаритные пластмассовые коробки без деревянных розеток. При скрытой прокладке используют пластмассовые или металлические коробки и коробки для установки выключателей и штепсельных розеток, заделывая их в стену или перекрытие заподлицо. Внутреннюю поверхность металлических коробок покрывают изоляционным лаком или обкладывают электрокартоном; в местах ввода в них проводов устанавливают втулки из изоляционного материала.

При вводе проводов в металлическую коробку или закрытую арматуру на концы проводов накладывают дополнительную изоляцию из прорезиненной или липкой поливинилхлоридной ленты. В местах соединения проводов и присоединения их к светильникам и выключателям **оставляют запас провода не менее 50 мм**.

## 6. Электропроводки в трубах.

Для прокладки проводов в определенных ПУЭ случаях применяются стальные и пластмассовые трубы. Стальные трубы применяют в пожароопасных и взрывоопасных помещениях для защиты проводов от механических повреждений, а также для защиты изоляции и самих проводов от разрушения едкими парами и газами и попадания внутрь трубы влаги, пыли и взрыво- и пожароопасных смесей из окружающей среды. Соединения и присоединения труб к коробкам, аппаратам и электроприемникам выполняют в зависимости от условий эксплуатации: **без специального уплотнения, уплотненными и взрывобезопасными.**

Применяемые для электропроводок стальные трубы делятся на три группы: *водогазопроводные обыкновенные*; – водогазопроводные легкие; – тонкостенные электросварные.

Перед монтажом внутреннюю поверхность труб очищают от окалины и грязи и производят окраску внутренней и наружной поверхностей асфальтовым лаком. Трубы, прокладываемые в бетоне, снаружи не окрашивают для лучшего сцепления с бетоном. Оцинкованные трубы прокладывают без окраски. Для помещений с химически активной средой в проектах проводят специальные указания о марке антикоррозийной краски для стальных труб. Водогазопроводные обыкновенные трубы применяют только во взрывоопасных установках.

Тонкостенные электросварные трубы применяют при открытой прокладке в сухих и влажных **помещениях без уплотнения мест соединения и ввода** в коробки; при скрытой прокладке в сухих и влажных, а также при открытой и скрытой прокладке в жарких, пыль-

ных, пожароопасных помещениях и на чердаках, при этом трубы соединяют стандартными стальными муфтами с накатной резьбой, места соединения и вводы в коробки уплотняют.

Допускаются выходы участков труб из фундаментов в грунт в пределах помещения при условии дополнительной их антикоррозийной защиты. Эти трубы во взрывоопасных зонах и в земле не прокладывают и в качестве заземляющих и нулевых защитных проводников при толщине стенки трубы до 1,5 мм в зданиях и 2,5 мм в наружных установках не применяют.

Малая толщина стенок тонкостенных труб, наличие с внутренней стороны вдоль шва наплывов от сварки и отклонение их сечений от точной геометрической формы создают ряд *затруднений при обработке и монтаже: на тонкостенных трубах нельзя применять нормальную резьбу; изгибание требует принятия специальных мер, чтобы избежать их смятия; для электросварки необходимо точно подобрать электроды и величину сварочного тока.*

При соединении труб без уплотнения стыков применяют клиновые и винтовые манжеты или гильзы из отрезков труб, которые насаживают на концы соединяемых труб и приваривают к ним электросваркой. Для соединения труб между собой и с коробками служат манжеты из отрезков труб со сплошной приваркой, с окулярной, мелкой метрической или накатной резьбой или специальные накидные гайки, обеспечивающие уплотнение стыка. Для удаления грата применяют устройство, с помощью которого через трубу пропускают оправку или протяжку. Проходя внутри трубы, протяжка сбивает все острые края наплывов грата.

Для подвода трубных электропроводок к электродвигателям и аппаратам, при обходе препятствий и в качестве компенсаторов в местах пересечения температурных швов и на сложных участках трассы используют **гибкие вводы**.

При открытой прокладке труб по стенам, потолкам или строительным конструкциям их закрепляют на опорных поверхностях скобами на дюбелях, уголках, перфорированной полосе и т.п., крепление **электросваркой к металлоконструкциям не допускается**. При прокладке стальных труб необходимо выдерживать определенные расстояния между точками крепления (не более 2,5 м для труб с условным проходом 15-20 мм, 3 м – для проходов 25-32 мм и не более 4 м – для проходов 40-80 мм), а также между протяжными коробками в зависимости от числа изгибов: не более 50 м – при одном изгибе трубы, 40 м – при двух и 20 м – при трех.

При соединении труб стандартными муфтами для уплотнения на резьбу труб наматывают пеньковое или льняное волокно, пропитанное суриком или белилами, растворенными на олифе. Резьбу на трубах выполняют трех видов: длинный сгон для размещения на ней муфты и контргайки, средний (полусгон) для размещения двух контргаек с запасом свободной резьбы и короткий – для размещения половины соединительной муфты. В отдельных случаях соединительные муфты дополнительно закрепляют контргайками.

Для отдельных электроустановок, насыщенных трубными проводками, производят заготовку трубных электропроводок на макетах в масштабе 1:1. Заготовленные на макете трубы и трубные блоки разбирают, маркируют и отправляют на объект монтажа.

На первой стадии монтажа проводок в стальных трубах размечают трассу и устанавливают крепежные детали. После этого проводят точные замеры ниток трассы, составляют подробный эскиз с указанием размеров, необходимых для заготовки блоков и разводки труб в мастерской на технологической линии.

На второй стадии монтажных работ элементы трубной проводки, полученные из мастерской, закрепляют на подготовленные места и затягивают в них провода. На полу и междуэтажных перекрытиях на опорных поверхностях их укладывают свободно без закрепления. В фундаментах под машины и технологическое оборудование трубы или пакеты труб в необходимых по ходу укладки точках прикрепляют к опалубке или арматуре скобами, проволокой.

На технических этажах вся электропроводка должна быть в трубах для защиты от попадания влаги. Вводы в коробки герметизируются с помощью специальных вводов. Кабели должны вводиться в коробки снизу и иметь уплотнения.

При открытой прокладке труб по стенам, потолкам или строительным конструкциям их закрепляют на опорных поверхностях.

В настоящее время широко применяются электропроводки в пластмассовых трубах. Основными видами пластмассовых труб являются виниловые, полиэтиленовые и полипропиленовые.

*Виниловые трубы* обладают высокой механической прочностью. В зависимости от толщины стенок они делятся на три группы: легкие (Л), средние (С) и тяжелые (Т) и выпускаются с наружными диаметрами 20, 25, 32, 40, 50 и 63 мм. Для электропроводок преимущественно применяются легкие и средние трубы.

В зависимости от температуры виниловые трубы могут иметь деформацию по длине (0,08 мм/м на 1 °С), что необходимо учитывать при выборе способа их крепления: предусматривать возможность продольного смещения трубы или при жестком креплении предусматривать компенсаторы или специальные сальники. Выбор диаметра виниловых труб производится в зависимости от количества и сечения затягиваемых в них проводов и сложности трасс.



1-рукоятка, 2-рычаг, 3-стопор, 4-корпус, 5-рычаг реверса, 6-крюк рабочий, 7-трос рабочий, 8-крюк крепежный

**Рисунок 6 - Лебедка монтажная ручная, монтажные чулки для протяжки кабеля в трубах.**

### 6.1. Монтаж проводов в пластмассовых трубах

При укладке виниловых труб параллельно горячим трубопроводам должно быть выдержано расстояние не менее 100 мм; при этом виниловые трубы располагают ниже горячих трубопроводов.

Пластмассовые трубы удобны в монтаже, легко обрабатываются, соединяются и гнутся. Электропроводки в пластмассовых трубах применяют в сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях, в помещениях с химически активной средой, в наружных установках, а также в агрессивном грунте. Электропроводки в пластмассовых трубах не применяют в пожароопасных и взрывоопасных помещениях (см. примечания).

*Электропроводки в полиэтиленовых и полипропиленовых трубах* нельзя прокладывать в зданиях ниже II степени огнестойкости, т. е. в таких, у которых имеются горючие смеси, перекрытия и перегородки. В зданиях выше II степени огнестойкости эти трубы применяют только для скрытых электропроводок. Электропроводки в виниловых трубах выполняют в зданиях любой степени огнестойкости. При этом в открытых и скрытых электропроводках виниловые трубы прокладывают непосредственно по несгораемым, трудносгораемым и сгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям. По сгораемым стенам и конструкциям их

прокладывают по прослойке из листового асбеста толщиной 3 мм или слою штукатурки толщиной 5 мм, выступающим по сторонам трубы на 5 мм (минимально допустимые размеры).

Нельзя применять электропроводки в полиэтиленовых и полипропиленовых трубах и открытые электропроводки в винилпластовых трубах **в специальных зданиях и помещениях, на сценах** и в кинобудках зрелищных предприятий и клубов, **в детских яслях и садах, больницах, на чердаках, а также в животноводческих помещениях.**

Монтаж электропроводок в пластмассовых трубах осуществляют в две стадии. К первой стадии относят заготовку элементов проводки в мастерских и подготовительные работы на монтажном объекте, включающие приемку от строителей трубных трасс с предусмотренными по проекту проходами, закладными деталями, бороздами (штробами) для укладки труб, отверстиями и проемами. Во второй стадии выполняют монтаж, который включает в себя сборку, укладку и крепление трубной сети, затяжку в трубопроводы электрических проводов и кабелей, установку электрооборудования, сборку и опробование электрической схемы.

Заготовка включает в себя разметку, резку, правку труб, снятие фасок, нагревание труб для изгибания и выпрессовки на их концах раструбов или изготовление соединительных раструбных муфт и втулок, изгибание труб, обортовку отрезков труб для получения втулок, соединение труб сваркой, горячей посадкой (для полиэтиленовых и полипропиленовых труб) и склеиванием (для винилпластовых труб), соединение труб с коробками и ящиками, комплектование и маркировку трубных заготовок. Заготовку полиэтиленовых труб больших сечений, а также полипропиленовых и винилпластовых труб выполняют в мастерских на специальных станках и приспособлениях, а труб среднелегкого и среднего типа с условным проходом до 25 мм — на месте монтажа, применяя средства малой механизации, так как при небольших сечениях и тонких стенках трубы легко обрабатываются и гнутся. Это особенно относится к трубам, поставляемым в бухтах, которые требуют минимального числа соединений.

Для затягивания проводов крупных сечений используют специальные приспособления в виде захватов, чулков и небольших ручных лебедок. Провода затягивают в трубы вручную или с помощью механизированных приспособлений. На протяженных трубопроводах и не трубопроводах с большим числом изгибов устанавливают дополнительно протяжные коробки и ящики, что облегчает затягивание проводов.

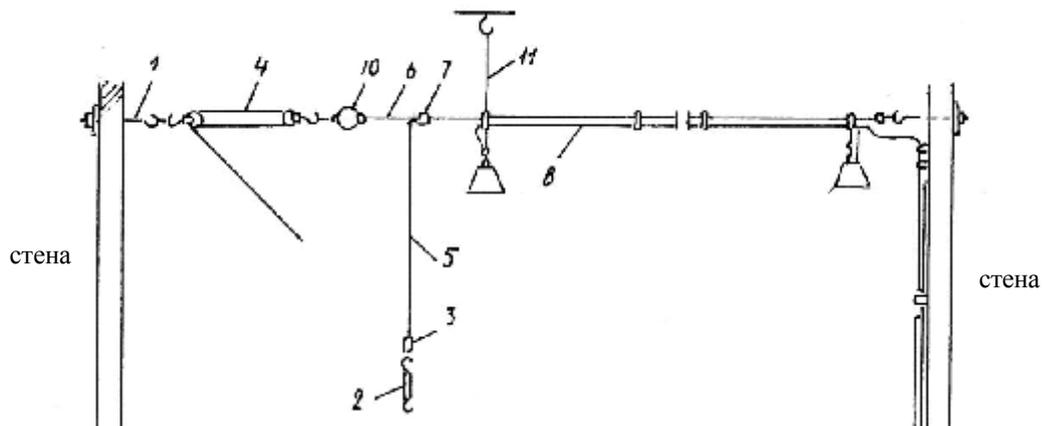
Пластмассовые трубы соединяют между собой, с коробками и ящиками сваркой, приклеиванием или с помощью образования раструбов на концах труб, в зависимости от материала труб и коробок или ящиков. Применяют также монтаж пластмассовых труб нормализованными элементами (мерные отрезки труб, колена с нормализованными углами изгиба, коробки), заготовленными в заводских условиях.

## 7. Проводки на тросах и струнах.

Проводка считается тросовой, если нагрузка от веса провода или кабеля воспринимается несущим тросом, к которому прикрепляется провод, или тросом, который входит в конструкцию провода или кабеля. Тросовую проводку применяют в помещениях промышленных предприятий со сложной конструкцией строительной части, где из-за наличия большого количества различных трубопроводов, колонн, ферм и балок трудно и дорого выполнить проводку другого типа.

Для прокладки внутри помещений сетей на напряжение до 660 В промышленных электроустановок можно применять установочные провода РТ или АРТ, имеющие алюминиевые жилы, резиновую изоляцию и встроенный несущий трос. Изолированные жилы провода скручены вокруг изолированного оцинкованного троса. Жилы провода имеют отличительную маркировку в виде полосок на поверхности изоляции. Для наружных проводок применяют провод марки АВТ с алюминиевыми жилами, утолщенной поливинилхлоридной изоляцией и несущим тросом; для сельского хозяйства – провода АВТС с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией и несущим тросом. Провода АВТ и АВТС предназначены

ны для сетей напряжением 380 В и имеют индексы 1 и 2, соответственно с обычным и усиленным несущим тросом. Для тросовых проводок применяют также провода АПР (ПР), АПВ (ПВ), небронированные кабели марок АВРГ (ВРГ), АНРГ (НРГ), АВВГ (ВВГ), которые крепят к специальному несущему тросу.



1 – временные и постоянные анкеры; 2 – динамометр; 3 – концевые петли; 4 – специальная лебедка или полист; 5 – свободный конец несущего троса; 6 – вспомогательный отрезок троса; 7 – клиновой зажим; 8 – плеть тросовой электропроводки; 11 – вертикальная проволочная подвеска

**Рисунок 7 - Выполнение тросовых электропроводок**

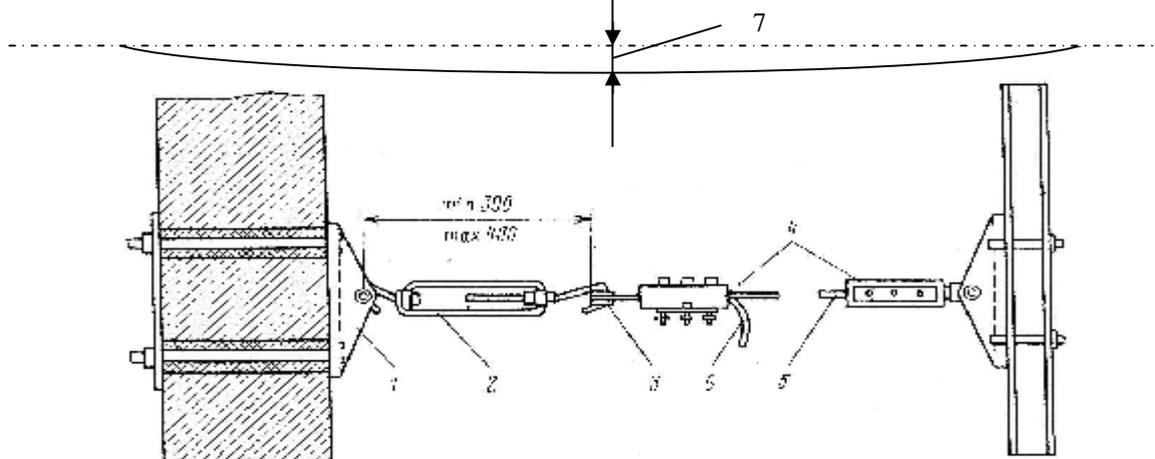
В связи с неудобством и опасностью выполнения монтажных работ на высоте часть работ **выполняется в мастерской**, поэтому монтаж электропроводок выполняют в две стадии. *На первой стадии* в мастерской заготавливают и собирают электропроводки, комплектуют анкерные и натяжные конструкции, а также поддерживающие устройства и транспортируют их на место монтажа. На монтажной площадке устанавливают анкерные и натяжные конструкции, вертикальные подвески, поперечные и продольные оттяжки, производят заготовку трасс для питающих магистралей. Все работы первой стадии монтажа выполняют в процессе общестроительных работ, при определенной готовности элементов здания, на которых производится подвеска и крепление электропроводки.

*На второй стадии* монтажа, заготовленные и доставленные к месту монтажа тросовые проводки монтируют на заранее установленных натяжных устройствах и подвесках в помещениях. При заготовке тросовой электропроводки в мастерской на ней устанавливают и закрепляют ответвительные и соединительные коробки, заземляющие переключки, натяжные муфты и вводные коробки. Светильники, как правило, к проводке крепят на второй стадии монтажа, когда разматывают тросовую электропроводку на полу, временно подвешивают ее на высоте 1,2-1,6 м для правки проводов, подвески и подключения светильников; затем поднимают электропроводку на проектное место, закрепляют трос одним концом за анкерную конструкцию, соединяют его с промежуточными подвесками и стяжками, предварительно натягивают и надевают на второй анкерный крюк. После этого производят окончательное натяжение несущего троса, регулировку стрелы подвеса, заземление несущего троса и всех металлических деталей линии и подключение линии к питающей магистрали.

Для натяжения троса применяют лебедку с ручным приводом. Усилие натяжения троса контролируется динамометром.

**Стрелу провеса** при регулировке принимают: **100-150 мм для пролета 6 м; 200-250 мм для пролета 12 м**. Несущие тросы заземляют в двух точках на концах линии. На линиях с нулевым проводом заземление осуществляют присоединением несущего троса к этому проводу гибкой медной переключкой сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ , а на линиях с изолированной нейтралью

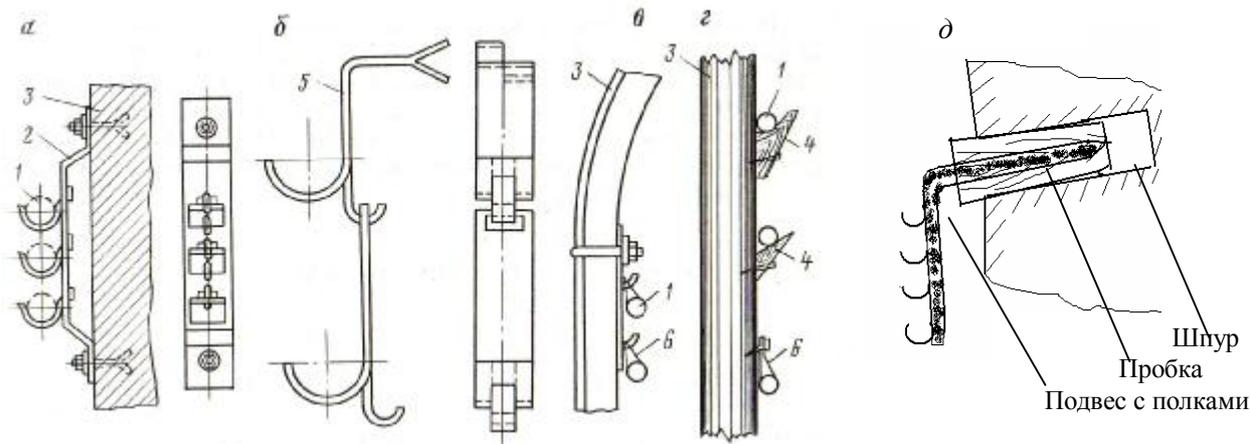
– присоединением троса к шине, соединенной с контуром заземления. **Несущий трос в качестве заземляющего проводника использовать нельзя.**



1 – опоры на стяжных болтах; 2 – натяжная муфта; 3 – концевые петли; 4 – болтовые зажимы для троса; 5 – несущий трос; 6 – свободный конец несущего троса; 7 – стрела провеса

**Рисунок 8 - Схема сборки тросовых электропроводок на месте монтажа**

Разновидностью тросовых проводок являются **струнные** электропроводки. В отличие от тросовых проводок их применяют для крепления кабелей марок СРГ, АСРГ, ВРГ, АВРГ, ВВГ, АВВГ, НРГ, АПРГ, проводов СТПРФ и ПРП по жестким основаниям. Эти проводки выполняют на натянутой **стальной проволоке или ленте**, закрепленной к строительным основаниям или закладным конструкциям.



: а – на подвесах к стальной полосе; б – на крючках из стальной проволоки; в и г – эластичное, к стене или крепи выработки; д – жесткое к стенке выработки в крепких породах.

**Рисунок 9 - Крепление кабелей и проводов в горных выработках**

Все элементы струнных электропроводок надежно заземляют. Кабели в свинцовой оболочке, а также провода в металлической оболочке соединяют в общую цепь перемычками из гибкого медного провода. Перемычки закрепляют на металлических оболочках кабеля или провода медной или стальной **проволокой, припаявают** и присоединяют к металлоконструкциям, на которых закреплены кабели или провода, и к корпусам металлических ответвительных коробок. **В горных выработках** кабели крепятся на эластичных подвесах к элементам податливой крепи или к жестким подвесам, если крепь монолитная или выработки не требуют крепления. Расстояния между точками подвески кабеля: при горизонтальной прокладке – не более 3 м, при вертикальной – не более 6 м.

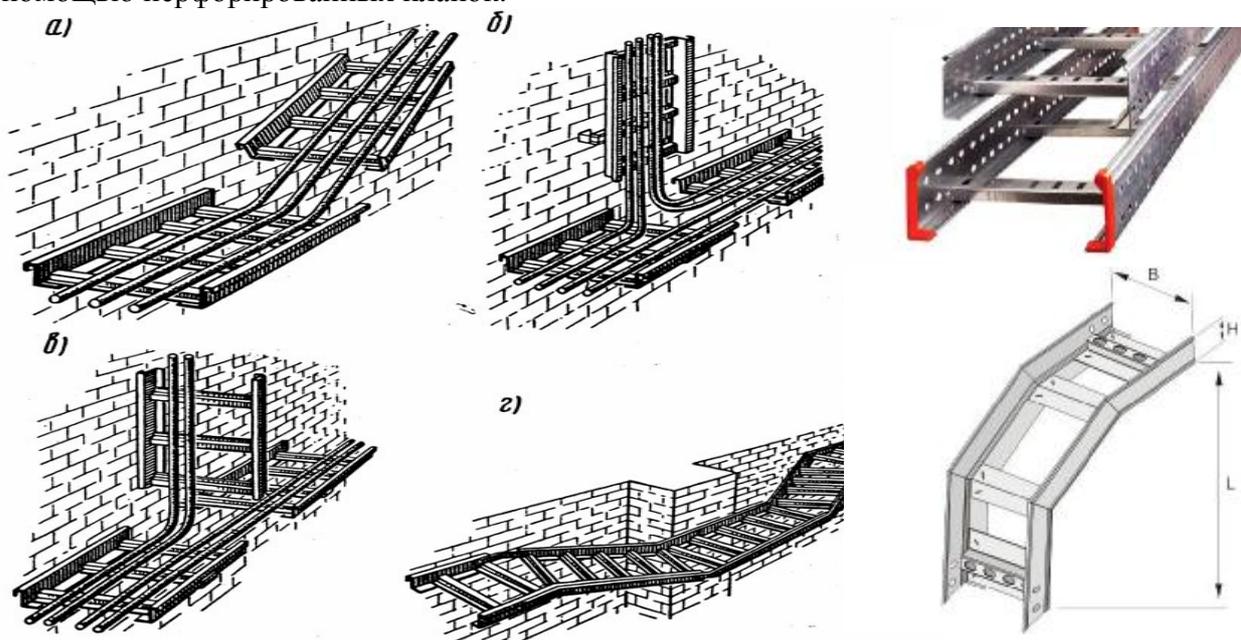
## 8. Электропроводки в лотках и коробах.

*Лотком* называют открытую конструкцию, выполненную из негорюемых материалов, предназначенную для укладки на ней электроизделий или других предметов. Лотки делают

сплошными, перфорированными или решетчатыми. Они не являются защитой от внешних механических повреждений, а служат лишь **опорой для проложенных** на них проводов и кабелей. Лотки применяют как в помещениях, так и в наружных установках.

По сравнению с другими видами проводка в лотках требует значительно меньших затрат труда и может быть выполнена в цехе, где закончено строительство; она позволяет также снизить расход стальных труб. Лотки имеют разнообразную типовую конфигурацию, изготавливаются на специализированных заводах или в собственных мастерских и их можно собирать в узлы и блоки.

В электротехнических помещениях лотки могут быть расположены на любой высоте, а во всех остальных помещениях – **на высоте не менее 2 м от пола** или площадки обслуживания и подвешивают их так, чтобы в них можно было прокладывать провода и кабели, не протягивая их вдоль лотка (с одной свободной от подвеса стороной). При пересечении лотков с другими коммуникациями или конструкциями стремятся не делать обходы, добиваясь прямолинейности лотковой трассы. Отдельные секции лотков соединяют между собой болтами с помощью перфорированных планок.



*а – горизонтально и наклонно по стене; б – горизонтально и вертикально плашмя; в – горизонтально и вертикально на ребро; г – обход выступа, д – лестничный лоток, е – угловая секция*

**Рисунок 10 – Виды кабельных лотков и расположение кабелей на полках**

При пересечении лотков с трубопроводами расстояние от трубопровода до ближайшего провода или кабеля устанавливают не менее **50 мм**, а при параллельной прокладке – не менее **100 мм**. Если трубопроводы с горючими жидкостями или газами, то эти расстояния принимают при пересечении не менее 100 мм, а при параллельной прокладке - не менее 250 мм.

Расстояния между точками крепления лотков обычно принимают 1,5 - 2 м. Конструкции и кронштейны для установки лотков прикрепляют к строительному основанию дюбелями, забиваемыми строительными монтажными пистолетами, или распорными дюбелями, а также приваркой к закладным деталям. После сборки лотковой конструкции места соединения прихватывают электросваркой в нескольких точках. Прямолинейный лоток заземляют не менее чем в двух удаленных друг от друга точках, а каждое ответвление от него – на его конце.

Электропроводки заготавливают в мастерских на основании проекта и предварительных замеров. Длину проводов и кабелей выбирают с учетом особенностей трассы и запаса на ввод в электроприемники и на повторные соединения. После установки лотков производят прокладку проводов с помощью приспособлений в виде роликов или направляющих жело-

бов, которые расставляют на трассе протягивания проводов или кабелей на расстоянии 10 м друг от друга, на углах и в местах изменения отметки.

Кабели и провода укладывают как в один ряд, так и пакетами и пучками, скрепленными бандажами.

Провода и кабели, проложенные в лотках, жестко закрепляют по всей трассе не более чем через 1 м при вертикальной установке лотков и не более чем через 0,5 м до и после поворота или ответвления – при горизонтальной. Крепление производится также не более чем через 1 м и при расположении лотков горизонтально (плашмя).

При открытой прокладке проводов и кабелей, когда необходима защита их от механических повреждений, применяют прокладку проводов и кабелей **в коробах**. *Коробом* называют закрытую полую конструкцию прямоугольного или другого сечения, предназначенную для прокладки в ней проводов и кабелей.

Короба делают глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба имеют только сплошные стенки со всех сторон без крышек. Они применяются в помещениях и наружных установках.

Короба изготовляют из листового проката в виде следующих типов секций: прямых, угловых и тройниковых с горизонтальным углом, а также с углом вверх и вниз, крестообразные, торцовые крышки, вставки, соединительные скобы, уголки для крепления короба и т.п. В стальных коробах прокладывают провода одной или нескольких осветительных или силовых электросетей одного или нескольких связанных общим технологическим процессом агрегатов, кроме взаиморезервирующих цепей. Они снабжены легко снимаемой перегородкой, разделяющей короб на два канала для размещения проводов и кабелей различных цепей, совместная прокладка которых не допускается. Съемная крышка короба облегчает монтаж, позволяет в процессе эксплуатации легко заменять и прокладывать дополнительно новые провода и кабели. Собранные короба устанавливают на кронштейнах по стенам или на подвесках, а также на технологическом оборудовании. Высота установки короба не нормируется. Расстояние между точками крепления короба должно быть не меньше длины секции. Уложенные провода и кабели закрепляют в коробах планками. Провода и кабели в коробах укладывают так же, как и в лотках.

Для надежного заземления коробов и обеспечения непрерывности цепи заземления все элементы коробов в местах сопряжения **приваривают электросваркой**. В лотках и коробах можно прокладывать кабели и провода. В сухих и жарких средах прокладывают провода АПВ, АПР, в жарких – АПР и АПРТО, в пыльных – АПВ, АПР и АППВ. Проложенные в лотках и коробах провода и кабели на концах и в местах **ответвлений маркируются**.

## 9. Прокладка негибких проводов и кабелей.

Особенности прокладки указанных видов кабелей и проводов связаны с их конструкцией и применяемыми материалами (свинец, бумага, резина, винилхлорид и др.). Эти материалы не допускают резких изгибов, поэтому перед прокладкой площадка требует специальной подготовки. *На первой стадии* монтажа электрооборудования трассу размечают так, чтобы радиус изгиба кабелей АСРГ, АВРГ и АНРГ равнялся не менее **десяти** наружным диаметрам, а радиус проводов АТПРФ **не менее шести**. Точки крепления размечают с таким расчетом, чтобы расстояние между ними при горизонтальной и вертикальной прокладках не превышало 500 мм. При вертикальной прокладке проводов АТПРФ это расстояние увеличивают до 700 мм. Необходимо, чтобы точки крепления кабеля и провода у ответвительных коробов, проходов и аппаратов отстояли от них на 60-100 мм в зависимости от внешнего диаметра кабеля или провода.

Кабели и провода крепят к стенкам и опорным поверхностям непосредственно с помощью стандартных скобок, имеющих размеры, соответствующие наружному диаметру кабеля или провода и количеству ниток в пучке, или с помощью металлических полосок. В шлакоблочных и гипсолитовых стенах крепления полосками избегают. Проходы через междуэтаж-

ные перекрытия выполняют так, чтобы обеспечить защиту кабеля или провода от механических повреждений.

На второй стадии работы начинают с раскатки проводов или кабелей и их правки. Во избежание образования трещин в оболочке кабеля АВРГ можно раскатывать и прокладывать при температуре **не ниже - 15°С, а кабели АСРГ – не ниже – 20 °С**. При более низких температурах окружающей среды кабели предварительно **нагревают**. При раскатке и выравнивании кабели и провода тщательно осматривают, чтобы выявить внешние изъяны и устранить их. Правку производят на роликовых выпрямителях или при малом сечении жил зажатой в руке сухой тряпкой. При правке проводов АТПРФ на роликовом выпрямителе следят за тем, чтобы шов оболочки был расположен сбоку и по прямой линии по всей длине выправляемого отрезка провода.

Перед закреплением кабелей АСРГ под скобки подкладывают прокладки из электрокартона, выступающие из-под скобок не менее чем на 1 мм с каждой стороны. Кабели и провода вводят в аппараты и ответвительные коробки вместе с оболочкой. При проходах через температурные и осадочные швы их укладывают **со слабиной в виде дуги**. По свежоштукатуренным и свежепобеленным (влажным) поверхностям кабели АСРГ и провода АТПРФ не прокладывают, т.к. это приводит к коррозии их оболочек. Кабели марок АСРГ, АВРГ и АНРГ изгибают в ручную, а провода АТПРФ специальными клещами.

Разделку конца кабеля АСРГ начинают с кольцевого надреза на свинцовой оболочке примерно на половину ее толщины; затем от кольцевого надреза к концу кабеля делают такой же глубины продольный надрез. Разгибая в сторону свинцовую оболочку, подлежащую снятию с конца кабеля, надламывают ее в месте надреза и снимают. Для быстрого удаления оболочки с конца кабеля диаметром до 20 мм применяют приспособление, закрепляемое на универсальных плоскогубцах. С помощью имеющейся в этом приспособлении регулировочной гайки фиксируют необходимую глубину надрезания свинцовой оболочки. При разделке кабеля АВРГ надрез можно делать нагретым паяльником с заостренным стержнем. Паяльник перемещают по линии надреза как можно быстрее, чтобы не повредить изоляцию. Жилы разделанных концов кабеля заделывают в корешке поливинилхлоридной лентой.

Все соединения и ответвления выполняют в соединительных или ответвительных коробках. Металлические оболочки кабелей и проводов и металлические соединительные и ответвительные коробки электрически соединяют между собой и заземляют. Такое заземление не делают в сухих производственных помещениях с сухими, не проводящими полами при напряжении не свыше 380В, а также в лабораторных, конторских и торговых помещениях и в тех случаях, когда невозможно одновременно прикосновение к металлическим оболочкам кабелей, проводов и другим заземленным предметам, а также при напряжении до 127В в любых помещениях, за исключением случаев, предусмотренных особыми правилами.

Присоединение металлических оболочек кабелей к заземляющей сети производят у групповых, питательных или распределительных щитков и пунктов многопроводным медным луженым проводом сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup> посредством припаивания его к оболочкам. Заземляющий проводник присоединяют к корпусу металлической коробки припайкой или зажимом под винт. Заземление оболочек нескольких кабелей и проводов, проложенных параллельно, выполняют одним неразрезанным гибким луженым медным проводом, накладываемым на пучок кабелей и проводов под прямым углом и припаиваемым к оболочке каждого провода и кабеля. Перемычки, соединяющие заземляемые оболочки кабелей и проводов у неметаллических ответвительных коробок, располагают снаружи.

## 10 Электропроводки во взрывоопасных зонах.

В соответствии с ПУЭ взрывоопасные зоны классифицируются на классы в зависимости от взрывоопасной окружающей среды. Во взрывоопасных зонах всех классов можно применять кабели с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией в поливинилхлоридной, резиновой и свинцовой оболочках и провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией в водогазопроводных трубах. **Применение кабелей и проводов с поли-**

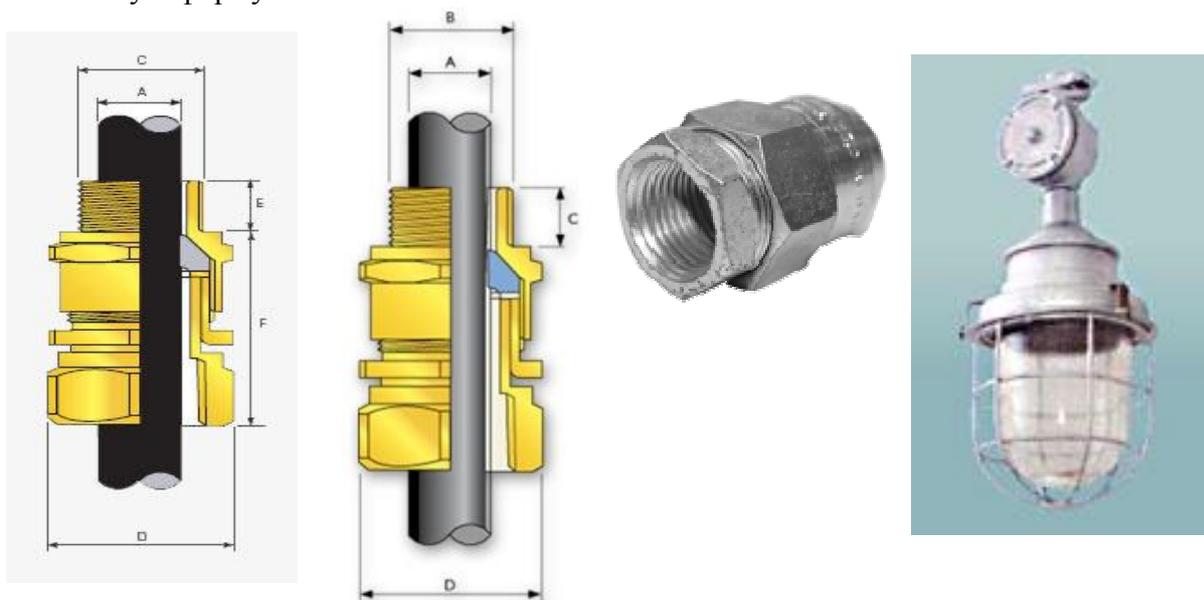
**этиленовой изоляцией и кабелей в полиэтиленовой оболочке во взрывоопасных зонах всех классов запрещается.**

Во взрывоопасных зонах классов В-1 и В-1а применяют кабели и провода **только с медными** жилами; в зонах классов В-1б, В-1г, В-1а и В-11 — кабели и провода с медными и с алюминиевыми жилами и кабели в алюминиевой оболочке. Во взрывоопасных зонах всех классов **нельзя применять неизолированные (голые) проводники, в том числе токоподводы к кранам, электроталям и т. п.**

Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов для взрывоопасных зон соответствующих классов принимаются в соответствии с ПУЭ. Соединение жил и кабелей производятся в соответствии с действующими монтажными инструкциями.

Жилы проводов и кабелей нельзя соединять винтовыми и болтовыми зажимами с давлением на жилу торцом винта или болта **без прокладки или башмака**, сжимами с винтами с резьбой менее М 4, резьбовыми конусными соединителями, голыми соединительными сжимами, даже если они после соединения покрываются изоляцией, припоями с температурой плавления менее 200°С. В силовых сетях напряжением до 1000 В в качестве нулевых и заземляющих проводников применяют специальную четвертую и пятую жилы кабеля или провода.

В целях надежного уплотнения вводов в электрооборудование и соединительные коробки применяются трех- и четырехжильные провода и кабели, имеющие в сечении **только круглую форму**. В осветительных сетях могут применяться двухжильные кабели, имеющие в сечении плоскую форму.



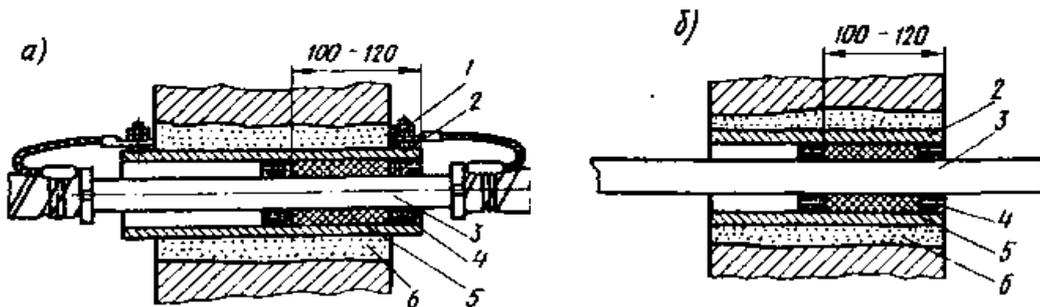
**Рисунок 11 – Уплотнительные ввод с применением резиновых колец.  
Взрывозащищенный светильник.**

Во взрывоопасных зонах всех классов при монтаже силовых и осветительных сетей при отсутствии опасности механических повреждений или химических воздействий следует применять открытую прокладку кабелей с медными жилами ВБВ, ВВБГ, ВББШв, ВВБГ, ВРБГ, СБГ, СБн, КРПС, КРПСИ, КРПГ.

Кабели прокладывают открыто по металлическим кабельным конструкциям, сварным и перфорированным лоткам, в коробах, по штукатурке, бетону, кирпичу, металлическим и другим строительным основаниям с креплением скобами или клицами, при этом поверхности не должны иметь острых кромок. Основные трассы кабелей располагают на высоте **не менее 2 м** от уровня пола или площадки обслуживания. Рекомендуется лотки располагать на высоте 2,5—4 м. В электротехнических помещениях высота расположения лотков не нормируется. При спусках и подводах кабелей к электрооборудованию независимо от высоты прокладки устройство дополнительных мероприятий по защите их от механических воздействий

не требуется, за исключением случаев, когда создается возможность повреждения кабеля движущимися транспортными средствами. Отрезок кабеля от пускателя к двигателю крепится скобой к перфорированной рейке с закладными гайками, установленной между стойками, при этом расстояние от сальника пускателя до скобы крепления должно быть **не более 350 мм.**

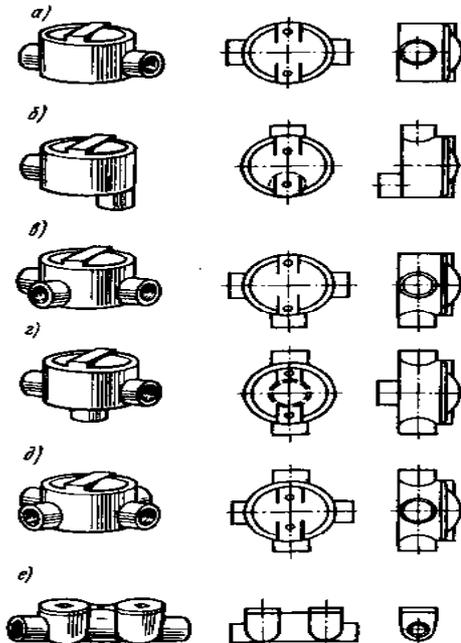
В зонах классов В-1, В-1а, В-11 и В-11а проходы открыто проложенных одиночных кабелей сквозь стены, перекрытия выполняются через заделанные в них отрезки труб с уплотнением конца трубы трубным сальником. При переходе кабелей в смежное взрывоопасное помещение трубные сальники устанавливают со стороны взрывоопасного помещения **более высокого класса**, а при одинаковых классах помещений — со стороны помещения, содержащего взрывоопасные смеси **более высокой категории и группы.** Для помещений класса В-1 трубные сальники устанавливаются по обе стороны прохода. При проходе кабелей через перекрытия отрезки труб **выпускают из пола на 150—200 мм.**



*а — уплотнение бронированных кабелей без наружного поливинилхлоридного покрытия; б — уплотнение кабелей с поливинилхлоридным покрытием; 1- болт заземления брони кабеля; 2 — отрезок трубы; 3- кабель; 4 — набивка из асбестового шнура; 5 — уплотнительный состав; 6-цементный раствор*

**Рисунок 12 - Проходы одиночных кабелей сквозь внутренние стены взрывоопасных зон классов В-1, В-1а**

Ввод кабеля марки ВБВ выполняют только в вводные коробки электродвигателей и вводные устройства аппаратов, имеющих на вводах резиновые (или другие) уплотнительные кольца. При вводах кабелей резиновые уплотнения необходимо надевать на наружные оболочки кабелей.



*а - проходная прямая (КПП); б — проходная через дно (КПД); в — тройниковая ответвительная (КТО); г — тройниковая с ответвлением в дно (КТД); д- крестовая осветительная (ККО); е — проходная разделительная для локальных испытаний (КПЛ)*

**Рисунок 13 - Чугунные взрывозащищенные коробки серии В**

Во взрывоопасных зонах стальные трубы в бетонируемых полах заглубляют не менее чем на 20 мм от поверхности пола. Длина открыто прокладываемых трубопроводов должна быть максимально сокращена, например для осветительных сетей за счет переноса сети от стен здания на линию расположения светильников. Во избежание скопления взрывоопасной пыли на трубах и конструкциях в помещениях классов В-11 и В-11а трубы прокладывают в один слой с просветами между ними, а также между трубами и стеной не менее чем 20 мм, конструкции для крепления труб применяют с малыми горизонтальными поверхностями.

Электротехнические трубопроводы располагают ниже технологических трубопроводов, несущих горючие пары и газы, имеющие плотность менее 0,8 относительно плотности воздуха, и выше технологических трубопроводов несущих пары и газы плотностью более 0,8 относительно плотности воздуха. При прокладке по эстакадам установок класса В-1г электротехнические трубопроводы прокладывают на стороне эстакады свободной от технологических трубопроводов. В сырых помещениях трубопроводы прокладывают с уклоном в сторону соединительных и протяжных коробок, а в особо сырых помещениях и снаружи — в сторону специальных водосборных трубок. В сухих и влажных помещениях уклон делают в сторону коробок только там, где может образоваться конденсат. Отдельные трубы, выходящие из взрывоопасных помещений, заделывают в местах прохода сквозь стены, полы и междуэтажные перекрытия цементным раствором или другими негорючими материалами по всей толщине стены или перекрытия так, чтобы газы, пары или пыль через щели и зазоры не проникали в соседние помещения.

Таблица 1 – Степень защиты светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Стационарные светильники		Переносные светильники	
Класс взрывоопасности	Исполнение по степени защиты	Класс взрывоопасности	Исполнение по степени защиты
В-1	взрывобезопасное	В-1, В-1а	взрывобезопасное
В-1а, В-1г	Повышенной надежности	В-1б, В-1г	Повышенной надежности против взрыва
В-1б, В-11	без средств взрывозащиты, 1Р 53	В-11	взрывобезопасное
		В-11а	Повышенной надежности против взрыва

В случае прохода через стену нескольких труб применяют стальные патрубки, приваренные к металлическим рамам, с накрученными на один конец каждого патрубка коробками с разделительным уплотнением. Трубы между собой, а также с фитингами, коробками, ящиками, с вводной арматурой машин, кожухами аппаратов, светильниками соединяют на резьбе с подмоткой пеньковой пряжи, пропитанной олифой или тертыми на масле красками (железным суриком, белилами), или ленты ФУМ. Подчеканка резьбовых соединений не допускается. При соединении труб сгонами с муфтой или футорками устанавливают контргайки, а резьбу покрывают масляной краской так, чтобы исключить самоотвертывание от вибрации или сотрясений.

Места присоединения трубопроводов к машинам, аппаратам и светильникам должны допускать возможность замены машин, аппаратов и других устройств без демонтажа трубной прокладки. При необходимости эти присоединения делают на сгонах с контрагайками. Вводы проводов и кабелей в корпуса или кожухи машин, аппаратов, светильников и других делают совместно с трубами или их переходными арматурами в виде трубчатых или коробчатых оконцевателей.

Для отделения объема вводных устройств взрывозащищенных электрических машин, аппаратов, светильников, а также для предотвращения перехода взрывоопасной смеси из одного помещения в другое или наружу на трубопроводах во взрывоопасных помещениях устанавливают разделительные уплотнительные коробки КПП или КПЛ, предусматривающие возможность локальных испытаний, заполняемые уплотняющими замазками и мастиками.

Такие уплотнения устанавливают в местах перехода трубопроводов из взрывоопасных помещений высших классов во взрывоопасные помещения низших классов (например, из помещения класса В-1 в помещение класса В-1а); в местах перехода трубопроводов из одних взрывоопасных помещений в другие, если они содержат взрывоопасные смеси других категорий или групп; в местах перехода из помещений взрывоопасных в невзрывоопасные или наружу; в помещениях классов В-1, В-1а, В-11 и В-11а при вводе труб в вводные устройства электрических машин, аппаратов, коробок с наборными зажимами, если вводные устройства или патрубки их не уплотнены или уплотнены недостаточно.

Разделительные уплотнения устанавливают в помещениях высшей категории в непосредственной близости от места выхода трубы из стены. При вводе проводов в стальных трубах в светильники, имеющие резиновые уплотнительные прокладки, разделительные уплотнения в виде специальных фитингов не устанавливают. В этом случае каждый проводник пропускают через отдельное отверстие в уплотнительной прокладке. В качестве уплотнителя применяют состав УС-65. Трубы с условным проходом больше 50 мм с кабелями можно уплотнять набивкой в трубу кабельного джута или асбестового шнура на глубину 100—120 мм с последующим заполнением уплотнительным составом УС-65 и набивкой сверху кабельного джута или асбестового шнура.

Во взрывоопасных зонах любого класса **заземляются** электроустановки всех напряжений переменного и постоянного тока, при установке электрооборудования на металлических конструкциях заземляющие и нулевые защитные проводники присоединяют непосредственно к корпусам электрооборудования — к заземляющему зажиму на корпусе или к заземляющему (нулевому) зажиму в вводном устройстве, в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников используют только специально предназначенные для этого проводники. Использование для этого конструкций зданий, стальных труб электропроводок, металлических оболочек и брони *кабелей* допускается только как дополнительное мероприятие.

Отдельно проложенные проводники заземления в местах прохода сквозь стены, полы, потолки и фундаментные плиты помещений с взрывоопасными зонами прокладывают в отрезках асбоцементных, стальных труб или в проемах. Отверстия в трубах и проемах должны быть тщательно заделаны с обеих сторон легко пробиваемым негорючим материалом. Соединение заземляющих проводников внутри труб и проемов запрещается.

Лотки и кабельные конструкции для кабелей всех напряжений заземляют. Секции лотков и металлические полосы для прокладки кабелей должны иметь непрерывность цепи заземления и присоединяться к магистрали заземления в начале и конце линии.

Стальные трубы заземляют с обоих концов. Трубы, не имеющие соединений, могут быть заземлены в одном месте. Стальные трубы при присоединении их резьбой к электроприемникам, имеющим металлические вводные устройства, не требуют дополнительного заземления с этого конца, так как заземление осуществляется через нажимную муфту вводного устройства.

Непрерывность цепи заземления стальных труб осуществляется при неразъемном соединении наворачиванием муфты на короткую резьбу до упора одной трубы и ввертыванием до упора второй трубы в муфту, при разъемном соединении — наворачиванием на длинную

резьбу одной трубы контргайки и муфты, наворачиванием муфты на короткую резьбу второй трубы до упора и закреплением муфты контргайкой. Соединение труб с вводными устройствами коробок, аппаратов и других электроприемников осуществляется ввертыванием труб с короткой резьбой до упора. Все резьбовые соединения выполняют с подмоткой на резьбу ленты ФУМ или пенькового волокна, пропитанного в разведенном олифой сурике. Приварка муфт к трубам, а также установка у муфт и коробок заземляющих перемычек на соединениях труб запрещается.

Металлоконструкции, на которых устанавливают электрооборудование, заземленное специальной дополнительной жилой, не заземляют. Металлические трубы, короба, угловую сталь, применяемые для механической защиты кабелей, заземляют аналогично заземлению в невзрывоопасных зонах.

Заземление тросов, катанки или стальной проволоки тросовых проводок выполняют с двух противоположных концов присоединением сваркой к магистрали заземления. Допускается выполнять болтовое присоединение с защитой места контакта от коррозии.

Броню и металлическую оболочку кабелей любого напряжения в силовых и осветительных сетях заземляют с обоих концов. На конце кабелей при вводе в аппараты, имеющие вводные устройства из пластмассы, броню и металлическую оболочку допускается не заземлять или при возможности присоединять к проводнику магистрали заземления.

В осветительных сетях, выполненных кабелем в металлической оболочке, непрерывность цепи заземления оболочек у ответвительных коробок обеспечивается припайкой концов гибких медных проводников к оболочкам и соединением других концов между собой опрессовыванием, сваркой или пайкой.

При подводе к электродвигателям и аппаратам бронированных кабелей с пластмассовой оболочкой трубы не доводят на 100 мм до вводных устройств, имея в виду присоединение их к наружному зажиму заземления на вводном устройстве. Заземление конца трубы осуществляется гибким стальным тросом, приваренным к флажковому наконечнику, который закрепляют на конце трубы между контргайками на резьбе и к зажиму заземления на корпусе электродвигателя или аппарата. При необходимости на трубе устанавливают третью контргайку для предотвращения ослабления контакта наконечника с трубой.

## 11. Наружные электропроводки, проводки на чердаках.

К наружным проводкам относятся проводки, выполненные изолированными проводами, проложенными по наружным стенам зданий и сооружений, между зданиями, под навесами, а также на отдельных опорах с тремя-четырьмя пролетами до 25 м каждый вне улиц и дорог. Провода прокладывают на высоте не менее 2,75 м от поверхности земли. При пересечении пешеходных дорожек это расстояние принимают не менее 3,5 м, а при пересечении пожарных проездов и путей для перевозки грузов – не менее 6 м.

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки располагают или ограждают таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения с мест, где возможно частое пребывание людей (балкон, крыльцо и т.п.).

От указанных мест эти провода открыто по стенам прокладывают на расстоянии не менее, м:

При горизонтальной прокладке:	
под балконом, крыльцом, а также под крышей промышленного здания	2,5
над окном	0,5
под балконом	1,0
под окном (от подоконника)	1,0
При вертикальной прокладке до окна	0,75
То же, до балкона	1,0
От земли	2,75

При подвеске проводов на опорах около зданий расстояние от проводов до балконов и окон принимается не менее 1,5 м при максимальном отклонении проводов. Наружную элек-

тропроводку по крышам жилых, общественных зданий и зрелищных предприятий не делают, за исключением вводов в здания и ответвлений к этим вводам. Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки при прикосновении следует рассматривать как неизолированные.

Провода прокладывают на изоляторах, укрепленных на крюках, скобах или штырях. При пролете до 6 м расстояние между проводами принимают не менее 100 мм, а при больших пролетах – не менее 150 мм. Расстояние от опорных поверхностей или конструкций принимают не менее 50 мм. При пересечении с водосточными трубами на расстоянии 300 - 400 мм от них провода заключают в трубы или их прокладывают, скрыто в борозде с заделкой каждого провода в отдельную изоляционную трубу, оконцованную фарфоровой воронкой. Выходные отверстия у воронок должны выступать из стен и быть направлены вниз.

Под навесами и в других местах, где исключена возможность непосредственного попадания на проводку дождя и снега, изолированные провода прокладывают на роликах больших размеров. Ввод проводов в здания выполняют через стену, а в одноэтажных зданиях при недостаточной их высоте – через крышу. При вводе проводов в здания со столбов воздушных линий, а также при переходах проводов из одного здания к другому и в иных концевых точках провода закрепляют на изоляторах «заглушками».

Для ввода в здания нескольких проводов через каменные стены пробивают общее отверстие, а в деревянных – сверлят отверстия для каждого провода. В обоих случаях каждый провод заключают в отдельную изоляционную трубку, которую оконцовывают вне здания воронкой, отверстием вниз, а внутри – втулкой. Выходные отверстия воронок и втулок заливают изоляционной массой. Провода, проходящие через стены, соединяют с проводами, закрепленными на изоляторах заглушками. Расстояние от установленных на стенах зданий изоляторов ввода до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м. Расстояние между проводами ввода и от них до карнизов и свесов крыши должно быть не менее 200 мм.

Вне зданий изолированные провода прокладывают в трубах, а кабели с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с защитной оболочкой – открыто. На коротких участках по наружным стенам зданий выполняют скрытую прокладку плоскими проводами. В промышленных и жилищно-гражданских зданиях электропроводки выполняют иногда по чердачным помещениям. Учитывая сложную эксплуатацию электропроводок на чердаках – недостаточный надзор, повышенную пожарную опасность, пыльную среду, отсутствие отопления, к ним предъявляют повышенные требования.

Чердачным считается такое непроизводственное помещение над верхним этажом здания, потолком которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции **из сгораемых материалов**. Если конструкции выполнены из нескгораемых материалов, то такое помещение здесь не рассматривается.

На чердаках прокладывают лишь электропроводки, относящиеся к вводам в здания, и магистрали, а также ответвления к электроприемникам, установленным непосредственно на чердаках. Ответвления к приемникам, установленным вне чердаков, допускают только при условии прокладки их в стальных трубах или скрыто в нескгораемых стенах и перекрытиях. Соединительные и ответвительные коробки применяют только металлические.

В чердачных помещениях применяют открытые электропроводки проводом или кабелем, проложенным в трубах, или защищенные провода и кабели в нескгораемых или трудноскгораемых оболочках, прокладывая их на любой высоте. Незащищенные изолированные одножильные провода на роликах или изоляторах прокладывают на высоте не менее 2,5 м; при высоте до проводов менее 2,5 м их защищают от прикосновения или механических повреждений. При этом в чердачных помещениях производственных зданий проводку выполняют только на изоляторах. Скрытую проводку выполняют только в стенах или перекрытиях из нескгораемых материалов.

Открытые электропроводки в чердачных помещениях выполняют проводами и кабелями с медными жилами. Провода и кабели с алюминиевыми жилами применяют в чердачных по-

мещениях зданий с несгораемыми перекрытиями – при одной прокладке их в стальных трубах или скрытой прокладке в несгораемых стенах и перекрытиях.

Соединение и ответвление медных или алюминиевых жил проводов и кабелей в чердачных помещениях осуществляют в металлических соединительных коробках сваркой, опрессовкой или с применением сжимов.

## 12. Монтаж шинопроводов.

*Шинопроводами* называют сплошные конструкции или короба с смонтированными в них шинами. Шинопроводы при напряжении до 1000 В бывают:

- открытые шинопроводы – с шинами, не защищенными от прикосновения или попадания на них посторонних предметов;
- защищенные шинопроводы – с шинами, огражденными от случайного прикосновения попадания на них посторонних предметов коробом из перфорированного листа;
- закрытые шинопроводы – с шинами, смонтированными в сплошной короб.

Закрытые и защищенные шинопроводы, как правило, комплектуют из типовых элементов, изготавливаемых на заводах. Открытые шинопроводы выполняют частично в монтажных мастерских, частично на месте монтажа.

Открытые шинопроводы могут быть свободно лежащими и натяжными. Устройство и монтаж свободно лежащих открытых шинопроводов принципиально не отличаются от монтажа ошиновки распределительных устройств подстанций.

В натяжном шинопроводе шины закрепляют аналогично креплению троса при тросовой проводке, а между натяжными креплениями шины укладывают на изоляторы или на клицы. Монтаж открытого шинопровода складывается из работы по подготовке трассы, изготовлению шинопровода в мастерской и установке его в цехе. Соединения и ответвления шин, как правило, выполняют электросваркой; ответвления к потребителям – изолированным проводом в стальных трубах, реже бронированным кабелем – с помощью наконечников на болтовых зажимах.

Закрытые комплектные шинопроводы, применяемые для сооружения цеховых магистральных и распределительных сетей, изготавливают на ток 1000, 1600, 2500, 4000 А и напряжение до 1000 В трехфазного тока, а также на ток 250, 400, 600 А и напряжение 380/220В трехфазного тока.

В комплект шинопровода в зависимости от его схемы входят секции прямые, угловые (с изгибом шин на плоскость и ребро), ответвительные в двух исполнениях, переходные, подгоночные, регулируемой длины, с рубильником; крышки торцовые, угловые, а также коробки ответвительные и вводные в различном исполнении (с автоматами, предохранителями и др.). Кроме того, в комплекте с шинопроводами поставляют конструкции для установки и крепления шинопроводов (стойки, кронштейны, подвесы).

## 13. Монтаж электрического соединения

В соответствии с **ГОСТ 10434-82** электрические соединения разделяются на разборные и неразборные. Среди разборных выделяются быстроразборные, т.е. – разъемные.

При соединении и ответвлении медных и алюминиевых жил проводов и кабелей применяют газовую сварку (пропано-воздушную и пропано-кислородную), термитную сварку, электросварку, пайку, опрессовку, механическое соединение с помощью болтовых сжимов, соединителей, хомутов и зажимов (кроме скрутки, которая не допускается). Применяются специальные прокалывающие зажимы, не требующие снятия изоляции с концов проводников.

При пропано-воздушной и пропано-кислородной сварке применяют сжиженные топливные газы — бутан, пропан или их смеси. Состав смеси определяют в зависимости от температуры окружающей среды. В теплое время года применяют смеси с большим содержанием бутана, а в холодное — с меньшим.

Сварку алюминиевых медных жил сечением до  $10 \text{ мм}^2$  контактным разогревом выполняют с помощью угольного электрода, закрепляемого в электрододержателе и подключенного к зажиму вторичной обмотки трансформатора мощностью не менее  $0,5 \text{ кВА}$  и напряжением во вторичной обмотке  $9\text{—}12 \text{ В}$ . Зачищенные и плотно скрученные жилы закрепляют в держателе, подключенном к другому зажиму.

При сварке алюминиевой жилы с медной оголенную алюминиевую жилу плотно навивают (три-четыре витка) на медную жилу так, чтобы конец последней выступал на  $3\text{—}4 \text{ мм}$  из под витков. Скрученные жилы перед сваркой на длине  $5\text{—}6 \text{ мм}$  покрывают тонким слоем

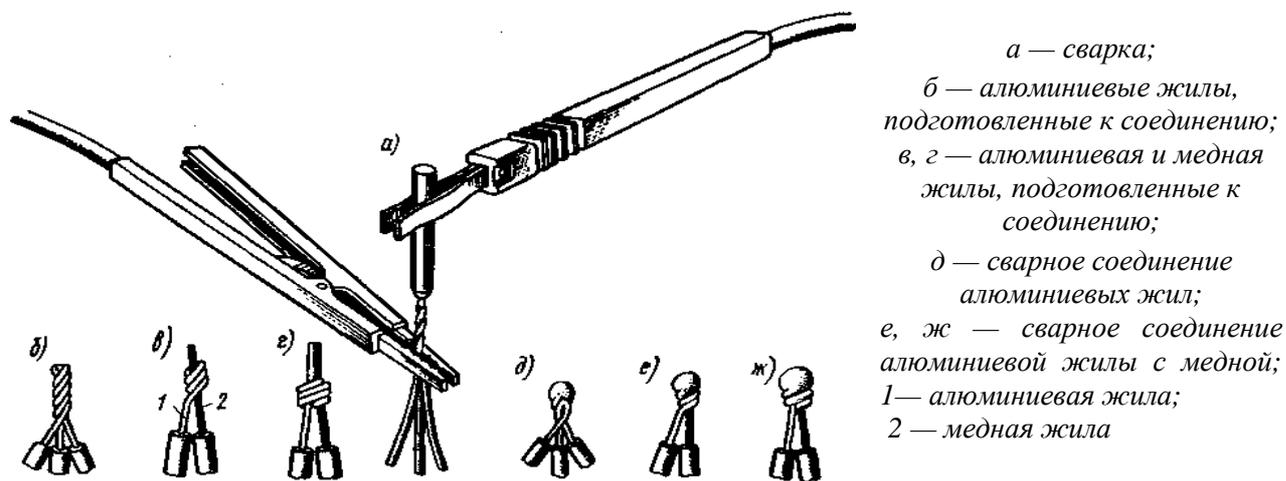


Рисунок 14 – Технология сварки М. и А. жил угольным электродом

флюса. Электрод прижимают к торцу выступающего конца медной жилы. После расплавления выступающего конца медной жилы и одного-двух витков алюминиевой электрод отводится и сварка прекращается.

При большом объеме работ сварку алюминиевых жил сечением  $2,5\text{—}4 \text{ мм}^2$  выполняют без флюса с помощью аппарата электросварки с угольным электродом. Зачищенные и предварительно скрученные жилы зажимают в губках держателя аппарата таким образом, чтобы их концы упирались в лунку угольного электрода. Нажатием на спусковой рычаг включают ток, угольный электрод под действием пружины подается вперед по мере оплавления жил. Сварка выполняется автоматически.

Для соединения жил проводов и кабелей больших сечений снимают изоляцию и очищают жилу от грязи и пропиточного состава тряпкой, смоченной в бензине, ацетоне или уайт-спирите. Для медных жил, имеющих металлопокрытие, на этом подготовку заканчивают. Медные жилы без металлопокрытия и алюминиевые жилы зачищают металлической щеткой или наждачной шкуркой до металлического блеска. Алюминиевые жилы для опрессовки зачищают под слоем нейтральной смазки. При подготовке алюминиевых жил к сварке или пайке смазку при очистке не применяют.

При пропано-кислородной сварке соединения жил зачищенные жилы укладывают в смазанные мелом полуформы с кольцевыми выступами, исключая вытекание металла. Полуформы скрепляют клиньями, устанавливают охладители и тепловой экран.

При сварке секторных жил их предварительно скругляют. Изоляцию жил за охладителями на длине  $80\text{—}100 \text{ мм}$  защищают сухим асбестом у кабелей с бумажной изоляцией или увлажненным асбестом у кабелей с полимерной изоляцией. Сварку выполняют двухфакельной горелкой. Сначала открывают вентили на баллонах с пропаном и кислородом.

Рабочее давление пропана должно быть  $0,03 \text{ МПа}$  ( $0,3 \text{ кг/см}^2$ ) и кислорода  $0,15 \text{ МПа}$  ( $1,5 \text{ кг/см}^2$ ). Открывают вентиль пропана на горелке и поджигают пламенем спички газ, затем открывают вентиль с кислородом и, установив нормально пламя, приступают к сварке.

После разогрева формы до красного цвета вводят присадку до полного заполнения литникового отверстия. При этом производят перемешивание сварочной ванны нихромовой ме-

шалкой. Нагрев прекращают после полного расплавления жил кабеля. После остывания ванны выбивают клинья, снимают форму, охладители и экраны. Ножовкой или специальными клещами удаляют литниковую прибыль и зачищают напильником неровности.

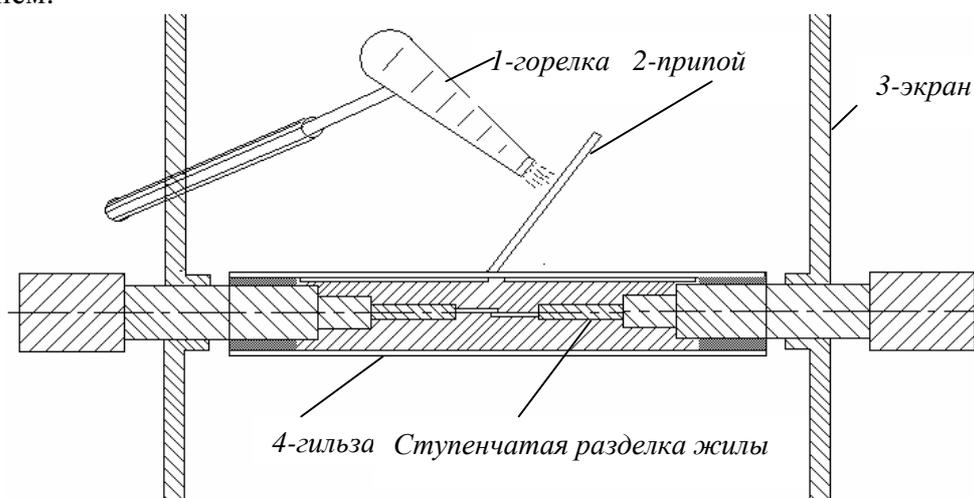
Соединения жил выполняют также с применением термитных патронов при температуре  $2300 - 2700^{\circ}\text{C}$ . Это смесь алюминия с оксидами металлов (обычно – железа). Зажигание патронов осуществляется термитными спичками. Термитные патроны, поставляемые с завода-изготовителя, готовят заблаговременно, удаляя жировые и другие загрязнения с поверхности металлических деталей, входящих в комплект патрона; внутреннюю поверхность кокиля покрывают слоем мела, разведенного водой до пастообразного состояния, и просушивают до полного удаления влаги; кокиль вставляют в муфель термитного патрона таким образом, чтобы совпали их литниковые отверстия.

На зачищенные жилы и колпачки (втулки) с помощью волосяной кисточки наносят тонкий слой разведенного водой флюса. Алюминиевые колпачки (втулки) насаживают на концы жил и надевают на них термитный патрон. Стык жил должен находиться в центре литникового отверстия. Кокиль патрона уплотняют с торцов шнуровым асбестом, накладывают его на оголенные участки жил охладителя и закрепляют их. Между охладителями и термитным патроном устанавливают экраны из асбестового картона. Защитными экранами из асбестового картона защищают также жилы, не участвующие в сварке. Изоляция жил за охладителями на длине 80—100 мм должна быть защищена сухим асбестом у кабелей с бумажной изоляцией или слоем увлажненного асбеста толщиной около 10 мм у жил с резиновой или пластмассовой изоляцией.

Для увеличения начального объема расплавленного металла перед началом сварки рекомендуется конец присадочного прутка сложить несколько раз и ввести в литниковое отверстие термитного патрона.

При сварке жил кабелей сечением  $600 - 800 \text{ мм}^2$  на боковую поверхность патрона по обе стороны от литникового отверстия необходимо наложить теплоизоляцию из ленты теплоизоляционного материала, закрепив жилы бандажами из листовой стали толщиной 1—1,5 мм.

**Электросваркой** соединения алюминиевых жил выполняют методом контактного разогрева, основанным на выделении необходимой для сварки теплоты в месте контакта угольного электрода со свариваемыми жилами или же угольных электродов между собой при прохождении по ним тока. Сварку производят в формах из графитированного угля или стали с помощью трансформатора мощностью 1,0—1,5 кВт и вторичным напряжением 8—12 В. Подготовку жил выполняют аналогично термитной сварке или сварке пропано-кислородным пламенем.



**Рисунок 15 – Пайка проводников с помощью припоя ПОС или ЦО (ЦА)**

**Пайкой** (см. рис. 15) соединяют металлические части с помощью более легкоплавкого сплава (припоя). В процессе соединения жил проводов и кабелей пайкой необходимо тщательно

удалить пленку окиси с их поверхностей. Соединение медных многопроволочных жил пайкой выполняют с помощью медных гильз с применением оловянисто-свинцового припоя марки ПОС-40.

При пайке многопроволочных алюминиевых жил для предварительного облуживания всех проволочек жил их концы разделяют ступенями. Для оконцевания алюминиевых многопроволочных жил пайкой применяют наконечники такой же конструкции, что и при электросварке, но на один размер больше (с целью обеспечить достаточный зазор при заполнении его припоем). Для пайки алюминия применяют припой марок А (цинк 58—58,5 %, олово 40%, медь 1,5—2%) с температурой плавления 400—425°С; ЦО-12 (цинк 88 %, олово 12 %) с температурой плавления 500—550° С; ЦА-15 (цинк 85 %, алюминий 15 %) с температурой плавления 550—600 °С. После пайки места соединений или оконцеваний тщательно очищают, покрывают лаком и изоляционной лентой.

С помощью пайки можно производить соединение медных жил с алюминиевыми, а также оконцевание алюминиевых жил медными наконечниками. В этом случае пользуются припоями А или ЦО-12; предварительно припаяваемые концы лудят; медных жил и наконечников припоем ПОС-40, алюминиевых жил — припоем А или ЦО-12.

**Прессование.** При соединении и оконцеваний алюминиевых и медных жил опрессовкой применяют механические и гидравлические прессы и клещи, а также пиротехнические устройства.

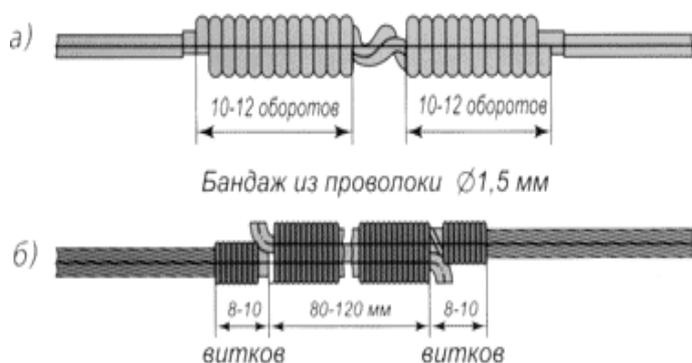


В зависимости от числа и сечения спрессовываемых жил подбирают гильзы, клещи, пуансоны и матрицы, зачищенные и смазанные пастой жилы вставляют в гильзу и спрессовывают, соединение покрывают лаком, изолируют липкой лентой и вторично покрывают лаком. Для получения этим методом надежных соединений и оконцеваний алюминиевых жил необходимо строго соблюдать технологию опрессовки, т.е. нужно правильно выбрать матрицы и пуансоны,

*а — концы жил со снятой изоляцией, б — зачистка жил, в — подготовленное соединение, г — опрессовка, д — опрес-сованное соединение, е — готовое изолированное соединение, ж —набор матриц и пуансонов, з — напрессованные наконечники, к — ручные пресс-клещи*

**Рисунок 16 - Технология опрессовки жил проводов и кабелей**

наконечники или соединительные гильзы и довести до необходимых конечных размеров места обжатия. Оконцевание жил наконечниками осуществляется аналогично методами опрессовки, термитной, пропано-кислородной и электросваркой, а также закруткой в кольцо. Выбор метода оконцевания определяется материалом и сечением жил, а также требованиями надежности и наличием соответствующего оборудования и материалов. При оконцевании алюминиевых однопроволочных жил применяют специальные пиротехнические механизмы для образования из жилы наконечника (наконечники - см. стр 53).

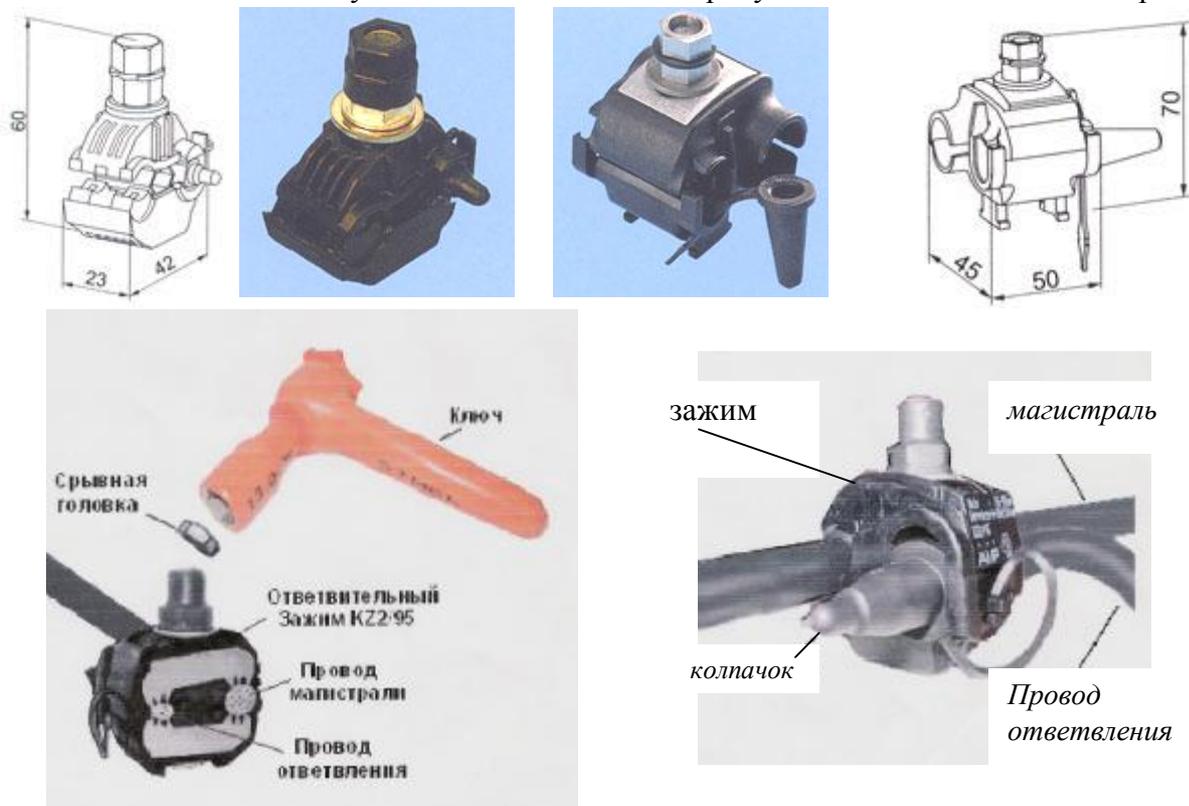


**Рисунок 17 – Наложение проволочного бандажа**

зажима. Подсоединяемый к зажимам конец алюминиевого провода тщательно зачищают шкуркой под вазелином, после чего смазывают кварцевазелиновой пастой.

На установочные изделия, контактные зажимы которых не приспособлены для присоединения к алюминиевым проводам, устанавливают дополнительно шайбу-звездочку и пружинную шайбу.

Соединение и ответвление самонесущих изолированных проводов (СИП) может быть неразборным или разборным. Для быстрого соединения СИП и выполнения ответвления от линии при напряжении 0,4 кВ можно применять специальные изолирующие и прокалывающие зажимы. Соединение осуществляется за счет прокалывания зубцами контактных пластин соединителя изоляции провода и дальнейшего внедрения этих зубцов в металл проводника. Эти зажимы обеспечивают следующие возможности: не требуется обесточивание магистрали



**Рисунок 18 – Изолирующие прокалывающие зажимы для ответвлений СИП. Технология соединения магистрали и отвода СИП.**

На электроустановочных изделиях бытового и общепромышленного назначения (в том числе выключателях, переключателях и других установочных аппаратах, рассчитанных на ток 6, 10 и 15 А для надежного контакта с алюминиевыми проводами применяют специальные шайбы (пружинящие устройства), обеспечивающие постоянное давление на присоединяемые провода, а также устройства (шайбы-звездочки), предохраняющие провода от выдавливания из-под контактного

при выполнении работы по подключению отвода к магистрали, не требуется разделка и снятие изоляции СИП, так как эта изоляция надежно прокалывается зубцами пластин соединителя при затяжке болта, нет необходимости надевать на место соединения защитный кожух, так как корпус соединителя имеет внутри специальный герметизирующий состав с резиновым уплотнителем. Не требуется контролировать момент затяжки болтового зажима, так как здесь применяются специальные болты со **срывными** головками. Безопасность работника обеспечивается применением специального ключа с изолированной рукояткой.

#### 14. Монтаж осветительного оборудования.

Для питания светильников общего освещения применяют напряжение не свыше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали и не свыше 220 В переменного тока при изолированной нейтрали. В помещениях без повышенной опасности указанное напряжение 220 В допускается для всех стационарных светильников вне зависимости от высоты их установки.

Питание специальных ламп (ксеноновых, ДРЛ, ДРИ, ДКСТ, рассчитанных на напряжение 380 В) и пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, имеющих специальные схемы (например, трехфазные) с последовательным соединением ламп, применяют напряжение не свыше 380 В, включая и фазное напряжение системы 660/380 В с заземленной нейтралью. Ввод в светильник и пускорегулирующую аппаратуру выполняют проводом или кабелем с медными жилами и изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 660В; при этом обеспечивается одновременное отключение всех фазных проводов, вводимых в светильник.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных ввод в светильник двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В не допускается. В таких помещениях светильники общего освещения с любыми лампами при высоте установки над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м применяют такой конструкции, при которой доступ к лампе без применения инструмента невозможен. Ввод в светильник выполняется в металлических трубах, металлорукавах или в защитных оболочках проводов и кабелей, либо для питания светильников применяют лампы накаливания на напряжение не свыше 42 В.

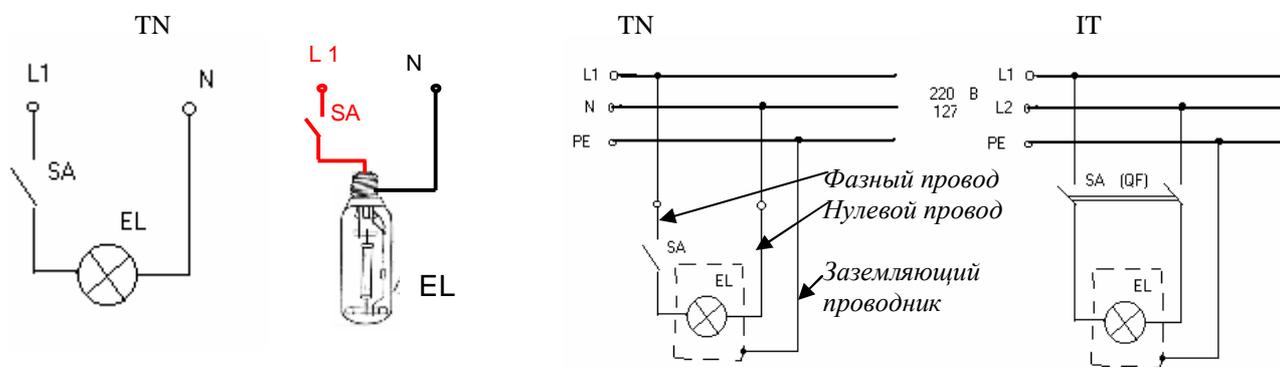
Это требование не распространяется на светильники в электропомещениях, а также на светильники, обслуживаемые с кранов или площадок, посещаемых только квалифицированным персоналом. При этом расстояние от светильников до настила тележки крана должно быть не менее 1,8 м или светильники должны быть подвешены не ниже нижнего пояса ферм перекрытия, а обслуживание этих светильников с кранов должно выполняться с соблюдением требований техники безопасности.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220В допускается устанавливать **на высоте менее 2,5 м от пола** при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений. В виде исключения групповые линии рабочего и аварийного освещения прокладывают проводами и кабелями с изоляцией на напряжение не ниже 660 В в одном коробе, используемом для установки светильников с люминесцентными лампами; при этом не допускается возможность их взаимного соприкосновения и крепление к общему тросу с расстоянием между ними в свету не менее 20 мм.

В двухпроводных, трехпроводных, четырехпроводных и *пятипроводных линиях однофазных и трехфазных* систем с заземленной нейтралью выключатели устанавливаются только в цепи **фазного провода**. Установка предохранителей, автоматов, выключателей в **нулевых рабочих проводах и в заземляющих - запрещается**.

Заземление или зануление корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и с газоразрядными лампами с встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами осуществляют в сетях с заземленной нейтралью при вводе в светильник кабеля, защищенного провода, незащищенных проводов в трубе или металлорукаве. Заземление можно выполнять также скрыто без труб как исключение, а также ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника, а при вводе в светильник открытых незащищенных проводов — гибким изолированным проводом, присоединяемым к за-

земляющему винту корпуса светильника и к рабочему нулевому проводу у ближайшей к светильнику неподвижной опоры или коробки. Заземление или зануление корпуса светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными (с вынесенными пускорегулирующими аппаратами) осуществляют с помощью перемычки между заземляющим винтом заземленного (зануленного) пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника. При монтаже новых проводок необходимо разделять нулевой N и заземляющий PE проводники. Выключатель ставится в фазном проводнике (рис. 19).



*Выключатель ставится в фазных проводниках*

**Рисунок 19 – Подключение лампы. Подключение светильника в сети с заземленной (TN) и с изолированной (IT) нейтралью**

Металлические отражатели светильников, укрепленные на корпусах из изолирующих материалов, заземлять или занулять не требуется. Для облегчения монтажа осветительных установок заводы изготовляют электромонтажные изделия, позволяющие свести работы по монтажу выключателей, штепсельных розеток и светильников лишь к креплению готовых конструкций к строительным элементам зданий.

При строительстве зданий, особенно крупнопанельных, в них, как правило, предусматривают все отверстия, ниши и закладные части для установки осветительного оборудования и прокладки осветительных сетей. Так, выключатели и штепсельные розетки при скрытой проводке устанавливают в готовых нишах, коробах или стаканах, с креплением с помощью шурупов, винтов или имеющих на них распорных лапок. Надплинтусные штепсельные розетки и потолочные выключатели имеют металлические основания, их устанавливают непосредственно на стене. Выключатели и штепсельные розетки для открытой проводки, потолочные и настенные ламповые патроны, а также потолочные и настенные светильники с лампами накаливания (за исключением имеющих специальные основания) устанавливают на деревянных розетках с помощью шурупов.

Подвесные светильники укрепляют к перекрытиям на крюках. В соответствии с требованиями правил к подвеске светильников с металлическими корпусами в жилых и общественных зданиях **конец крюка необходимо изолировать**. К стенам, колоннам и фермам подвесные светильники крепят с помощью различного вида кронштейнов, стоек, обхватов и подвесов. При однорядном и двухрядном подвесе люминесцентных светильников на тросах, под перекрытиями и у стен для прокладки проводов применяют стальные короба.

Двухметровые секции коробов соединяют между собой в непрерывную линию и крепят к перекрытию, стене или к тросу с помощью кронштейнов, скоб и подвесов.

Для освещения производственных помещений с взрывоопасными условиями можно применять комплектные осветительные устройства со щелевыми световодами (КОУ). Они состоят из щелевого световода, камеры с источниками света, пускорегулирующего аппарата (ПРА), торцового переходного элемента. Щелевой световод представляет собой цилиндрическую трубу, внутренняя поверхность которой по всей длине покрыта зеркальным отражающим слоем, и оптическую щель, через которую световой поток выходит наружу. КОУ изготовляют для производственных помещений с тяжелыми условиями среды (пыль, влага).

Во взрывоопасных зонах классов В-Іб и В-Іа камеры с источником света устанавливают непосредственно в освещаемом помещении, в производственных помещениях со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа и В-ІІ камеры выносят за пределы помещений и соединяют с помощью герметизированных переходных элементов со световодами. Таким образом, КОУ обеспечивают создание высококачественного и безопасного освещения, прежде всего во взрыво- и пожароопасных помещениях, а также целый ряд экономических и эксплуатационных преимуществ.

Монтаж КОУ сводится к подвеске световода и установке камеры света и ПРА на стене или конструкциях. Во взрывоопасных помещениях камеры с источником света и ПРА устанавливают вне этих помещений и соединяют со ЩС переходным элементом так, чтобы была исключена возможность попадания взрывоопасных смесей в камеру с источниками света, в ту ее часть, где возможно искрообразование. Так как КОУ в настоящее время находится в процессе внедрения, работы эти следует выполнять в строгом соответствии с действующими временными инструкциями.

Осветительные щиты и щитки, вводные шкафы и распределительные пункты представляют собой законченное комплексное устройство, монтаж которого сводится лишь к установке их на соответствующее место. Собранные в мастерских блоки щитков поступают на монтажную площадку в полностью законченном виде: окрашенные, с надписями и укомплектованные вспомогательными материалами.

Монтаж распределительных устройств, щитов или шкафов состоит из разметки, установки и выверки рамы, установки на раму блоков щита, состоящего из отдельных панелей или секций, соединения блоков между собой и закрепления их на раме, подключения проводов и кабелей и заземления.

Щиты, вводные устройства и щитки устанавливают по отвесу или уровню строго вертикально. Расстояние от трубопроводов должно быть не менее 0,5 м. При установке в нишах этажные и квартирные щитки закрепляют распорными болтами, предусмотренными конструкцией щитков, или на закладных деталях. При установке щитков выдерживают расстояние от оголенных, находящихся под напряжением частей, до заземленных металлических нетоковедущих частей не менее чем 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху. Щитки и пункты снабжают надписями, указывающими номер щитка, назначение и номер каждой линии в соответствии со схемой и планом электрической сети. Щитки, на которых размещают приборы и провода, принадлежащие к установкам переменного и постоянного токов или разных напряжений, должны иметь четкие надписи и расцветку, обеспечивающие возможность легкого распознавания их принадлежности к этим установкам.

## 15. Монтаж защитного заземления.

Под *заземлением* (любой части электроустановки) понимают преднамеренное электрическое соединение с заземляющим устройством, состоящим из заземлителя и заземляющих проводников. Заземлители подразделяют на естественные и искусственные. В качестве *естественных заземлителей* используют проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы (кроме трубопроводов с горючими или взрывоопасными газами и жидкостями), металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, броня и свинцовые оболочки кабелей и т. п. В качестве *искусственных заземлителей* применяют отрезки стальных труб с толщиной стенок не менее 2,5—3,5 мм, круглой стали диаметром не менее 6 мм и металлические пластины.

В соответствии с требованием ПУЭ во всех электроустановках напряжением до 1000 В и выше для обеспечения безопасности людей к заземляющим устройствам присоединяют корпуса электрооборудования и отдельные элементы электроустановок, не находящиеся под напряжением, а также все металлические корпуса другого оборудования. Кроме того, устройство заземления необходимо для обеспечения определенного режима работы электрических установок в нормальных и аварийных условиях. В этом случае к заземляющим устройствам подключают токоведущие части электроустановок. Цель *защитного заземления* — уменьше-

ние напряжения на заземленном оборудовании в момент прохождения тока замыкания на землю, а также выравнивания напряжения в зоне растекания тока и уменьшения напряжения прикосновения и шага, что служит защитой от поражения электрическим током.

Совокупность заземлителя и заземляющих проводников составляет заземляющее устройство, которое включает в себя заземлители — проводник (электрод) или группу электрически соединенных между собой проводников (электродов), располагаемых в земле или имеющих назначение создать электрическое соединение с землей; заземляющие проводники — проводники, соединяющие заземляемые части аппаратуры с заземлителями; магистраль заземления — проводник, электрически объединяющий заземляющие проводники.

Под сопротивлением заземляющего устройства понимается сопротивление заземляющих проводов вместе с сопротивлением растеканию заземлителя, т. е. сопротивление прохождению электрического тока через заземлители зависит от качества и состояния грунта, в котором находится заземлитель, типа заземлителя, глубины его заложения и взаимного расположения заземлителей. Качество грунта с точки зрения его электрической проводимости определяется значением удельного электрического сопротивления, которое для некоторых грунтов в зависимости от их физического состояния находится в широких пределах (торф, речная вода, скальные грунты таким колебаниям не подвержены). В грунтах с большим удельным сопротивлением прибегают к специальным мерам, чтобы уменьшить его значения (вводят в грунт соли, влагу и др.). В условиях вечной мерзлоты принимают специальные меры.

При монтаже наружного контура заземляющего устройства в соответствии с проектом образуют траншею глубиной 0,5—0,7 м от планировочной отметки земли для забивки заземлителей и прокладки заземляющих проводников. Затем забивают вертикальные заземлители так, чтобы верхние их концы выступали из земли от дна траншеи на 200 мм. После этого в траншеи укладывают заземляющие проводники с минимальным сечением  $48 \text{ мм}^2$  и приваривают их к вертикальным заземлителям.

Заземлители заглубляют в грунт с помощью вибро- или электромагнитных погружателей или автоямобура с приставкой для забивания электродов-заземлителей. Заземляющие проводники присоединяют к искусственным заземлителям сваркой или с помощью хомутов. При этом внутренняя поверхность хомутов должна быть луженая, а место накладки хомута на трубе — зачищено до блеска. Для предохранения от коррозии сварные швы, находящиеся в земле, покрывают горячим битумом. В местах, где на трубопроводах, служащих в качестве естественных заземлителей, имеются фланцевые соединения для создания непрерывной цепи заземления, устанавливают перемычки сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$  из голых медных проводников. Применяют также заглубленные заземлители, которые в виде металлической сетки из полосовой стали и других устройств, изготовленные вместе с приваренными к ним заземляющими проводниками, укладывают на дно котлована при закладке фундамента зданий цехов и подстанций.

При монтаже сети заземления внутри зданий в качестве заземляющих проводников в первую очередь используют металлические конструкции зданий, подкрановые пути, алюминиевые оболочки кабелей, галереи и другие технологические металлические трубопроводы, кроме трубопроводов для горючих и взрывоопасных жидкостей и газов и т. п.

Если используют естественные заземляющие проводники, то их надежно присоединяют к наружным контурам заземляющих устройств. Все контактные соединения выполняют так, чтобы была обеспечена надежность контактов и непрерывность электрической цепи на всей длине. Для этого все соединения участков металлических конструкций сваривают; болтовые, заклепочные соединения и стыки перекрывают перемычками из стальных полос.

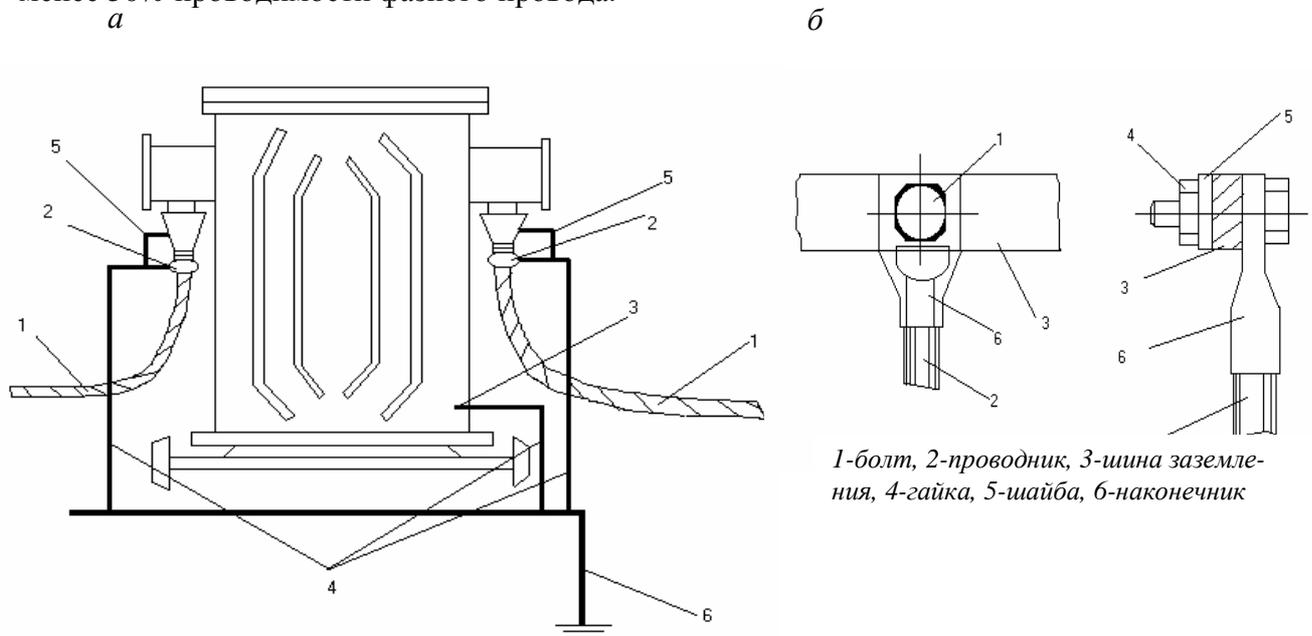
При открытой прокладке стальные трубы электропроводки, если их используют в качестве заземляющих проводников, надежно соединяют с помощью хорошо затянутых муфт на сурике или других конструкций, дающих надежный контакт (манжеты на сварке, на винтах, с клином и т. п.). При скрытой прокладке эти соединения выполняют только муфтами на сурике. При наличии длинного участка резьбы на конце трубы (сгоне) ставят контргайки. Между трубами и корпусами электрооборудования, в которые вводят трубы, создают надежное

металлическое соединение с помощью цапающих гаек, непосредственной приварки труб или установки перемычек.

Там, где не представляется возможным использовать в качестве заземляющих проводников указанные выше элементы зданий и конструкций, прокладывают заземляющую сеть из полосовой или круглой стали соответственно площадью поперечного сечения не менее 24 мм<sup>2</sup>, толщиной 4 мм и диаметром не менее 5 мм. Шины заземления прокладывают открыто по стенам на высоте 0,4—0,6 м от пола так, чтобы они были доступны для осмотра. В помещениях сырых с едкими парами шины прокладывают на расстоянии не менее 5—10 мм от стен. Расстояние между точками крепления 0,6—1 м. Шины крепят к стенам дюбелями. При пересечении дверных проемов шины могут быть уложены в полу, но при этом их защищают от механических повреждений отрезками стальных труб, а также угловой или швеллерной стали, или прокладываются над дверями. Сечение заземляющих проводников: магистральные: сталь - 100 мм<sup>2</sup>, медь - 50 мм<sup>2</sup>, отводов - соответственно 50 и 25 мм<sup>2</sup>.

Все заземляющие искусственные проводники, а также перемычки, установленные в местах стыков конструкций, используемых в качестве заземляющих проводников, окрашивают в черный цвет (чтобы обозначить цепь заземления). Допускается окраска в иные цвета в соответствии с эстетическим оформлением помещения, но с обязательным в этом случае нанесением в местах присоединений и ответвлений не менее двух полос фиолетового цвета на расстоянии 150 мм друг от друга.

При питании от источников в сети с глухозаземленной нейтралью для преднамеренного электрического соединения нетоковедущих частей электрической аппаратуры используют нулевой провод, под которым понимают проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью источника питания в сети переменного тока, или средний заземленный проводник в трехпроводной сети постоянного тока, служащий обратным проводом при неравномерной нагрузке фаз или полюсов. В соответствии с действующими правилами в системе с заземленной нейтралью до 1000 В должно быть 5 проводников: 3 фазных, один нулевой N и один заземляющий PE. В однофазной сети - 3 проводника: фазный, нулевой и заземляющий. В соответствии с ПУЭ нулевой проводник в трехфазной сети должен иметь проводимость не менее 50% проводимости фазного провода.

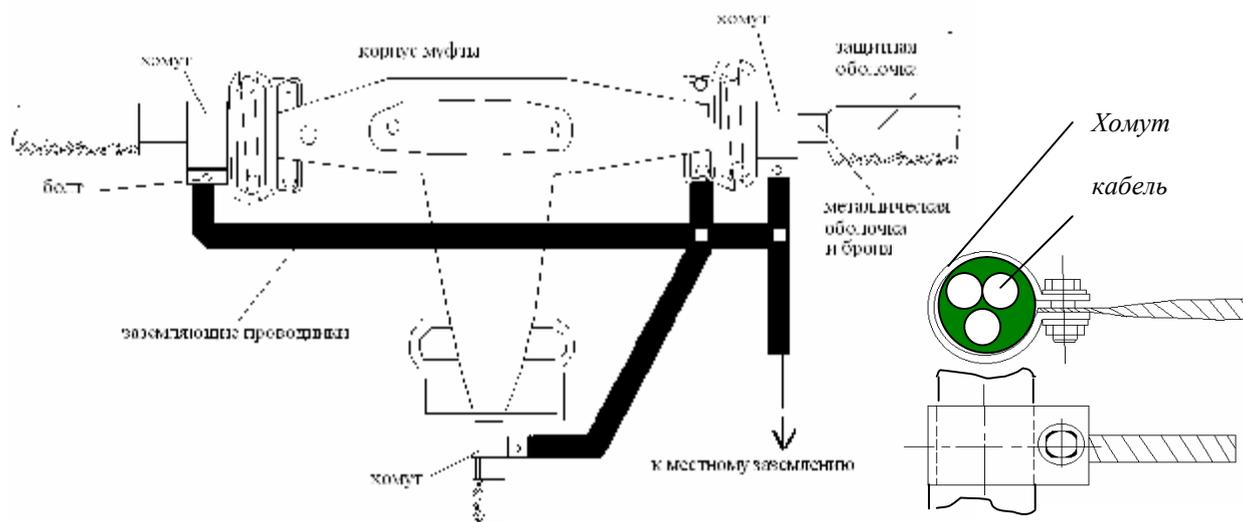


1-кабель, 2-хомут, припаянный к оболочке и броне кабеля, 3- присоединение заземляющего проводника к корпусу (баку) трансформатора, 4- заземляющие проводники, 5- перемычка, заземляющая кабельную воронку, 6- заземлитель.

**Рисунок 20 - Заземление силового трансформатора (а) и присоединение проводников к заземляющему контуру и к броне кабеля (б).**

Заземление трансформаторов (рис. 20) осуществляется соединением с заземляющим контуром корпуса (бака), оболочки и брони кабелей сети ВН и НН, кабельных воронок со стороны ВН и НН. Диаметр резьбы болтовых соединений – не менее 12 мм. Соединение наконечника и заземляющего проводника производится прессованием, пайкой или сваркой. Таким образом корпус трансформатора оказывается соединенным с главным заземлителем (с помощью заземляющей жилы или оболочки кабеля) и с местным заземлителем.

При заземлении соединительных и ответвительных (тройниковых) муфт заземляются: корпус муфты, оболочка и броня всех подключенных кабелей. Соединение с заземляющей сетью осуществляется с помощью хомутов, пайки или болтового соединения.



*Металлическая оболочка и броня кабеля с помощью бандаж, пайки и хомутов соединяются с заземляющими проводниками, корпусом муфты и местным заземлителем или магистралью*

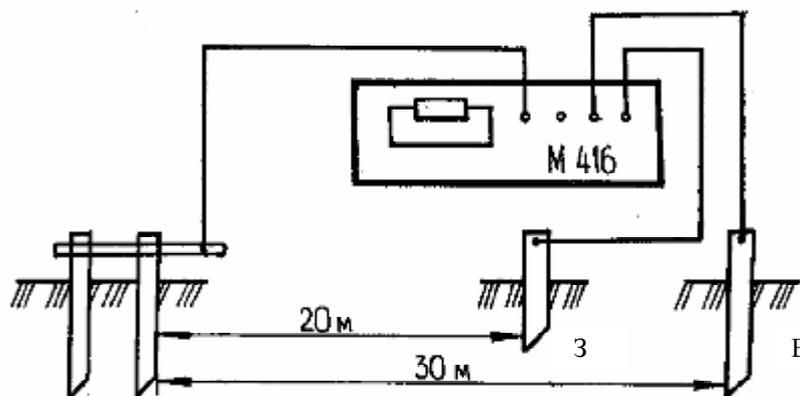
**Рисунок 21 - Заземление ответвительной (тройниковой) муфты.**

## 16. Проверка новых проводов.

После монтажа электропроводок (перед тем, как подать напряжение в сеть), необходимо проверить правильность соединения схемы проводки путем наружного осмотра и с помощью приборов. Одновременно проверяется и состояние изоляции сети. Испытание кабелей производится с помощью мегомметров, выпрямительных установок высокого напряжения, импульсных аппаратов испытания кабелей.

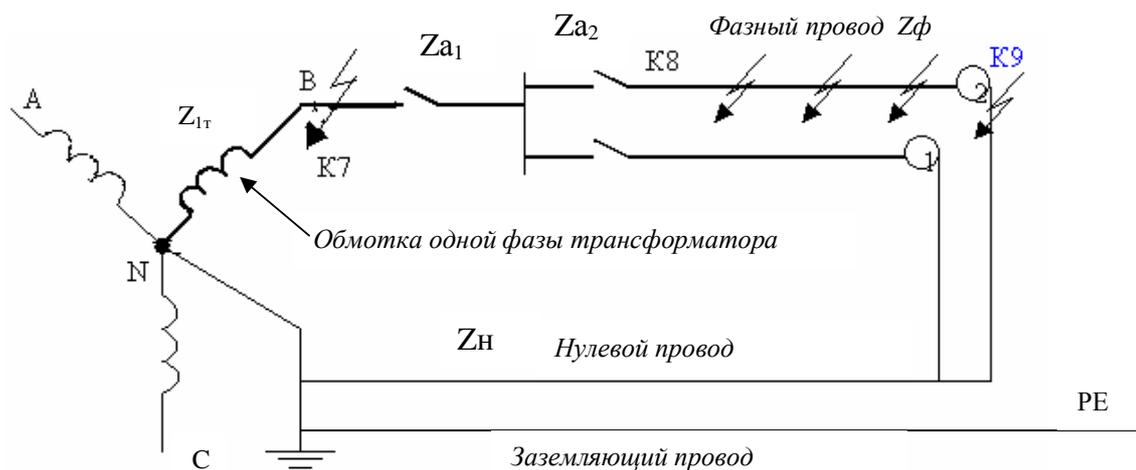
Электрические характеристики выполненного заземления проверяются путем измерения сопротивление заземляющего устройства и полного сопротивление петли “фаза-ноль”.

Существует несколько методов измерения сопротивления заземления. Основными являются метод амперметра-вольтметра и метод с применением измерителя заземления. Методом



**Рисунок 22 - Схема определения сопротивления заземления.**





Петля состоит: из одной фазы обмотки трансформатора 1т, автомата а1, автомата а2, фазного провода от трансформатора до приемника ф, нулевого провода н от приемника до нулевой точки трансформатора.

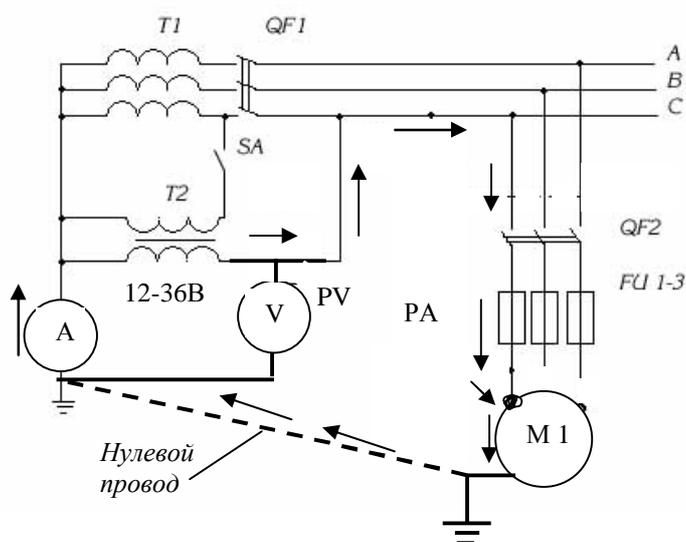
**Рисунок 24 – Схема петли фаза-ноль для расчета тока КЗ.**

Экспериментальный способ в ряде случаев может оказаться более простым и надежным. Для выполнения измерения сопротивления петли фаза-ноль можно воспользоваться схемой на рис. 25. Для этого потребуется трансформатор Т2 с напряжением вторичной обмотки 12 или 36 В, амперметр А, вольтметр V, выключатель SA. Сопротивление петли “фаза-ноль” в системе с заземленной нейтралью измеряют при отключенном оборудовании по схеме, изображенной на рисунке. Питание на петлю подается от сварочного или понижающего до 12-36 В трансформатора, один вывод которого подсоединяют к заземленной нулевой точке (нейтралю) трансформатора, а второй к фазному проводу, как можно ближе к трансформатору, но со своим отключающим аппаратом.

Для образования петли “фаза-ноль” конец соответствующего фазного провода у проверяемого оборудования металлически соединяют с корпусом, имитируя замыкание на корпус. Автомат QF1 не включают. Сопротивление петли фаза-ноль определяется по формуле:  $Z_{\text{п}} = U_{\text{в}} / I_{\text{а}}$ , Ом

где  $U_{\text{в}}$  — показания вольтметра, В;  $I_{\text{а}}$  — показания амперметра, А.

Измерения рекомендуется проводить при максимально возможных значениях тока.

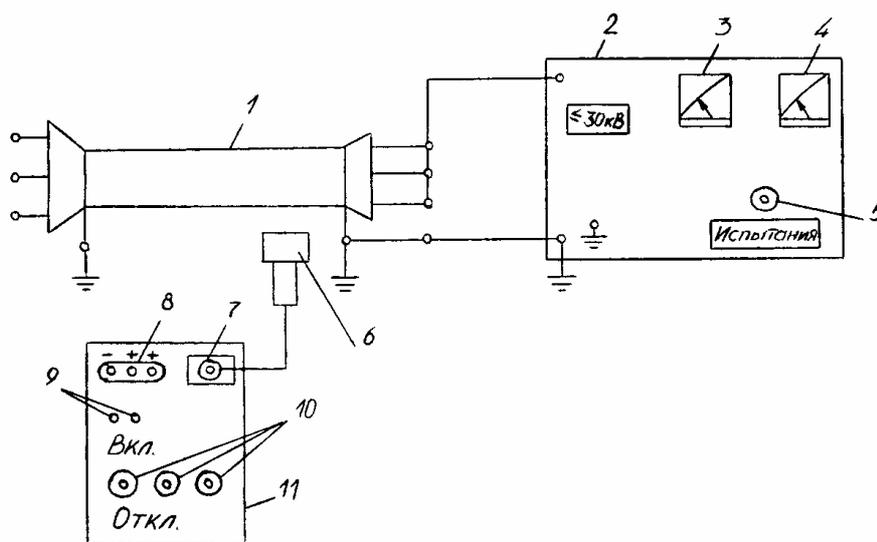


Стрелками показано направление тока от вспомогательного трансформатора Т2 к месту искусственного короткого замыкания и далее через нулевой провод к источнику

**Рисунок 25 – Схема измерения сопротивления петли фаза-ноль.**

После измерения напряжения и тока производятся простые вычисления. Величина тока однофазного короткого замыкания будет пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению цепи:  $I_{к.з.} = U_{ф} / Z_{п}, А$ . Величина тока однофазного короткого замыкания должна превышать в 4 раза номинальный ток ближайшей плавкой вставки или в 1,5 раза ток отключения максимального расцепителя автоматического выключателя.

Испытание кабелей проводится с помощью специальных установок и приборов. Например, с помощью аппарата АШИК (аппарат шахтный испытания кабеля) можно проверить состояние изоляции кабеля и определить возможное место его повреждения.



1-кабель, 2-блок испытания изоляции, 3-индикатор напряжения, 4-индикатор пробоя, 5-кнопка «Испытание», 6-индукционная рамка, 7-разъем, 8-контроль питания, 9-индикатор подачи импульса, 10-кнопки вкл. и откл. 11-блок искателя места повреждения.

**Рисунок 26 - Испытание кабеля с помощью аппарата АШИК.**

## 20. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

При выполнении электромонтажных работ все подрядные организации должны выполнять требования норм и правил, принятых в организации, эксплуатирующей электроустановку. Все работники монтажных организаций в целях обеспечения безопасности подчиняются оперативному персоналу предприятий. Большинство видов монтажных работ относится к работам с повышенной опасностью: работа на высоте, в действующих электроустановках, в условиях близко работающих машин и механизмов, в подвалах, туннелях, коллекторах, емкостях, в подземных выработках. Многие виды работ требуют использования горючих газов, сварки, пайки, агрессивных, горючих и горячих жидкостей, электрического и порохового инструмента. Некоторые предприятия могут работать в условиях повышенной пожаро- и взрывоопасности. Особые требования предъявляются при выполнении следующих видов работ: Земляные работы, прокладка кабеля в действующих установках, вскрытие муфт и разрезание кабеля, работа с массами, компаундами, отвердителями и припоями, работа с паяльными лампами, работа с пропаном-бутаном, работа в подземных сооружениях.

При выполнении монтажных работ необходимо соблюдать все организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность. Одно из основных требований правил безопасности при монтаже и ремонте кабельных линий – это полное отключение напряжения с обоих концов линии с установкой защитных заземлений - закороток.

Для защиты от поражения электрическим током выполняется комплекс мероприятий, среди которых важное значение имеют как технические, так и организационные. Разработаны ряд нормативных документов: ПУЭ, ПЭЭ, ПТБ, МОПОТ, инструкции по безопасной эксплуатации электроустановок для электротехнического персонала. В основе всех норм и правил находятся следующие меры:

- изоляция токоведущих частей,
- размещение токоведущих частей на недоступной высоте,
- ограждение токоведущих частей,
- применение корпусов оборудования,
- применение замков, блокировок, сигнализаций против несанкционированного проникновения посторонних людей,
- применение блокировок против неправильных переключений,
- применение специального инструмента и приборов с изолирующими рукоятками и корпусами, основных и дополнительных средств индивидуальной защиты,
- заземление частей оборудования,
- защитное отключение (УЗО), реле утечки,
- применение защит от ненормальных режимов работы,
- выполнение опасных работ по специальным нарядам-допускам;
- обучение и инструктаж персонала, проверка знаний, выдача удостоверений;
- повышение квалификации, общеобразовательного и культурного уровня персонала;
- передача передового опыта молодым специалистам.

Так, при **монтаже кабелей в действующих** электроустановках, запрещается:

- работа персонала с квалификационной группой ниже III,
- работать без снятия напряжения вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, -открывать замки и входить в действующие установки без представителя эксплуатирующей организации, -производить работы без наблюдающего от эксплуатирующей организации, -производить монтаж муфт и маркировку жил кабеля без наряд-допуска, -производить перемещение, сдвиги кабеля и переноску муфт без снятия напряжения, разрядки кабеля и заземления кабеля.

Кроме общих правил для всех видов работ, при монтаже электропроводок необходимо соблюдать следующие требования техники безопасности. Борозды, отверстия и проемы в кирпичных и бетонных конструкциях пробивают **в предохранительных очках**. При этом необходимо принять меры против возможного поражения осколками проходящих мимо людей. Применять при пробивке неисправные ручные и механизированные инструменты нельзя. Сквозные отверстия пробивают рабочим инструментом длиной, **превышающей на 200 мм толщину** стены или перекрытия. Запрещается работать механизированным инструментом **с приставных лестниц**, а также **натягивать с приставных и раздвижных лестниц** в горизонтальном направлении провода сечением более 4 мм<sup>2</sup>. Выполнять работы по монтажу освещения цеха с крана можно только тогда, когда **краном не поднимают и не перемещают** грузы. Монтаж с крана цеховых магистралей допустим лишь **при наличии ограждений** крана, крановых троллеев и других открытых токоведущих деталей крана, находящихся под напряжением и при использовании монтажного пояса. К работе с монтажным пистолетом допускается только специально обученный персонал.

При работе в помещениях без повышенной опасности применяют электрифицированный инструмент **на напряжение 220/127 В** при условии надежного заземления корпуса электроинструмента и применения резиновых перчаток и диэлектрических галош. В помещениях особоопасных и с повышенной опасностью, а также вне помещений работать с **электроинструментом напряжением выше 36 В** нельзя, если он не имеет двойной изоляции или не включен в сеть через разделяющий трансформатор или не имеет устройства защитного отключения.

Подробнее об организации электромонтажных работ см. литературу (Л 7).

## 18. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ.

Передача электроэнергии на расстояние может осуществляться по воздушным и кабельным линиям при различном напряжении. Выбор вида ЛЭП производится исходя из условий эксплуатации, климатических условий, рельефа местности. Величина напряжения выбирается в зависимости от передаваемой мощности и расстояния передачи электроэнергии. Сечение жил проводов выбирается из расчетных токовых нагрузок, допустимых потерь напряжения, экономических факторов, величины токов короткого замыкания.

**Воздушной линией электропередачи (ВЛ)** называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и закреплённым на опорах с помощью изоляторов и арматуры.

Основными элементами ВЛ являются: неизолированные (голые) провода, опоры, изоляторы, линейная арматура и грозозащитные тросы. В последнее время стали использоваться самонесущие изолированные провода. Ширина трассы ВЛ на поверхности земли называется габаритами ВЛ.

В питающих и распределительных городских сетях и сетях промышленных предприятий сооружают постоянные и временные ВЛ.

Постоянные ВЛ сооружают на поверхностном комплексе, промплощадке, в населенной и ненаселенной местности, на бортах карьеров, а также на нерабочих уступах и предохранительных бермах или вдоль стационарных транспортных коммуникаций.

Временные ВЛ (передвижные и переносные) систематически перемещаются по мере подвигания работ. Их сооружают на площадках рабочих уступов карьеров, на строительных площадках, при ведении геологоразведочных работ.

**Опоры.** Опоры предназначены для крепления и поддержания на них проводов и других элементов воздушных линий. Опоры подразделяются по назначению, материалу изготовления, конструкции, количеству проводов и цепей. Опоры передвижных ВЛ устанавливают на основаниях из железобетона или профильной стали. Перед передвижкой провода демонтируют. Опоры переносных ВЛ заглубляют в грунт также, как и опоры постоянных ВЛ стационарного исполнения.

Опоры выполняют из дерева, стали и железобетона. Деревянные опоры применяются при напряжении до 6 кВ; железобетонные - вибрированные- до 10 кВ, центрифугированные до 35 кВ, металлические- при любом напряжении. Применяются и комбинированные опоры (железобетон + дерево). По назначению опоры бывают: концевые, промежуточные, анкерные, угловые, транспозиционные, ответвительные, перекрестные.

**Промежуточные** опоры применяются на прямых участках линии и не воспринимают усилий, направленных вдоль линий при нормальных условиях работы, а всего лишь поддерживают провода. Промежуточные опоры по сравнению с анкерными изготавливают облегченными.

**Анкерные** опоры устанавливают в узловых точках, или через несколько промежуточных пролетов линии, или в местах, где по нормам требуется особая надёжность, в частности на ответственных пересечениях с инженерными сооружениями (железными и шоссейными дорогами, другими линиями электропередачи и связи и т.д.). Эти опоры принимают на себя всю нагрузку вдоль линии анкерного участка, в том числе нагрузку от натяжения проводов.

**Концевые** опоры анкерного типа устанавливают в начале и в конце линии, они принимают на себя только одностороннее натяжение проводов и тросов.

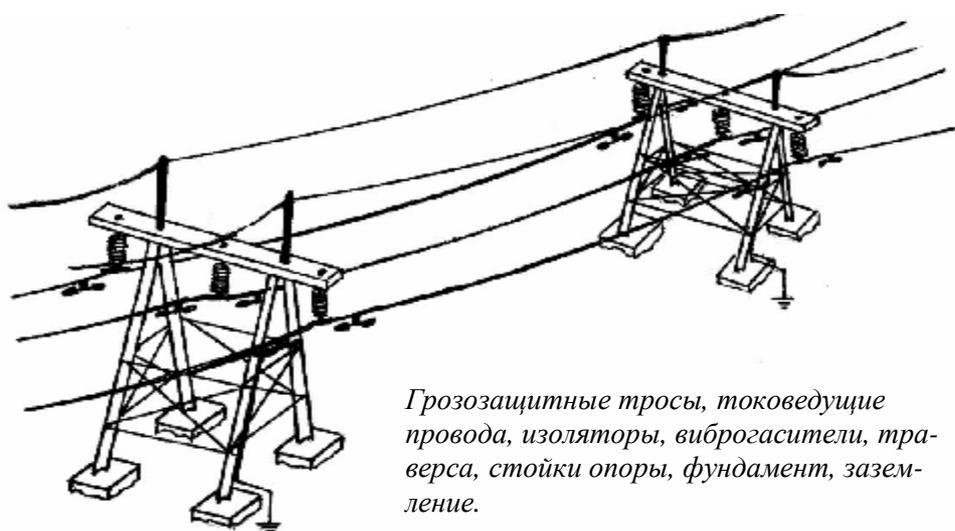
**Угловые** опоры, устанавливаемые на углах поворота линии, они чаще всего могут быть анкерного типа, или как усиленные промежуточные. Угловые опоры анкерного типа устанавливают в опорных точках линий, на углах поворота троса и на ответственных пересечениях. При нормальных условиях работы эти опоры воспринимают натяжение, действующее по биссектрисе внутреннего угла и являющиеся слагаемой натяжения проводов и тросов смежных промежутков.

**Транспозиционные** опоры применяются для изменения расположения проводов (фаз) на опорах в целях уменьшения потерь.

**Ответвительные** опоры служат для ответвления проводов в сторону от магистральной линии, **перекрёстные** – для выполнения на них перекрещивания проводов ВЛ. Специальные опоры могут быть всех указанных выше типов.

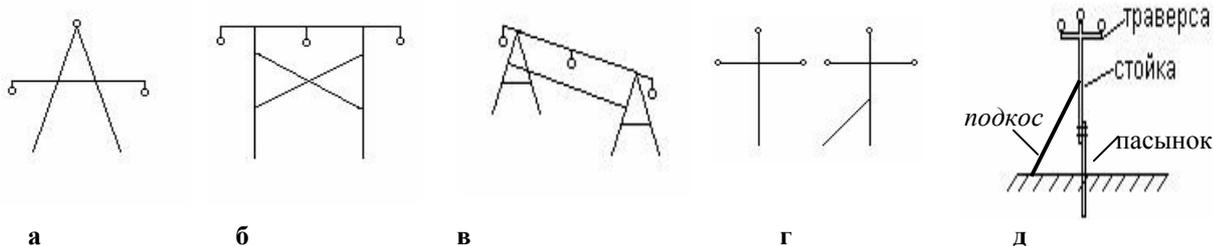
Деревянные опоры просты в изготовлении, недороги, дают добавочную изоляцию проводов по отношению к земле. Недостатком деревянных опор является их недолговечность, из-за быстрого гниения дерева. Деревянные опоры применяют на ВЛ напряжением до 6 кВ. Комбинированные с железобетонным пасынком – до 10 кВ. Железобетонные вибрированные – до 10 кВ и центрифугированные до 35 кВ. Металлические опоры используют главным образом для ВЛ напряжением 35 кВ и выше.

Типовые деревянные опоры с железобетонными приставками (пасынками), предназначены для установки во всех районах по условию гололёдности. Опоры изготовляют составными из сосновых брёвен в сочетании с железобетонными стульями, дерево пропитывается специальным антисептическим составом на глубину до 20 мм.



**Рисунок 27 - Общее устройство воздушной линии.**

Железобетонные опоры ВЛ – 6 (10) кВ изготовляют из цельных стоек прямоугольного или восьмигранного полого или сплошного сечения с применением бетона марки 300 и арматурной стали марки Ст.5, 25СГ. Траверсы изготавливают из дерева, металла или железобетона.

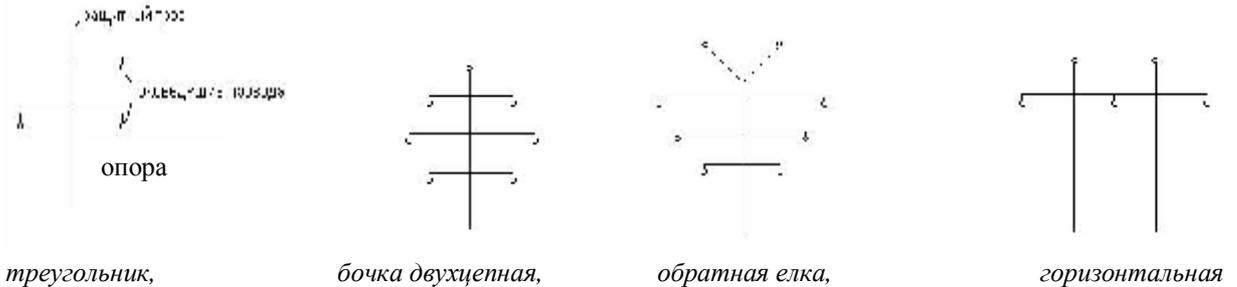


**Рисунок 28 - Конструкции опор воздушных линий.**

На временных ВЛ в карьерах и на отвалах применяют в основном деревянные опоры: **переносные** с заглублением их оснований в грунт и **передвижные** с установкой на железобетонные подставки.

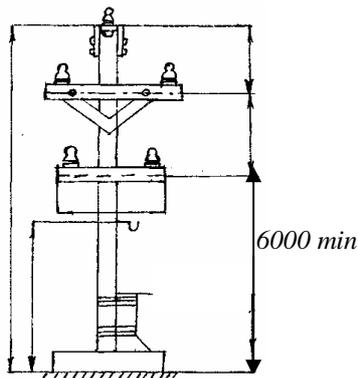
бетонном основании. Сооружение новых и перемещение на новые трассы действующих временных ВЛ осуществляется с помощью специальных машин и тракторов.

Опоры переносных ВЛ переставляют с помощью буростолбостава, а передвижных – трактора-бульдозера.

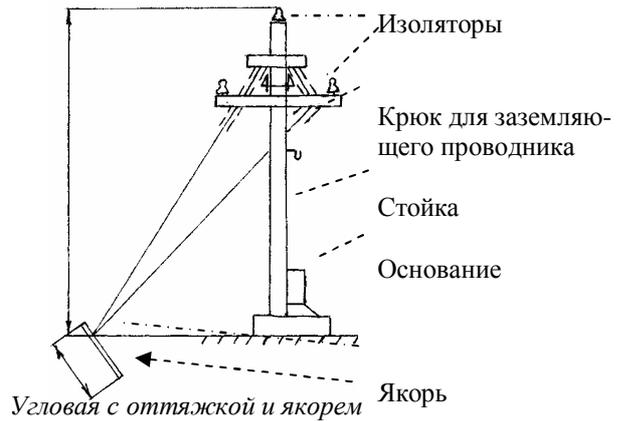


**Рисунок 29 - Способы подвески проводов и тросов ВЛ высокого напряжения.**

Для экономии материалов и сокращения затрат труда на сооружение и перемещение ВЛ в карьерах и отвалах применяют опоры специальной конструкции, позволяющие совместную подвеску проводов ВЛ-6 кВ, проводов осветительной линии и заземляющего троса, а также проводов контактной сети и проводов осветительной линии напряжением до 1000 В.

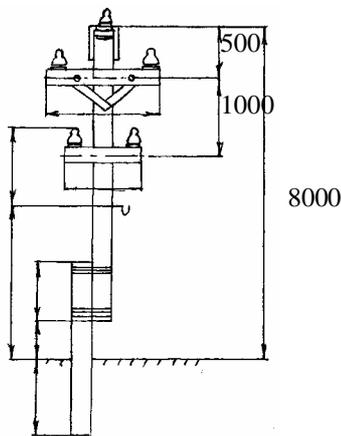


Промежуточная для напряжения 6 и 0,4 кВ

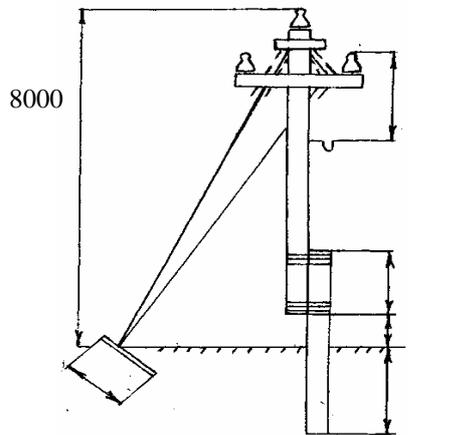


**Рисунок 30 - Передвижные опоры ВЛ.**

Совместная подвеска проводов линий различного назначения осуществляется на всех типах переносных и передвижных опор: промежуточной совместной прокладки уточных, анкерных, угловых и концевых.



Промежуточная двухцепная 6 и 0,4 кВ



Угловая с оттяжками и якорем

**Рисунок 31 - Стационарные и переносные опоры ВЛ.**

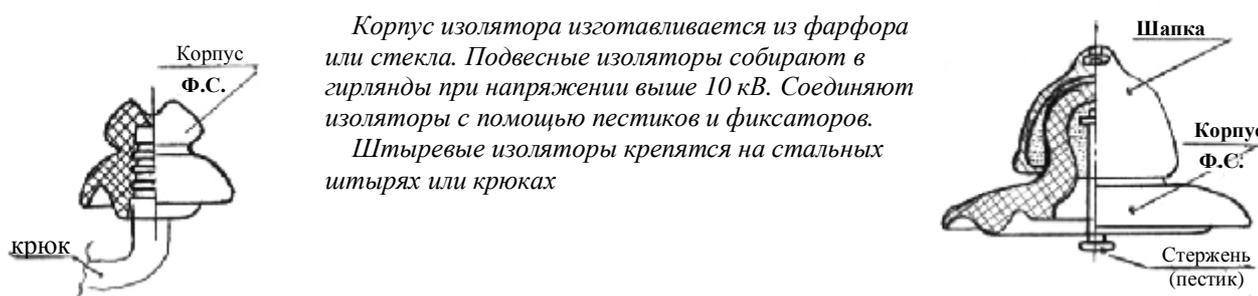
На рисунке 31 показаны **передвижные** промежуточные и угловые опоры, а на рисунке 43 – **стационарные** и **переносные** промежуточные и угловые для совместной подвески проводов линии 6 кВ, освещения и заземляющего троса.

**Крепление проводов** на опорах может быть выполнено одинарным, двойным и двойным анкерным способом. Длину пролётов стационарных ВЛ напряжением до 1000 В принимают в среднем от 30 до 50 м, напряжением 6(10) кВ – от 50 до 100 м. Расстояние между опорами передвижной ВЛ – 6 кВ должно быть не более 50 м. Вообще длина пролета выбирается с учетом типа проводов, веса проводов и их механической прочности, допустимой толщины гололеда, ветровой нагрузки, величины напряжения и может составлять от 50 до 500 метров. Например, для провода марки АЖ-120 при толщине гололеда 10 мм допустимая длина пролета – 550 м, а при гололеде толщиной 20 мм – 260 м. Расположение проводов допускается любое, независимо от климатических условий района.

**Расстояние** между проводами на ВЛ 220-380 В принимают в среднем от 400 до 500 мм, на ВЛ – 6 – 10 кВ – от 800 до 1500 мм, 35 кВ - от 2,5 до 3,7 м, 110 кВ – от 3 до 4,5 м.

**Расстояние** от проводов до земли и до зданий и сооружений выбирается в зависимости от условий местности или рельефа, величины напряжения и составляет от 3,5 м в ненаселенной местности до 6 -15 м в других местах.

**Изоляторы.** На ВЛ напряжением до 1000 В применяют только штыревые изоляторы марок ТФ, НС, РФ и ШН-1; на ВЛ-6 (10) кВ – штыревые изоляторы марок ШС-6; ШС-10; ШФ-6; ШФ-10; на ВЛ напряжением 20-35 кВ применяют штыревые ШФ-20 и ШФ-35, и подвесные ПС (стеклянные) и ПФ (фарфоровые), по три штуки. Штыревые изоляторы накручиваются на крюки с помощью пластмассовых колпачков ПКН. Крюки применяются типов КН-10 – 20, штыри – типа С для стальной траверсы, и типа Д – для деревянной. Штыри крепятся сваркой или в отверстия (в деревянные траверсы, отверстия обрабатываются пастой или креозотом). На ВЛ-110 кВ и выше применяют только подвесные изоляторы ПС и ПФ. У подвесных изоляторов цифровая часть обозначения указывает допустимую нагрузку в тоннах. Напряжение пробоя составляет: у изоляторов ПФ-6- 110 кВ, у изоляторов ПС-6- 90 кВ. В загрязненных районах применяются грязеустойчивые изоляторы, имеющие в названии индекс «Г», или «Д» с двумя тарелками. Количество изоляторов в гирлянде зависит от номинального напряжения и требуемого уровня изоляции. На деревянных опорах при напряжении 35 кВ ставят два подвесных изолятора в гирлянде, на металлических опорах – на один-два изолятора больше.



**Рисунок 32 – Устройство штыревого и подвесного изоляторов для ВЛ**

На воздушных линиях напряжением выше 220 кВ для защиты гирлянд от повреждений при возникновении дуги короткого замыкания применяются защитные рога и кольца.

Число подвесных изоляторов в одной гирлянде зависит от напряжения линии, материала опор и загрязнённости воздуха по трассе ВЛ.

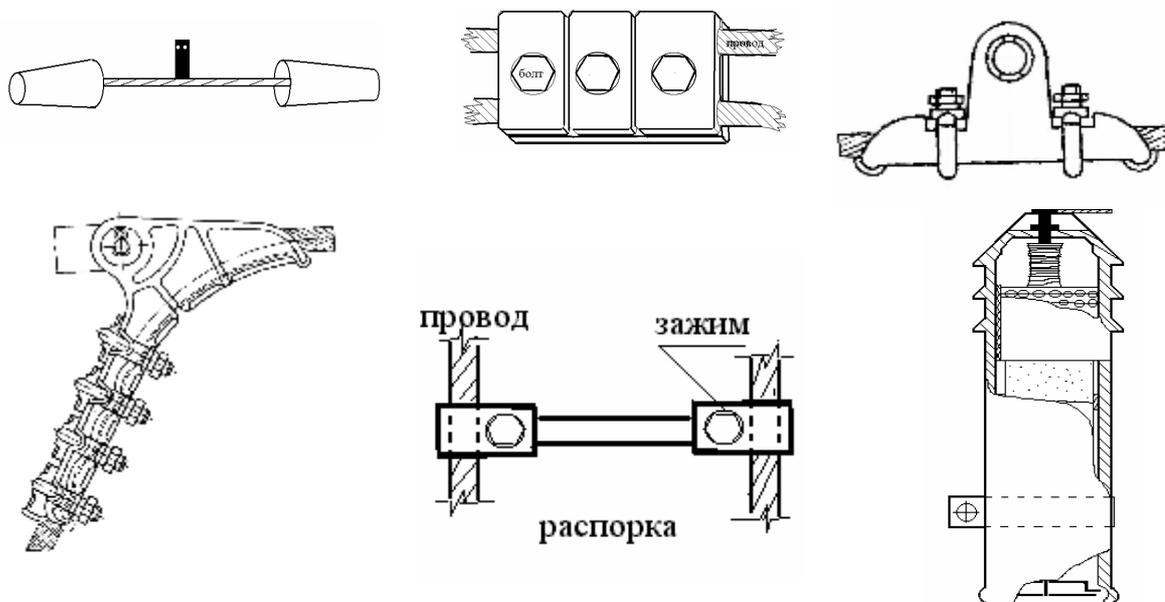
Напряжение, кВ	6-10	35	110	220
ПФ-6, шт.	1	3	7	12-14
ПС-6, шт.	1	3	8	14

Гирлянды подвесных изоляторов бывают поддерживающие и натяжные. Поддерживающие гирлянды располагаются вертикально на промежуточных опорах. Натяжные гирлянды размещаются на анкерных опорах почти горизонтально. На отвесных участках линии электропередач применяют двоянные, трёх- и многоцепные гирлянды.

Крепление проводов и тросов к подвесным изоляторам выполняют натяжными или поддерживающими зажимами. Лучшими зажимами являются такие, которые не требуют разрезания проводов в местах присоединения. Поддерживающие зажимы делят на глухие, когда провод остаётся в зажиме, и выпадающими, когда провод выскакивает из зажима. К штыревым изоляторам провода крепятся путем центральной или боковой обвязки.

**Арматура.** Арматурой воздушных линий называются металлические детали для крепления изоляторов, соединения проводов между собой и т.д. Арматура ВЛ подразделяется на следующие виды: соединительная, сцепная, подвесная, защитная, натяжная, ремонтные, в том числе: **зажимы** натяжные подвесные и поддерживающие глухие, **грозозащитные тросы, разрядники, виброгасители, подвесы** натяжные, подвесные, глухие, разборные, **шунты, прессуемые соединители и муфты, крюки и штыри.** Грозозащитные тросы обязательны при напряжении 110 кВ и выше. Разрядники обязательны на всех ВЛ и устанавливаются на первой и последней опорах, а также через 150 м от начала и конца линии на каждой фазе.

На ВЛ применяют для крепления штыревых изоляторов к опорам стальные крюки и штыри, а при напряжении свыше 220 кВ- защитные рога, кольца, распорки.



**Рисунок 33 - Арматура ВЛ: виброгаситель, зажимы- болтовой соединительный, глухой подвесной и натяжной (крокодил), распорка, разрядник.**

**Провода и тросы.** На ВЛ обычно применяются неизолированные провода, а в последнее время и изолированные самонесущие провода (СИП). Провода изготовляют одно- и многопроволочными, со сплошными сечениями и пустотелыми. Однопроволочные провода изготовляют из одной медной или стальной проволоки сплошного сечения. Многопроволочные изготовляют из одного металла (меди, алюминия, бронзы, стали), алюминиевых сплавов, двух металлов (стали и алюминия – сталеалюминевые, стали и бронзы – сталебронзовые). В сталеалюминевых и сталебронзовых проводах вокруг стального сердечника (однопроволочная или многопроволочная жила), создающего прочность провода на разрыв, скручиваются алюминиевые или бронзовые проволоки. На ВЛ, проходящих в районах с повышенным содержанием сернистого газа и хлористых солей в воздухе применяют специальные алюминиевые и сталеалюминевые провода с антикоррозийной защитой (междупроволочные промежутки заполнены нейтральной смазкой). Провода должны иметь высокую электрическую

проводимость. Из всех металлов применяемых для изготовления проводов, на первом месте по проводимости стоит медь, затем – бронза, алюминий и его сплавы. Сталь имеет низкую электрическую проводимость и применяется реже. При температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  сопротивление меди составляет  $0,0178 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ . Чтобы проводимость алюминиевых и медных проводов была одинаковой, алюминиевые провода должны иметь сечения в 1,6 раза больше медных.

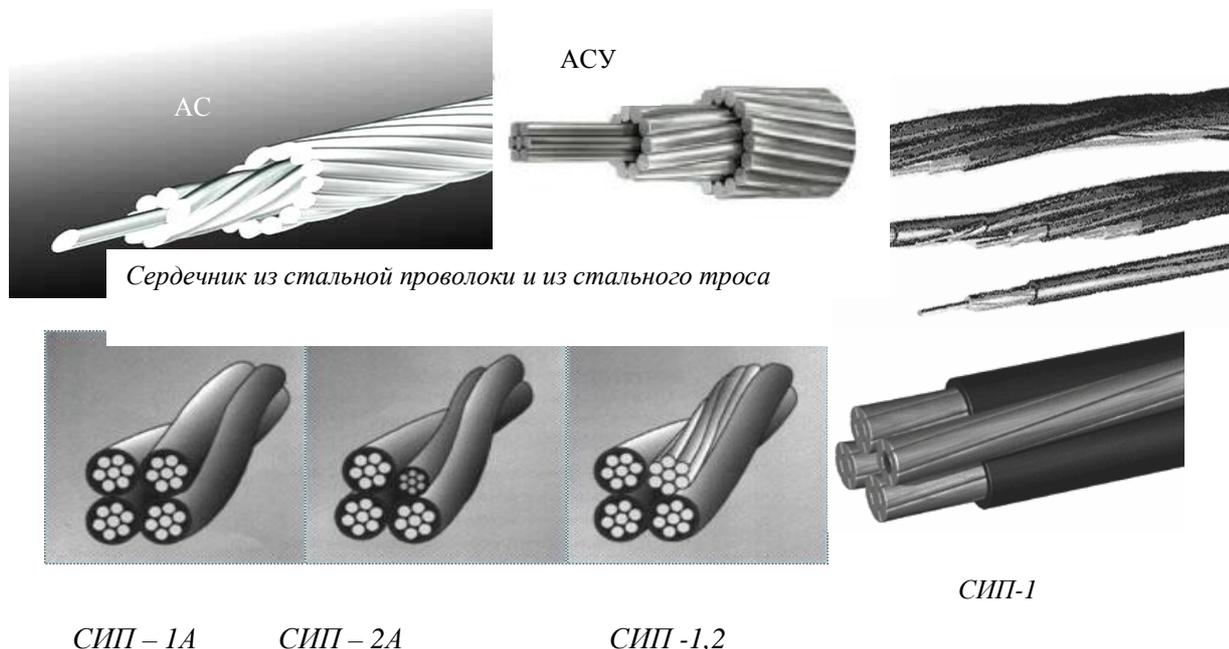


Рисунок 34 - Провода для ВЛ: неизолированные АС, АСУ и изолированные (СИП)

Но, так как плотность меди  $8,9\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , а алюминия  $2,7\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  (т.е. алюминий легче меди в 3,3 раза), масса алюминиевых проводов составляет 50% массы медных проводов такой же проводимости. Поэтому применение алюминиевых проводов для ВЛ приносит выгоду в массе, весовой нагрузке и стоимости против медных проводов, несмотря на их прочность и проводимость.

Стальные жилы сталеалюминевых и стальных проводов и тросов изготавливают из стальной оцинкованной проволоки. Для стальных однопроволочных проводов марки ПСО применяют миусскую сталь, а для биметаллических – сталь и медь. Стальные многопроволочные провода подразделяются на две марки: ПС – из обыкновенной стали (оцинкованные) и ПМС – медистой стали (покрытой слоем меди).

Обозначение марок алюминиевых и сталеалюминевых проводов: А – алюминиевый, АЖ – алюминиевый сплав термообработанный, АН – нетермообработанный, АКП – алюминиевый (межпроводное пространство заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости), АС сталеалюминевый, АСК – сталеалюминевый (сердечник изолирован двумя лентами и заполнен нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости). Самонесущие изолированные провода - СИП-1, СИП-2 и т.д.. Цифры в марках обычных проводов обозначают сечение ( $\text{мм}^2$ ). В марках сталеалюминевых проводов цифры обозначают сечение: в числителе - алюминия, в знаменателе – стального сердечника.

В зависимости от разрывного усилия сечения стального сердечника разное. Чем больше допустимое разрывное усилие, тем больше сечение стального сердечника для одного и того же сечения алюминия. В карьерах стальные многопроволочные провода применяют в основном для прокладки на опорах ВЛ заземляющих магистралей от заземлителей до КТП, ППП и других электроустановок, или в качестве защитного (от перенапряжений) троса.

Для ВЛ напряжением до 6 (10) кВ **карьеров** применяют преимущественно провода марок А, АЖ, АН. Сталеалюминевые провода АС обычно используют для сооружения ВЛ

напряжением 35 кВ и выше, однако на ВЛ – 6 кВ с большой длиной пролетов (100 м и больше), а также при пересечении ж/д путей и других коммуникаций, применяется также провод марки АС. В электрических расчетах сталеалюминевых проводов электропроводимость стального сердечника не учитывается, как достаточно малая по сравнению с проводимостью алюминиевого провода. Провода при напряжении 220 кВ и выше делают расщепленными.

**Грозозащитная арматура.** Для защиты от атмосферных перенапряжений ВЛ защищаются с помощью защитных тросов, проходящих по всей трассе ВЛ (при напряжении выше 35 кВ обязательно для районов с повышенной частотой гроз), разрядников трубчатых и вентильных, или ОПН. Разрядники и ОПН (см. стр. 200, 201) устанавливаются в начале и в конце ВЛ, а также за 150-200 м до конца ВЛ. При напряжении до 1 кВ грозозащита осуществляется путем заземления крюков на ВЛ, на которых (крюках) крепится нулевой или заземляющий провод.

#### **Монтаж проводов воздушных линий напряжением до 10 кВ.**

При наличии хорошего подъезда к опорам с полевой стороны провода раскатывают с автомобиля или трактора. Барабаны с проводом устанавливают на монтажные козлы или домкраты, закрепляют в кузове на кабельной тележке или санях, перемещаемых трактором. Иногда эти барабаны монтируют на козлах на земле и раскатку ведут машиной МШТС – 21 (см. рис. 37), автомобилем или лебедкой. Подъем провода ведут машиной, совмещая его с установкой кронштейнов, а вытяжку – по земле или седлами (монтажным роликом).

Если из-за местных условий невозможно вести раскатку с поля, провода раскатывают автомашиной или дрезиной с неподвижной платформы, «прошивая» поочередно опоры контактной сети.

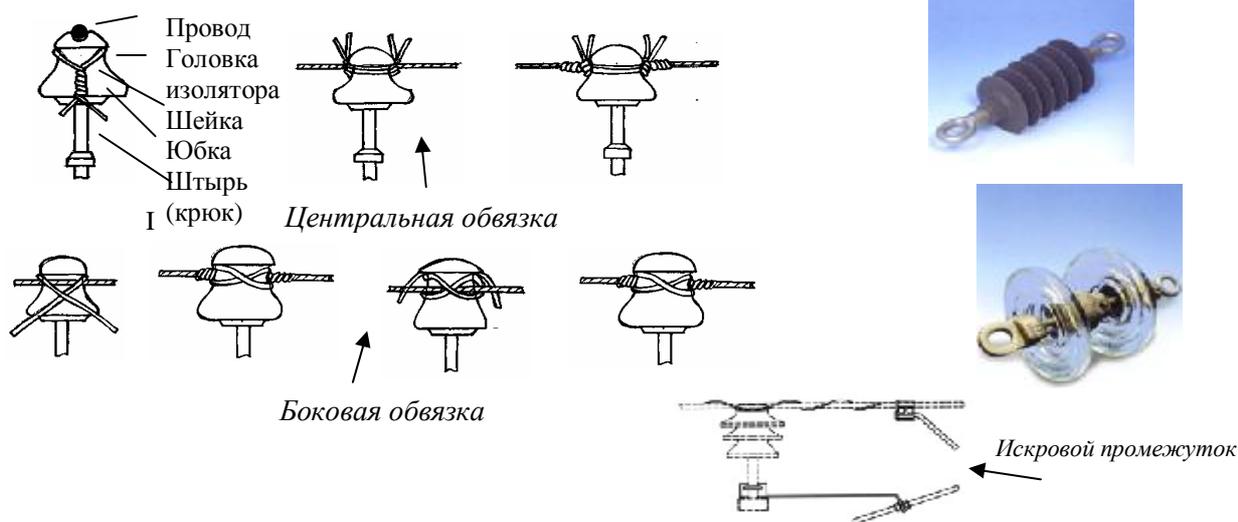


**Рис 35 – Концевые опоры ВЛ, опора ВЛ ОВК, автоэлектrolаборатория, самоходная буровая машина для бурения скважин под опоры.**

На перегон выезжает дрезина с раскаточной платформой, загруженной барабанами с проводом. В начале анкерного участка платформу отцепляют и под колесные пары подкладывают тормозные башмаки. Концы проводов присоединяют к автосцепному устройству

дрезины и начинают раскатывать провод на обочину земляного полотна. При одновременной раскатке трех проводов во избежание спутывания их присоединяют к трем отверстиям в коромысле, которое постоянно должно находиться в одном положении. Отъехав от первой промежуточной опоры на 10 – 15 м, дрезина возвращается назад на такое же расстояние, от нее отцепляют коромысло с проводами и, не разворачивая коромысло, пропускают провода с полевой стороны опоры. Затем коромысло опять присоединяют к дрезине и продолжают раскатку до следующей опоры и т.д. Для предохранения провода от повреждений, особенно о фундаменты опор, с полевой стороны ближайшей к дрезине опоры устанавливают вертикально деревянный круглый брус, по которому скользит раскатываемый провод.

Кронштейны устанавливают после окончания раскатки с помощью полиспада или из корзины машины с шарнирной стрелой. Закрепив кронштейн, поднимают провода и укладывают их на него рядом с соответствующими штырями.



**Рисунок 36 - Центральная и боковая обвязка проводов к штыревым изоляторам. Общий вид натяжных изоляторов и искрового разрядника**

После установки кронштейнов и подъема проводов на протяжении всего анкерного участка,



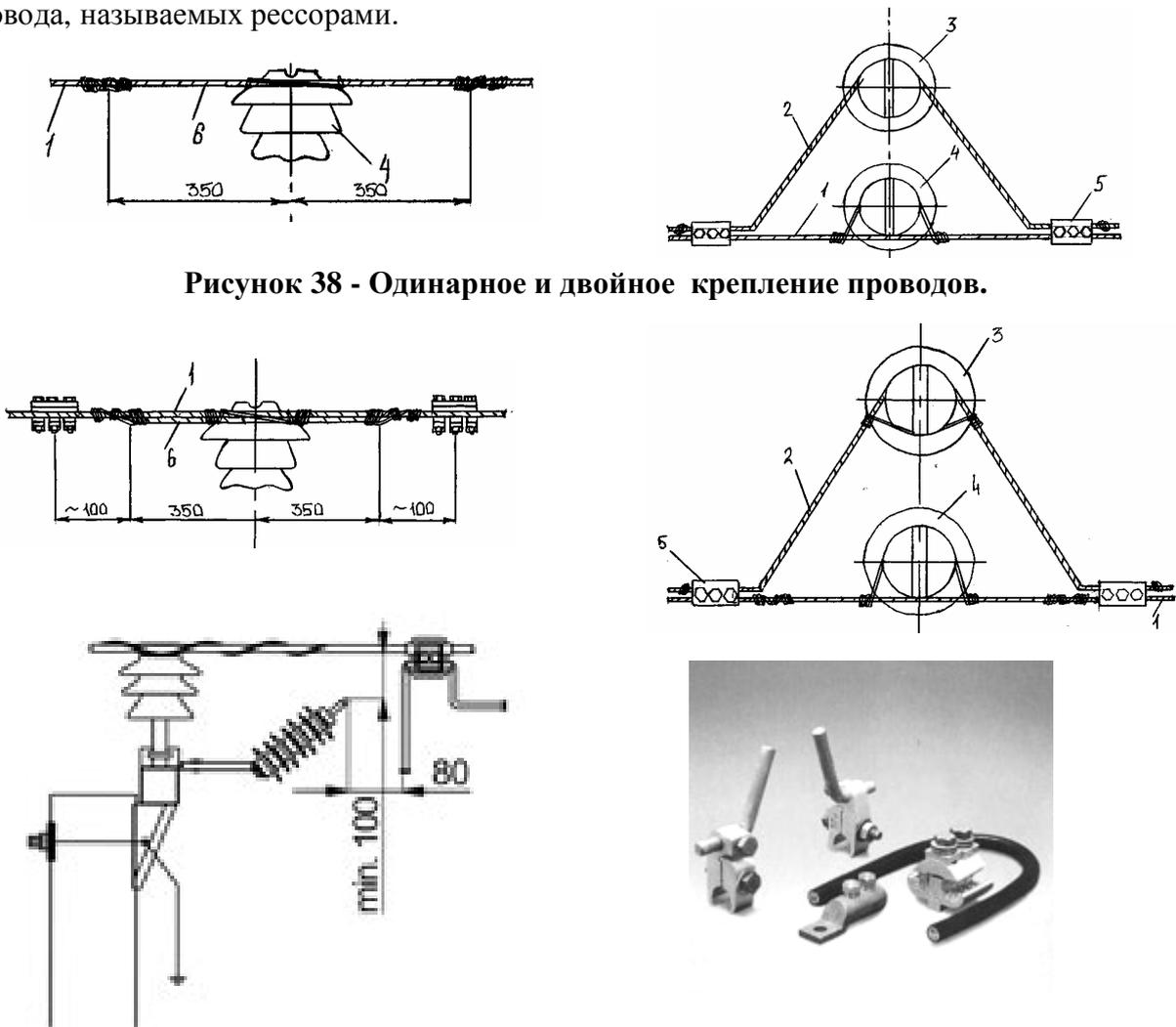
**Рисунок 37 – Механизация раскатки проводов ВЛ (чтобы провод не упал при обрыве обвязки), а на кривых - на шейках (рис. 36), при этом изоляторы должны находится**

осуществляют анкерровку (закрепление) проводов. Провода вытягивают по одному или с помощью специального приспособления для одновременного натяжения сразу всех трех проводов. Стрелы провеса определяют по монтажным таблицам. При длине анкерного участка более 2,5 км провода вытягивают по частям, закрепляют их временно в нижней части опор, а после вытяжки привязывают к изоляторам проволокой. На прямых участках пути провода закрепляют на головках изоляторов со стороны опоры

**внутри угла**, образуемого проводом. К головкам изоляторов провода крепят отрезками вязальной проволоки, длину которых выбирают по соответствующим таблицам (например, при обвязке проводов марки АС- 35 длина проволоки должна составлять 0,8 м).

Первым отрезком вязальной проволоки огибают шейку изолятора так, чтобы один ее конец был длиннее другого на диаметр головки изолятора. Концы проволоки скручивают друг с другом. Длина скрутки должна соответствовать расстоянию от шейки до желоба в головке изолятора. Также закручивают другой отрезок проволоки, на концы его располагают с противоположной стороны изолятора. Короткие концы каждого отрезка проволоки плотно закручивают вокруг провода. Обвязку проводов к шейкам изоляторов на кривых участках пути проводят одним отрезком вязальной проволоки, длину которого также выбирают по таблицам. Проволоку накладывают так, чтобы середина ее была совмещена с шейкой изолятора со стороны, противоположной проводу. Концы проволоки выводят вперед, располагая их над проводом и перекрещивая. Затем концы загибают вокруг провода сверху вниз и перекашивают сзади изолятора. После этого их еще раз загибают вокруг шейки изолятора и выводят вперед. Оставшиеся концы прочно наматывают с двух сторон вокруг провода, делая 6-8 витков с каждой стороны.

При пересечении ж/д путей и шоссейных дорог, в населенных пунктах, над платформами и других местах, указанных в проекте, выполняют **двойное крепление** и двойное рессорное крепление с применением двух штыревых изоляторов и специальных отрезков того же провода, называемых рессорами.

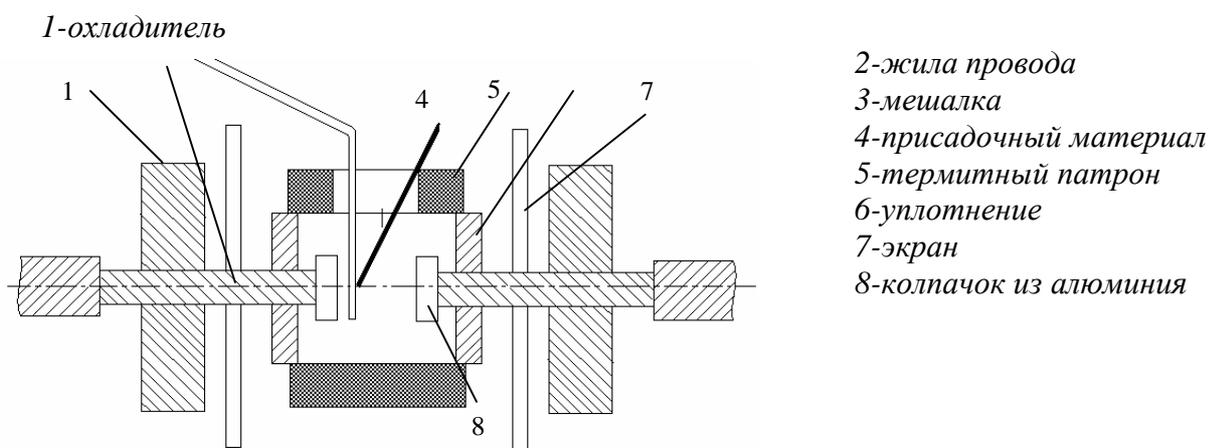


**Рисунок 39 - Двойное рессорное крепление проводов ВЛ 10 кВ с неизолированными проводами. Защитная арматура для СИП.**

Для двойного крепления вспомогательный провод 2 располагают на дополнительном изоляторе 3 и крепят к основному проводу 1 соединительными зажимами 5. Длина вспомогательного провода 1200-1500 мм, его изготавливают из того же материала что и основной.

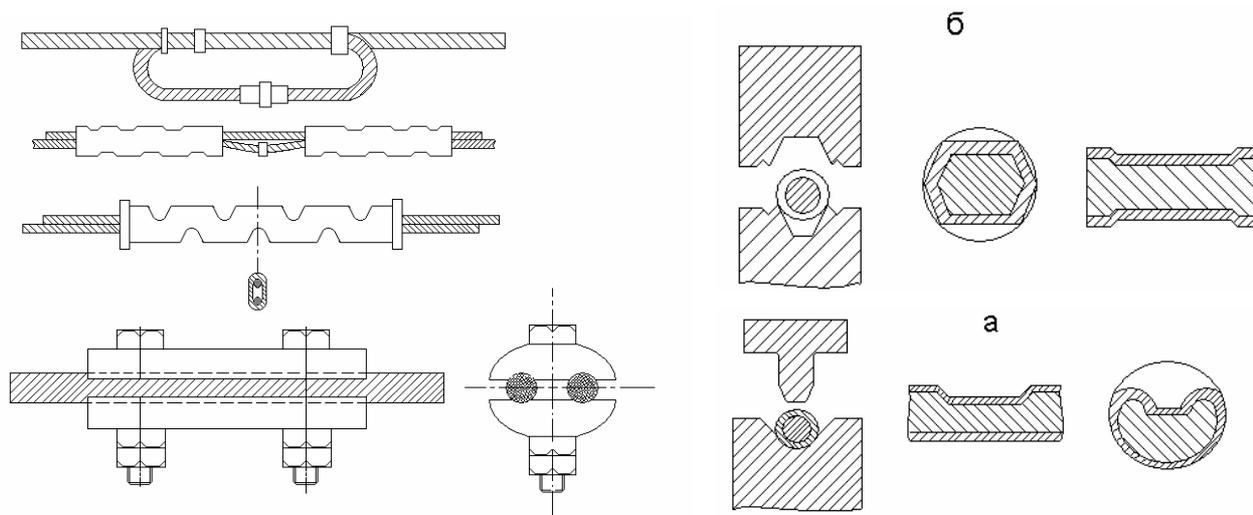
В районах, где наблюдаются автоколебания, для предотвращения обрывов проводов применяют рессорное и двойное рессорное крепление их. Материалом рессоры служит отрезок основного провода 2 длиной 900 мм. Рессору располагают параллельно основному проводу и закрепляют общей обвязкой на изоляторе 4. Для крепления рессоры к основному проводу расплетают с обоих концов на 100 мм и 2 – 3 жилами бандажируют вокруг основного провода, а оставшиеся жилы отрезают. Монтаж проводов линий напряжением до 1000 В выполняют теми же способами, что ВЛ 10 кВ, но при этом несколько сокращаются затраты труда по установке деталей из-за меньшей их массы.

**Соединение проводов и жил.** Соединение проводов при монтаже и ремонте воздушных линий производится с помощью болтов, сварки, прессованием с применением наконечников, соединительных зажимов и соединительных муфт. На ВЛ до 1 кВ провода могут соединяться



**Рисунок 40 - Соединение проводов ВЛ термитной сваркой.**

путем скручивания отвода с основным проводом. Сварка производится с помощью стационарных или переносных электросварочных установок, или наборов термитной сварки с использованием термитных патронов типа ПА, ПАТ, ПАС.



1-соединение петлей с овальными соединителями и сваркой стыка, 2- соединение шунтом с обжимом или прессованием, 3- внахлестку сплошным прессованием соединительной муфты, 4- болтовыми зажимами.

**Рисунок 41 - Прессование жил проводов с помощью матрицы и пуансона вдавливанием (а) и сплошной прессовкой (б).**

Присоединение отводов проводов СИП производится с помощью специальных болтовых зажимов со скручивающимися головками (см. стр. 32).

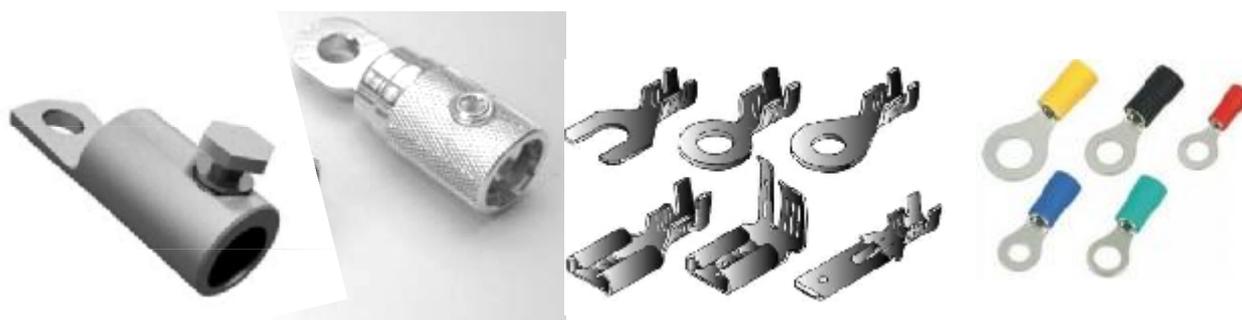
Для оконцевания проводов при необходимости разборного соединения применяют наконечники; для неразборного – гильзы и опок. Гильзы типов: алюминиевые ГА, ГАО, медные – ГМ. Наконечники: Т (трубчатый), Л (луженый), биметаллические ТАМ, штифтовой под пайку ШП; алюминиевые ТА, ЛАТ, ЛАС, ШАС. Для неразборного соединения кроме сварки применяют пайку и **прессование** сдавливанием и сплошной прессовкой. Прессование используется для соединения жил проводов при сечении до 240 мм<sup>2</sup> и напряжении до 10 кВ. Для облегчения выполнения прессования используются ручные и гидравлические прессы и пресс- клещи типа ПК, КП, ГКМ, РГП, РМП.



*Медный ТМ и Медный луженый ТМЛ,*

*Алюминиевый ТА для прессования*

*ТАМ биметаллический*



*Наконечники: болтовой НБ и винтовые НВ, неизолированные НК и НВ, изолированные НКИ*



*Гильзы (соединители): болтовой СБ (ГБ), прессуемые ГМ, ГА, ГАМ*

**Рисунок 42 – Различные типы наконечников и гильз для соединения жил**

**Пайка** применяется для соединения проводов сечением до 10 мм<sup>2</sup>. Для алюминиевых жил применяют припой марок: А, ЦО-12, ЦА-15, а для медных—ПОС-40 и ПОС-61 с флюсами (канифоль, паяльный жир, бура). Нагревание проводов производят паяльной лампой или газовой горелкой.

**Электросварка** применяется для соединения проводов сечением до 240 мм<sup>2</sup> способом контактного разогрева с использованием угольных электродов, питающихся от трансформатора при напряжении сварочного аппарата 8—12 В.

**Газовая сварка** пропано-воздушной смесью применяется для соединения скрученных жил суммарным сечением до 20 мм<sup>2</sup>, а при использовании смеси пропан-кислород—до 700 мм<sup>2</sup>. **Термитная сварка** применяется для соединения проводов сечением до 800 мм<sup>2</sup>, при этом используются специальные наборы термитной сварки (НТС) с патронами для различного сечения проводов. Эт<sup>3</sup> способом можно пользоваться как в стационарных, так и в полевых условиях.

**При напряжении свыше 1000 В в линиях не должно быть на одном пролете более одного соединения. Соединение не допускаются также при пересечениях.**

При монтаже и ремонте ВЛ применяется соединительная и защитная арматура: зажимы болтовые глухие, подвесные, натяжные, муфты соединительные прессовые и скручивающиеся. **Виброгасители** применяются для предотвращения вибрации и пляски проводов, **распорки**- при напряжении свыше 220 кВ для отделения двух проводов одной фазы друг от друга (расщепления фаз).

**Расчет сечения и выбор проводов воздушных линий.**

**Выбор сечений проводов ВЛ при напряжении до 10 кВ** производится по нагреву длительно допустимым током нагрузки с учётом поправок на температуру окружающей среды. Допустимые нагрузки указываются в соответствующих таблицах. Расчетная температура для воздуха +25<sup>0</sup>.

Выбранный провод **проверяется: по допустимым потерям напряжения** в нормальном и пусковом режимах: (линии небольшой длины проверять необязательно)

$$S_{\Delta U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot \cos j}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \text{ мм}^2$$

где  $l$  - длина линии, м

$g = 32$  для алюминия,  $g = 53$  для меди - проводимость

$\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$  от  $U_{\text{ном}}$ . - допустимая потеря напряжения для нормального режима, В;

Например, 5% от 10000 В будет:  $0.05 \cdot 10000 = 500$  В.

**-По механической прочности проводов и кабелей.**

Минимальное сечение проводов ВЛ (без пересечений с ВЛ и ж \ дорогами):

- для алюминиевых проводов ВЛ, мм<sup>2</sup> - 25

- для сталеалюминиевых проводов ВЛ, мм<sup>2</sup> 16

**-По экономической плотности тока** (проверяются только постоянные линии при сроке службы 5 лет и более.)  $S_{\text{эк}} = I_{\text{раб}} / j$ , мм<sup>2</sup>

где  $j$ , А/мм<sup>2</sup> - экономическая плотность тока, определяется по таблицам в зависимости от количества часов использования максимума нагрузки.

**-По термической стойкости к токам КЗ.** (Провода ВЛ проверяются при токах КЗ более 50 кА).

$$\text{Для установок напряжением выше 1000 В: } S_{\text{терм.}} = \frac{I_{\text{к.}\infty} \cdot \sqrt{t_{\text{ф}}}}{C}, \text{ мм}^2$$

где  $I_{\text{к.}\infty}$  - установившийся ток КЗ, А;  $t_{\text{ф}}$  - приведенное время действия защиты (если нет данных, то можно принимать равным 0,2с)

$C$  - термический коэффициент,  $C = 165$  - для меди и 90 - для алюминия

**Для установок напряжением до 1000 В провода проверяются по условию:**

**$S_{\text{дл. доп. проводника}} \geq I_{\text{ном. р. автомата}}$**

### Выбор типа проводов.

Выбор типа и сечения проводов воздушных линий производится в соответствии с условиями эксплуатации и токовой нагрузкой. Выбранное по справочным таблицам сечение проверяется по допустимым потерям напряжения, механической прочности, экономической плотности тока и другим факторам.

При выборе сечения жил проводов принимается ближайшее **большее** стандартное сечение (однако, по экономической плотности тока - ближайшее стандартное сечение). Окончательно принимается самое большое из рассчитанных значений.

Материал проводов и вид проводов - изолированные, неизолированные (голые), или СИП - выбирается, исходя из условий эксплуатации, передаваемой мощности, рабочего напряжения, климатических условий и т.д.

При выборе проводов учитывается как их проводимость так и механическая прочность. Механическая прочность проводов на разрыв:

- медных (М и МГ) - 400 МПа,
- алюминиевых (А и АКП) - 150 МПа,
- сталеалюминиевых (АС, АСКС, АСКП) - от 1100 до 1200 МПа .

В связи с этим на ответственных участках ВЛ (пересечения с дорогами, другими линиями, в населенных пунктах) применяются только **сталеалюминиевые провода**.

Стоимость и вес алюминиевых проводов значительно меньше медных, поэтому несмотря на разницу проводимости (медь -53 Ом.м, алюминий-32 Ом.м) на большинстве ВЛ применяются алюминиевые и сталеалюминиевые провода.

При выборе проводов линий передач напряжением 35 кВ и выше учитывается возможность возникновения дополнительных потерь в линиях, вызванных появлением «короны». Это явление обусловлено ионизацией воздуха около проводов, если напряженность (градиент) электрического поля у поверхности провода превышает электрическую прочность воздуха. По мере повышения напряжения линии местная корона, вызванная неровностями поверхности провода, загрязнениями и заусенцами, переходит в общую корону по всей длине провода. Наибольшей напряженности поле достигает у поверхности проводов, что соответствует появлению общей короны,

Согласно ПУЭ максимальное значение напряженности электрического поля должно составлять не более 28 кВ/см. Поэтому наименьшие диаметры проводов марки АС, обеспечивающие допустимые потери на коронирование, должны составлять, например, для напряжений 110 и 220 кВ при одном проводе в фазе соответственно 11,4 и 21,6 мм.

В линиях напряжением 330 – 500 кВ для уменьшения индуктивного сопротивления и потерь на корону применяют расщеплённые провода, т.е. подвеску двух проводов и более в одной фазе линии, используя для этой цели распорки (рис. 33).

На воздушных линиях напряжением выше 220 кВ для защиты гирлянд от повреждений при возникновении дуги короткого замыкания применяются защитные рога и кольца.

## 19. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.

**Общие сведения.** Основным источником электроэнергии промышленных предприятий - это электрические станции, объединенные в энергетические системы. Электрическая энергия от источника подаётся к потребителям, как правило, с помощью линий электропередач (ЛЭП). Питание подстанций осуществляет чаще всего воздушными и кабельными линиями; питание РУ - по кабельным линиям, токопроводам и шинопроводам. При питании подстанций по радиальным кабельным линиям осуществляется непосредственное, без отключающих аппаратов, присоединение питающего кабеля 6-10 кВ к трансформатору. Для передачи электроэнергии в сетях внутреннего электроснабжения наряду с кабельными линиями широкое распространение получили шинопроводы, прокладываемые по шинным тоннелям или подземным галереям.

**Способы выполнения сетей.** Распределительные сети системы электроснабжения, прокладываемые по территории предприятий могут представлять собой воздушные и кабельные линии, шинопроводы, токопроводы, СИП, а также силовые и осветительные сети, проложенные установочными проводами.

*Воздушные линии (ВЛ-см. ранее, стр.43-55)* широко применяют в питающих и распределительных сетях 220-6 кВ при соответствующих условиях окружающей среды, трассы. Для воздушных линий используют в основном голые многопроволочные провода. В качестве опор для воздушных линий применяют: промежуточные, анкерные, угловые, концевые, транспозиционные и специальные опоры.

**Кабельные линии** до недавнего времени применялись преимущественно в сетях до 1000 В, 6 – 10 кВ и реже 35 кВ. Однако в последнее время из экономических соображений шире стали применять силовые кабели напряжением 110-220 кВ и выше. Кабель состоит из следующих основных элементов: **многопроволочная или цельная токоведущая жила, фазовая изоляция, наполнитель, экраны из проводящих или полупроводящих материалов, оболочка, бронепокров (броня), наружный защитный покров. Жилы кабелей** изготавливаются из медных или алюминиевых проволок. **Изоляция жил** - из пропитанной бумаги, резины, силикона, пластмассы, полиэтилена, а также из нового материала - сшитого полиэтилена (СПЭ). В зависимости от назначения и марки кабеля **оболочки** изготавливают из свинца, алюминия, поливинилхлорида, полиэтилена и специальной резины. От механических повреждений кабели защищают резиновым шлангом или **броней** из стальных оцинкованных лент или проволок, защищённых от коррозии пропитанной пряжей. Между оболочкой и броней имеется защитная подушка из СПЭ, битумного состава, пропитанной бумаги или пряжи. **Экраны** изготавливают из металлических проволок, фольги, полупроводящих полимерных и металлополимерных материалов.

В зависимости от условий кабели прокладывают в траншеях или в кабельных сооружениях: туннелях, эстакадах, галереях, каналах. Кабельные сооружения должны предусматривать 20%-ый резерв для прокладки дополнительных кабелей. Кабельные линии, предназначенные для питания электроприёмников **первой категории, прокладывают по отдельным, изолированным друг от друга трассам.**

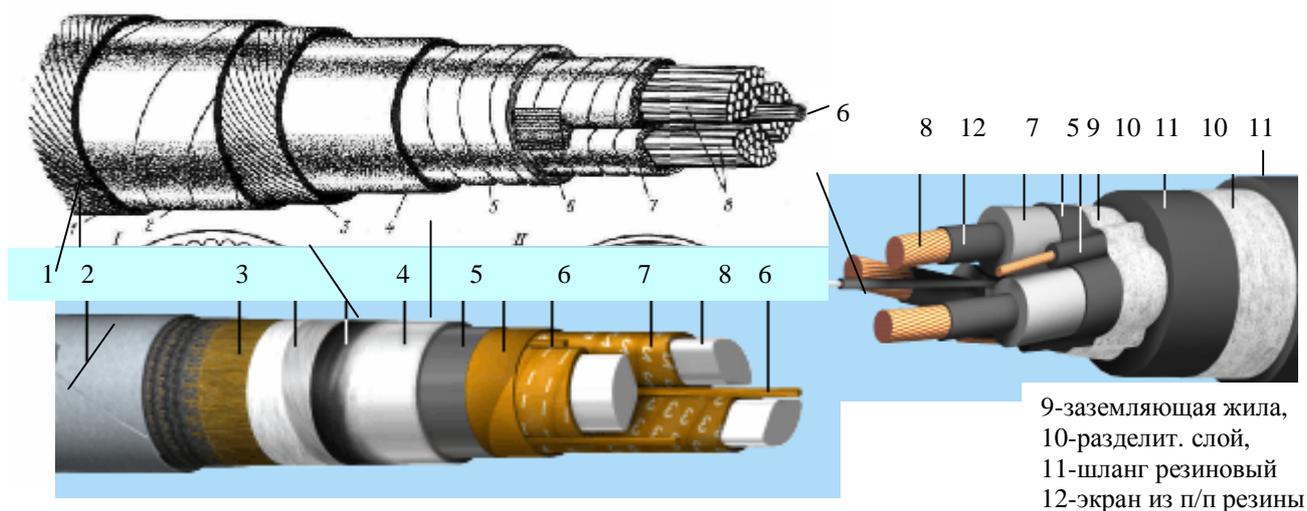
При прокладке кабельных трасс по возможности используют существующие технологические, водо-, тепло- и воздухокоммуникации, стены зданий, лотки, межферменные пространства, натянутые между зданиями троса.

Кабельные сооружения по степени пожароопасности относятся к категории В и выполняются из негорючих материалов.

*Токопроводы* используют при концентрированном расположении нагрузок и большом числе часов использования максимума нагрузки. При этом дефицитные кабели 6, 10 и 35 кВ заменяют неизолированными алюминиевыми шинами или проводами. Повышается надежность питания, упрощается эксплуатация, повышается способность к перегрузке. К недостаткам токопроводов следует отнести высокую стоимость строительной части, их реактивность, вносимую строительными и крепящими конструкциями, которая приводит к дополнительным потерям в токопроводе и снижению напряжения у потребителя, необходимость резервирования, так как аварии на токопроводе сказываются на большом числе потребителей.

*Шинопроводы* применяют для межцеховых (напряжением 6 –35 кВ) и цеховых (на напряжения до 1000 В) магистралей. Шинопроводы для межцеховых магистралей чаще всего изготавливают из алюминиевых шин, размещенных в общем алюминиевом круглом кожухе.

Закрытые шинопроводы устанавливают на любой высоте, защищенные — на высоте не менее 2,5 м от пола. Применяют также открытые шинопроводы, выполняемые голыми шинами, проложенными по изоляторам, закрепленным на кронштейнах и траверсах нижнего пояса ферм, стен, колонн на высоте не ниже 3,5 м от пола.



1-защитный наружный покров, 2-броня, 3-подушка под броней, 4-металлическая оболочка, 5-полая изоляция, 6-уплотняющий жгут, 7-изоляция жил, 8-токоведущие жилы

**Рисунок 43 – Кабели: бронированный СБ (ААБ), ААБнЛГ и гибкий КШВГТ-10.**

Установочные провода широко применяют наряду с шинопроводами и кабелями для подключения двигателей, выполнения схем управления и осветительных сетей. Установочные провода прокладывают открыто (в лотках и желобах) и в газовых трубах. Прокладка в газовых трубах обеспечивает надежную защиту проводов от механических воздействий, допустима в помещениях с любой характеристикой среды и выполняется в любом месте: в бороздах в полу, по стенам и потолкам (открыто и скрыто), по металлическим конструкциям зданий и технологического оборудования). Провода с алюминиевыми жилами нельзя применять при прокладке по конструкциям, подверженным сотрясениям и ударам. Если имеется возможность воздействия на провода масел и их паров, то провода ППВ и АППВ прокладываются в трубах. Эти провода используют также для скрытой проводки осветительных сетей.

### 3. Оболочки кабелей.

Для предотвращения проникновения в изоляцию влаги, для защиты изоляции от воздействий света, различных химических веществ, а также предохранения от механических повреждений кабель имеет защитные оболочки.

Лучшими материалами для оболочек кабелей с бумажной изоляцией с точки зрения его герметичности и влагонепроницаемости являются алюминий и свинец. Кабели с невлагоёмкой пластмассовой изоляцией не нуждаются в металлической оболочке и поэтому изготавливаются в пластмассовой оболочке.

Алюминиевые оболочки изготавливаются прессованными из алюминия марки А и сварными из алюминия марки АД1. Такие оболочки герметичны и в 2-2,5 раза прочнее свинцовых и имеют повышенную стойкость к вибрационным нагрузкам. Благодаря хорошей механической прочности алюминия кабели в алюминиевой оболочке могут эксплуатироваться небронированными. Высокая электрическая проводимость алюминия позволяет использовать оболочки в качестве экрана для защиты кабеля от внешних электрических влияний. Алюминиевая оболочка может быть использована в качестве нулевой жилы силового кабеля.

Свинцовая оболочка изготавливается из свинца марок С-2 и С-3 с добавлением различных присадок. Прочных свинцовых оболочек ниже алюминиевых, и при длительном приложении растягивающих усилий прочность уменьшается. Из-за большой ползучести свинца на вертикальных и наклонных трассах наблюдаются необратимые процессы растяжения оболочек силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией на нижних участках, приводящие их к разрыву. Свинцовые оболочки также подвержены разрушению почвенной и электрохимической коррозией.

Пластмассовые - поливинилхлоридные и полиэтиленовые оболочки отличаются от изоляционного состава соответствующим подбором пластификаторов и стабилизаторов, обеспечивающих повышенную стойкость против светового старения. Полиэтиленовые и поливинилхлоридные оболочки более стойкие к агрессивным средам по сравнению с алюминиевыми и свинцовыми оболочками.

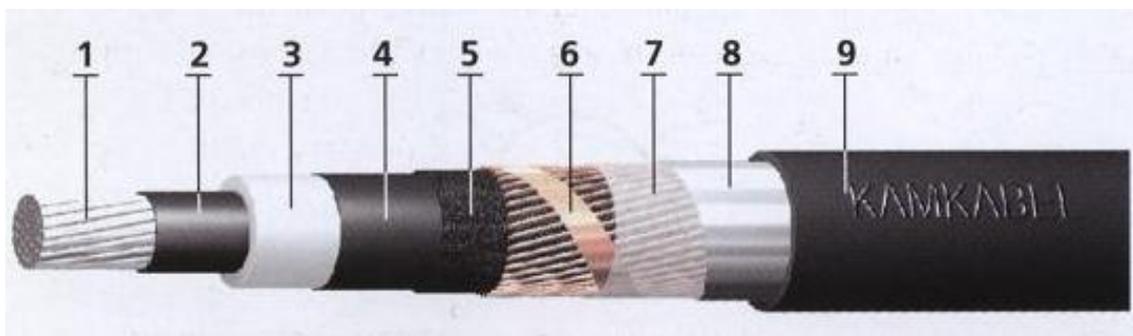
Оболочки из поливинилхлоридного пластика не распространяют горение, влагонепроницаемые, маслостойкие, но обладают существенным недостатком – при низких температурах становятся хрупкими. Оболочки из полиэтилена обладают ещё большей влагонепроницаемостью и стойкостью к агрессивным средам.

#### 4. Защитные покровы.

Защитные покровы могут состоять из подушки, бронепокрова и наружного покрова. В зависимости от конструкции кабеля один или два из указанных элементов могут отсутствовать.

*Подушка* – часть защитного покрова, наложенная на оболочку и предназначенная для предохранения оболочки от повреждения её лентами или проволоками брони. Толщина подушки в зависимости от конструкции кабеля бывает от 1,4 до 3,2 мм.

*Бронепокров (броня)* - часть защитного покрова, состоящая из металлических лент



1. Алюминиевая или медная жила. 2-Экран по жиле из экструдированного полупроводящего СПЭ  
3 - Изоляция из сшитого полиэтилена (Пв) 4- Экран по изоляции из экструдированного полупроводящего сшитого полиэтилена, 5-Разделительный слой: из ленты электропроводящей крепованной бумаги или - из электропроводящей водоблокирующей ленты. 6 -Экран из медных проволок, скрепленных медной лентой. 7 -Разделительный слой из двух лент крепованной бумаги или полимерной ленты или - из водоблокирующей ленты, 8 -Слой из алюмополимерной ленты. 9 -Оболочка: из полиэтилена (П), или из полиэтилена, увеличенной толщины (Пу); или из ПВХ пластика (В); или из ПВХ пластика пониженной пожароопасности.

#### Рисунок 44 - Конструкция одножильного кабеля с изоляцией из СПЭ

или проволок и предназначенная для защиты кабеля от внешних механических воздействий. Ленты бывают стальные, покрытые битумным составом оцинкованные толщиной 0,3; 0,5 и 0,8 мм и шириной 10 - 60 мм. Диаметр стальных круглых или плоских оцинкованных проволок от 1,4 до 6 мм.

*Наружный покров* - часть защитного покрова кабеля, предназначенная для защиты брони от коррозии и выполненная из защитного шланга, выпрессованного из пластмассы, или из волокнистых материалов на основе джуту или стекловолокна, пропитанных специальным противогнилостным горючим или негорючим составом. Толщина наружного покрова из волокнистых материалов бывает от 1,6 до 3,1 мм, из шланга от 1,7 до 3,1.

#### 5. Сроки гарантии и службы кабелей.

Сроки гарантии на кабель – это период времени, в течении которого завод – изготовитель гарантирует и обеспечивает выполнение установленных требований к кабелю при условии транспортирования, хранения, прокладки, монтажа и эксплуатации. Срок службы кабеля – календарная продолжительность его эксплуатации до момента возникновения предельного состояния, т.е. невозможности его дальнейшей эксплуатации. Срок службы исчисляется со дня получения кабеля потребителем при соблюдении условий транспортирования, хранения, прокладки, монтажа и эксплуатации. Некоторые организации дают га-

рантию на 4-5 лет, со сроком службы 25-30 лет при соответствующих условиях эксплуатации и техническом обслуживании.

Фактический срок службы кабеля не ограничивается сроком, указанным в стандарте, а определяется техническим состоянием кабеля и может составлять десятки лет.

#### 6. Радиусы изгиба кабелей.

На поворотах трасс кабель не должен изгибаться больше допустимых норм. Кратность радиуса внутренней кривой изгиба кабеля  $R$  по отношению к наружному диаметру кабеля  $d$  должна быть: - для кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 1-10 кВ в алюминиевой оболочке не менее 25 диаметров кабеля, в свинцовой не менее 15, - для кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 1 кВ бронированных без оболочки не менее 10 диаметров кабеля, небронированных в пластмассовой оболочке не менее 6 диаметров. Кратность радиуса внутренней кривой изгиба жилы по отношению к диаметру жилы для кабелей напряжением 1-10 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией должен быть не менее 10 диаметров жилы.

**7. Подготовительные работы при прокладке КЛ.** До начала монтажных работ по прокладке КЛ составляется проект трассы, который должен быть согласован со всеми заинтересованными организациями. На место монтажа кабель поставляется на кабельных барабанах. Строительная длина кабеля на барабане составляет 200...2000 м в зависимости от марки, количества и сечения жил кабеля, внешнего диаметра кабеля и размера барабана. Для разгрузки кабельных барабанов должны использоваться автокраны или специальные транспортные средства — кабельные транспортеры.

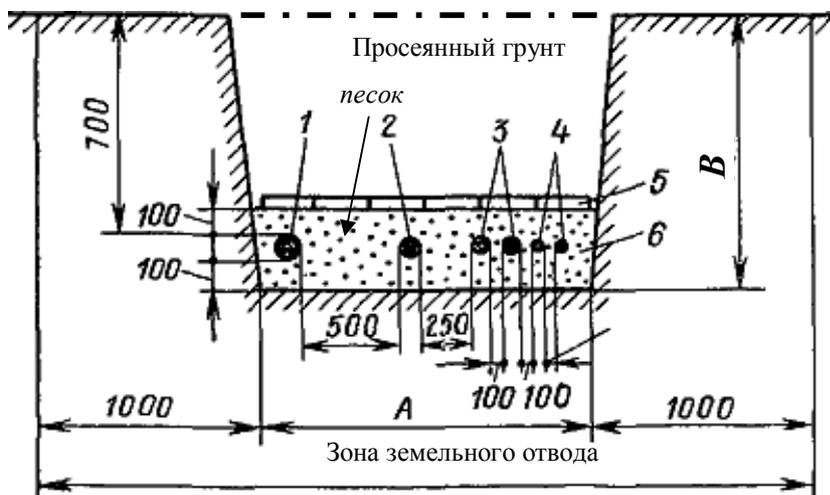
При прокладке КЛ в земле (в траншеях, трубах, блоках) предварительно оформляется разрешение на проведение раскопок и выполняется разметка кабельной трассы. При пересечении кабельной трассой других подземных коммуникаций выполняются согласования будущих пересечений с организациями, эксплуатирующими эти коммуникации.

Для предотвращения повреждения пересекаемых подземных коммуникаций вручную роются шурфы для обнаружения этих коммуникаций. Работы выполняются в присутствии представителя организации, эксплуатирующей пересекаемые коммуникации.

При открытой прокладке кабеля проверяются кабельные сооружения, производственные помещения и установленные в них опорные конструкции для кабелей.

В зависимости от типа изоляции кабеля устанавливаются наибольшие допустимые разности уровней кабельной трассы. Для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией эта разность уровней составляет от 5 до 15 м, для кабелей с резиновой, пластмассовой и СПЭ-изоляцией разность уровней не ограничена.

Перед монтажом производится осмотр кабеля на барабанах. Не должно быть наружных механических повреждений, оба конца кабеля на барабане должны быть герметично заделаны. По результатам осмотра кабеля составляется соответствующий акт.



1 — кабель напряжением 10 кВ, другой организации, 2 — кабель напряжением 35 кВ, 3 — кабель напряжением 10 кВ, 4 — контрольный кабель, 5 — железобетонные плиты или кирпич, 6 — песок. А — ширина траншеи, зависит от количества кабелей и передаваемого напряжения. В — глубина траншеи — зависит от напряжения кабелей: до 20 кВ — 0,8 м, до 35 кВ — 1,1 м.

Рисунок 45 - Прокладка кабелей в траншеях.

**7. Прокладка кабелей.** Питание основных электроприемников и потребителей собственных нужд стационарных и передвижных установок осуществляется в основном кабельными и воздушными линиями. Поэтому кабельные линии широко используются в промышленных сетях и бытовых электроустановках. По сравнению с воздушными линиями кабельные линии дороже, в них труднее определять места повреждений и производить ремонт, однако КЛ не занимают или занимают значительно меньше места на территориях предприятий и населенных пунктов, кроме этого, есть места, где прокладка ВЛ невозможна или недопустима.

При проектировании кабельной сети необходимо руководствоваться **основными требованиями**: обеспечение минимальных расстояний от источника питания до потребителя, соблюдение сохранности кабеля от механических повреждений, вибраций, коррозии, хищения; укладка кабеля с запасом 5-10% по длине для компенсации температурных деформаций и возможных смещений почвы; выполнение требования допустимых радиусов изгиба кабелей согласно нормам; недопустимость превышения разности уровней по трассе для бронированных и небронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке при вязкой пропитке изоляции 15-25 м, при обедненной пропитке – 100 м, (при нестекающей пропитке и для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией – без ограничений); обеспечение защиты от блуждающих токов.

На поверхности кабели прокладываются в траншеях, каналах, трубах, на эстакадах, в коллекторах, по металлоконструкциям, иногда - подвешиваются на тросах. В подземных условиях—по стенкам и по кровле выработок, на гибких и жестких подвесах, в скважинах вместе с несущим тросом, в каналах.

При использовании траншей наименьшая глубина заложения кабелей напряжением до 20 кВ составляет 0,7 м; до 35 кВ – 1 м; при пересечениях с дорогами, тротуарами – 1 м; при вводах в здание – 0,6м.

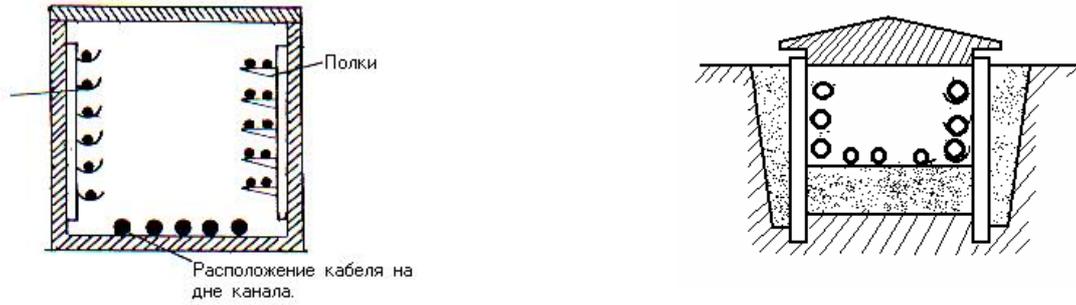
В местах пересечений и сближений трассы с дорогами, подземными коммуникациями и сооружениями кабели прокладываются в трубах. Дно траншей посыпается песком, затем укладываются кабели, затем опять слой песка, затем кирпичи и просеянный грунт.

При пересечении и сближении кабельной трассы с электрифицированными железными дорогами и трамвайными путями во избежание действия блуждающих токов на кабели необходимо применять трубы из изолирующих материалов (керамические, пропитанные гудроном или битумом, асбоцементные, пластмассовые). Внутренний диаметр труб принимают не менее 1,5 наружного диаметра кабеля, а для кабелей с однопроволочными алюминиевыми жилами — не менее двукратного диаметра. Наименьший допускаемый диаметр труб — 50 мм при длине трубопровода до 5 м, 100 мм — при большей длине. Для защиты от скопления в трубах воды их укладывают прямолинейно по выровненному и утрамбованному дну траншеи с уклоном не менее 0,2 %.

При прокладке кабелей с пересечением они отделяются слоем земли не менее 500 мм, если в местах пересечений кабели помещаются в огнестойкие трубы, то расстояние между ними уменьшается до 250 мм. При этом кабели более низкого напряжения располагаются на нижнем уровне.

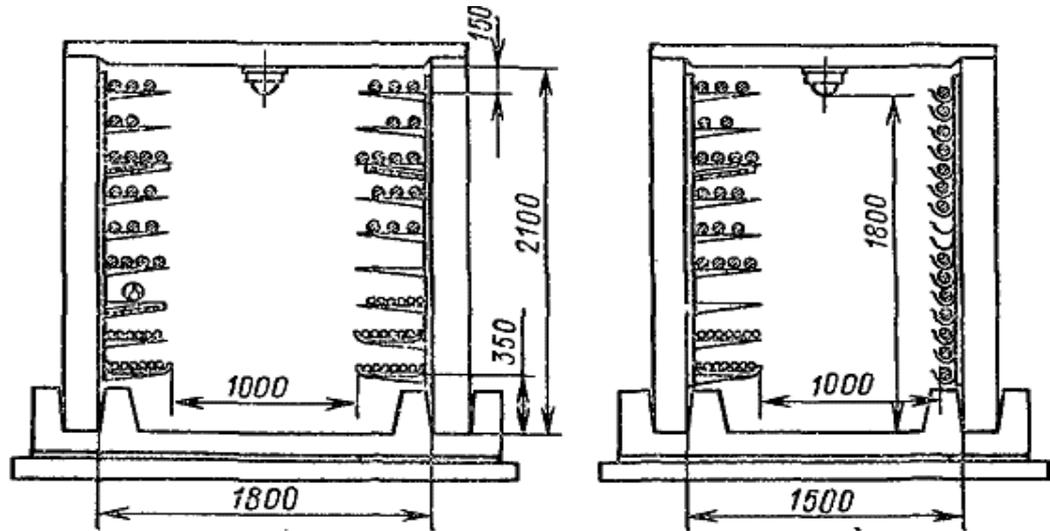
Кабельная линия должна быть удалена от стволов деревьев на расстояние не менее 2000 мм, от фундаментов зданий при параллельной прокладке – не менее 600 мм., от габаритов ВЛ- не менее 1000 мм.

**Виды кабельных сооружений.** К кабельным сооружениям относятся кабельные коллекторы, каналы, туннели, блоки, эстакады. Подземное сооружение, предназначенное для общего размещения кабельных линий, теплопроводов и водопроводов, называется *коллектором*. Внутриквартальные коллекторы сооружают рядом с техническими подпольями жилых и общественных зданий. При прокладке кабельных линий в одном сооружении параллельно друг другу расстояние между силовыми, а также между силовыми и контрольными кабелями должно быть не менее 100 мм. При наличии в канале кабельной муфты расстояние от нее до ближайших кабелей должно быть не менее 250 мм.



**Рисунок 46 - Прокладка кабелей в каналах.**

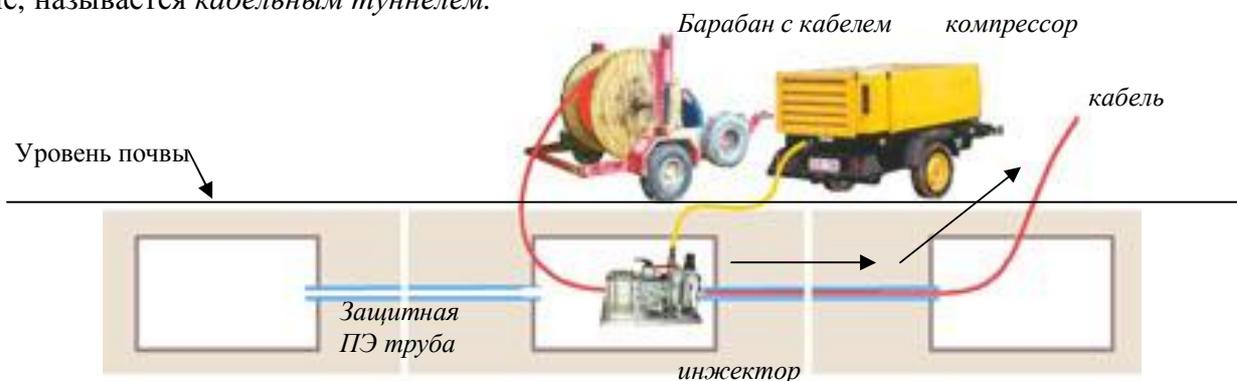
Закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт или пол непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладки, осмотра и ремонт которых можно производить лишь при снятом перекрытии, называется *кабельным каналом*.



**Рисунок 47 – Двухсторонний и односторонний проходные туннели**

Прокладка кабелей в каналах применяется внутри и вне помещений стационарных установок, цехов и зданий. В лотковых и сборных железобетонных каналах кабели могут укладываться на дне канала, на полках или подвесах с одной или двух сторон канала.

Закрытое подземное сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, позволяющее производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий со свободным проходом по всей длине, называется *кабельным туннелем*.



Сначала прокладывается ПЭ труба, затем в нее с помощью компрессора и инжектора задувается кабель

**Рисунок 48 – Схема прокладки кабеля с применением задувочной машины (пневмопрокладка)**

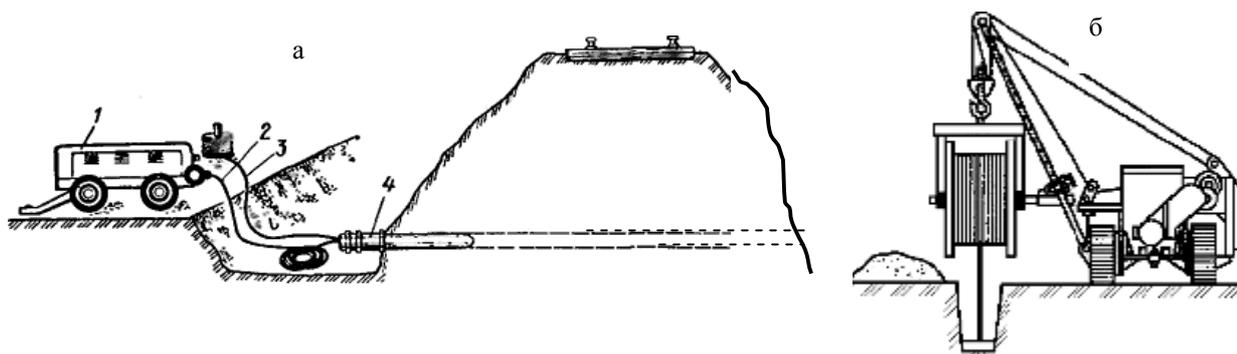


Рисунок 49 – Схема прокалывания ж/д насыпи для укладки трубы и кабеля (а).  
Схема раскатки кабеля для укладки в траншею с помощью кабельного транспортера (б)

При прокладке между туннелями, колодцами и коллекторами применяются механизмы, например, задувочная машина. Для механизации при прокладке в траншеях кабель сматывается с барабана с помощью кабельного транспортера..

Сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами называется *кабельным блоком*. Кабельные блоки сооружают из железобетонных панелей длиной 6 м с двумя, тремя каналами внутри, асбоцементных безнапорных труб диаметром 100 мм, керамических труб диаметром 150 мм. Составными элементами блочной прокладки кабелей являются блоки и колодцы.

Надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение называется *кабельной эстакадой*. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.

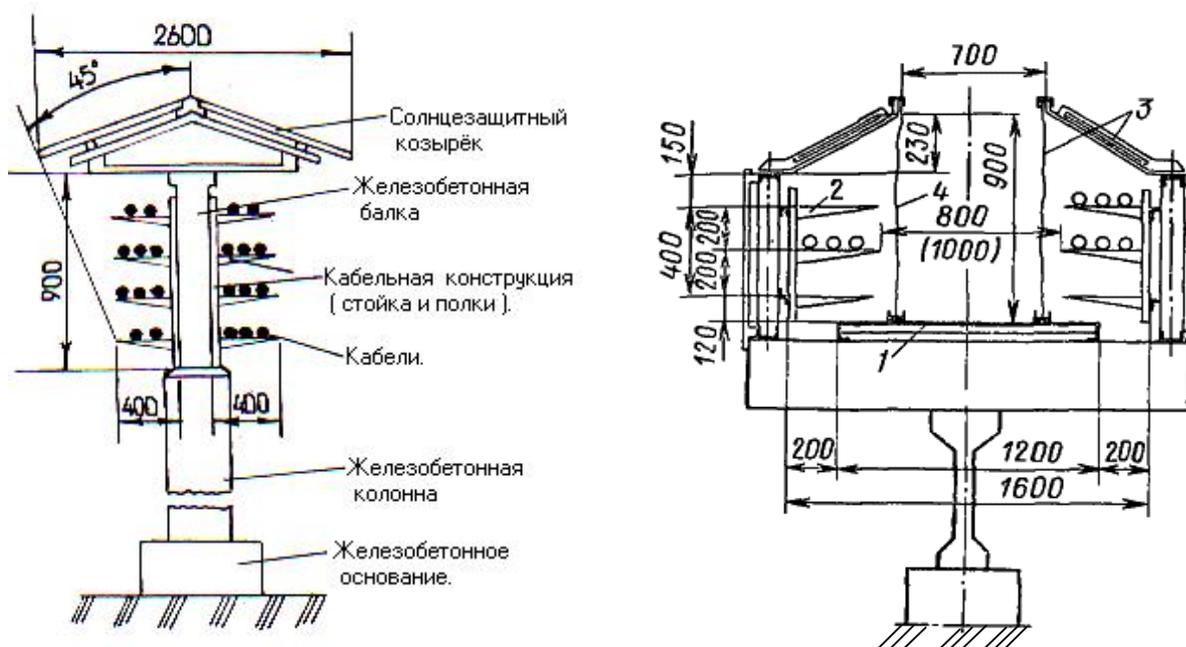
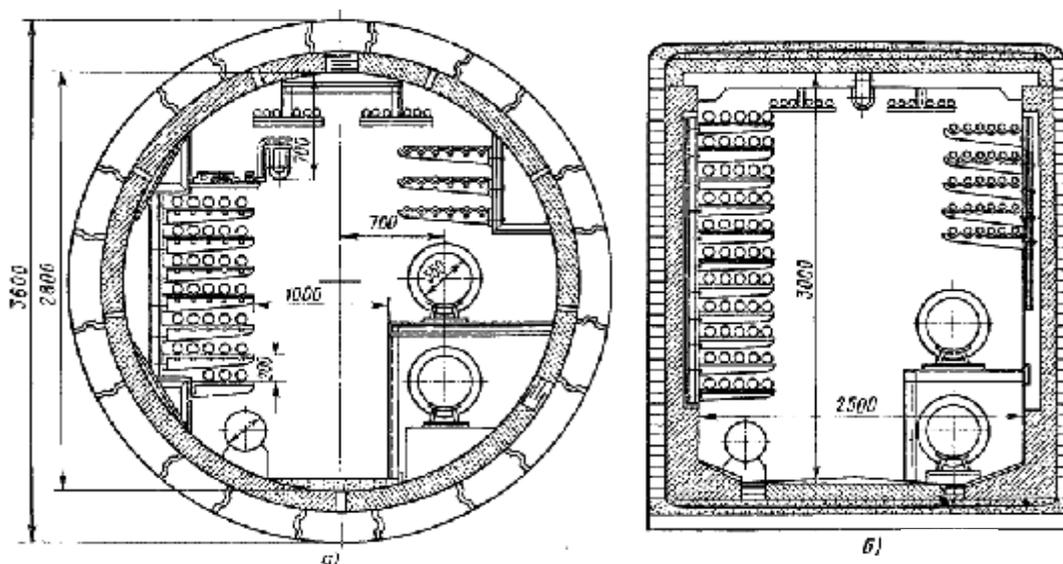


Рисунок 50 – Кабельные эстакады, непроходная и проходная

Полностью или частично закрытая эстакада называется *кабельной галереей*.

Подземное сооружение, предназначенное для общего размещения кабельных линий, тепловодов и водопроводов, называется *коллектором*. Внутриквартальные коллекторы сооружают рядом с техническими подпольями жилых и общественных зданий.



**Рисунок 51 - Подземный проходной коллектор круглого и прямоугольного сечения**

Для обеспечения эксплуатации коллектора, контроля за температурой воздуха в нем, работой вентиляционных и насосных установок, автоматическое управление осуществляют с диспетчерского пункта, оборудованного телефонной связью, сигнализацией и дистанционным включением.

В населенных пунктах и на территории промышленных площадок нецелесообразно применять траншейную прокладку кабелей в связи с наличием асфальтированных или бетонных дорог, тротуаров, других коммуникаций. Здесь рекомендуется применять подземные сооружения (проходные или полупроходные коллекторы, каналы), позволяющие эксплуатировать линии без нарушения дорожных покрытий. При использовании проходных коллекторов, несмотря на их высокую стоимость, осмотр и ремонт кабельных линий не представляет сложности и не создает проблем для хозяйственной деятельности.

При пересечении кабеля с трубопроводами водопровода и канализации расстояние между ними должно быть не менее 500 мм, с газопроводами 1000 мм, с теплопроводами – 2000 мм, с осью не электрифицированной (электрифицированной) железной дороги – 3250 (10750) мм, с автомобильной дорогой (со стороны кювета) – 1000 мм.

Вне зданий кабельные каналы над съемными плитами засыпаются слоем земли не менее 300 мм. В помещениях каналы оставляются открытыми или закрываются съемными несгораемыми плитами, в том числе металлическими листами. Силовые кабели в каналах засыпаются песком лишь во взрывоопасных помещениях для герметизации помещений.

При прокладке кабеля используются стальные, асбоцементные, керамические и пластмассовые трубы. Трубы используют на прямолинейных участках длиной не более 40 м и на вводах в здания. Для кабельной линии, проложенной в земле, допускается ее заключение в трубы на общую длину не более 40 м при наличии до трех переходов, при этом длина одного перехода допускается до 20 м. Для труб с пластмассовым покрытием ее диаметр должен составлять 2-кратный наружный диаметр кабеля, для остальных видов труб – 1,5-кратный. Соединение проводников внутри труб не допускается. При протаскивании кабеля в трубы необходимо соблюдать усилия тяжения и использовать механические устройства, разгружающие кабель от механических нагрузок.

**Таблица 1 - Минимально допустимые радиусы изгиба негибких кабелей.**

Кабель	Отношение радиуса изгиба кабеля к наружному диаметру его оболочки		
	Многожильный в свинцовой или пластмассовой оболочке	В алюминиевой оболочке	В стальной гофрированной оболочке
Бумажная изоляция (вязкая и нестекающая пропитка)	15	25	-
Пластмассовая изоляция:			
небронированные	6	15	10
бронированные	10	15	10
Резиновая изоляция			
небронированные	6	-	10
бронированные	10	-	-

В некоторых случаях кабели на напряжение до 1 кВ прокладывают на тросах между зданиями или внутри помещений. Диаметр троса от 4 до 15 мм, крепление одного или нескольких кабелей к тросу производится хомутами или жимками не реже, чем через 1 м. Тросы крепятся с помощью специальных анкерных болтов или цанговых штанг к закладным конструкциям, либо к несущим конструкциям зданий.

**Прокладка кабелей в подземных выработках:** бронированный кабель в горизонтальных и наклонных выработках прокладывается по бокам и кровле выработки на высоте не менее 1,8 м, исключающей возможность его повреждения при сходе вагонеток с рельсов и в случае падения с места крепления, чтобы кабель не мог попасть на рельсы и на конвейер. Кабель в выработках, имеющих податливую крепь, подвешивается не жестко с помощью специальных крючков, брезентовых и резиновых лент, деревянных кольщиков. Жесткое крепление допускается в выработках, не требующих крепления и в выработках с монолитной крепью. Расстояния между точками подвески допускается не более 3 м. При вертикальной прокладке расстояние между точками крепления кабеля - не более 6 м. Контрольные и осветительные кабели располагают выше силовых на расстоянии не менее 300 мм, высоковольтные кабели прокладываются ниже низковольтных, расстояние между соседними кабелями должно быть не менее 50 мм.

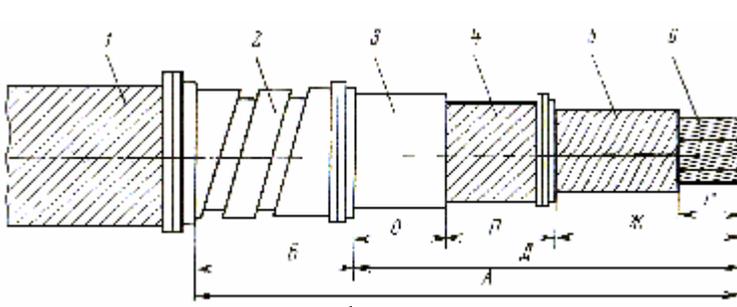
При монтаже на кабели устанавливаются круглые и прямоугольные бирки с указанием марки кабеля, наименования линии, даты монтажа. Кабели прокладываются по трассе без пересечений и перекрещиваний. Не допускается эксплуатация кабельных линий под напряжением при укладке их в бухты, кольца, петли. На кабели нельзя подвешивать посторонние предметы.

Через перемычки вентиляционных и противопожарных дверей, а также при вводе и выводе из камер кабели необходимо прокладывать в трубах, отверстия которых затем замуровываются глиной. При прокладке по воздуху бронированный кабель должен быть голым (Г), либо иметь негорючий защитный покров (Н), или с него снимают наружный джутовый (горючий) покров, а броню покрывают антикоррозийным лаком.

Подвеска гибких кабелей в выработках должна быть нежесткой. Запрещается держать под напряжением кабель, намотанный в бухты или восьмерки (кроме специальных кабельных барабанов).

## 8. РАЗДЕЛКА И СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ.

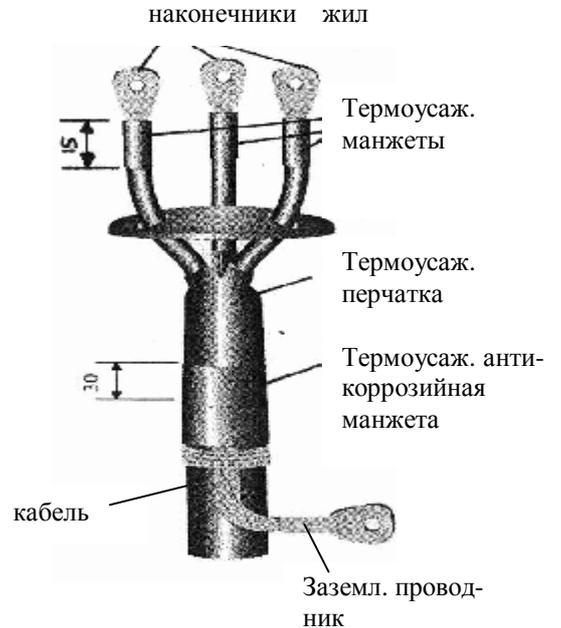
Разделка конца кабеля представляет собой последовательное удаление всех составляющих элементов кабеля с целью оголения токопроводящих жил для их оконцевания и соединения. Размеры разделки определяются **конструкцией заделки или муфты, маркой и сечением жил кабеля.**



На рисунке показаны этапы и размеры разделки кабеля, длина каждого участка определяется по таблицам в зависимости от марки и сечения жил кабеля.

1-наружный защитный покров, 2-броня.,  
3-металлическая оболочка, 4-поясная изоляция,  
5-изоляция жил. А, Б, Д, О, П, Ж и Г-обозначение длины

**Рисунок 52 - Разделка бронированного кабеля и термоусаживаемая перчатка**



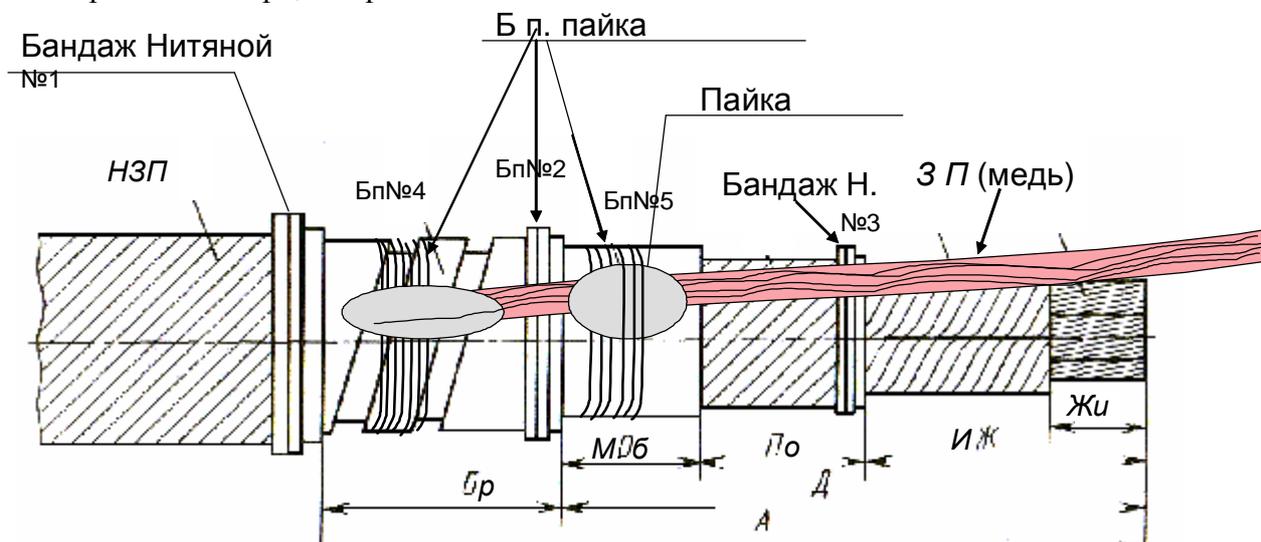
**Таблица 2 - Размеры разделки кабеля для монтажа соединительных муфт СЭ (рис. 52)**

Маркоразмеры муфт	Сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup> при напряжении, кВ		Размеры, мм				
	6	10	А	Б	О	П	Ж
СЭ-1	10-70	16-50	395	100	80	25	190
СЭ-2	95-120	70-95	420				215
СЭ-3	150-185	120-150	440				235
СЭ-4	240	185-240	475				270

**Технология разделки следующая.** На расстоянии А от конца кабеля накладывают бандаж из двух-трех витков стальной оцинкованной проволоки. Разматывают кабельную пряжу до бандажа и оставляют ее для последующего использования при монтаже муфты. Второй бандаж накладывают на расстоянии Б от первого. Ножовкой с ограничителем глубины резания здесь надрезают броню и удаляют ее и подушку под ней. Для удаления свинцовой или алюминиевой оболочки делают на ней на половину толщины оболочки ножом с ограничителем глубины резания два кольцевых надреза на расстоянии О и Л. На участке между надрезами временно оболочку оставляют, удаляя ее за вторым надрезом. Свинцовую оболочку удаляют в два приема: от второго надреза делают два продольных до конца кабеля на расстоянии 10 мм и удаляют эту полоску, затем удаляют остальную часть оболочки; алюминиевую оболочку снимают с помощью спирального надреза до конца кабеля. Разматывая полупроводящую бумагу и поясную изоляцию, обрывают их у края оболочки. Разводку жил кабеля в большинстве случаев производят вручную (возможно с применением специальных

шаблонов), избегая резких перегибов. По окончании разводки удаляют временно оставленную часть оболочки. Для снятия изоляции жил предварительно перевязывают кабель в месте обреза несколькими витками хлопчатобумажных ниток, длина оголяемого участка зависит от способа оконцевания или соединения жил.

**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ ПО РАЗДЕЛКЕ БРОНИРОВАННОГО КАБЕЛЯ.** Бронированный перед разделкой очищается от грязи, затем производится его разметка и разделка. Для разделки кабеля необходимо применять специальные инструменты, позволяющие выполнить работы быстро, с хорошим качеством и безопасно.



Сокращения:

Б- бандаж, П- проволочный, Н- нитяной, НЗП- наружный защитный покров,  
 Бр- броня, МОБ- металлическая оболочка, По- поясная изоляция, ИЖ- изоляция жил,  
 Жи- жила, ЗП- заземляющий проводник.

**Рисунок 53 – Последовательность разделки бронированного кабеля**

Последовательность операций по разделке бронированного кабеля показана на рисунке 73.

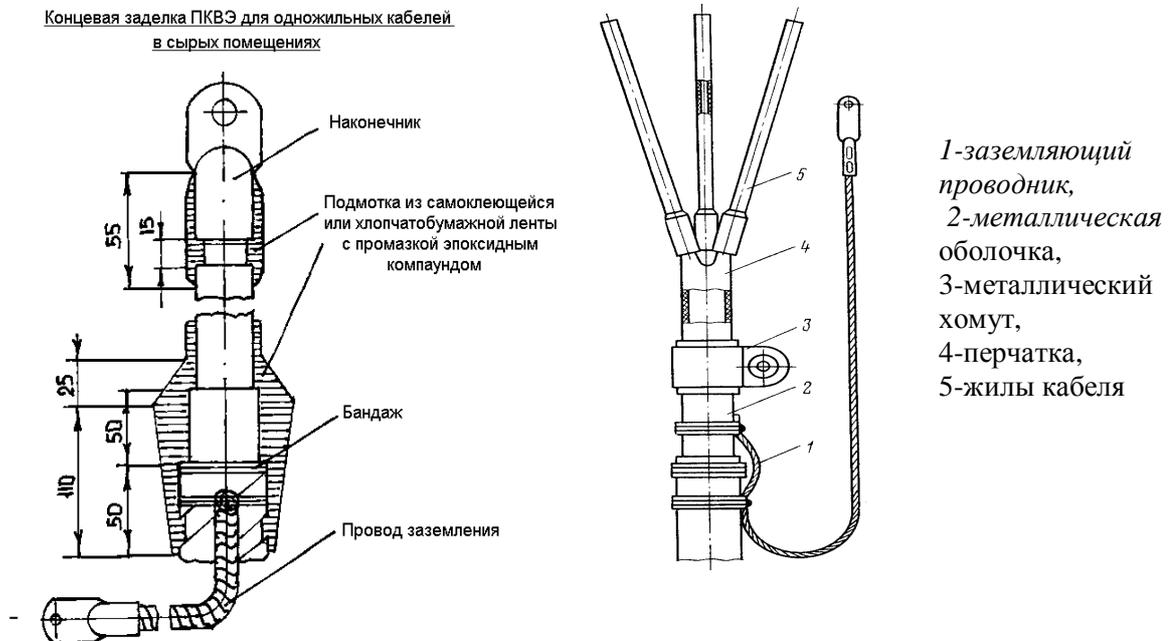
- 1- определить по таблицам размеры разделки и разметить конец кабеля
- 2- установить бандаж нитяной (из ниток) №1 на наружный защитный покров
- 3- аккуратно отрезать и снять наружный защитный покров
- 4- зачистить броню кабеля на длину отрезка *Бр*
- 5- установить проволочный бандаж №2
- 6- отрезать аккуратно броню и удалить
- 7- установить бандаж нитяной №3 на поясную изоляцию на длину отрезка *По*
- 8- отрезать аккуратно поясную изоляцию и удалить
- 9- зачистить жилы от изоляции на отрезке *Жи* и удалить
- 10- зачистить и обезжирить броню и металлическую оболочку кабеля для пайки
- 11- подложить на броню и оболочку кабеля луженый конец медной перемычки и установить бандажи проволочные №№ 4 и 5 на броню и на оболочку
- 12- развести и прогреть паяльную лампу
- 13- аккуратно припаять медную перемычку к броне и оболочке, (не расплавив металлическую оболочку) и закрепив пайку проволочными бандажами

**Оконцевание кабелей.** Оконцевание кабелей выполняется в зависимости от величины напряжения и места подсоединения кабеля следующими способами: концевыми муфтами, концевыми заделками и перчатками. Для оконцевания кабелей в распределительных устройствах используются концевые заделки и концевые муфты. Заделки применяются внутри помещений, концевые муфты - на улице. Основные типы муфт: КНЭ, КНЧ, КНП; заделок: КВ, КВЭтп и др. Концевые муфты часто используются для перехода кабельной линии в воздушную. Концевые заделки – для подключения кабеля к приемнику или коммутационному аппа-

рату или КРУ. После монтажа концевые муфты и заделки заливаются кабельными мастиками и составами, эпоксидными или битумными, также применяются современные технологии термо- или холодной усадки (см. стр. 70).

Сухие способы разделки при напряжении до 1000 В можно осуществлять в виде концевой заделки в резиновых перчатках, термоусаживающихся трубок, концевой заделки с полихлорвиниловой лентой и лаками и др. для подключения в клеммных коробках электродвигателей. Концевые заделки **гибких** кабелей выполняют с помощью изоляционной резины, термоусаживающихся трубок или перчаток из кремнийорганической резины (ТКР) или электроизоляционных гильз. Широкое распространение получило заключение жил кабеля в трубку ТКР, последовательность такой заделки состоит в следующем. Уделяется наружный резиновый шланг на участке 350 мм от конца кабеля. При наличии металлического экрана он удаляется с каждой жилы, оставляя по 8-10 проволок, которые от трех фаз скручиваются в жгут и вместе с заземляющей жилой присоединяются к заземляющему зажиму. Освобождают изоляционную резину жилы кабеля от полупроводящего слоя на участке длиной 200 мм и поверх изоляционной резины надевают трубки ТКР соответствующего внутреннего диаметра. Трубка надевается с захватом неснятого слоя полупроводящей резины. Для напрессовки трубки может использоваться сжатый воздух, при напрессовке без сжатого воздуха трубку предварительно в течение 15 – 20 мин выдерживают в бензине Б-70 или марки «Калоша», после испарения бензина трубка восстанавливает свои свойства. По всей длине разделанной части, включая трубку, накладывается бандаж с шагом 20-30 мм с окончанием за 100 мм до кабельного наконечника. Места среза шланговой оболочки защищается специальной лентой.

**Оконцевание жил** кабеля в большинстве случаев осуществляется опрессовкой с помощью кабельных наконечников, пайкой или сваркой. Медные или алюминиевые наконечники выбираются по материалу жилы кабеля и сечению жилы. Для оконцевания снимается изоляция жилы на длину трубчатой части наконечника, секторные жилы округляются, жилы зачищаются до блеска и протираются. Наконечник надевают на жилу до упора, трубчатую часть наконечника устанавливают в матрицу и производят опрессовывание с помощью специальных пуансонов, прессов и клещей.

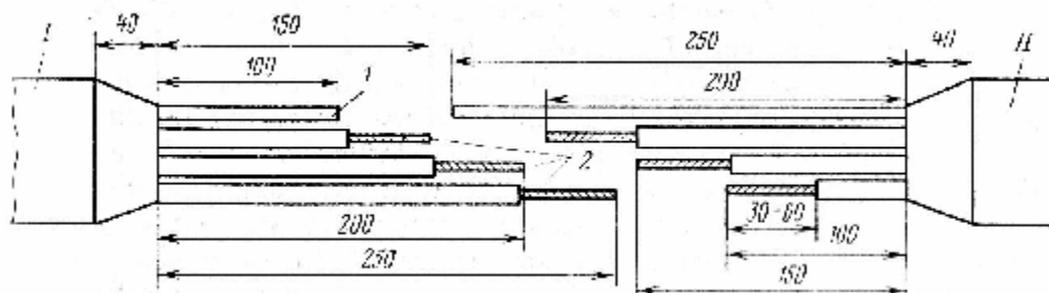


**Рисунок 54 - Концевая заделка ПКВЭ для одножильного кабеля. Термоусаживаемая перчатка КВт для трехжильного кабеля.**

**Соединение кабелей.** Неразборное соединение отдельных отрезков кабеля производится с помощью соединительных, ответвительных и стопорных муфт, заполняемых эпоксидным или битумным составами (компаундами). Разборные соединения производят в спе-

циальных металлических коробках. Соединение жил кабеля производят с помощью соединительных гильз, наконечников или опок. Подготовленные к соединению жилы вставляются в гильзу (опоку) до упора торцами в середине гильзы и опрессовываются или припаиваются, острые края гильзы закруляются.

**Соединение гибких кабелей** осуществляется с помощью соединительных разборных и разъемных коробок, муфт, штепсельных муфт или вулканизации. При вулканизации после разделки все жилы сдвигаются от одного из его концов по длине жил на 50 мм по часовой стрелке. Соединенные и опрессованные жилы в отдельности обматываются двумя слоями невулканизированной резиновой ленты, поверх чего накладывается внахлестку один слой



**Рисунок 55 - Разделка четырехжильного кабеля для соединения или для подключения к рудничным пускателю или автомату.**

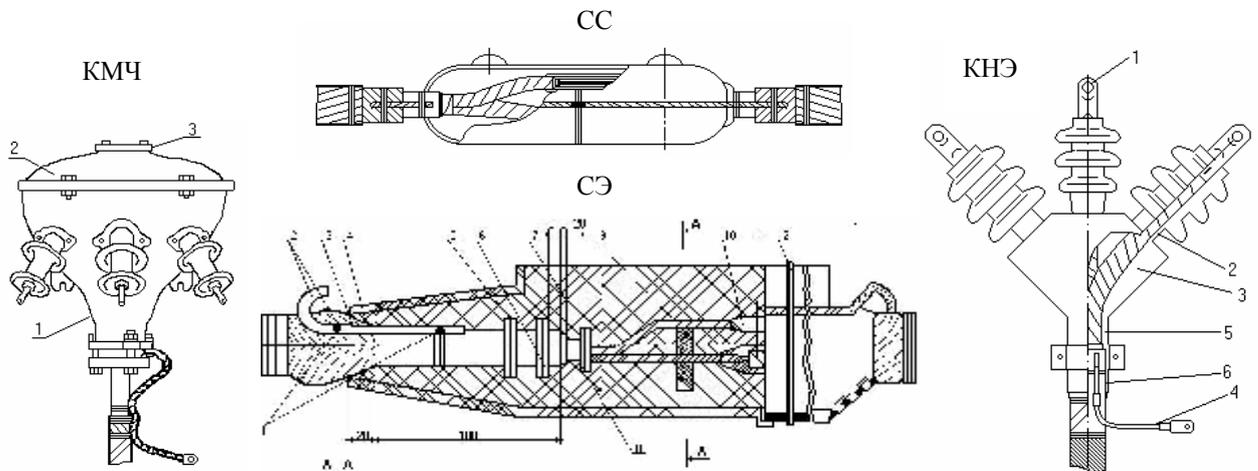
миткалевой ленты. Пространство между жилами выкладывается полосками из невулканизируемой резины. Соединенные жилы обматываются несколькими слоями «сырой» резиновой ленты, каждый наружный слой протирается бензином. Верхний наружный слой натирают тальком и обматывают двумя слоями миткалевой ленты, после этого соединенная часть кабеля вулканизируется в специальном аппарате 40-50 мин. После охлаждения кабеля миткалевую ленту удаляют, а место соединения зачищают наждачной бумагой. В карьерах для соединения высоковольтных кабелей с резиновой изоляцией формулы 3+1+1 применяют разъемы высоковольтные штепсельные РВШ-6(10)/400 в исполнении УХЛ-1, IP – 67. Применяются также специальные эластичные муфты и перчатки обжимающего типа.

**Соединение бронированных кабелей.** Бронированные кабели соединяются с помощью соединительных муфт: при напряжении до 1000 В- чугунных или других, а при напряжении свыше 1000 В- эпоксидных муфт СЭ, свинцовых СС, полиуретановых СП, термоусаживаемых СТ и муфт холодной усадки. По назначению муфты бывают соединительные, ответвительные и стопорные. Соединительные предназначены для соединения кабелей, ответвительные- для ответвления третьего кабеля под углом (У-образные и Т- образные), стопорные предназначены для предотвращения стекания кабельной массы при вертикальной прокладке. Муфты в основном- неразборные и используются для постоянного соединения отрезков кабеля.

После монтажа муфты заполняются специальными мастиками и компаундами на основе масляно-битумных, эпоксидных или полиуретановых смесей. Эпоксидные муфты СЭ заполняются на месте монтажа эпоксидным компаундом, чугунные муфты СЧ заливаются битумным или эпоксидным составом. Свинцовые муфты марки СС используются с защитным герметическим или негерметическим кожухом. Временное разборное соединение кабелей в подземных выработках производится с помощью шинных коробок КР, КШВ или ВШК. Эпоксидные соединительные муфты предназначены для соединения силовых кабелей на напряжение 1, 6 и 10 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией с медными и алюминиевыми жилами. Чугунные муфты используют для кабелей с бумажной изоляцией в алюминиевой или свинцовой оболочке на напряжение до 1 кВ. Свинцовые и эпоксидные муфты предназначены для соединения кабелей на напряжение 6 и 10 кВ.

При использовании битумных составов их предварительно нагревают до температуры 140-180 градусов, что представляет опасность для персонала, поэтому разогретую емкость с

массой (например ведро), нельзя передавать из рук в руки другому человеку, а нужно переносить только тому, кто снял эту емкость с огня или другого нагревательного прибора. Эпоксидные компаунды нельзя разогревать с применением нагревательных приборов и огня - их рабочая температура - плюс 15- 20 градусов, поэтому в холодное время перед использованием (за сутки) их ставят в помещение с нормальной температурой.



**СЭ:** 1-бандаж из проволоки, 2- заземляющий проводник, припаянный к броне и металлической оболочке кабеля, 3-уплотнение, 9-жила кабеля, 10-гильзы или опоки. **КНЭ:** 1-наконечник для соединения выводов муфты с проводами ВЛ, 2-изолятор и жила кабеля, 4-заземляющий проводник, 6-хомут, соединяющий оболочку и броню кабеля с заземляющим проводником.

#### Рисунок 56 - Соединительные муфты СС, СЭ и концевые муфты КМЧ и КНЭ-10.

При работе в холодную погоду на месте монтажа муфты ставится временная палатка с устройством для подогрева воздуха и вентиляции. При работе с эпоксидными смесями люди должны пользоваться защитными перчатками, например - медицинскими. Для соединения бронированных кабелей с пластмассовой изоляцией и оболочкой на напряжение до 6 кВ используются стальные муфты с заливкой эпоксидным или полиуретановым компаундом и герметизацией за счет уплотнительных резиновых колец. Для присоединения низковольтных бронированных кабелей к аппаратам управления применяются сухие способы разделки кабелей, которые не требуют заливки кабельной массой. Для подключения силового кабеля к высоковольтным аппаратам используют специальную кабельную арматуру, при этом применяют как сухие способы разделки, так и заливку изоляционной кабельной массой.



1-отвердитель, 2-эпоксидная смола, 3, 5-корпус полумуфт, 6-воронка для заливки, 7,11-уплотнительные кольца, 8,10-распорки для жил кабеля, 9-гильзы или опоки,12-оцинкованная стальная мягкая бандажная проволока,13-припой ПОС, 14-медная луженая проволока для перемычек заземления, 15-смоляная лента, 16,18-лакоткань, 17,19-изолента ЛЭТСАР и ППЛ, 20-канифоль, 21-паяльный жир, 22-медная трубка для соединения перемычек заземления 14, 23-киперная лента, 24-салфетка х/б

Рисунок 57 – Комплект соединительной муфты СЭ-50

**Технология термоусадки и холодной усадки.** В настоящее время все большее применение находят термусаживаемые муфты и заделки, а также комплекты холодной усадки (не требующие нагревания). Эти способы соединения кабелей позволяют повысить производительность труда (время монтажа сокращается примерно в два раза), уменьшить применение вредных эпоксидных компаундов и опасных битумных составов. В комплект муфт входят соединительные гильзы из меди, алюминия или биметаллические (медь-алюминий), и изоляционные материалы. Термусаживаемая муфта имеет полимерные термусаживаемые трубки, манжеты, несколько слоев изоляции и экраны из проводящих и полупроводящих материалов. В процессе разогрева пламенем газовой горелки муфта меняет свои размеры и обжимает все места соединений с большой степенью герметизации, что предотвращает попадание посторонних тел и влаги и обеспечивает большую электрическую прочность. К ним относятся муфты СТп, СТпМ и другие.

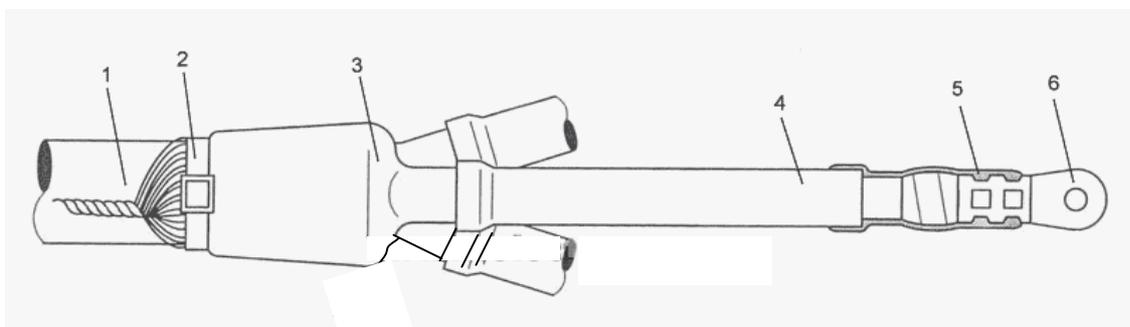


1- шланг, 2 – сетка экранная, 3 – шланг с экранным слоем, 4- манжета изолирующая с экранным слоем, 5 – манжета подкладная, 6- пластина регулятор, 7- соединитель болтовой, 8,10 – лента-регулятор, 9 – трубка жильная, 11 – перчатка высоковольтная, 12- провод заземления, 13- пружина, 14- тёрка, 15,16- лента-герметик

**Рисунок 58 – Модернизированная термусаживаемая муфта 10 СТпМ для кабелей с БПИ на 10 кВ**

Муфты холодной усадки изготавливаются на основе силикона или специальной ЕПДМ (EPDM)–резины. (Ethylene Propylene Diene Monomer - Этилен-Пропилен-Диен-Модифицированный каучук). Они смягчают механические воздействия, не боятся влияния влаги, агрессивных кислотных и щелочных сред, солнечных лучей. Муфты сохраняют гибкость кабеля и допускают наклонную прокладку, так как имеют стопорные свойства.

Муфта холодной усадки имеет силиконовый или резиновый (ЕПДМ-резины) корпус, предварительно натянутый на пружинную спираль, которая удаляется при монтаже. После удаления спирали муфта легко усаживается, плотно охватывая кабель и обеспечивая его герметизацию. Применение муфт холодной усадки также позволяет отказаться от использования нагревательных приборов при выполнении монтажных работ.



1-оболочка кабеля, 2-хомут для экрана, 3-силиконовая перчатка, 4-трубка, надетая на жилу, 5-изоляция из герметизирующей изоленты, 6-наконечник

**Рисунок 59 – Муфта концевая холодной усадки для кабеля с изоляцией из СПЭ**

*Сравнение термоусадки и холодной усадки.* Муфты холодной усадки и термусаживаемые муфты различны по своему применению, способам установки и физическим характеристикам. Внеш-

не муфты холодной усадки и термоусадки похожи. Оба типа муфт используются при изоляции, соединении и концевой заделке электрических кабелей на напряжение до 10 и до 35 кВ. Различие состоит в разнице двух технологий.

Технология термоусадки предполагает наличие источника тепла. Качество монтажа в этом случае зависит от квалификации монтажника и условий монтажа. Неравномерный нагрев, который может быть связан с ограниченным рабочим пространством или с ограниченным доступом ко всей поверхности муфты, может привести к неравномерности толщины изоляции. Применение открытого пламени требует особой осторожности с точки зрения повреждения кабеля или окружающего оборудования, а также специального разрешения на проведение огневых работ. При монтаже термоусаживаемой муфты оболочка кабеля нагревается и полиэтилен размягчается. Перегрев кабеля может привести к оплавлению изоляции и к понижению сопротивления изоляции. Еще одной специфической особенностью термоусадки является истончение изоляционного слоя в местах перепада диаметров при усадке муфты на неровные поверхности. Размягченный материал стекает с этой области, в результате чего изоляционный слой там получается тоньше.

Монтаж муфт холодной усадки производится без нагревания путем удаления корда, без применения каких-либо инструментов. При этом муфта плотно усаживается на кабель, обеспечивая электрическую изоляцию равномерной толщины.

Термоусаживаемые материалы и материалы холодной усадки по-разному реагируют на влияние температуры. Силикон и ЕПДМ-резины лучше переносят перепады температуры и лучше изменяют свою форму при колебаниях температуры, чем термоусаживаемые материалы, поэтому лучше сохраняют герметичность.

В связи с этими отличиями муфты из силикона рекомендуется использовать для установки на открытом воздухе, над поверхностью земли на кабелях различного напряжения, а также в условиях экстремальных перепадов температур. Изделия из ЕПДМ-резины лучше использовать под землей, особенно при монтажных работах в кабельных колодцах, так как они требуют применения мер по защите от УФ-излучения.

**Муфты для кабелей с изоляцией из СПЭ.** Кабели с изоляцией из СПЭ находят все большее применение. Соединение и оконцевание их производится с помощью термоусаживаемых муфт, или муфт холодной усадки. Монтаж соединительных и концевых муфт и заделок является очень ответственной операцией, требующей высокой квалификации персонала и соблюдения технологии монтажа.

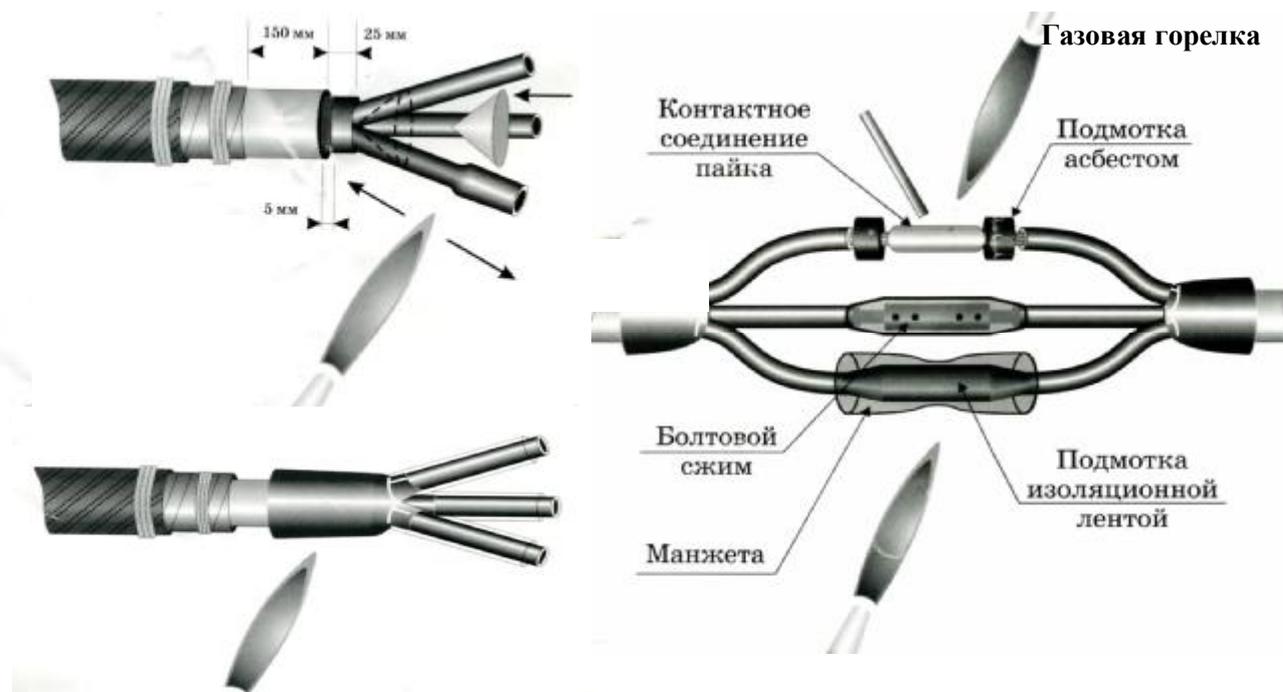


Рисунок 60 - Технология применения термоусаживаемых перчаток и манжет.

## 21. 9. СОСТАВ КОМПЛЕКТОВ ТЕРМОУСАЖИВАЕМЫХ МУФТ И ЗАДЕЛОК

При монтаже термоусаживаемых муфт и заделок используются комплекты и наборы, в состав которых входят необходимые принадлежности для монтажа, в том числе термоусаживаемые перчатки, изолирующие и полупроводящие материалы, маслостойкие материалы, герметики, материалы с высокой адгезией (липкостью), компоненты заземления, вспомогательные материалы, защитные средства.

### 1. Термоусаживаемые перчатки

Термоусаживаемые перчатки предназначены для герметизации корней разделки многожильных силовых кабелей с бумажной маслопропитанной и пластмассовой изоляцией на напряжение до 35 кВ. В зависимости от количества жил кабеля перчатки могут быть 3-х, 4-х и 5-ти жильные. На внутреннюю поверхность корпуса и пальцев перчаток наносится слой термоплавкого клея, обеспечивающего полную герметизацию после усадки. В зависимости от функциональных особенностей, перчатки могут быть изолирующими и полупроводящими.

#### *Изолирующие перчатки*

Выполнены из композиции высококачественных полимеров с добавлением синтетической резины, что придает перчаткам не только хорошие диэлектрические свойства, но и механическую прочность и эластичность. Изолирующие перчатки, в зависимости от композиции материала подразделяются на низковольтные - напряжением до 1 кВ (цвет перчаток-черный) и трекингоустойкие для высокого напряжения (цвет перчаток-кирпично-красный).

#### *Полупроводящие перчатки*

В композиционный состав полимера, из которого изготавливаются перчатки, включены соединения, придающие свойства проводимости. Это позволяет использовать перчатки не только для герметизации корня разделки кабеля, но и для переноса границы экрана от среза металлической оболочки к трубкам выравнивания напряженности электрического поля.

### 2. Полупроводящие трубки или лента

Используются для восстановления экрана кабеля и сглаживания напряженности электрического поля в местах соединения жил.

### 3. Маслостойкие трубки

Обладают высокой стойкостью к длительному агрессивному воздействию кабельных масел и обеспечивают надежную дополнительную изоляцию высоковольтных муфт.

### 4. Антикрекинговые трубки **ТСТ АТР**

Используются для изоляции кабелей в муфтах на высокое напряжение в качестве: трубок жильной изоляции; концевых манжет (на наконечник); соединительных манжет (на гильзу). *Антитрекинговая трубка* (красного цвета) применяется в качестве внешнего защитного покрытия для разделанных жил многожильного кабеля внутри и снаружи помещений. Трубка обладает высокой электроизоляционной прочностью, способностью замедлять горение, способностью препятствовать явлениям трекинга в кабельных муфтах, эрозийной стойкостью, стойкостью к неблагоприятным погодным условиям. Минимальная длина антитрекинговой трубки зависит от напряжения в системе и способа применения трубки (внутри или снаружи помещения). Выполнены из негорючего антикрекингового материала, стойкого к погодным условиям и старению, токам утечки, поверхностным электрическим разрядам и ультрафиолетовому облучению. Не поддерживают горение. Обеспечивают надежную изоляцию и функционирование высоковольтных муфт напряжением до 35 кВ даже в самых суровых климатических условиях.

### 5. Изолирующие трубки

Используются в концевых и соединительных муфтах на напряжение до 1 кВ и в муфтах на напряжение до 10 кВ (комплектация В). Восстанавливают и усиливают жильную изоляцию.

### 6. Маркировочные трубки

Используются для визуальной маркировки и идентификации фаз кабеля.

### 7. Трубки выравнивания напряженности электрического поля (ТВНЭП)

Используются для сглаживания и перераспределения напряженности электрического поля в местах среза экранов кабеля. Выполнены из особого материала с заданными импедансными (сопротивления) характеристиками.

### 8. Защитные кожухи и поясные манжеты

Толстостенные термоусаживаемые кожухи используются для внешней защиты и герметизации соединительных муфт. Поясные термоусаживаемые манжеты используются в концевых муфтах для герметизации узлов заземления и ствольной части муфты.

### 9. Изоляторы

Используются в концевых муфтах наружной (уличной) установки для кабелей на напряжение от 6 кВ и выше. Выполнены из антитрекингового материала, стойкого к погодным условиям и старению, ультрафиолетовому излучению и явлению трекинга; изолирующие, на напряжение до 35 кВ. Установка на муфтах наружной установки изоляторов позволяет увеличить длину "пути токов утечки" в режиме эксплуатации благодаря увеличению общей площади изолирующей поверхности муфты. *Изоляторы основания* усиливают и дополняют структуру имеющихся жильных "юбок" - изоляторов. Используются в качестве распорного изолятора, надежно фиксирующего разводку жил у основания корня разделки и обеспечивающего необходимый межфазный зазор в режиме эксплуатации.

## ГЕРМЕТИКИ

### 10. Герметик маслостойкий (цвет - желтый)

Стойкий к длительному агрессивному воздействию кабельного масла. Обладает хорошей адгезией и изоляционными свойствами, что делает его незаменимым для герметизации ключевых узлов, контактирующих с бумажной маслопропитанной изоляцией (корня разделки кабеля и узлов "наконечник/гильза-жила"). Герметик поставляется в виде ленты, упакованной в антиадгезионную бумагу. Перед монтажом упаковочная бумага удаляется. При намотке лента вытягивается в длину в 2-3 раза, что обеспечивает слипание слоев и плотную монолитную структуру намотки.

### 11. Герметик, наполнитель для узла заземления (цвет - белый)

Используется для выравнивания поверхностей под усаживаемыми изделиями и заполнения пустот. Обладает особой пластичностью и отличной адгезией к различным поверхностям. Обеспечивает надежную герметизацию узлов заземления в концевых и соединительных муфтах. Герметик поставляется в виде ленты, упакованной в антиадгезионную бумагу. Перед монтажом упаковочная бумага удаляется. При намотке лента вытягивается в длину в 2-3 раза, что обеспечивает слипание слоев и плотную монолитную структуру намотки.

### 12. Мастика - наполнитель межфазного пространства (цвет - черный)

Используется в 10 кВ соединительных муфтах для кабелей с бумажной маслопропитанной изоляцией для заполнения и герметизации внутреннего межфазного пространства. При нагревании мастика плавится и заполняет пустоты междужильного пространства. Отсутствие воздушных пустот внутри муфты предупреждает возможную ионизацию воздуха и увеличивает ресурс работы соединения. Мастика поставляется в форме треугольных профилей, упакованных в антиадгезионную бумагу. Перед закладыванием профилей в междужильные пустоты соединительной муфты упаковочная бумага удаляется.

### 13. Термоплавкий клей (цвет - прозрачный)

Нанесен на внутреннюю поверхность термоусаживаемых элементов муфт, требующих особой герметичности монтажа: термоусаживаемых перчаток, изолирующих трубок, концевых и соединительных манжет, защитных кожухов и т. п. В процессе термоусадки, при нагревании, клей переходит в вязко-текучее, расплавленное состояние, заполняет все микронеровности рельефа поверхностей и вновь затвердевает при охлаждении. Обладает отличной адгезией к различным материалам, не токсичен. Соединения с использованием термоплавкого клея имеют высокую прочность, устойчивость к влаге, химическим веществам, а также к воздействию низких и высоких температур.

## КОМПОНЕНТЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

### 14. Провод заземления

Используется в качестве провода заземления в концевых муфтах и в качестве перемычки для соединения брони и металлической оболочки кабелей в соединительных муфтах. Изготовлен из медных луженых проволок, сплетенных "косичкой". Имеет плоскую ленточную форму, обладает особой гибкостью. На одном конце провода-заземления, используемого в комплектации концевых муфт, смонтирован медный луженый наконечник.

### 15. Паяльный жир

Используется в качестве флюса для пайки при монтаже узлов заземления.

### 16. Припой

Обеспечивает высокое качество пайки узлов заземления.

### 17. Роликовые пружины постоянного давления с теркой (Т)

Используются для присоединения провода заземления к металлической оболочке и броне кабеля, крепежа экранируемой ленты и т. п. без применения технологии пайки. Позволяют произвести быстрый и надежный монтаж провода заземления на свинцовой или алюминиевой оболочке кабеля и предупреждают возможный риск повреждения бумажной изоляции под алюминиевой оболочкой при использовании тугоплавкого припоя А. Обеспечивают постоянное радиальное прижимное давление после монтажа. Изготовлены из прочной анодированной нержавеющей стали. **Терка** - это шероховатая стальная прочная пластина с мелкими отверстиями для обеспечения хорошего контакта с металлом оболочки и брони кабеля под действием пружин постоянного давления.

### 18. Бандажная медная проволока (луженая)

Использование гибкой и мягкой медной проволоки обеспечивает качество и удобство работ по бандажированию. В комплектах может быть и оцинкованная стальная мягкая проволока.

## ПРОЧИЕ АКСЕССУАРЫ

19. *Изолирующая распорка.* Используется для дополнительной межфазной изоляции жил

в соединительных муфтах на напряжение 10кВ. 20. *Экранирующая алюминиевая лента.*

Используется для восстановления экрана по оболочке кабеля в соединительных муфтах на

напряжение 10кВ. 21. *Киперная стеклолента.* Используется для стяжки и фиксации жил в

соединительных муфтах, а также бандажирования плавкой мастики-заполнителя в соедини-

тельных муфтах на 10 кВ. 2. *Бандажная нить.* Используется для бандажирования и уда-

ления слоя черной кабельной электропроводящей бумаги для кВ муфт напряжением 10 кВ

(соединительных и концевых ).

23. *Изоляционная лента (ПВХ).*

Используется для создания

временных бандажей. 24.

*Наждачная бумага.*

Предназначена для зачистки

контактирующих поверхностей

от окислов и механических

примесей. 25. *Салфетки (х/б).*

Предназначены для очистки и

обезжиривания поверхностей в

процессе монтажа. 26.

*Перчатки монтажника.*

Предназначены для соблюдения

чистоты, необходимой в

процессе монтажа.



Рисунок 61 – Комплект термоусаживаемой концевой заделки

### 21.10. ТЕХНОЛОГИЯ ХОЛОДНОЙ УСАДКИ.

Технология холодной усадки впервые была применена в 1968 году. Она основывается на способности эластомеров самостоятельно возвращать себе начальную форму после растягивающей деформации. Материалы холодной усадки изготавливают из силикона (кремний-органической резины) и ЕПДМ-резины, обладающей многими достоинствами. Это и высочайшая диэлектрическая прочность и эластичность, и широкий диапазон рабочих температур. При производстве изделия "холодной" усадки предварительно растягивают на специальном каркасе из свитого в спираль пластикового шнура, и в таком виде они поставляются потребителям. Для усадки таких изделий необходимо потянуть за свободный конец шнура, формирующего пластиковый каркас и нарушить его целостность, "распустить". Не удерживаемая более ничем силиконовая резина сожмется под действием упругих сил сжатия и усядется на требуемый объект. Достоинством "холодной" усадки является отсутствие необходимости нагрева изделий при их монтаже. Это свойство очень полезно в полевых условиях, а так же в ситуациях, где использование нагрева недопустимо по условиям безопасности.

#### Комплекты для холодной усадки содержат следующие компоненты:

Упаковки с заполняющей и герметизирующей мастиками

Заземляющая оплётка

Силиконовая паста

Цветные ленты для маркировки фаз

Пружина постоянного давления

Проволока для крепления

Перчатки и подручные материалы

Мастика, выравнивающая напряжённость

электрического поля

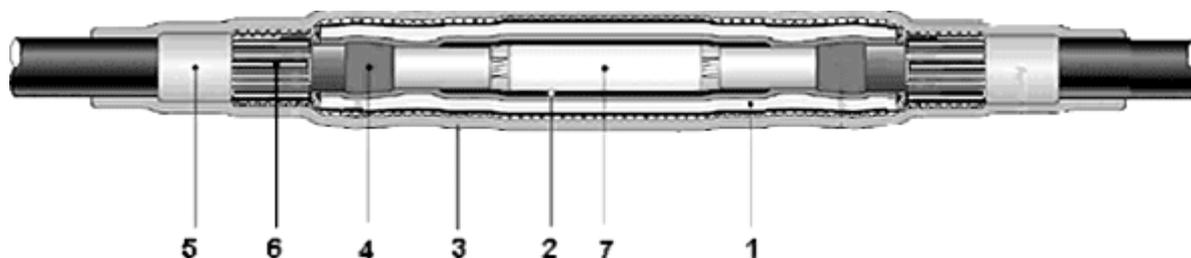
Перчатка холодной усадки

Муфты холодной усадки для кабельных жил

Трубки холодной усадки

Полупроводниковая липкая лента

Изоляционная лента ПВХ



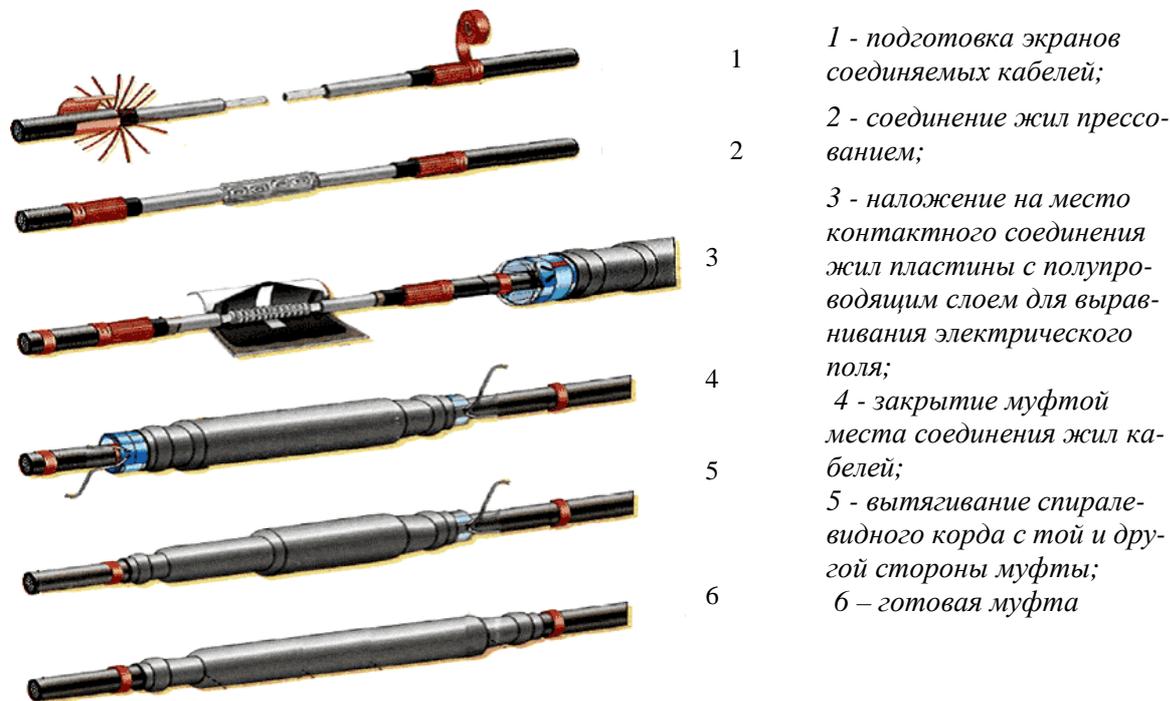
1 – экструдированный двухслойный силиконовый корпус; 2 - полупроводящая пластина; 3 - общий защитный кожух из ЕПДМ-резины; 4 - мастика для выравнивания электрического поля; 5 - герметизирующая мастика; 6 - медная сетка и соединитель экрана; 7 - соединительная гильза (ЕПДМ-этилен-пропилен-диеновый мономерный каучук (синтетический)).

**Рисунок 61-** Соединительная муфта холодной усадки для одножильного кабеля

#### ИЗДЕЛИЯ ХОЛОДНОЙ УСАДКИ

Изготовители выпускают следующие виды изделий холодной усадки:

- Трубки холодной усадки - высокие электроизоляционные свойства, удобство монтажа в "полевых" условиях. Не требует нагрева и дополнительного оборудования.
- Перчатки холодной усадки - высокие электроизоляционные свойства, удобство монтажа в "полевых" условиях. Не требует нагрева и дополнительного оборудования.
- Высоковольтные кабельные муфты с использованием "Холодной усадки":
- Концевые и соединительные кабельные муфты до 15 кВ, до 20 кВ, до 35 кВ - Применяются для кабелей в оболочке из "сшитого" полиэтилена.



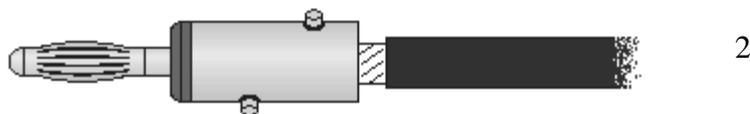
**Рисунок 62 – Последовательность монтажа соединительной муфты холодной усадки.**

- Аксессуары для соединительных и концевых муфт "Холодной" усадки;
- Высоковольтные разделяемые «Т»- и «Г»- образные коннекторы (соединители, разъемы) из силикона - разделяемые высоковольтные разъёмы, применяемые для подключения трансформаторов, высоковольтных шкафов и другого оборудования. Рабочее напряжение до 15 кВ. Ток до 630 А. Далее показан пример сборки кабельного коннектора.

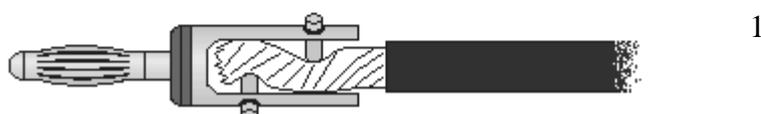
*3 - Коннектор – «банан» в сборе с термо- или холодной усадкой*



*2 - Коннектор с зажатой жилой перед надеванием усадочной трубки*



*1 - Закрепление жилы кабеля внутри коннектора с помощью болтов со срывными головками (можно и прессованием)*



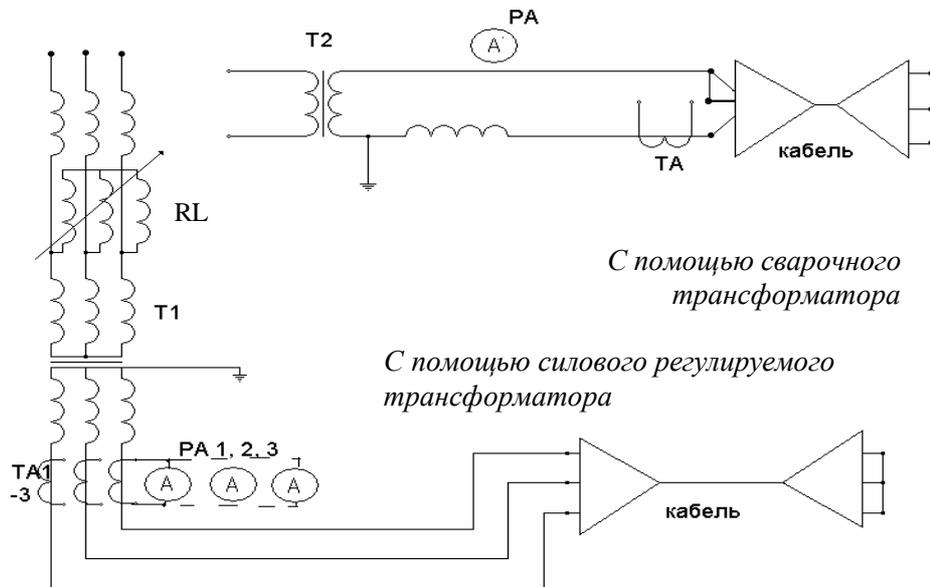
**Рисунок 63 – Стадии сборки коннектора (соединителя) для жилы силового кабеля**

**Прокладка кабеля в холодную погоду.** Монтаж кабеля с бумажной пропитанной изоляцией при низких температурах (ниже  $-5^{\circ}$ ) выполняется только после его предварительного подогрева, поскольку при отрицательных температурах эта изоляция отвердевает, становится неэластичной и при прокладке кабеля может быть повреждена.

Самый простой способ прогрева кабеля - в теплом помещении. Продолжительность прогрева зависит от температуры воздуха в помещении и составляет 72 ч при  $5...10^{\circ}\text{C}$ , 24 ч при  $10...25^{\circ}\text{C}$  и 18 ч при  $25...40^{\circ}\text{C}$ .

При необходимости сокращения указанного времени используют метод прогрева кабеля электрическим током прямо на барабанах, следя за температурой наружного покрова кабеля на внешних витках барабана, которая не должна превышать  $20^{\circ}\text{C}$ . При этом условии температура изоляции кабеля во внутренних витках барабана не превысит допустимого значения. Кабель можно прогревать с помощью сварочных или силовых трансформаторов, создавая нагрузку и контролируя величину тока и напряжения.

Кабели с изоляцией из СПЭ возможно прокладывать без предварительного подогрева при температурах до  $-20^{\circ}\text{C}$  (для кабелей с полиэтиленовой защитной оболочкой) и при температурах до  $-15^{\circ}\text{C}$  (для кабелей с поливинилхлоридной защитной оболочкой). Такая возможность достигается благодаря использованию качественных полимерных материалов для изоляции и оболочки СПЭ кабеля.



**Рисунок 64 - Прогревание кабеля перед раскаткой в холодную погоду.**

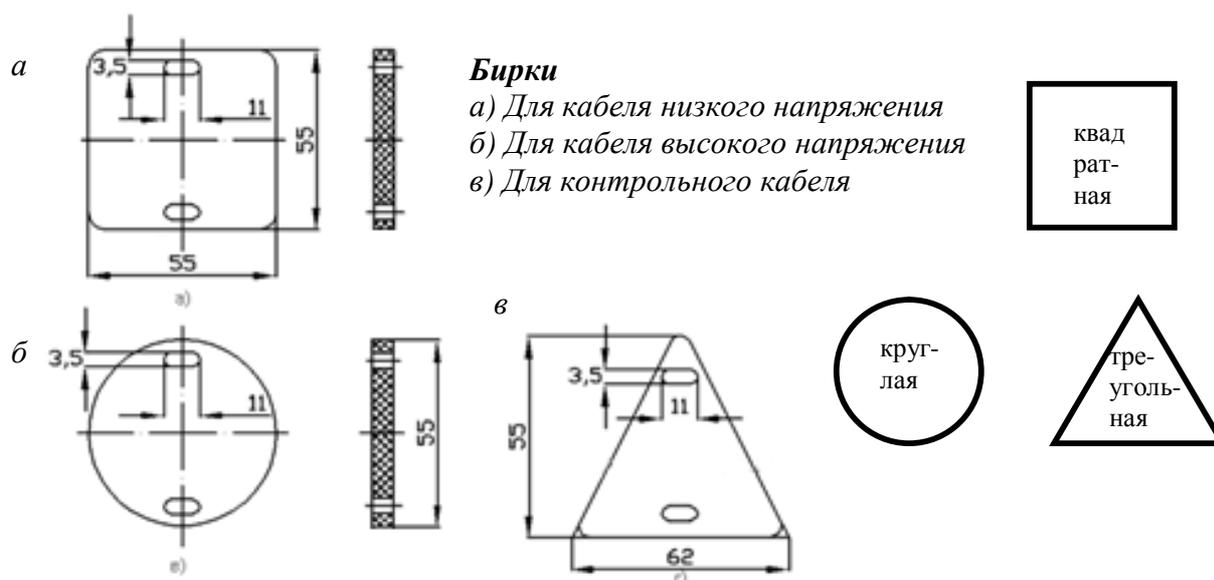
## 10. МАРКИРОВКА И ИСПЫТАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

**Маркировка кабельных линий.** Все кабельные линии, муфты, заделки должны иметь наименования, нумерацию и специальные опознавательные знаки. Вдоль кабельной траншеи должны быть установлены металлические таблички, имеющие основание, закрепленное в грунте. На кабелях и муфтах должны быть бирки. На бирках указывается марка кабеля, напряжение, количество и сечение жил, номер кабельной линии или ее наименование. На муфтах и заделках указываются дополнительно номер муфты, дата монтажа, фамилия специалиста, устанавливавшего муфту.

Бирки могут изготавливаться из пластмассы, оцинкованной стали или из алюминия., в зависимости от агрессивности окружающей среды: в сырых помещениях и в земле необходимо

применять бирки из пластмассы. На бирках следует наносить необходимые обозначения с помощью кернения, выжигания или штампования, а для линий, проложенных в нормальных условиях можно использовать обозначения с помощью несмываемых красок или чернил. Бирки устанавливаются в начале и в конце кабеля, а также при входах в каналы и траншеи. на прямолинейных участках – через 50 – 70 м.

Бирки применяются различной формы: для напряжения до 1000 В – прямоугольные 50x50 мм, а для кабелей высокого напряжения – круглые диаметром 55 мм. Для контрольных кабелей применяются бирки треугольной формы размером 62x55 мм. Бирки должны быть закреплены на кабелях капроновой нитью или оцинкованной стальной проволокой диаметром 1-2 мм, или пластмассовыми хомутами с фиксаторами. Место крепления бирки на кабеле проволокой, бирка и сама проволока в сырых помещениях, вне зданий и в земле должны быть покрыты битумом для защиты от действия влаги.



**Рисунок 65 – Бирки для маркировки кабелей и муфт**

**Испытание кабельных линий.** Кабельные линии напряжением 6, 10, 20, 35 кВ испытываются после монтажа и после перекладки, перед засыпкой и перед включением под напряжение, а находящиеся в эксплуатации - по утвержденному графику, после ремонта или после длительного отключения.

Кабельные линии напряжением до 1 кВ испытываются: вновь проложенные - перед включением, а находящиеся в эксплуатации - после ремонта, запаривания, заливания и т.п.

Кабельные линии 6, 10, 20 и 35 кВ с бумажной изоляцией, включая кабельные вставки испытываются: 1 раз в год - для питающих особо ответственных потребителей и объекты жизнеобеспечения города; 1 раз в 3 года - для остальных КЛ;

Кабельные линии 10, 20 и 35 кВ с изоляцией из СПЭ испытываются: перед включением КЛ в эксплуатацию и после ремонтов КЛ.

Кабельные линии испытываются постоянным (выпрямленным) и переменным током, в зависимости от величины рабочего напряжения и вида изоляции. Кабели выше 1000 В с бумажной изоляцией испытываются постоянным током. Кабели до 1000 В испытываются мегомметром. Кабели с изоляцией из СПЭ испытываются переменным током пониженной частоты.

Кабели выше 1000 В с бумажной изоляцией испытываются повышенным напряжением выпрямленного тока в 6 раз большим рабочего напряжения. Продолжительность испытания составляет 10 минут для вновь вводимых линий и 5 минут для КЛ, находящихся в эксплуатации. Кабели низкого напряжения (до 1000 В) испытываются мегомметром МС-05 (2,5 кВ)

также в течение 10 и 5 минут, при этом сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

**Порядок сдачи КЛ в эксплуатацию.** В план приемо-сдаточных испытаний КЛ входят:

- проверка целостности жил и фазировка КЛ;
- измерение сопротивления изоляции мегаомметром; испытания изоляции повышенным напряжением выпрямленного тока;
- измерение рабочей емкости жил и активных сопротивлений жил (для напряжения 20-35 кВ),
- измерение сопротивлений заземляющих устройств концевых муфт.

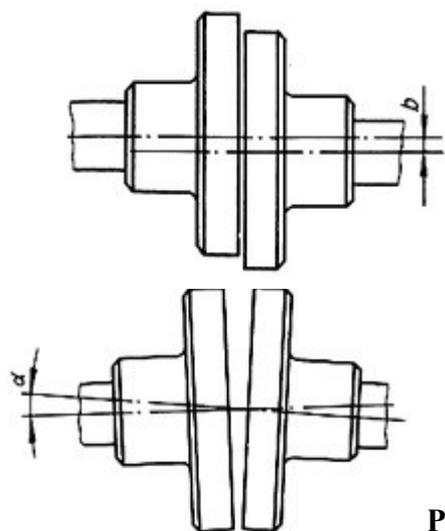
При сдаче в эксплуатацию кабельных линий должны быть оформлены и переданы эксплуатирующей организации: проект КЛ с комплектом рабочих чертежей; паспорт КЛ; исполнительный чертеж трассы с привязкой к постоянным ориентирам и указанием мест установки соединительных муфт; чертеж профиля КЛ в местах пересечения с инженерными коммуникациями; акты состояния кабелей на барабанах, составленные при поступлении кабеля на место монтажа; кабельный журнал; инвентарная опись всех элементов кабельной линии; акты скрытых работ с указанием пересечений кабелей с подземными коммуникациями; акты приемки траншей, блоков и кабельных сооружений под монтаж кабелей; акты на монтаж кабельных муфт; протокол измерения сопротивления изоляции; протокол испытания изоляции кабельной линии повышенным напряжением после прокладки; акты осмотра кабелей, проложенных в траншеях и каналах перед закрытием; протокол прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах.

## 20. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

**При монтаже электродвигателей** необходимо знать их различия по конструктивному исполнению и способу монтажа IM (International Mounting), степени защиты IP (International Protection), способу охлаждения IC (International Cooling). **Конструктивное исполнение электродвигателя** – это расположение составных частей машины относительно элементов крепления (подшипников и конца вала). **Способ монтажа электродвигателя** – это пространственное положение машины на месте установки. **Степень защиты электродвигателя** – способ защиты, обеспечиваемый оболочкой от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и (или) воды и проверяемый стандартными методами испытаний. Электродвигатели бывают открытого, каплезащищенного, брызгозащищенного, пыленепроницаемого и взрывозащищенного исполнения. **Способ охлаждения** – процесс, посредством которого тепло, возникающее в результате потерь в машине, передается первичному хладагенту, увеличивая его температуру. Нагретый первичный хладагент может быть заменен новым хладагентом с более низкой температурой (одноконтурное охлаждение) или охлажден вторичным хладагентом в каком-либо охладителе (двухконтурное охлаждение).

Доставка электродвигателей массой свыше 80 кг к месту монтажа, а также установка их на фундаменте должны производиться механизмами. Для подъема и перемещения электродвигателей необходимо применять исправные стропы, тали и лебедки, прошедшие соответствующие испытания в установленные сроки. Перед монтажом электродвигателя специалисты подвергают его тщательному осмотру в целях выявления дефектов, препятствующих монтажу электродвигателя или нормальной работе. При осмотре электродвигателя проверяют сохранность изоляции и креплений лобовых частей обмотки, а также наличие всех деталей электродвигателя. Мегомметром проверяют состояние изоляции обмоток. В случае снижения сопротивления изоляции ниже 0,5 МОм обмотки подвергают сушке. Температуру и режим сушки контролируют термометрами (термопарами) или датчиками температуры, а регулируют периодическими отключениями тока или растормаживанием и вращением ротора на пониженных оборотах, при которых машина вентилируется и охлаждается. Сушку производят при температуре 70—90° С. Сопротивление изоляции измеряют мегомметром. В процессе монтажа используют только исправные электродвигатели, сопротивление изоляции обмоток которых соответствует нормам.

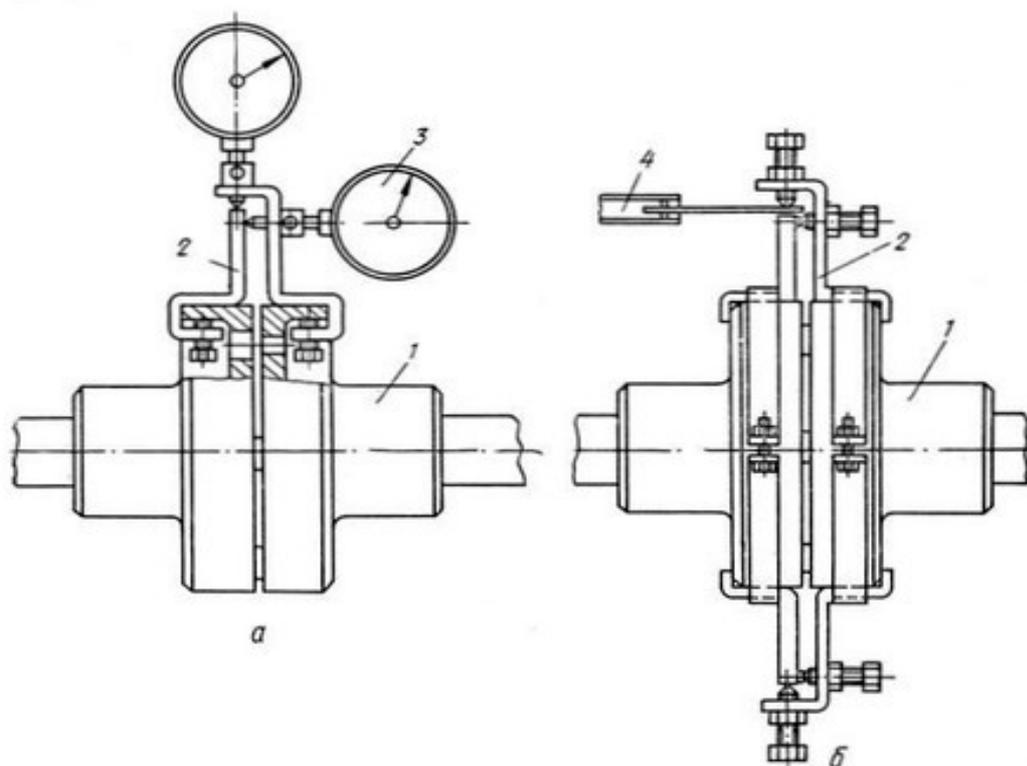
При монтаже проверяется соосность, параллельность валов, и производится балансировка.



Валы параллельны, но не соосны (оси валов смещены),  $b$  - расстояние между осями валов

Валы не параллельны (перекрещиваются в пространстве),  $\alpha$  - угол между осями валов

Рисунок 66- Дефекты центровки валов



1 - полумуфта; 2 - скоба; 3 - индикатор; 4 - щуп.

Рисунок 67 - Центровка валов насоса и электродвигателя:

а - с помощью индикаторов; б - с помощью двух пар скоб и щупа;

Соосность и параллельность проверяется с помощью индикаторов или специальных скоб (рис. 67)

Таблица 1 - Допустимые величины перекоса и параллельного смещения осей валов при диаметре муфты 500 мм

Скорость вращения, об/мин	Смещение и перекос, мм, для муфт		
	Жестких	упругих	пальцевых
3000	0,04	0,06	0,10
1500	0,06	0,08	0,12
1000			

Монтаж электродвигателей производится на чугунных или стальных плитах, на металлических рамах или кронштейнах, а чаще всего на чугунных салазках, прикрепляемых анкерными болтами к железобетонному фундаменту.

При ременной и клиноременной передачах вал устанавливаемого электродвигателя и вал вращаемого им механизма должны быть строго параллельны. Параллельность валов выверяют при помощи струн из тонкой стальной проволоки или крученого шпагата. Выверку валов электродвигателя и механизма со шкивами разной ширины производят, исходя из условий одинакового расстояния от средних линий обоих шкивов до струны. При соединении электродвигателя с механизмом посредством муфты добиваются соосности его вала и вала механизма с помощью центровочных скоб и микрометров.

Скобы укрепляют хомутами на полумуфтах, а затем, поворачивая валы на  $90^\circ$ , измеряют микрометром величины зазоров между скобами в четырех положениях валов и корректируют установку двигателя, добиваясь наименьшей разницы в величинах зазоров. При несоосности валов в горизонтальной плоскости перемещают в соответствующую сторону электродвигатель на фундаменте, а при несоосности в вертикальной плоскости под лапы электродвигателя или машины подкладывают стальные прокладки. Соосность валов с полумуфтами больших диаметров (200 мм и выше) можно выверять и шупом, измеряя величины зазоров между плоскостями муфты. Шупом проверяют параллельность валов относительно друг друга, а штифтом их соосность.

Для правильного измерения шупов необходимо вставлять между торцами полумуфт, по возможности, между одними и теми же точками. Для этого на ободах полумуфт наносят метки в виде рисок или полосок краски, мела и др. Определив положение двигателя и салазок, цементируют фундаментные болты. Затем повторно проверяют центровку и после окончания отвердевания бетона закрепляют двигатель и включают его на пробную работу.

После монтажа электродвигателя его включают вхолостую, сначала кратковременно, затем примерно на один час, при подозрении на вибрацию производят измерение с помощью прибора – виброметра. После этого двигатель останавливают и, ощупывая рукой, проверяют степень нагрева подшипников и лобовых частей обмоток. При отсутствии повышенного нагрева отдельных частей электродвигателя и неисправностей, препятствующих его нормальной эксплуатации, электродвигатель ставят под нагрузку на 5—6 ч, затем вновь останавливают и проверяют температуру нагрева обмоток и подшипников. Температура нагрева обмоток и подшипников качения не должна превышать  $95^\circ\text{C}$  при температуре окружающего воздуха  $35^\circ\text{C}$ . При повышенной вибрации производят дополнительную центровку валов.

## 20. МОНТАЖ ТЯГОВЫХ СЕТЕЙ

### 20.1 ТЯГОВЫЕ СЕТИ НА ПОВЕРХНОСТИ и в МПС

**Тяговая сеть** состоит из контактной сети, рельсов, фидеров питающих и отсасывающих линий. **Контактная сеть** служит для непосредственного подведения электрической энергии к электроподвижному составу. В зависимости от назначения и условий эксплуатации контактная сеть может быть выполнена в виде воздушной подвески на опорах или контактного (третьего) рельса, установленного рядом с путями на кронштейнах с изоляторами. Контактные рельсы используют в РФ только на метрополитенах. На магистральных электрических дорогах их не применяют из-за трудностей, связанных с обеспечением безопасности людей и животных, с защитой от снежных заносов и т. д.

Контактная сеть должна обеспечивать бесперебойный токосъем при наибольших скоростях в любых атмосферных условиях, в т.ч. при значительных колебаниях температуры, образовании гололеда, сильном ветре, максимально допустимой скорости движения электроподвижного состава.

Основным критерием качества механического взаимодействия токоприемника и контактной подвески является степень постоянства контактного нажатия, т. е. нажатия в месте контакта токоприемника и провода в процессе движения электроподвижного состава. Если кон-

тактное нажатие близко к постоянному, то, во-первых, не происходит отрывов полоза токоприемника от контактного провода и не создаются тем самым условия для повышенного электрического износа провода и элементов полоза в результате искрения; во-вторых, не происходит заметных повышений контактного нажатия в жестких точках контактной подвески и не создаются условия для повышенного механического износа провода и токо-съемных элементов.

Воздушные контактные подвески подразделяют на простые и цепные.

*Простая контактная подвеска*, называемая иногда трамвайной, состоит из контактного провода, подвешенного на опорах к консолям на изоляторах. Контактный провод может занимать почти горизонтальное положение только при какой-то одной температуре. При любой другой температуре он либо провиснет, либо натяжение его превысит допустимое. В условиях больших скоростей движения токоприемник может не успевать следовать за очертаниями контактного провода; в результате этого возможны нарушения скользящего контакта, особенно в точках подвеса контактного провода.

На магистральных участках железных дорог применяют цепные подвески, состоящие из контактных проводов и несущих тросов. Это деление в некоторой мере условно. Однако принято к несущим тросам относить провода, основная функция которых — воспринимать механические нагрузки, а к контактным проводам те, основная функция которых — проводить ток. Цепные подвески в свою очередь подразделяют на *одинарные* и *двойные*. Цепные подвески позволяют увеличивать расстояние между опорами и обеспечивают безыскровой скользящий контакт при высоких скоростях.

В *цепной одинарной подвеске* контактный провод с помощью часто размещенных струн подвешивают к несущему тросу. Несущий трос, используя изоляторы, крепят к консолям, расположенным на опорах. Положение цепной подвески относительно оси пути задают с помощью фиксаторов. При *двойной цепной подвеске* к несущему тросу на струнах подвешивают вспомогательный провод, к которому также струнами крепят контактный провод. Двойная цепная подвеска допускает наибольшие скорости движения.

Контактный провод в цепных подвесках подвешивают так, чтобы он располагался по всей длине пролета примерно на одной высоте от головки рельса. Это достигается применением струн разной длины: коротких в средней части пролета и более длинных у опор. Условия механического взаимодействия токоприемника и контактного провода ухудшаются при увеличении расстояний между соседними струнами, так как в этом случае значительны стрелы провеса контактного провода в межструновых пролетах. Эти стрелы провеса уменьшить практически невозможно, поскольку натяжения проводов уже приняты максимальными, в частности по условиям обеспечения наибольшей ветроустойчивости подвески.

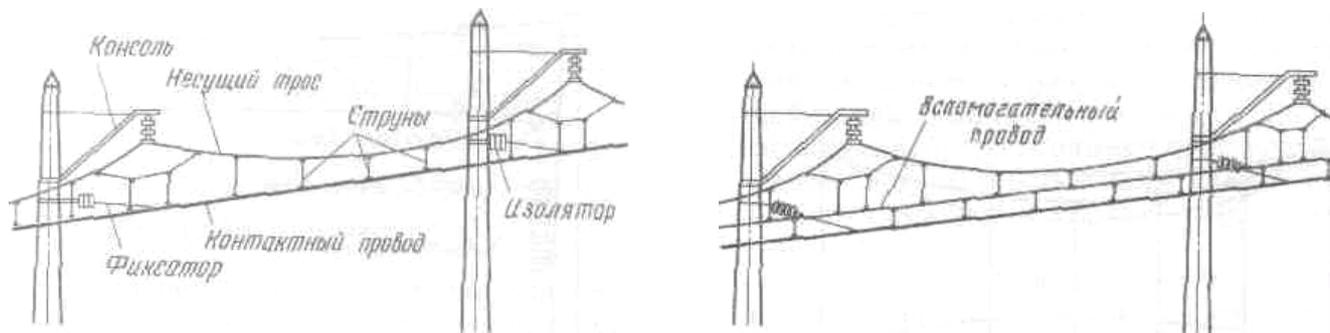


Рисунок 66 - Цепная одинарная и двойная подвеска

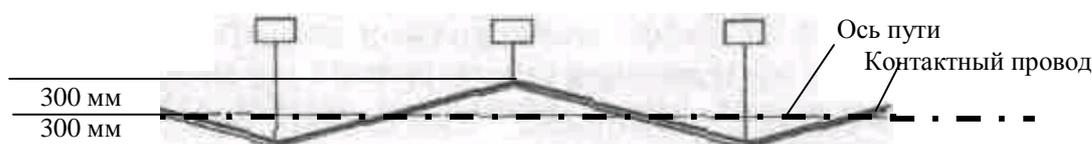


Рисунок 68 - Расположение контактного провода по отношению к оси пути (зигзаг)

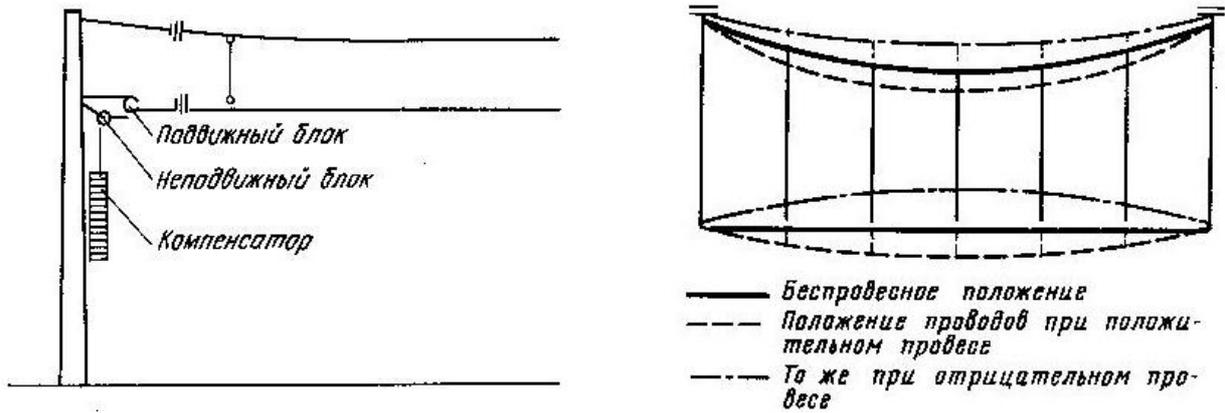


Рисунок 69 – Полукомпенсированная цепная подвеска и температурное изменение стрелы провеса

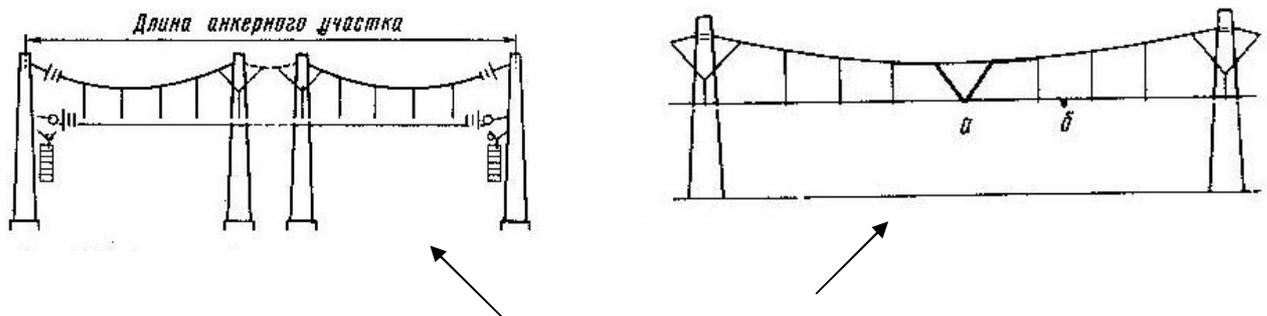


Рисунок 70 – Анкерный участок и средняя анкеровка

По этой причине единственным путем снижения межструновых стрел провеса остается сближение струн до экономически целесообразных пределов. На железных дорогах расстояние между соседними струнами в средней части пролета обычно составляет 7—9 м. В подвесках с двумя контактными проводами при шахматном расположении струн (струны разных контактных проводов смещены друг относительно друга) расстояние между ними уменьшено до 4—6 м.

В плане на прямых участках пути контактные провода располагают **зигзагообразно** относительно оси пути. Это необходимо для обеспечения равномерного износа накладок токоприемников. Зигзаг устанавливают в соответствии с длиной рабочей части токоприемника. На дорогах нашей страны зигзаг составляет 0,3 м в каждую сторону. Зигзаг контактному проводу придают фиксаторами, размещаемыми на каждой опоре. Несущий трос может быть расположен зигзагообразно вместе с контактным проводом, по оси пути и с зигзагом, обратным зигзагу контактного провода. В зависимости от этого цепная подвеска называется соответственно *вертикальной*, *полукозой* и *косой*. Выбор типа расположения подвески в плане зависит от скорости и преимущественного направления ветра на данном участке. Косая цепная подвеска наиболее устойчива к воздействию ветра и позволяет применять большие пролеты. Однако монтаж ее сложнее.

В проводах контактной подвески необходимо поддерживать определенное натяжение, чтобы обеспечить минимальные стрелы провеса контактного провода. На электрифицированных железных дорогах применяют полукомпенсированные и компенсированные контактные подвески, различающиеся способом натяжения проводов.

В полукомпенсированной цепной подвеске с помощью грузовых компенсаторов обеспечивают натяжение только контактного провода. Вследствие этого отдельные точки контактного провода перемещаются вдоль пути при изменениях окружающей температуры и тем больше, чем ближе точка находится к компенсатору. В полукомпенсированной подвеске несущий

трос закреплен на опоре жестко и при колебаниях температуры стрела его провеса изменяется. Вместе с несущим тросом приподнимается или опускается контактный провод. В зимнее время возникает так называемый отрицательный провес, что значительно снижает качество токосъема. Учитывая это, в полукомпенсированной подвеске натяжение контактного провода регулируют так, чтобы он занимал беспровесное положение при температуре не среднегодовой, а ниже ее на 10—15° С.

В *компенсированной цепной подвеске* в контактный провод и несущий трос включены приспособления, автоматически компенсирующие температурные изменения и поддерживающие постоянное натяжение троса и контактного провода. Довольно часто контактный провод и несущий трос крепят к общему компенсатору.

Грузовой компенсатор в полукомпенсированной и компенсированной подвесках состоит из груза и нескольких блоков, через которые его с помощью троса присоединяют к проводам. Чтобы можно было включить грузовые компенсаторы в провод контактной подвески, последнюю разбивают на отдельные участки, механически не связанные друг с другом, называемые *анкерными*. Длина анкерного участка составляет около 1600 м на прямых отрезках пути.

В полукомпенсированной или компенсированной подвеске не исключена вероятность того, что по какой-либо причине контактный провод в случае температурных изменений начнет перемещаться только в сторону одного грузового компенсатора, например, при неисправности блока компенсатора, расположении подвески на уклоне, под действием токоприемника и т. д. Во избежание этого устраивают *среднюю анкеровку*, т. е. жестко закрепляют контактный провод в середине анкерного участка.

В полукомпенсированной цепной подвеске средняя анкеровка представляет собой отрезок троса, прикрепленный в средней точке *a* к контактному проводу, а концами — к несущему тросу. Разность усилий в двух частях анкерного участка воспринимается ветвью средней анкеровки. В случае обрыва контактного провода (предположим, в точке *b*) выходит из строя только половина анкерного участка. Среднюю анкеровку компенсированной подвески устроить сложнее, так как ее необходимо выполнить и для контактного провода, и для несущего троса.

Чтобы обеспечить плавный переход полоза токоприемника с контактного провода одного анкерного участка на смежный без нарушения скользящего контакта и снижения установленной скорости движения, устраивают так называемые *сопряжения анкерных участков*. Между анкерными опорами 1 и 4 расположены две переходные опоры 2 и 3, на которых подвешены контактные подвески сопрягаемых анкерных участков 1 и 2.

В пролете между переходными опорами каждый из контактных проводов по мере приближения к переходной опоре, с которой он отходит к своей анкерной опоре, постепенно поднимается и у переходной опоры располагается на 200 мм выше рабочего контактного провода. Этого достигают, соответственно укорачивая струны. Токоприемник, проходя между опорами 2 и 3, сначала скользит по контактному проводу одного участка (например, 1 при движении слева направо), затем примерно в середине пролета касается проводов обоих сопрягаемых участков и далее продолжает движение, касаясь контактного провода сопрягаемого анкерного участка 2.

Если контактные подвески в сопряжениях анкерных участков электрически не связаны специальными электрическими соединителями, то образуется так называемый *воздушный промежуток*, и контактные подвески сопрягаемых анкерных участков соединяются электрически только в момент прохода токоприемника через сопряжение. В тех случаях, когда анкерные участки даже на мгновение нельзя электрически соединять, например при сопряжении анкерных участков с различными по фазе напряжениями, применяют нейтральные вставки.

*Нейтральной вставкой* называют участок контактной подвески, на котором в нормальных условиях нет напряжения. Нейтральные вставки на дорогах постоянного тока устраивают в тех случаях, когда габаритные размеры какого-либо искусственного сооружения не по-

зволяют подвесить контактный провод, находящийся под напряжением, без нарушения минимального расстояния до ближайших заземленных частей,

Нейтральную вставку выполняют, монтируя дополнительную контактную подвеску, 1, которая вместе с подвесками смежных анкерных участков 1 и 2 образует два последовательно включенных воздушных промежутка. Нейтральные вставки располагают так, чтобы токоприемник локомотива, следующего через сопряжение анкерных участков, сначала переходил с контактного провода анкерного участка 1 (при движении слева направо) на нейтральную вставку и далее с нейтральной вставки на контактный провод анкерного участка 2. Через нейтральную вставку поезд проходит без тока по инерции. Для того чтобы он не остановился в пределах нейтральной вставки, при подходе к ней машинист разгоняет поезд до соответствующей скорости. Если поезд вынужденно остановился под нейтральной вставкой, то его выводят, включив секционные разъединители 2 и -3 в зависимости от того, в какую сторону он должен двигаться. Чтобы машинист знал, где нужно отключить и снова включить тяговые двигатели, устанавливают предупредительные сигнальные знаки.

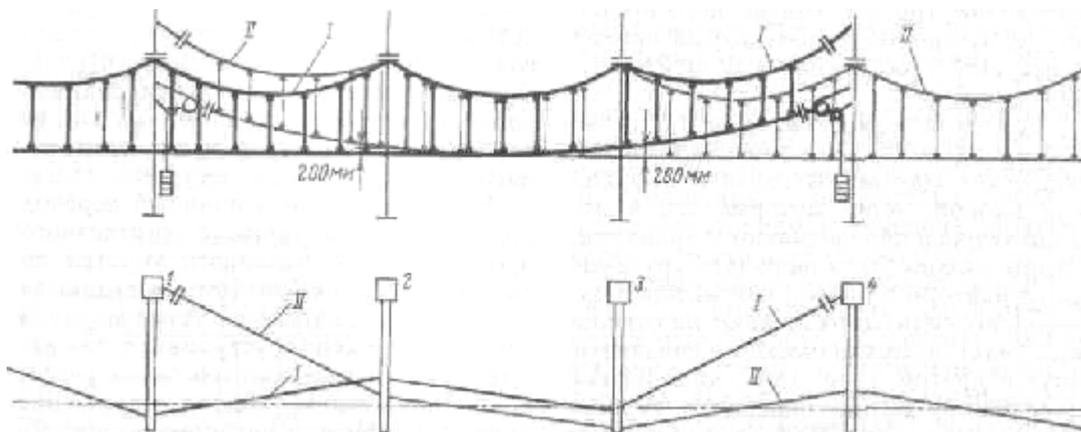


Рисунок 72 - Сопряжение анкерных участков

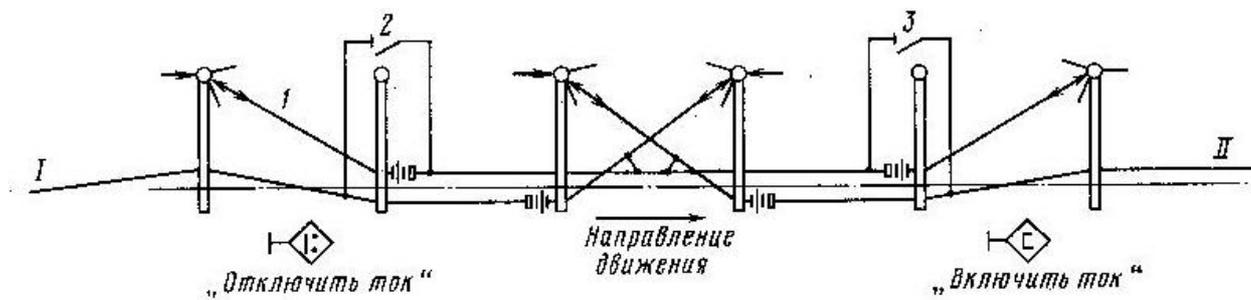


Рисунок 73 – Нейтральная вставка

Для обеспечения нормальной работы электрифицированных железных дорог большое значение имеет выбор электрического сопротивления контактной подвески. Номинальное напряжение в ней в сетях переменного тока составляет 25 кВ и постоянного тока - 3 кВ. Все тяговые и другие расчеты производят исходя из этих значений. На шинах тяговых подстанций напряжение на 10% выше номинального для компенсации падения напряжения и составляет 27,5 кВ для дорог переменного тока и 3,3 кВ на дорогах постоянного тока при номинальной нагрузке. Однако резкие изменения нагрузок в тяговой сети вызывают значительные колебания напряжения. При понижении напряжения снижается скорость движения поездов, вследствие чего уменьшается пропускная способность дорог. Поэтому Правилами технической эксплуатации железных дорог России установлен уровень напряжения на токоприемнике электровозов на любом участке: не менее 21 кВ при переменном токе и 2,7 кВ при постоянном. Электрическое сопротивление контактной сети должно быть выбрано та-

ким, чтобы эти требования удовлетворялись. При этом учитывают также сопротивление рельсовой сети, питающих и отсасывающих линий.

*Контактные провода* изготавливают из меди, обладающей большой проводимостью. Наибольшее распространение получили контактные провода марки МФ (медный, фасонный). Фасонными их называют из-за двух продольных пазов, необходимых для закрепления различных зажимов.



**Рисунок 74 - Сечение контактного провода МФ. Стыковой шунт на рельсах.**

На главных путях применяют контактные провода сечением 100 и 150 мм<sup>2</sup> (МФ-100, МФ-150), а на станционных — сечением 85 мм<sup>2</sup>. Иногда используют также провода бронзовые, сталемедные.



**Рисунок 75 – Автомашина и мотодрезина для работы с контактной сетью**

В качестве несущих тросов применяют медные и биметаллические (сталемедные) провода, стальные тросы. Биметаллические провода свиты из отдельных биметаллических проволонок, каждая из которых имеет стальную сердцевину, покрытую **тонким слоем меди**.

Площадь сечения проводов контактной сети дорог переменного тока значительно меньше, чем на дорогах постоянного тока. Это объясняется более высоким напряжением, подводимым к токоприемникам электровозов. Обычно на дорогах переменного тока вполне достаточно несущего троса и контактного провода для обеспечения необходимой проводимости контактной подвески.

На дорогах постоянного тока вынуждены подвешивать два контактных провода, располагая их рядом; кроме того, дополняют подвеску усиливающими проводами.

Рельсовая сеть служит вторым проводником тяговой сети. На железных дорогах используют рельсы типов Р33, Р38, Р43, - в подземных рудниках и Р50, Р65 и Р75 – на поверхности (цифры указывают массу в килограммах 1 м рельса).

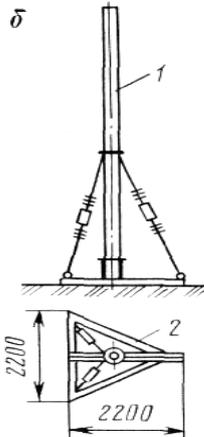
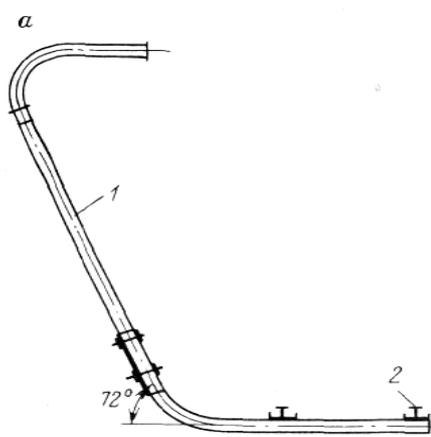
Для уменьшения сопротивления рельсовой сети тяговому току устанавливают соединители (шунты) в рельсовых стыках. Стыковые соединители (рис. 74) представляют собой небольшие отрезки гибкого медного провода с двумя наконечниками, привариваемыми к рельсам по обе стороны стыка.

## 20.2 МОНТАЖ КОНТАКТНЫХ СЕТЕЙ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

На поверхности горных предприятий широко применяют электрифицированный железнодорожный транспорт, а в подземных выработках электровозную откатку. Система электроснабжения такого транспорта предусматривает наличие тяговых подстанций и тяговых сетей. Тяговые подстанции предназначены для трансформирования и преобразования электрической энергии, а тяговые сети — для передачи ее к электровозам. Величина напряжения в тяговой сети: на поверхности- 1,5; 3,0 кВ постоянного тока или 10 – 27 кВ переменного тока; в подземных рудниках от 275 до 600 В постоянного тока. В состав тяговой сети входят: контактная и рельсовая сети с *питающими* и *отсасывающими* проводами (кабелями) для их соединения; тяговые подстанции и распределительные посты. Контактные сети бывают постоянными,

когда контактные провода в процессе эксплуатации не переносятся, и передвижными, когда их часто переносят. Работы по сооружению тяговых сетей подразделяются на строительные и монтажные и выполняются по утвержденным рабочим чертежам и проекту производства работ. Строительные работы предусматривают: земляные работы по устройству котлованов и планировке поверхности, бетонные работы по устройству фундаментов; установку опор и жестких поперечин на них; сооружение рельсовых отсасывающих линий. К монтажным работам относятся: установка поддерживающих и фиксирующих устройств или гибких поперечных элементов тяговых систем и струн подвески; раскатка, подвешивание, натяжение тросов и контактных проводов; регулировка контактной сети; монтаж сопряжений анкерных участков, питающей сети, пунктов питания, секционирования и отсасывания; выполнение электрических соединений контактных проводов, рельсовых и отсасывающих сетей.

**Установка опор.** На постоянных путях применяют стационарно установленные опоры на фундаменте или в котлованах, а на передвижных — бесфундаментные. Последние могут быть металлическими или деревянными. Металлические опоры изготавливаются из швеллерной стали, а также в сочетании с трубами и скрепляют с рельсовым путем, что обеспечивает их передвижку вместе с рельсами без демонтажа. Передвижные деревянные опоры устанавлива-



ют на железобетонном треугольном или крестообразном основании, а также на основании из бревен или шпал.

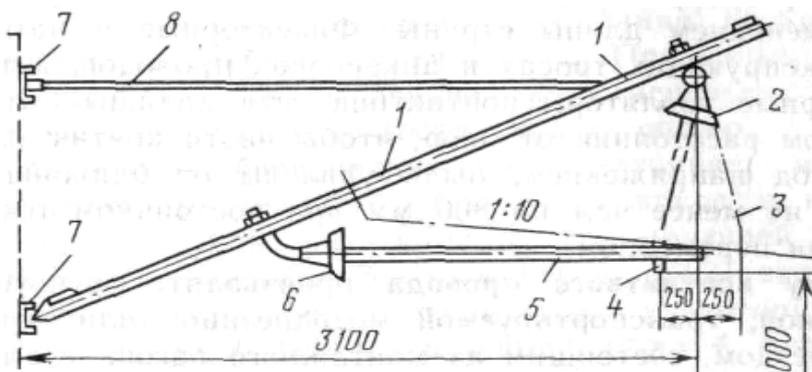
*а — металлическая, связанная с рельсами; б — деревянная, свободно стоящая*

**Рисунок 76 - Передвижные опоры**

Они легко и быстро передвигаются на другое место, но при этом необходим демонтаж контактного провода. Устойчивость опор достигается навалкой на ее основание кусков породы. Под опоры должна быть спланирована поверхность площадью около  $10 \text{ м}^2$ .

При установке опор производят регулировку их вертикального положения и проверку габаритов относительно оси железнодорожного пути. Расстояние от оси пути до внутренней грани опоры должно быть при центральной подвеске на прямых участках пути 3100 мм (минимальное 2750 мм), а на криволинейных — 3350 мм. При боковой подвеске на прямых и криволинейных участках эти расстояния составляют 4200 мм.

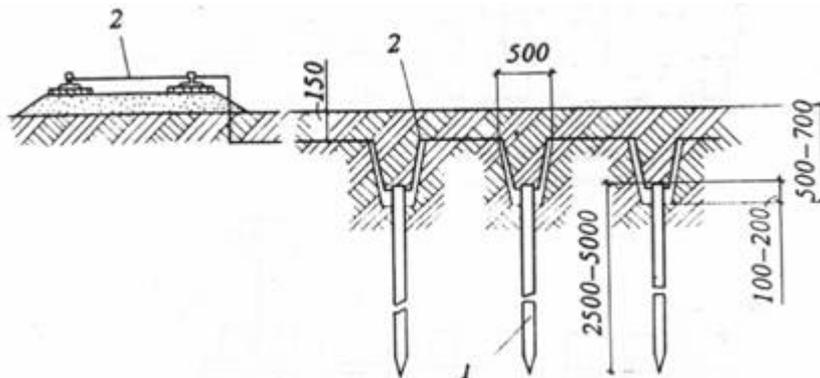
**Монтаж контактного провода.** Способ подвески определяется скоростью движения поездов, условиями подвески проводов, технологической работой транспорта на рассматриваемых участках пути. Для подвески контактных проводов применяют консоли, гибкие поперечные подвески и жесткие поперечины.



1- консоль,  
2- изолятор подвесной,  
3- струна,  
4- держатель фиксатора,  
5- фиксаторная труба с муфтой,  
6- изолятор фиксатора,  
7- крепление консоли к опоре,  
8- тяга.

**Рисунок 77 - Консоль для подвески контактного провода**

Консоль 1 (рис. 77) прикрепляют к опоре с помощью крепежных элементов 7 и тяги 8. Фиксаторы для подвески контактного провода устанавливают в держателе 4 и прикрепляют к консоли посредством струны 3 и изолятора 2.



**Рисунок 78 – Заземление рельсового пути**

Жесткие поперечины устанавливают железнодорожными кранами и закрепляют к оголовкам железобетонных опор. Ниже поперечины, на высоту струн между опорами подвешивают изолированный фиксирующий трос, к которому присоединяют все струны и фиксаторы.

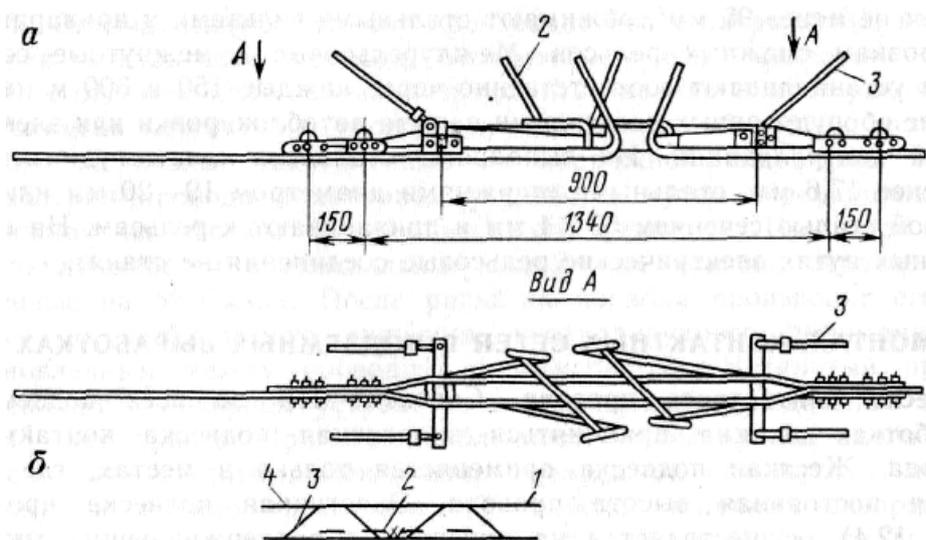
При монтаже гибких поперечин несущие и фиксирующие тросы с изоляторами предварительно устанавливают на высоте 1—1,2 м от поверхности земли и к ним крепят распорки, струны, фиксаторы, врезают изоляторы поперечного секционирования. Собранные поперечные подвески поднимают на требуемую высоту, закрепляют на опорах и производят регулировку натяжения несущих и фиксирующих тросов по высоте изменением длины струны. Фиксаторные и натяжные изоляторы в фиксирующих тросах и анкеровках проводов, а также подвесные и опорные изоляторы контактной сети должны быть расположены на таком расстоянии от опор, чтобы части контактной сети, находящиеся под напряжением, были удалены от ближайшей поверхности опоры не менее чем на 800 мм при постоянном токе и не менее 1000 мм при переменном.

**Раскатку контактного провода производят:** вручную; передвижной тележкой, транспортируемой мотодрезиной или мотовозом; монтажным поездом, состоящим из монтажного вагона с вышкой и платформы для барабанов с контактным проводом. Подвешиваемый контактный провод размещают в плане «зигзагом» относительно оси железнодорожного пути. Такое расположение контактного провода способствует меньшему износу рабочей части токоприемника, что повышает срок службы. Смещение провода относительно оси пути при этом не должно превышать  $\pm 300$  мм. Шаг «зигзага» регулируется: во втором или четвертом пролете контактной сети. Высота подвески в любой точке пролета над уровнем головки рельса при центральном расположении проводов должна быть не менее **5750 мм** на перегонах и **6250 мм** на станциях. С целью обеспечения надежного контакта между токоприемником и контактным проводом максимальная высота подвески не должна превышать 6500 мм; для боковых контактных проводов она должна находиться в пределах 4400—5300 мм.

Перед началом раскатки монтажный поезд, имеющий платформу и монтажный вагон в хвосте, останавливается вблизи анкерной опоры. Конец контактного провода с закреплённым на нём крюковым зажимом подаётся на монтажный вагон и оттуда на опору, где он зацепляется за струбцину, укреплённую на высоте анкеровки провода. Для того чтобы крюк зажима не выскочил во время раскатки из струбцинки, место крепления крюкового зажима к струбцинке должно быть надёжно обвязано проволокой.

После закрепления провода на анкерной опоре монтажный поезд трогается в направлении к противоположному концу анкерного участка. Рабочие, находящиеся на вышке монтажного вагона, подтягивают при помощи длинного крюка из круглого железа несущий трос и подвывают к завешенным на нём струнам контактный провод.

### Монтаж питающих и отсасывающих линий. Воздушные питающие линии от тяговых под-



*а — конструкция изолятора; б — схема установки изолятора*

#### Рисунок 79 - Секционный изолятор.

станций до питающих пунктов как правило подвешивают по опорам контактной сети. Отсасывающие линии устраиваются из старых (но годных) железнодорожных рельсов, стального или алюминиевого проката. Их прокладывают на шпалах, уложенных на щебеночную подсыпку, и закрывают защитными кожухами. В сетях переменного тока рельсовые отсасывающие линии прокладывают в земле без изоляции на глубине не менее 0,7 м. При большом удалении тяговых подстанций для отсасывающих линий используются воздушные или кабельные линии, прокладываемые на самостоятельных опорах.

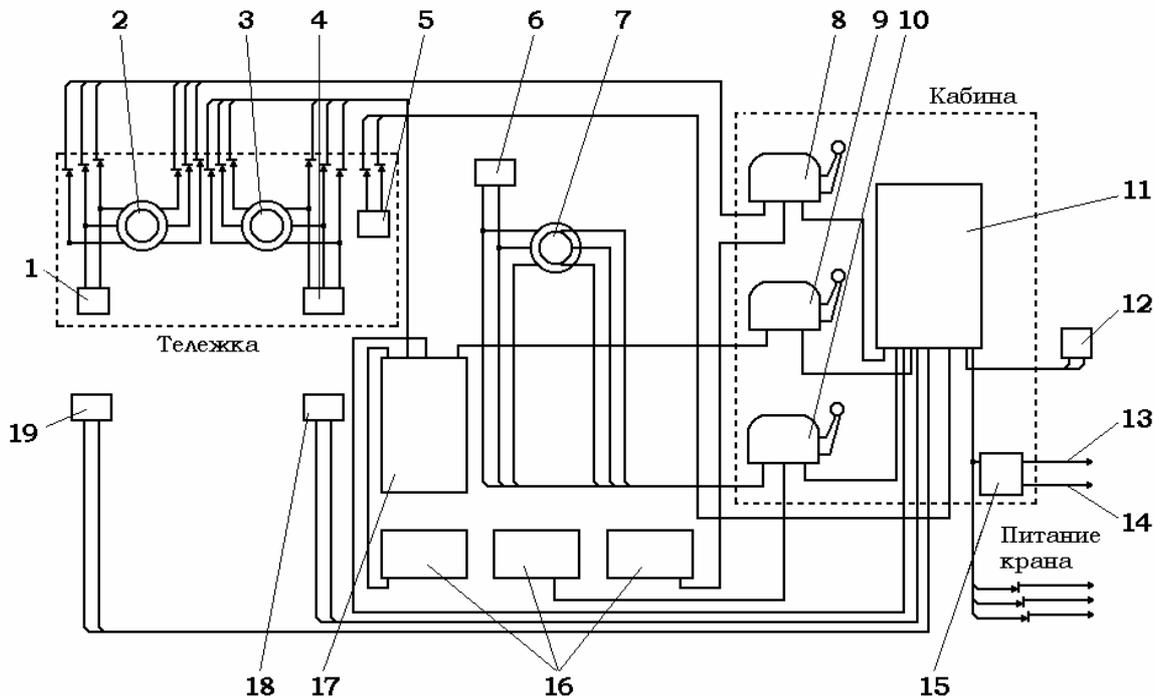
**Монтаж линейного оборудования** предусматривает монтаж секционных изоляторов, разъединителей и разрядников и выполняется после монтажа контактной, питающей и отсасывающей сетей. Для монтажа секционного изолятора провода 1 (рис. 79) стягивают блоками, разрезают и прикрепляют к секционному изолятору 2, который вспомогательным тросом 3 крепят к несущему тросу 4. Его устанавливают строго по оси железнодорожного пути и регулируют по высоте относительно уровня головки рельсов.

Монтаж секционного разъединителя предусматривает его установку на верхушке опоры, установку привода, монтаж электрических переключателей, соединяющих его с контактным проводом, и регулировку. К подвижному контакту присоединяют конец питающей линии, а неподвижный контакт соединяют с контактным проводом медной гибкой переключкой. Для приработки контактов производят не менее 20 включений и отключений разъединителя. После окончания работ трущиеся поверхности зачищают и смазывают графитной смазкой или автолом.

**Монтаж рельсовых соединений** выполняют так, чтобы обеспечивалась хорошая проводимость рельсовых цепей и снижались токи утечки (блуждающие токи). С этой целью они оборудуются стыковыми, междурельсовыми и межпутными электрическими соединениями. Стыковые электрические соединения выполняют сваркой или медным проводом сечением не менее 95 мм<sup>2</sup>, обжимают стальными гильзами и приваривают к головкам смежных рельсов. Междурельсовые и межпутные соединения устанавливают соответственно через каждые 150 и 300 м на путях, не оборудованных рельсовыми цепями автоблокировки или электрической централизации. Их выполняют стальным тросом диаметром не менее 17,6 мм, стальными стержнями диаметром 19—20 мм или полосовой сталью сечением 50 x 4 мм<sup>2</sup> и приваривают к рельсам. На подвижных путях электрические рельсовые соединения не ставятся.

## 21. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КРАНОВ И ПОДЪЕМНИКОВ

Электроснабжение крана осуществляется с помощью главных троллеев, в том числе с помощью малогабаритного троллейного шинпровода, стационарных питательных пунктов,



1, 4, 6 – электромагниты тормозов тележки, подъема груза и моста; 2, 3, 7 – электродвигатели движения тележки, подъема груза, движения моста; 5, 12, 18, 19 – конечные выключатели подъема, люка кабины, тележки, моста; 8, 9, 10 – контроллеры привода тележки, подъема и моста; 11 – защитная панель; 13 – вспомогательная цепь освещения и сигнализации; 14 – цепь аварийного освещения; 15 – щиток вспомогательных цепей; 16 – пускотормозные резисторы; 17 – шкаф магнитного контроллера привода подъема

### Рисунок 80- Структурная схема электрооборудования мостового крана

по токосъемным контактам которых скользят укрепленные на кране отрезки троллеев («контактные лыжи»); кольцевого токопровода; гибкого кабеля; стационарного токопровода. Исполнение электрооборудования кранов должно соответствовать условиям окружающей среды. Неизолированные токоведущие части электрооборудования крана ограждают, если их расположение не исключает случайного прикосновения к ним лиц, находящихся в кабине управления, на галереях и площадках крана, а также возле него. Электрооборудование с неизолированными токоведущими частями, с которого автоматически снимается напряжение при входе в места его расположения, а также электрооборудование, установленное в аппаратных помещениях и других электропомещениях, закрытых во время эксплуатации крана, не ограждается.

В аппаратных, кабинах и других электропомещениях ширина проходов, расположенных как с лицевой, так и с задней стороны щитов и панелей, имеющих сплошные или сетчатые ограждения, должна быть не менее 0,6 м. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2,2 м по одну сторону прохода до стены и оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенными по другую сторону прохода, должно быть не менее 1,2 м.

Главные троллеи крана выполняются, как правило, из стали. Но эти троллеи допускается выполнять из алюминиевых сплавов. Применение меди и биметалла для главных троллеев и троллеев крана должно быть специально обосновано. Троллеи делают жесткими или гибкими; они могут подвешиваться на тросах и располагаться в коробах или каналах. При приме-

нении жестких троллеев необходимо предусматривать устройства для компенсации линейных изменений от температуры и осадки здания.

При питании крана электроэнергией гибким кабелем следует руководствоваться требованиями ПУЭ к передвижным токоприемникам. Прокладку проводов на кранах выполняют на лотках, в коробах и трубах, применяя провода и кабели, как с медными, так и с алюминиевыми жилами сечением для вторичных цепей не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  для медных и  $4 \text{ мм}^2$  для алюминиевых жил.

Вторичные цепи на кранах, работающих с жидким и горячим металлом, и на быстроходных кранах выполняются проводами и кабелями с медными жилами и термостойкой изоляцией.

Алюминиевые жилы проводов и кабелей в первичных цепях кранов должны быть многопроволочными сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$ . Провода и кабели с однопроволочными алюминиевыми жилами в первичных цепях кранов не применяются.

На электроталях, работающих как отдельно, так и входящих в состав других грузоподъемных машин, применяют защищенные провода с медными жилами сечением: во вторичных цепях и цепях электромагнита тормоза – не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ ; в цепях электродвигателей – не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ ; кроме того, в указанных случаях допускается применение защищенных проволочных проводов с алюминиевыми жилами сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Присоединение посторонних токоприемников к главным троллеям магнитных кранов, а также кранов, транспортирующих жидкий металл, не допускается. Заземление и зануление на кранах выполняют в соответствии с требованиями ПУЭ. Считается достаточным, если части, подлежащие заземлению или занулению, присоединены к металлическим конструкциям крана; при этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи металлических конструкций. Если электрооборудование крана установлено на его заземленных металлических конструкциях и на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и незакрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется.

Рельсы кранового пути должны быть надежно соединены на стыках для создания непрерывной электрической цепи. В электроустановках, для которых в качестве защитного мероприятия применяется заземление или зануление, рельсы кранового пути должны быть соответственно заземлены или занулены.

При установке крана на открытом воздухе рельсы кранового пути, кроме того, должны быть соединены между собой и заземлены; при этом для заземления рельсов необходимо предусматривать не менее двух заземлителей, присоединяемых к рельсам в разных местах.

Стыки рельсов, по которым перемещается кран, надежно соединяют путем приварки перемычек, образуя непрерывную электрическую цепь. Кроме того, на кранах, установленных на открытом воздухе, рельсы подкранового пути соединяют между собой. При управлении с пола корпуса кнопочных аппаратов управления, если они выполнены не из изоляционного материала, заземляют не менее чем двумя проводниками.

Различают мостовые краны: однобалочные и двухбалочные, с ручным и электрическим приводом, с кабиной управления и управляемые с пола (земли). В зависимости от типа грузозахватного органа мостовые краны подразделяют на крюковые, магнитные и грейферные. Некоторые краны снабжаются специальными грузозахватными органами. По способу расположения мостовые краны бывают опорными и подвесными.

Применяют также краны специального назначения: для выталкивания слитков из изложниц; клещевые для обслуживания шахтных нагревательных печей, мульдозавалочные краны, предназначенные для завалки твердой шихты в печи и др. Для вертикального и горизонтального перемещения грузов по однорельсовому пути в виде двутавровой балки применяют электротали (тельферы).

На электрических кранах устанавливают электродвигатели, пусковые и регулировочные сопротивления, тормозные электромагниты, контроллеры, защитную, пускорегулирующую, сигнальную, блокировочную и осветительную аппаратуру, конечные выключатели, токо-

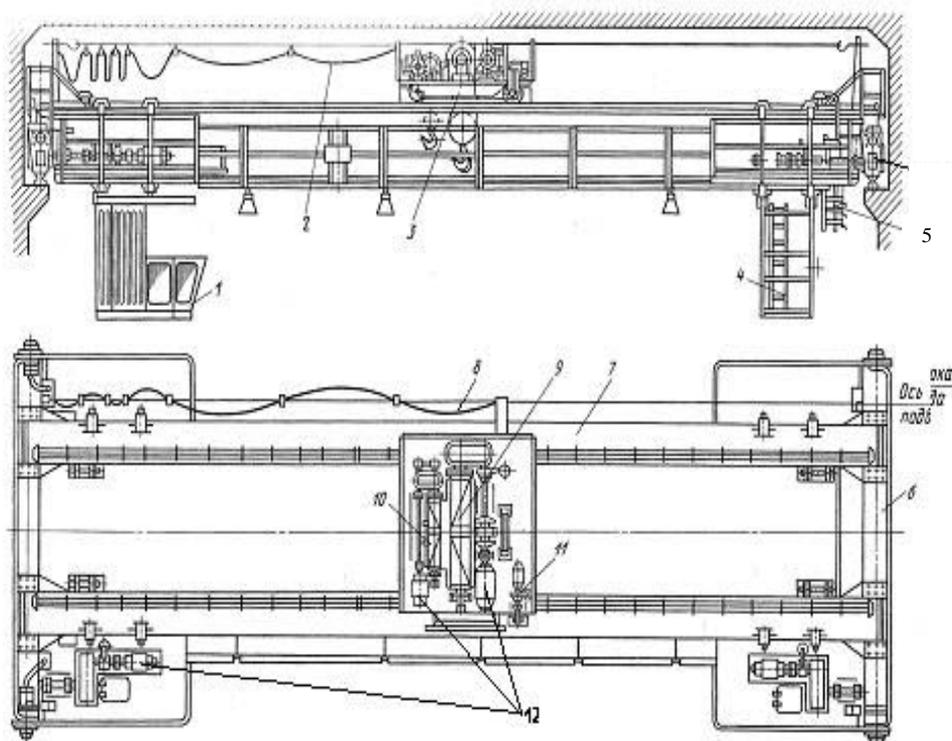
съемники, электротали. Аппараты управления краном размещают в кабине управления так, чтобы можно было работать сидя.

**Монтаж крановых троллеев.** Троллейные провода выполняют из гибких голых проводников круглого или профильного сечения из стали жестких профилей или в виде закрытых троллейных шинопроводов. Троллейные провода из гибких проводников подвешивают с жестким или свободным креплением. Стальные жесткие профили на опорных конструкциях закрепляют жестко. В качестве опорных конструкций применяют кронштейны различных типов и тролледержателей.

Монтаж троллейных проводников состоит из работ, выполняемых на строительной площадке, и комплектации в мастерских. Стальные троллеи сводной подвески иногда комплектуют из нескольких стальных проводов круглого сечения диаметром 6-8 или 10 мм. При такой конструкции должно быть достигнуто одинаковое усилие тяжения каждого провода в пучке для получения необходимого контакта между каждым проводом и токосъемником.

Концы стальных круглых проводов следует соединять электросваркой на стыковом сварочном аппарате. Одновременно ведут комплектацию опорных конструкций заводского изготовления. Последняя операция в мастерских – сборка блоков троллеев. Размер блоков определяется возможностью перевозки их на монтаж. Обычно блоки делают длиной 6 м. При сборке блоков на опорные конструкции устанавливают тролледержатели и на них монтируют троллеи. Собранные таким образом блоки троллеев доставляют на место их установки, монтируют с применением инвентарных подмостей или люлек подобно монтажу шинопроводов.

Работу по монтажу главных троллеев начинают с разметки горизонтальной линии трассы, которая отбивается по отметкам подкранового рельса. Затем размечают места установки опорных конструкций, а для троллеев из гибких проводников также и места закрепления натяжных устройств. Максимальное расстояние между опорными конструкциями для жестких троллейных проводников принимают 2-3 м, для гибких – 6 м. Опорные конструкции к металлическим и железобетонным подкрановым балкам крепят приваркой, пристреливанием пистолетом или с помощью заделанных в балки крепежных деталей. Натяжные устройства к стенам крепят сквозными болтами. Троллеи натягивают до получения стрелы провеса такой величины, при которой токосъемник может свободно продвигаться между полками опорных конструкций, а необходимый контакт между троллеем и токоприемником осуществляется за счет веса троллея.

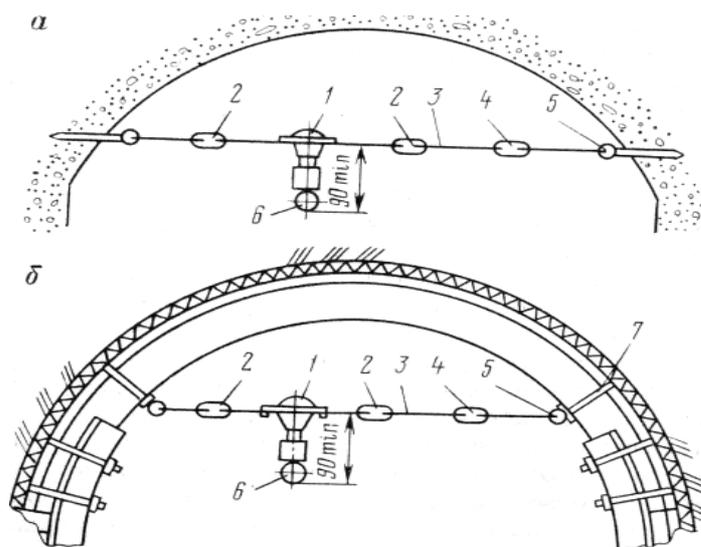


- 1- кабина управления,
- 2- гибкий кабель,
- 3- грузовая тележка,
- 4- кабина для осмотра троллеев,
- 5- токопроводящие шины (троллеи),
- 6- концевые балки,
- 7- главные балки,
- 8- кабель питания тележки,
- 9- основной механизм подъема груза,
- 10- вспомогательный механизм подъема груза,
- 11- механизм передвижения тележки,
- 12- электродвигатели,
- 13- колёса для перемещения моста по рельсовым путям

**Рисунок 81 – Оборудование мостового двухбалочного крана**

## 22. МОНТАЖ КОНТАКТНЫХ СЕТЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

**Подвеска** контактного провода. Согласно ЕПБ в подземных выработках должна применяться эластичная подвеска контактного провода. Жесткая подвеска применяется только в местах, где требуется постоянная высота провода. Эластичная подвеска провода (рис. 82) осуществляется на поперечных поддерживающих тросах-оттяжках 3, которые закрепляются на крюках 5, заделываемых в стенки выработки, или хомутами 7, устанавливаемыми на арочной крепи. При жесткой подвеске арматура крепится непосредственно к деревянной крепи, или к стенкам или своду выработки. Для подвески контактного провода в горных выработках применяют специальную подвесную арматуру. Сборка поперечных оттяжек выполняется в выработке, для этого с помощью стальной оцинкованной проволоки закрепляются изоляторы 2, натяжные муфты 4 и контактные держатели 1. Собранный поперечный оттяжку навешивают на крюки. Окончательную натяжку производят после



закрепления и регулировки контактного провода относительно оси рельсового пути. Монтаж оттяжек целесообразно выполнять заранее в мастерских.

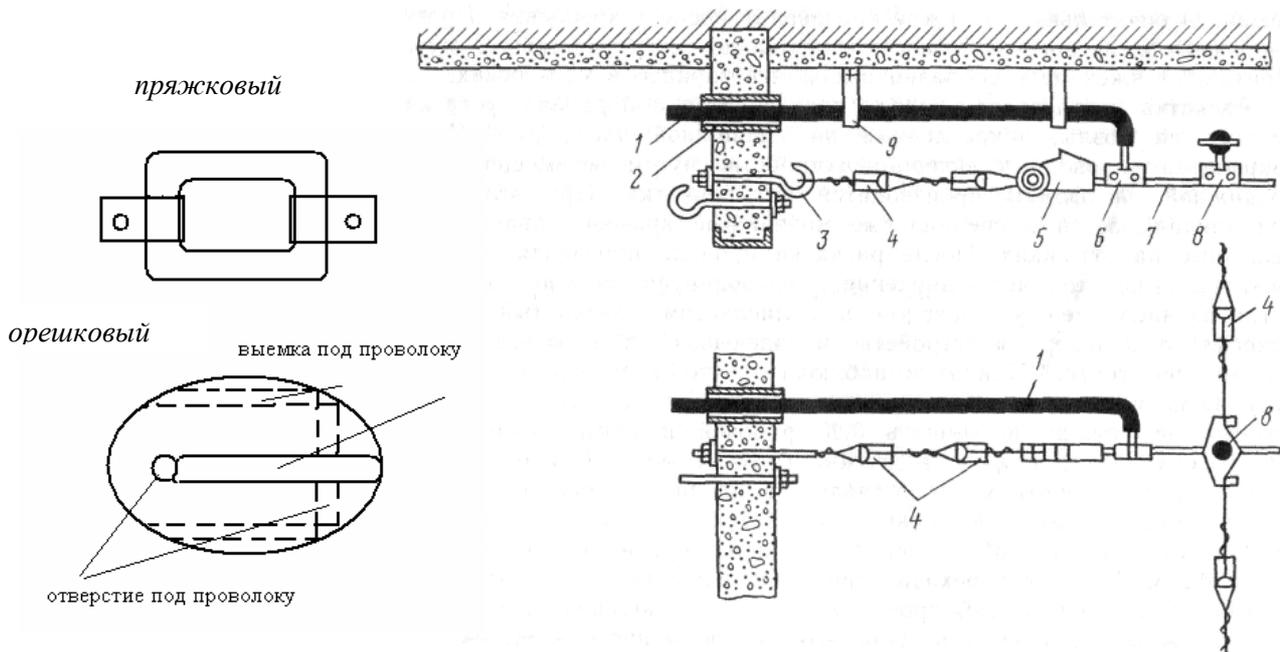
1-держатель, 2,4-изоляторы, 3-оттяжка, 5-крюк (анкер), 6-к. провод

**Рисунок 82 - Эластичная подвеска контактного провода в выработках с монолитной бетонной крепью (а) и с металлической крепью (б).**

Раскатка контактного провода производится с барабана, установленного на козлах, закрепленных на подвижной платформе. После закрепления провода в анкерном устройстве путем перемещения передвижной платформы производится его раскатка. При этом провод закладывается в специальные монтажные крючки, заранее подвешенные на оттяжках. После раскатки провода производят его натяжку до необходимого значения, контролируемого динамометром, установленным между проводом и полиспастом. Натянутый провод закрепляют в анкерном устройстве и заделывают в подвесные зажимы по всей трассе. При этом наблюдают, чтобы провод вдоль пути располагался зигзагом. Отклонение провода от оси пути в любую сторону не должно превышать 0,25 рабочей ширины токоприемника. Высота подвески провода должна быть не менее 1,8 м от головки рельса, а в выработках околоствольного двора на участке передвижения людей до места посадки в вагонетки — не менее 2,2 м. Расстояние от контактного провода до верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м. В месте перехода через вентиляционные или противопожарные двери контактный провод 7 (рис.83) должен прерываться или надежно изолироваться. При этом непрерывность электрической цепи должна осуществляться перемычкой 1 из бронированного или гибкого кабеля. Изоляция контактного провода 7 осуществляется установкой в оттяжках **орешковых** (в обводненных выработках) или **пряжковых** (в сухих выработках) изоляторов 4 на расстоянии не более 200 мм от контактного держателя 8. В местах капежа устанавливают не менее двух изоляторов на каждую сторону оттяжки на расстоянии один от другого не более 100 мм.

Монтаж питающих и отсасывающих линий рекомендуется выполнять бронированными кабелями. При применении гибких кабелей они должны быть защищены от механических воздействий. Питающий кабель присоединяют посредством специального зажима к положительному полюсу, а отсасывающий — при помощи сварки, болтовых зажимов или контактных башмаков к отрицательному полюсу преобразовательной подстанции. Защиту контактной сети от токов короткого замыкания, включения и отключения питающих и отсасывающих кабелей

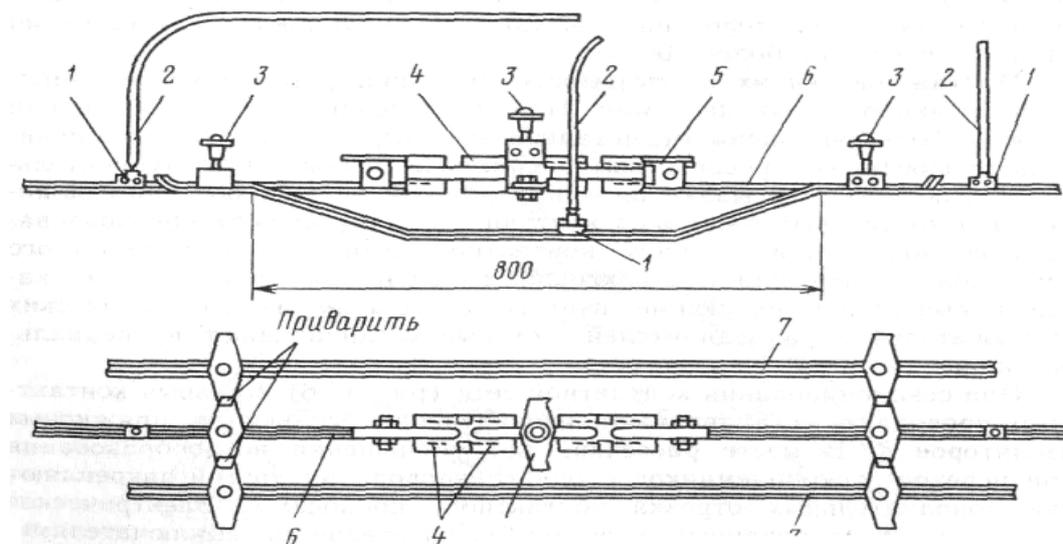
выполняют питающие пункты, состоящие из автоматических выключателей и разъединителей, которые устанавливают в специальной нише.



1 — кабельная перемычка; 2—металлическая труба, заполненная глиной; 3—натяжной крюк; 4 — изолятор; 5 — натяжная муфта; 6—питающий зажим; 7—контактный провод; 8—контактный держатель; 9—подвес для кабеля

**Рисунок 83 – Пряжковый и орешковый изоляторы (слева) и узел перехода контактного провода через двери**

Контактную сеть разделяют на участки длиной 500 метров. При секционировании контактной сети (рис.84) в разрыв контактного провода б устанавливают изолирующие вставки из пряжковых изоляторов 4. В месте расщепки, для уменьшения искрообразования при переходе токоприемников с одного провода на другой закрепляют два дополнительных отрезка контактного провода 7. Электрическое соединение изолированных участков осуществляется выключателями, соединенными с контактным проводом кабелем 2. Узлы секционирования сооружают не более чем через 500 м на прямолинейном участке пути.



1 -питающий зажим; 2 — соединительный кабель; 3—контактный держатель; 4 — пряжковый изолятор; 5—зажимная скоба; 6— контактный провод; 7 — отрезок контактного провода

**Рисунок 84 - Узел секционирования**

**Монтаж рельсовых соединений.** В подземных выработках выполняются следующие электрические соединения: стыковые – на каждом стыке рельсов; обходные – на стрелках, крестовинах и т.д.; междурельсовые – не реже, чем через 50 метров и межпутные – не реже, чем через 100 метров, а также в начале и в конце путей. Стыковые соединения могут выполняться металлическими проводниками или сваркой рельсов; остальные – только гибкими проводниками. Сечение проводников не менее 100 мм<sup>2</sup>.

**Проверка и испытания контактной сети.** Смонтированная контактная сеть подвергается электрическим испытаниям и наружному осмотру. При электрических испытаниях определяют уровень сопротивления изоляции контактного провода и электрооборудования контактной сети и сопротивление стыковых соединений рельсов. В контактных сетях открытых разработок сопротивление изоляции контактной сети должно быть не ниже 1000 Ом на 1 В рабочего напряжения сети. В тяговой контактной сети подземных выработок сопротивление изоляции должно быть не ниже: секции контактного провода – не ниже 60 кОм; секционно-го изолятора, изолирующей вставки и аппаратуры управления – 500 кОм. Сопротивление стыкового электрического соединения не должно превышать сопротивление 1 м целого рельса больше, чем в 3 раза.

При наружном осмотре проверяют высоту и правильность расположения контактного провода в плане, взаимодействие его с токоприемником электровоза. Визуальный осмотр сети производят во время пробного проезда электровоза со скоростью 10-15 км/ч на открытых разработках и 3,5-4,5 км/ч в подземных выработках.

## 23. МОНТАЖ ОСВЕЩЕНИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

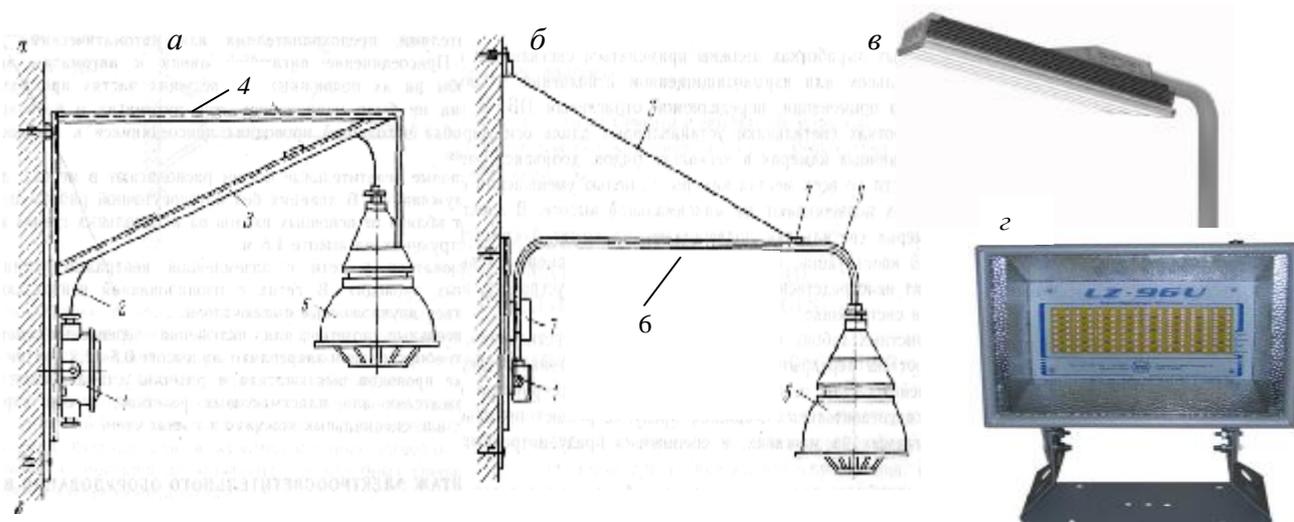
Надежная и безопасная работа технологических установок как на поверхности, так и в подземных выработках в значительной степени зависит от достаточной освещенности рабочих мест и надежной работы осветительных установок. Они содержат светильники, электропроводки, электроустановочные изделия и источники питания. Светильник состоит из осветительной арматуры и ламп. Арматура обеспечивает перераспределение светового потока лампы в требуемом направлении, предохранение зрения от чрезмерной яркости, крепление и подключение ламп к источнику питания и защиту их от механических повреждений и окружающей среды. В светильниках применяются газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные, натриевые, ксеноновые) и лампы накаливания. К электроустановочным изделиям относятся выключатели и переключатели, штепсельные соединения, колодки зажимов, патроны, плавкие и автоматические предохранители др. В зависимости от вида освещения питание осветительной установки осуществляется от электросиловых сетей или от отдельных источников питания. Рабочее и аварийное освещение питаются от независимых источников. Для питания светильников применяется напряжение 36, 127 и 220 В, для питания специальных ламп (ксеноновых, натриевых и др.) на поверхности допускается напряжение 380 В.

Монтаж электрического освещения должен выполняться в соответствии с проектом для данной установки с применением промышленных методов монтажа и средств механизации электромонтажных работ. Монтаж светильников и электропроводок, монтажных узлов и блоков выполняют в мастерских, которые затем устанавливаются в горных выработках.

### 23. 1. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ПОВЕРХНОСТИ

Монтаж осветительного оборудования на поверхности выполняют после подготовки трассы, которая предусматривает: разметку мест, установку щитков, выключателей, розе-

ток, осветительной арматуры; устройство проходов сквозь стены; устройство гнезд для установки крепежных и закладных деталей и т. д.



*а* — на кронштейне при открытой прокладке кабеля; *б* — при прокладке провода в трубах; 1 — осветительная коробка; 2 — кабель; 3 — укосина; 4 — кронштейн; 5 — светильник; 6 — труба; 7 — хомут; *в* — консольный уличный светодиодный светильник; *г* — светодиодный светильник для производственных помещений

### Рисунок 85 - Крепление светильников на стене. Светодиодные светильники.

Для наружного освещения применяют светильники, снабженные серьгами или резьбой для навинчивания на трубу. Подвеска светильников 5 осуществляется на кронштейне при открытой прокладке кабеля и при прокладке провода в трубах 6.

Монтаж светильников 5 включает установку крепежных деталей и конструкций, подвеску и крепление светильников, а также присоединение их к электрической сети и заземлению. Подвеска светильников осуществляется: к потолкам, фермам и тросам — на штангах, подвесках, крюках, шпильках; на стенах, полочках, площадках обслуживания — к кронштейнам 4, а также к трубам 6 электропроводки, осветительным шинопроводам и коробам. Светильники 5 присоединяют к сети через осветительные коробки 1. Для подвешива-  
Монтаж светильников и линий на небольшой высоте до 5 м выполняют со стремянок, приставных лестниц и лестниц платформ. При большой высоте применяют гидropодъемники, телескопические подъемники или монтажные краны.

Тип применяемых устройств подвески светильников определяется назначением, способом и местом установки светильника.

При монтаже светильников должно быть обеспечено правильное расположение их в ряду и по высоте. При этом не должно быть заметных на глаз отклонений. Светильники подвешивают так, чтобы обеспечивать доступ для их обслуживания.

Наружное освещение выполняют светильниками наружного освещения и прожекторами с различными источниками света. Светильники крепят на кронштейнах к опорам или подвешивают на тросах.

Питание и управление включением и отключением осветительных установок осуществляют через групповые осветительные щитки с выключателями, предохранителями или автоматическими выключателями. Присоединение питающей линии к автоматам выполняют так, чтобы на их подвижных токоведущих частях при разомкнутом положении не было напряжения, а в автоматах и предохранителях типа пробка отходящий проводник присоединялся к винтовой гильзе основания.

Групповые осветительные щитки располагают в местах, доступных для обслуживания. В зданиях без круглосуточной работы щитки располагают вблизи от основных входов на капитальных стенах или жестких конструкциях на высоте 1,8 м.

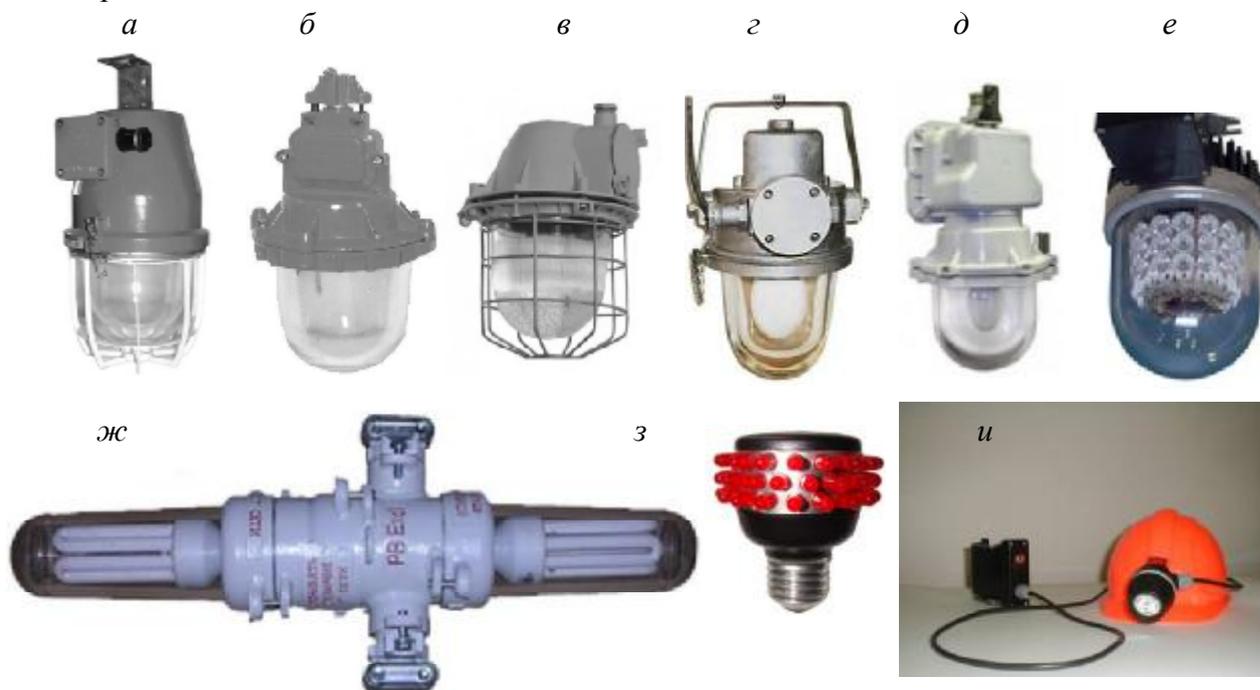
Выключатели в сети с заземленной нейтралью устанавливают только в фазных проводах. В сетях с изолированной нейтралью должны применяться **двухполюсные** выключатели.

Штепсельные розетки для включения переносных светильников и другого оборудования закрепляют на высоте 0,8—1,2 м. При открытой прокладке проводов выключатели и розетки устанавливают на круглых держателях или пластмассовых розетках, а при скрытых — в коробках или специальных кожухах в нишах стен.

## 2. МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

В подземных выработках должны применяться светильники в рудничном нормальном (РН) или взрывозащищенном (РВ) исполнении в соответствии с областью применения, определяемой отраслевыми ПБ. В протяженных выработках светильники устанавливают вдоль оси выработки, в электромашинных камерах в несколько рядов, добиваясь равномерной освещенности во всех местах камеры. С целью уменьшения слепящего действия их подвешивают на максимальной высоте, удобной для обслуживания, но не менее 1,8 м.. В электромашинных камерах светильники подвешивают на крюках специальной конструкции, закрепляемых на стенках камеры. В выработках их крепят непосредственно к крепи или к бокам или кровле выработки с помощью подвесов и пробок, вставленных в пробуренные шпуровые отверстия небольшой глубины (подбурки).

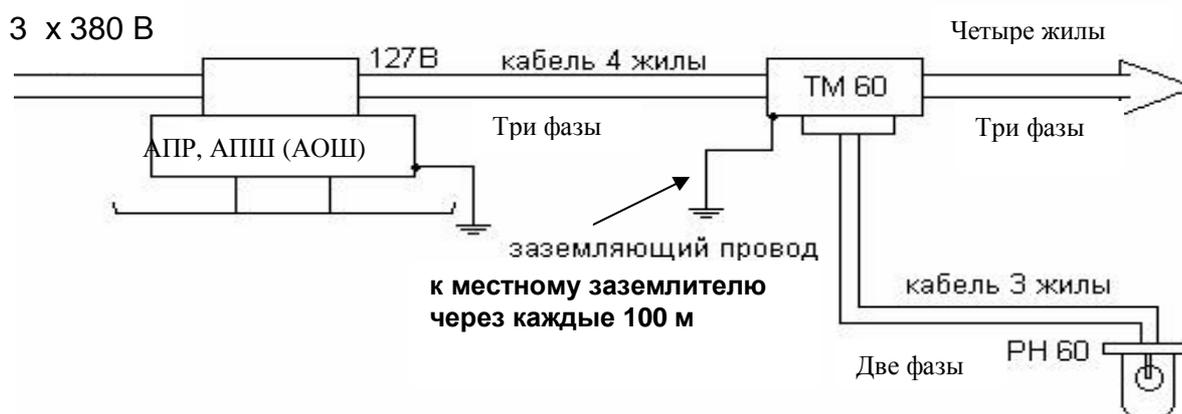
В очистных забоях применяют специальные забойные переносные светильники. Их устанавливают на перекрытии крепи или на кронштейнах, закрепленных в стенках выработок. Для освещения призабойного пространства на очистных и подготовительных машинах предусматривают применение фар, располагаемых на машинах, или прожекторов в специально предусмотренных для них местах.



*а - НСП, б - РН, в - РП, г, д - РВ, е - светодиодный, ж - РВЛ, з - лампа светодиодная, и - головной светильник светодиодный*

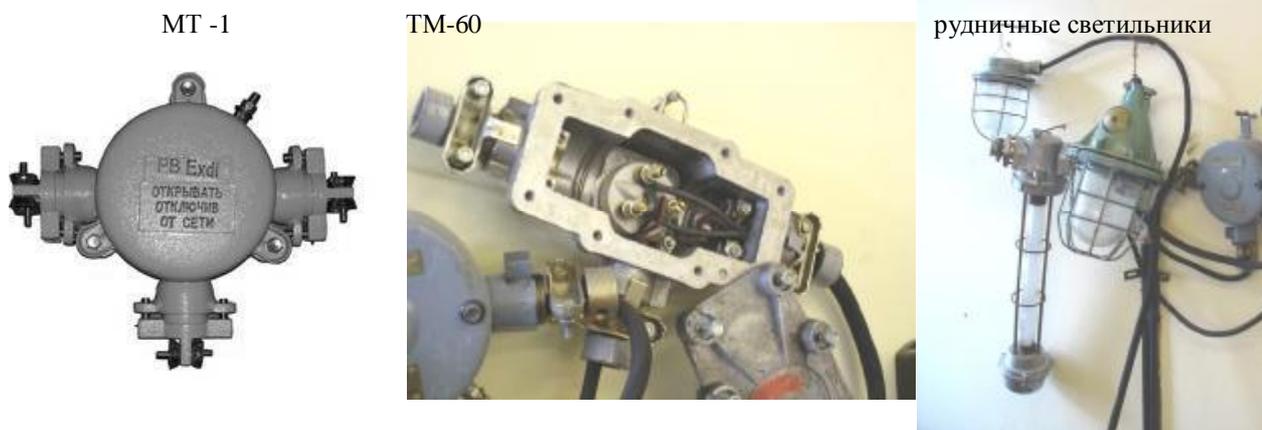
**Рисунок 86 –Общий вид некоторых типов рудничных светильников**

Для присоединения осветительного оборудования применяют бронированные или гибкие кабели. Основная осветительная магистраль выполняется бронированным или гибким кабелем сечением жилы не менее  $4 \text{ мм}^2$ , а ответвления от нее к светильникам — гибким сечением не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ . Присоединение светильников к магистрали выполняют тройниковыми муфтами (МТ, ТМ-60), если конструкция светильника имеет только один кабельный ввод. Если в светильнике предусмотрено два кабельных ввода, то необходимость установки тройниковых муфт отпадает. Поскольку в подземных выработках применяется система с изолированной нейтралью, то при присоединении светильников к трехфазной сети их подключают равномерно во все три фазы поочередно. Если используется гибкий кабель, то отводы к светильникам выполняются в мастерской на поверхности с помощью пайки и горячей вулканизации.



**Рисунок 87 - Устройство осветительной сети в горной выработке.**

Для питания и управления сетевыми светильниками применяют специальные трехфазные осветительные трансформаторы ТСШ с отдельным комплектом пусковой и защитной аппарату-



**Рисунок 88 – Арматура освещения для рудников**

ры, а также комплектные осветительные и пусковые аппараты АПШ, АОШ, АПР, ОСВ, АПВИ и др. Применение комплектных аппаратов позволяет уменьшить номенклатуру оборудования, уменьшить его габариты и массу, повысить надежность, уменьшить трудозатраты на монтаж и техническое обслуживание. Применение осветительных аппаратов обеспечивает стабилизацию напряжения осветительной сети и более надежную защиту и управление. Источники питания, как правило, устанавливают на распределительных пунктах или в электромашинных камерах. Порядок и технология их монтажа не отличаются от подобных операций другого рудничного электрооборудования.

## 24. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Условия доставки, монтажа и эксплуатации электрооборудования на подземных горных работах более опасные, трудоемкие и сложные, чем на поверхности. В них могут образовываться взрывоопасные концентрации газов или пыли, электрооборудование часто находится в непосредственном соприкосновении с горючими материалами, что при определенных условиях может привести к взрыву или пожару. Ограниченное пространство монтажных зон, обусловленное небольшими размерами горных выработок, затрудняет взаимодействие монтажников, а также применение средств механизации. В ряде случаев работы по монтажу электрооборудования выполняются в позах неестественных для человека (лежа или на коленях), а в некоторых случаях даже затрудняется обеспечение его устойчивого положения. Теснота объясняется и тем, что персонал, выполняющий монтажные работы, имеет личное снаряжение, требуемое по условиям безопасности (головной светильник, самоспасатель и т. п.). Наличие пыли, капежа, агрессивной влаги затрудняют создание условий, обеспечивающих чистоту рабочего места, необходимую для выполнения качественного монтажа и сохранения надежной работы электрооборудования. Неблагоприятные условия ведения этих работ усугубляются плохой освещенностью горных выработок. Независимо от уровня взрывозащиты для рудничного электрооборудования характерны следующие особенности: заключение электрооборудования в оболочку, изготовленную из негорючих или трудногорючих материалов, обеспечивающую высокую степень защиты от внешних воздействий; применение элементов и деталей электрооборудования из материалов, стойких к агрессивному действию рудничной атмосферы; осуществление ввода кабелей в оболочки через специальные вводные устройства, обеспечивающие защиту от проникновения внутрь воды, влаги и пыли; использование для зажимов и контактных соединений меди или латуни, обеспечивающих высокую надежность электрического контакта; применение кабелей, не распространяющих горения и др.

Помимо применения специального электрооборудования выполняются также организационно-технические мероприятия, направленные на обеспечение нормальных условий при монтаже и эксплуатации, при которых исключаются повреждения и ненормальные режимы работы электрооборудования, а следовательно, и образование опасных источников воспламенения; предупреждение возможной опасности в случае появления опасных источников воспламенения.

Большую опасность представляет ведение сварочных (огневых) работ в подземных выработках. Для повышения безопасности разрабатываются мероприятия, предусматриваются удаление или снижение горючести предметов в районе ведения сварки, изолирование свариваемых деталей от горючих элементов, улавливание искр, помещение остатков электродов в металлический ящик, размещение у мест ведения огневых работ необходимых средств пожаротушения. Они ведутся под руководством главного механика шахты или его заместителя по письменному наряду. В месте ведения огневых работ должны находиться ответственный за их ведение, представитель участка ВТБ и респираторщик горноспасательной части. Приступить к ведению огневых работ можно только в случае, если выполнены все меры предосторожности и установлено отсутствие метана. При обнаружении следов метана во время выполнения работ они должны быть прекращены. После окончания работ выработку увлажняют во все стороны от места сварки не менее чем на 10 м и организуют дежурство в течение не менее 2 ч.

Учитывая неблагоприятные обстоятельства, затрудняющие выполнение монтажных работ в горных выработках, нужно стремиться к выполнению возможно **большого объема работ по подготовке к монтажу на поверхности**: ознакомление с технической документацией на электроустановку; проверка соответствия электрооборудования параметрам электрической сети, режимам работы и условиям эксплуатации; оценка возможности его транспортирования по горным выработкам; выбор технических средств, инструмента, материалов и вспомогательного оборудования для монтажа; разработка технологических схем монтажа и закуп-

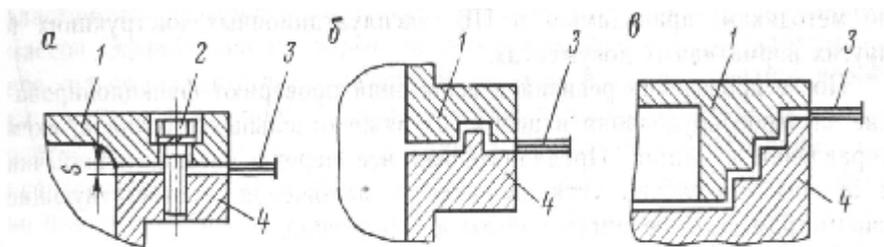
ненной сборки монтируемого электрооборудования; разработка графиков выполнения монтажных работ; определение потребности в людских ресурсах и взаимодействие монтажников; ревизия и испытание электрооборудования на поверхности. Поскольку электрооборудование, является частью технологического оборудования, монтаж их ведется совместно. При ревизии электрооборудования особое внимание уделяется проверке состояния изоляции, контактных соединений, движущихся частей; обеспечению взрывозащиты; функционированию схем управления, защит и т. п.

Проверка изоляции предусматривает измерение сопротивления и определение механических повреждений. Если сопротивление изоляции окажется ниже нормируемого, то необходимо произвести сушку электрооборудования. Однако уровень сопротивления изоляции не дает гарантий надежной работы электрооборудования, если в ней имеются повреждения (сколы, трещины, царапины на защитных пленках и т. п.), которые могут привести к ее быстрому увлажнению и выходу из строя при эксплуатации в шахте. Поэтому при ревизии необходимо тщательно проверить изоляционные детали на отсутствие в них повреждений.

В рудничном электрооборудовании применяют большое число разборных контактных соединений, выполняемых болтами, винтами и т. п. Переходное сопротивление этих контактов зависит от качества их соединения. При недостаточном их сжатии возможен чрезмерный нагрев, что может привести не только к отказу электрооборудования, но и к воспламенению взрывоопасной смеси или пожару. При проверке контактных соединений проводятся внешний осмотр и подтягивание болтов, винтов, гаек. В размыкаемых контактных соединениях коммутационных аппаратов и реле важно обеспечить одновременность их замыкания, требуемое нажатие и максимальную площадь прилегания (**не менее 75% площади контакта**). В движущихся частях проверяют: мягкость и плавность хода, отсутствие перекосов, затираний, задержек в промежуточных положениях, наличие и качество смазки.

Взрывозащита электрооборудования обеспечивается совокупностью конструктивных и схемных решений, поэтому при монтаже должны быть сохранены количественные и качественные значения их параметров. Ревизия взрывонепроницаемости электрооборудования предусматривает следующие проверки.

*Состояние оболочек.* Они не должны иметь трещин, отверстий, вмятин, неисправностей смотровых окон и других повреждений. Поверхности оболочек должны иметь надежное антикоррозионное покрытие.



*а — плоские фланцы; б — лабиринтные фланцы; в — ступенчатые фланцы; / — крышка; 2 — болт; 3 — шуп; 4 — оболочка электрооборудования*

**Рисунок 89 - Схема контроля ширины взрывонепроницаемой щели**

*Состояние взрывонепроницаемого соединения между частями оболочки.* Поверхности таких соединений не должны иметь вмятин, раковин, царапин, заусениц и глубоких слоев коррозии. Эластичные уплотняющие прокладки должны быть равномерно уложены в пазы и не иметь разрывов и смятий. Ширина зазора  $S$  (рис. 21) взрывонепроницаемой щели при нормальной затяжке должна соответствовать приводимой в инструкциях по эксплуатации. Зазор контролируют с помощью щупа 3 толщиной на 0,05 мм больше допустимого зазора. Он не должен входить в проверяемую щель.

*Искробезопасность электрооборудования.* Проверяют комплектность изделия в соответствии с технической документацией и штампы проверки ОТК на изделиях; отсутствие повреждений на элементах, обеспечивающих искробезопасность; целостность оболочек, залитых компаундом, а также наличие и исправность перегородок, отделяющих искробезопасные цепи от искроопасных.

*Электрооборудование повышенной надежности против взрыва.* Проверяют пути утечки по поверхности изоляционных деталей и воздушные зазоры между токоведущими частями разного потенциала. Проверку и испытание защит и блокировок осуществляют по методикам, приводимым в ПБ, эксплуатационных инструкциях и других нормативных документах.

После проведения ревизий и испытаний проверяют функционирование электрооборудования в целом, а также отдельных его узлов, схем управления и защит. Предварительно все переключатели, переключки и органы управления устанавливают в положения, соответствующие параметрам сети, режимам работы и управления.

Большим резервом в повышении надежности электрооборудования при эксплуатации является проведение предварительной тренировки при подготовке его к монтажу. Основные задачи тренировки — выявление и устранение малонадежных узлов и элементов со скрытыми дефектами. Ее целесообразно производить на поверхности. Объем и порядок тренировки определяются в каждом конкретном случае в зависимости от назначения и выполняемых функций электрооборудования. Количественным показателем объема тренировки может быть принято число опытов (срабатываний) аппаратов или отдельных их узлов без отказов исходя из заданной вероятности безотказной работы тренируемых изделий  $P$  в основном периоде их работы и доверительной вероятности полученных результатов  $p$ . Необходимое число опытов может быть определено по специальным графикам.

Электрооборудование, доставляемое в шахту, подвергается ударам, вибрациям, попадает под капеж и испытывает другие воздействия, которые могут привести к его повреждению. Поэтому, несмотря на проверку, выполненную на поверхности, на месте монтажа проводят его повторную проверку.

Монтаж электрооборудования в шахте может выполняться как эксплуатационным, так и командированным персоналом, прошедшим соответствующее обучение и имеющим право выполнять работы в шахте. Монтажные работы выполняют с соблюдением мероприятий, обеспечивающих безопасность работ. При концентрации газа, превышающем допустимое значение, работы по монтажу должны быть прекращены.

Монтаж рудничного взрывозащищенного электрооборудования предусматривает: правильное его размещение и установку; присоединение входящих и отходящих кабелей силовых и вспомогательных цепей; выполнение защитного заземления; проверку, испытание и наладку смонтированного электрооборудования. При определении мест установки и размещения электрооборудования следует руководствоваться следующими положениями: уровень взрывозащиты должен соответствовать требованиям ПБ; оборудование нельзя устанавливать под капежем, слабой кровлей, в местах обильного пылеобразования, вблизи мест прохождения транспорта. Место установки должно обеспечивать возможность поддержания чистоты электрооборудования и удобство технического обслуживания и ремонта.

Одно из основных условий присоединения кабелей — это обеспечение взрывобезопасности электрооборудования. Взрывонепроницаемость в месте прохода кабеля обеспечивают применением специального ввода с эластичным уплотнительным кольцом или заливкой затвердевающей массой. Эффективна эта взрывозащита в том случае, если уплотнительное кольцо соответствует диаметрам расточки в корпусе вводной коробки и кабеля. В противном случае эластичное кольцо будет недостаточно плотно сжато и не будет обеспечивать требуемой герметизации. Для предотвращения выдергивания и проворачивания кабель закрепляется во вводном устройстве скобой или планкой. Неиспользованные кабельные вводы должны быть герметически закрыты стальными или пластмассовыми заглушками заводского изго-

товления. Место ввода кабелей с бумажной или пластмассовой изоляцией уплотняется заливкой затвердевающей массой.

Наладка и испытание электрооборудования центральных, преобразовательных, тяговых подстанций и приравненных к ним распределителей напряжением выше 1140 В выполняется специальными организациями, а до 1140 В — персоналом производственного объединения или шахты. Для оперативного решения вопросов, возникающих при монтаже и наладке, и обеспечения безопасности работ шахта выделяет ответственного представителя энергомеханического отдела. Результаты наладки и испытаний, выполненные специализированной организацией, оформляют техническим отчетом, а энергомеханическими службами шахт и объединений — фиксируются в технической и учетно-контрольной документации установленной формы.

Смонтированная электроустановка принимается специальной комиссией. Она проверяет: соответствие смонтированного электрооборудования и кабелей проектам; правильность их установки с соблюдением необходимых зазоров, обеспечивающих безопасность движения транспорта, прохода людей и удобства обслуживания во время эксплуатации и защиты от механических повреждений и капежа; наличие средств индивидуальной защиты и пожаротушения; правильность выполнения защитного заземления и комплекса мероприятий, обеспечивающих взрывозащиту. Принятое в эксплуатацию электрооборудование должно быть опломбировано.

## 25. МОНТАЖ КРУ В ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ.

Для комплектации ЦПП, УПП, КТП и РП и включения отдельных потребителей высокого напряжения применяются комплектные распределительные устройства рудничного нормального КРУРН-6, КРУЭ-РН-6 и взрывобезопасного исполнения КРУВ-6 — с силовыми воздушными электромагнитными, или, более новые - с **вакуумными выключателями**. Раньше применялись масляные выключатели, но их применение сейчас ограничено из-за проблем с пожароопасностью и сложностью обслуживания. Шкафы КРУВ-6, как правило, устанавливаются в камерах. Однако, учитывая более высокий уровень взрыво- и пожаробезопасности, их можно устанавливать в уширении горной выработки. При монтаже КРУ в ЦПП и УПП они устанавливаются на фундамент или бетонные плиты толщиной 300—400 мм, швеллеры или двутавры, прокладываемые и закрепляемые вдоль камеры. Одиночные КРУВ-6 вне камер УПП лучше не устанавливать, в этом случае лучше использовать ТСВП-6 или КТП-РН-6. КРУ следует устанавливать в вертикальном положении и надежно закреплять, чтобы исключить возможность их сдвига. Для удобства обслуживания и доступа к аппаратуре необходимо между стенками камеры и КРУ обеспечить достаточное расстояние.

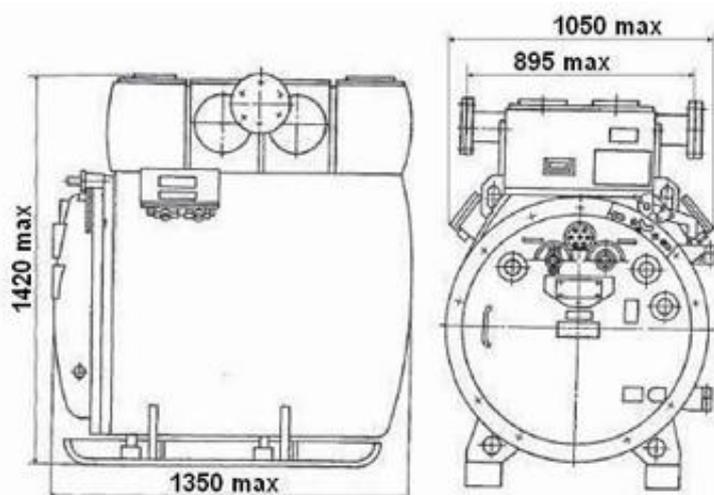
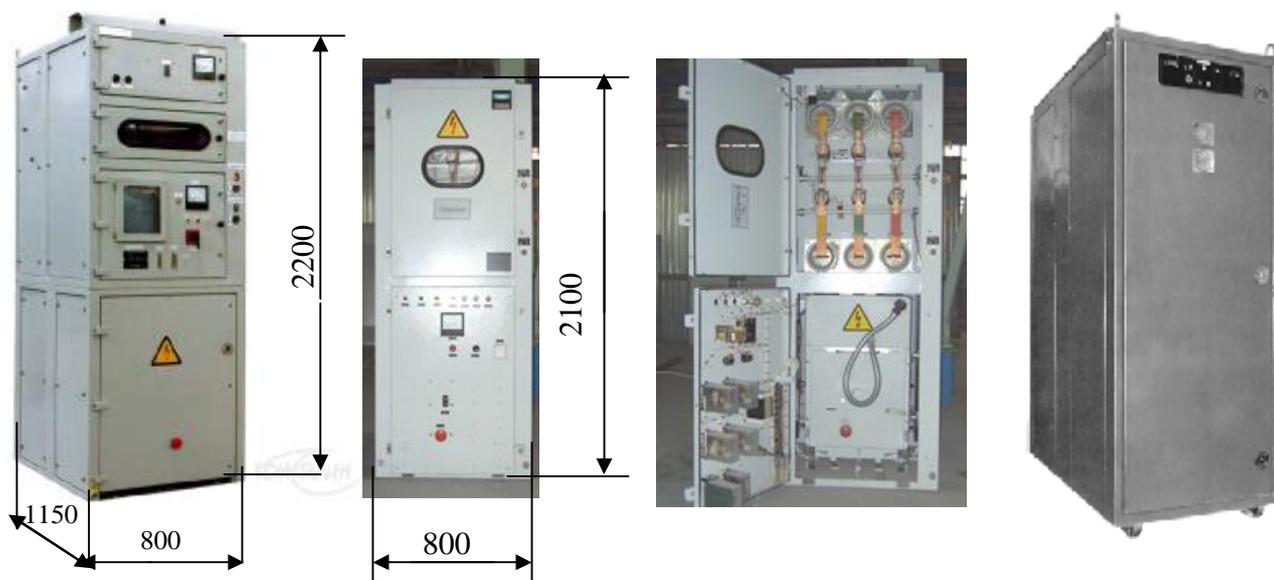
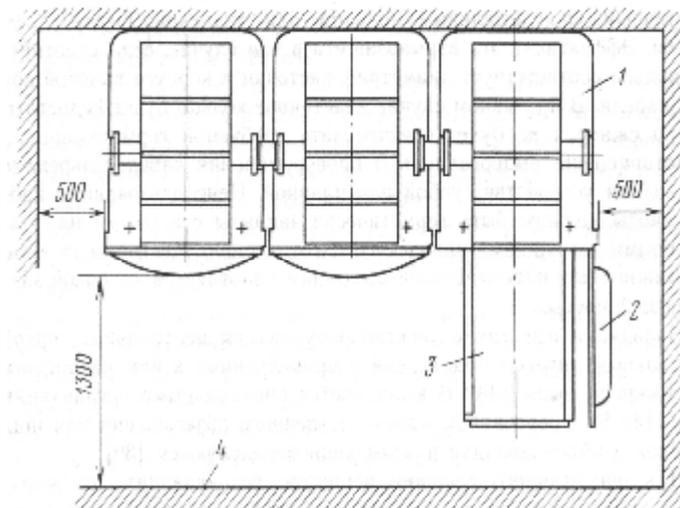


Рисунок 90 – Габаритные размеры и общий вид КРУВ-6



**Рисунок 91 – Рудничные КРУ исполнения РН-1. 3 КВЭ-10, К-98-РН, КРУРН-6**

Рекомендуемые расстояния между стенками камер 4 и корпусами 1 при групповом монтаже КРУВ-6 приведены на рис. 92. При необходимости обслуживания КРУ со стороны стен камеры должны оставаться монтажные проходы шириной не менее 0,5 м. Комплектуемые в групповое распределительное устройство КРУВ могут соединяться с помощью кабельных перемычек нежестко или жестко. Для жесткой комплектации применяют специальные соединительные муфты, обеспечивающие после монтажа сохранение взрывобезопасности устройств. Монтаж сборных шин выполняют специально поставляемыми с ними шинами.



1 — корпус КРУ; 2 — крышка; 3 — выкатная часть; 4 — стена камеры

**Рисунок 92 – Сборка из КРУВ-6. Расположение КРУВ-6 в камере УПП**

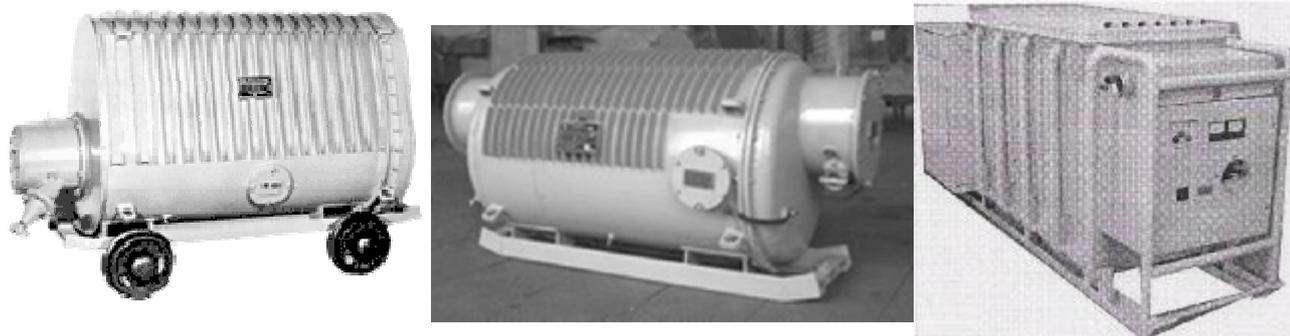
Присоединение силовых цепей может осуществляться посредством бронированных кабелей через кабельные вводы. Заделки кабельных вводов заливают кабельной массой, или эпоксидным компаундом, или выполняют сухую разделку из термоусаживаемых материалов. Жилы кабеля в приемной коробке разводятся так, чтобы они не касались друг друга и стенок корпуса. Расстояние по воздуху от жилы кабеля до стенки корпуса должно быть не менее 60 мм.

Цепи вторичной коммутации (управления и защиты) присоединяют контрольными кабелями через соответствующие коробки и вводы цепей вторичной коммутации. Для дистанционного управления КРУ предусматривается возможность подключения пульта, который устанавливается в месте расположения электроприемника. При отсутствии взрывоопасной сре-

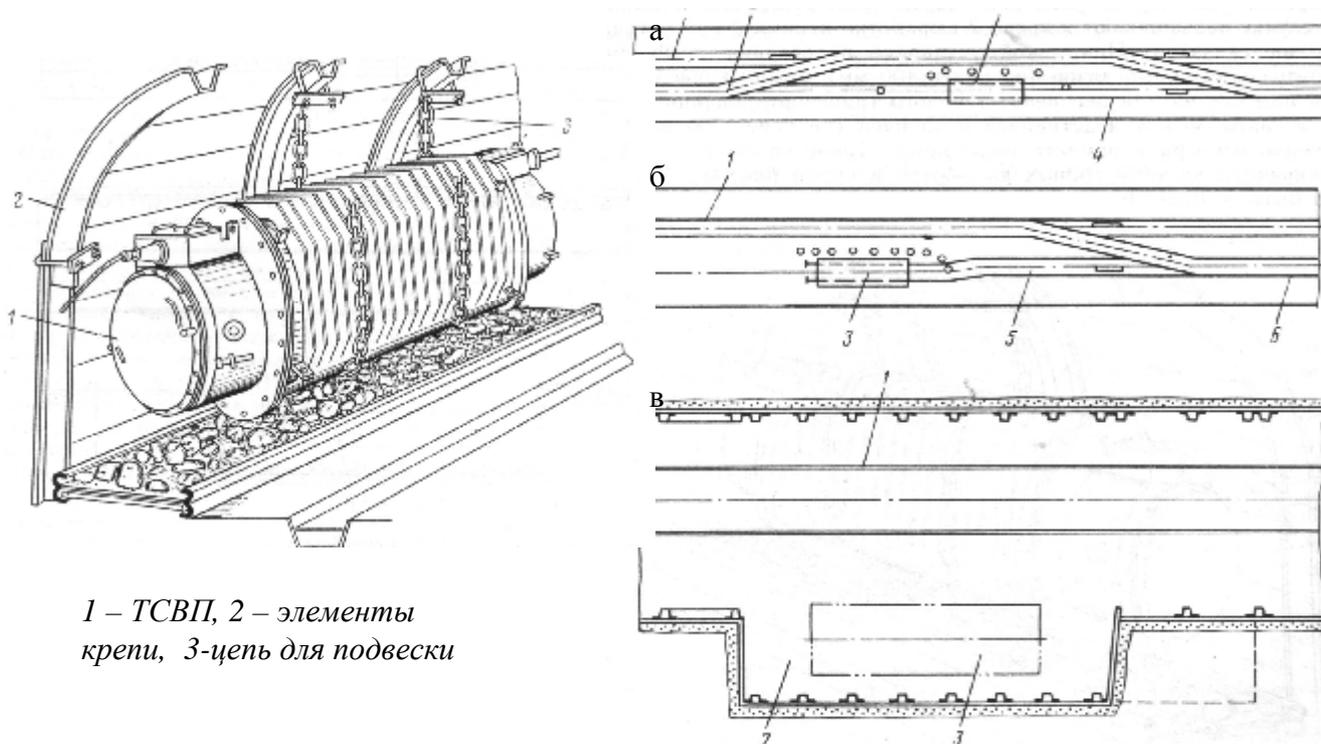
ды вместо КРУВ используются КРУРН или КРУЭ-РН-6. Напряжение на КРУ подается после полного окончания монтажа и выполнения наладки и испытаний. Перед включением КРУ производят проверку работоспособности блокировочного реле утечки и максимальной токовой защиты косвенным методом, а также подключаемых к КРУ внешних защит. Затем производится два-три цикла включения-отключения выключателя.

## 26. МОНТАЖ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Для питания приемников электроэнергии в шахтах опасных по газу и пыли применяют взрывобезопасные силовые трансформаторы ТСВ и передвижные комплектные трансформаторные подстанции ТСВП, в рудниках не опасных по газу и пыли применяются трансформаторы и КТП в рудничном нормальном исполнении РН-1, например, КТПРН-6. Силовые трансформаторы целесообразно устанавливать в камерах ЦПП, УПП, а также там, где установлено электрооборудование стационарной установки.



**Рисунок 93 – Общий вид ТСВ с рамой на колесно-рельсовом ходу, ТСВ на салазках, КТП-РН на салазках**



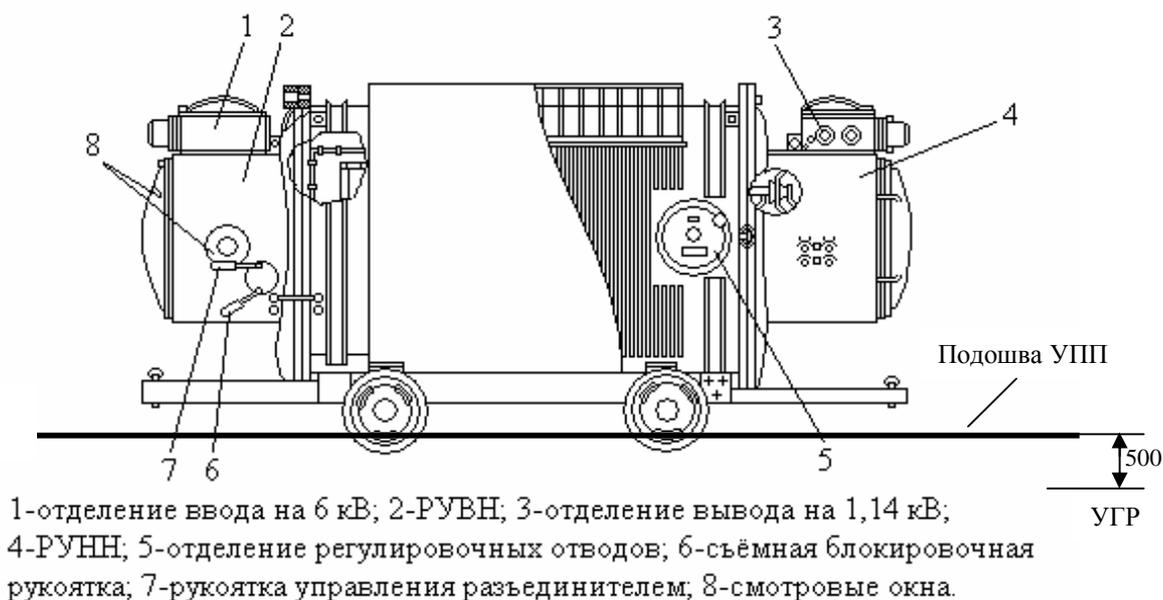
1 – ТСВП, 2 – элементы  
крепи, 3 – цепь для подвески

*а — двухпутевой; б — однопутной; в — в нише; 1 — грузовой путь; 2 — съезд; 3 — подстанция; 4 порожняковый путь; 5 — заезд; 6 — разминовка; 7 — ниша*

**Рисунок 94 – Размещение ТСВП в выработке над конвейером. План установки КТП типа ТСВП в выработках.**

Место установки передвижных КТПРН-6 и ТСВП-6 для горных участков определяют в каждом конкретном случае в зависимости от применяемой системы разработки, типа крепи и состояния выработок, организации работ, транспорта в штреке и т. д. Некоторые варианты установки КТП приведены на рис. 26: при двухпутном движении транспорта на отрезке порожнякового пути со съездами — с обеих сторон подстанции 3 при однопутном движении — в тупиковом заезде 5, являющемся продолжением разминовки 6 в нише 7. Подстанция может устанавливаться также в уширении выработки или в специально пройденной выработке, почва которой должна быть выше УГР на 0,5 м (рис. 27). Рельсовый путь, где установлена ПКТП, должен быть отсоединен от пути, по которому осуществляется транспортирование грузов, или отделен от него барьерами. Применение таких способов установки требует дополнительных затрат на расширение штрека, укладку рельсов, съездов и др. Поэтому на шахтах КТП иногда устанавливают в свободной части штрека на почву или настил, а при применении конвейерного транспорта — над конвейером (рис. 25). Подстанцию 1 в этом случае подвешивают к крепи 2 выработки цепями 3 или устанавливают на салазках. При такой установке подстанции необходимо обеспечить достаточный зазор (не менее 400 мм) между конвейером и днищем подстанций для беспрепятственного транспортирования горной массы, а также между подстанцией и кровлей (не менее 500 мм) для обеспечения осмотра и ремонта подстанции. Такие способы установки ограничиваются высотой горных выработок и углом наклона, который должен быть не более 6°.

При установке трансформаторов ТСВ и подстанций ТСВП, КТПРН в камерах участковых подземных подстанций к их устройству предъявляются следующие требования: крепь должна быть несгораемой, крепление производится в самой УПП и по пять метров в обе стороны,



**Рисунок 95 - Установка ТСВП на рельсовом пути в горной выработке и в камере УПП.**

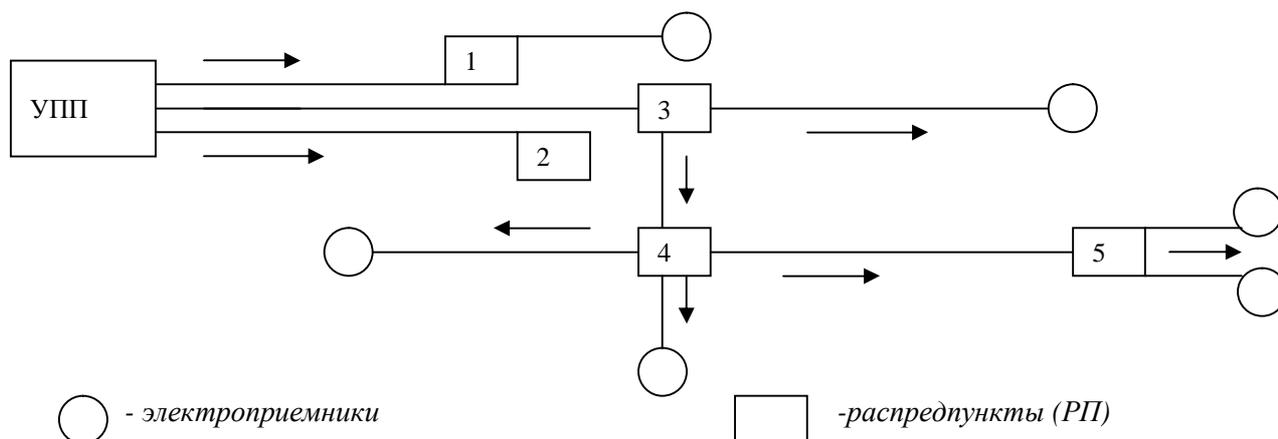
подошва УПП должна находиться выше УГР на 0,5 м, должны быть двери решетчатые (нормально закрытые на замок) и сплошные металлические (противопожарные, нормально открытые), должны быть два выхода, проветривание - за счет общешахтной депрессии, средства пожаротушения должны находиться снаружи со стороны свежей струи.

В камере УПП должно быть оборудование для освещения, реле утечки (устройство автоматического контроля изоляции), телефонная связь.

## 26.1. Монтаж подземных участковых распределительных пунктов.

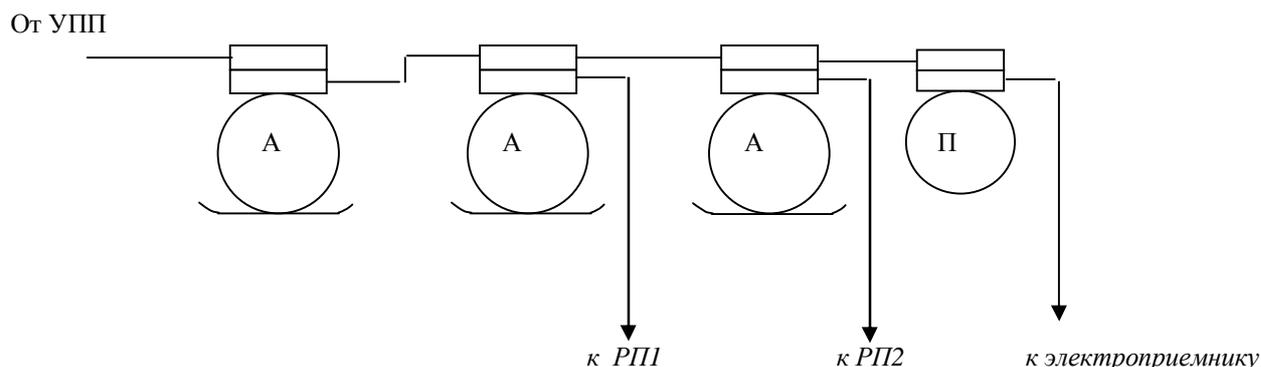
Распределительные пункты (РП) низкого напряжения (380, 660 В) предназначены для распределения электроэнергии для питания электрических машин, освещения, вспомогательного оборудования в забоях, подготовительных, нарезных и очистных выработках. Это оборудование располагается на подготовительных горизонтах, в подэтажных выработках, удаленных от участковой подземной подстанции (УПП) на значительное расстояние. Подача напряжения к этим приемникам производится кабельными линиями по восстающим выработкам, а с целью уменьшения длины кабелей – по специально пробуренным скважинам. Для распределения напряжения на горных участках применяется следующее оборудование, устанавливаемое в специальных нишах горных выработок: автоматические выключатели (рудничные автоматы): АФВ, ВРН, АВ, АВ-ДО, ВР, распределительные шинные коробки КР, быстроразъемные штепсельные разъемы, рудничные пускатели ПРН, ПВИ, ПВ, ПВВ, ПР, ПРМ, бронированные и гибкие кабели. Для осветительной сети используются пусковые и осветительные аппараты АПШ и АОШ, тройниковые муфты ТМ-60 и МТ, гибкие, негибкие и бронированные кабели.

Распределительные пункты располагаются: в УПП - после приемного автомата, на электросборках на сопряжениях откаточных выработок, на подэтажных горизонтах на сопряжениях с ходовыми восстающими, а также в других местах, где сосредоточено питание нескольких электроприемников. Распределительный пункт может состоять из нескольких аппаратов: два, три, четыре. Первый аппарат – обычно головной (приемный) автомат, - к нему подключается кабель, подводящий напряжение от УПП или от предыдущего распредпункта. Следующие автоматы или пускатели питают группы электроприемников или отдельные электроприемники.



**Рисунок 96 – Структурная схема распределения электроэнергии на горном участке.**

На рисунке 96 показано, что от участковой подземной подстанции (УПП) идут три кабельные линии, питающие РП 1, 2 и 3. От РП -3 в свою очередь питаются РП- 4 и электроприемник, от РП-4 питаются два электроприемника и РП-5.



**Рисунок 95 – Схема распределительного пункта из трех автоматов и одного пускателя**



**Рисунок 98 – Ремонт КРУВ-6 в мастерской на поверхности и в подземной УПП**

## ЧАСТЬ 2 . ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.

### 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.

#### 1.1 Организационная структура службы электроснабжения

Энергетическая служба современных горнорудных предприятий является сложным хозяйством. Структура управления этим хозяйством в каждом конкретном случае определяется условиями производства.

На большинстве предприятий имеются специальные подразделения - цех (служба, или участок) сетей и подстанций как часть одного из важнейших звеньев энергослужбы, осуществляющей эксплуатацию общецеховых трансформаторных и преобразовательных подстанций и межцеховых электрических сетей. На небольших предприятиях подстанции, воздушные и кабельные сети обслуживаются участком (или несколькими участками) входящими в состав электроцеха. Основные производственные подразделения специализируются по характеру выполняемых работ (ремонт, оперативно-эксплуатационное обслуживание) и по виду обслуживаемых электроустановок (линии, подстанции и др.).

Структурные подразделения, обслуживающие подстанции строятся по территориальному признаку с тем, чтобы в зону обслуживания входили определенные технологические цехи, законченные участки коммутационной схемы сети.

Структурные подразделения, обслуживающие воздушные и кабельные линии, осуществляют эксплуатационный надзор и производят все виды ремонтов.

Планово-предупредительный ремонт оборудования подстанций выполняется службой ремонтов цеха, служба подстанций осуществляет только оперативно-эксплуатационное обслуживание.

Упрощение систем подстанций, повышение надежности оборудования, совершенствование средств релейной защиты и микропроцессорной техники, внедрение автоматики и телемеханики создают условия для эксплуатации подстанций **без постоянного дежурного персонала**, что повышает производительность труда без снижения качества эксплуатации. Оперативно-эксплуатационное обслуживание подстанций в этом случае обеспечивается оперативно-выездными бригадами и оперативно-ремонтным персоналом.

Для обеспечения оперативного управления режимом работы электрических сетей на крупных предприятиях создается энергодиспетчерская служба с оснащением ее оперативной связью, автотранспортом и телемеханикой, а на небольших предприятиях - диспетчерские пункты. Эксплуатация и ремонт средств релейной защиты, автоматики и телемеханики на крупных предприятиях может осуществляться центральной электротехнической лабораторией, являющейся самостоятельным структурным подразделением предприятия, или участком цеха электроснабжения .

Кроме оперативной службы и производственных подразделений в структуре цеха должна быть предусмотрена техническая служба, осуществляющая анализ работы сетей, планирование эксплуатационных работ, разработку путей развития электрических сетей, их реконструкцию, ведение технической документации. Для основных структурных подразделений и должностных категорий цеха разрабатываются обоснованные технико-экономические показатели оптимальных размеров зоны обслуживания.

Обеспечение оптимальных затрат на распределение электроэнергии и бесперебойность электроснабжения, ликвидация электротравматизма возможны только на основе научного ведения хозяйства, внедрение современной техники, постоянного повышения квалификации персонала.

Выполнение перечисленных задач на крупном предприятии возможно в том случае, если служба электроснабжения представляет собой отдельную законченную (в административном и техническом отношении) производственную единицу.

Для выполнения ряда специальных работ в каждом регионе создаются и работают специализированные межведомственные организации, в Мурманской области это – Севзапэлектромонтаж, Севзапмонтажавтоматика, Металлургпрокатмонтаж и др. В последние годы в

связи с расширением международного сотрудничества к работе привлекаются также специалисты зарубежных фирм, обеспечивающие сервисное техническое обслуживание электрооборудования.

На крупных горнодобывающих предприятиях обычно существует следующая структура управления эксплуатацией электрооборудования:

- отдел главного энергетика или энергетическое управление предприятия; электроремонтный цех, цех сетей и подстанций, энергоцех, цех связи, цех КИП и А и др.;

- служба главного энергетика цеха, участки по ремонту и эксплуатации: энергоучасток, участок подземных сетей и подстанций, участок КИП, участок наладки, участок связи, ИВЦ, участок высоковольтного оборудования и др.

- ремонтно-механическая служба технологических участков, включающая специалистов – электриков, электрослесарей, электромонтеров и электромонтажников во главе с мастером или электромехаником участка.

### **1. Система планово-предупредительных ремонтов электрооборудования.**

В нашей стране за многие годы эксплуатации оборудования была создана и функционирует до сих пор система планово-предупредительного ремонта (ППР), которая представляет собой форму организации ремонта и является комплексом организационно-технических мероприятий, обеспечивающих выполнение профилактических ремонтов и регламентирующих техническое обслуживание основных средств.

Периодичность капитальных и текущих ремонтов определяется положением ППР и правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей с учетом состояния электрооборудования, устанавливаемого в процессе эксплуатации (нагрев активных частей, вибрации, состояние подшипников и т.п.).

Ремонт электрооборудования и аппаратов, непосредственно связанных с техническими агрегатами, должен, как правило, производиться одновременно. До ввода в ремонт электрооборудования должны быть закончены все подготовительные работы: составлена и утверждена техническая документация на работы по ремонту, модернизации и реконструкции; подготовлены необходимые материалы, инструмент и приспособления; заготовлены необходимые запасные части и узлы ремонтируемого оборудования; выполнены противопожарные мероприятия и мероприятия по технике безопасности.

Система ППР одной из важнейших задач считает выбор и применение рациональной организационной формы технического обслуживания электрооборудования, позволяющего обеспечить бесперебойную работу, предупреждать аварии, дезорганизующие производство, удлинить межремонтные сроки, уменьшить затраты на ремонт. Необходимо чтобы технические данные и конструктивное исполнение электрооборудования соответствовали режиму его работы и условиям окружающей среды, где установлено электрооборудование. Хорошо налаженный учет отказов электрооборудования, анализ причин отказов, осмотр электрооборудования перед выводом его в ремонт и периодические осмотры – непреложный закон системы ППР.

Высоковольтные электродвигатели, а также ответственные электродвигатели мощностью 40 кВт и выше независимо от напряжения, силовые трансформаторы и другое высоковольтное электрооборудование после окончания монтажа или капитального ремонта должны быть приняты энергетической службой цеха, рудника, комбината с оформлением двухстороннего акта на каждый двигатель и вид оборудования.

Практическое применение системы планово-предупредительного ремонта предполагает наличие на предприятии учета всего имеющегося в наличии парка электрооборудования, его движения, состояния и условий работы.

В системе ППР в соответствии с требованиями ГОСТ 18322-78 и ГОСТ 13377-75 применяется **соответствующая терминология.**

**Эксплуатация** – совокупность всех фаз существования электрооборудования, включающая в себя его транспортировку, хранение, подготовку к использованию по назначению, обслуживание во время работы и ремонт.

**Амортизация** – процесс возмещения износа (расходования) основных фондов, являющийся неотъемлемой чертой расширенного воспроизводства. Амортизация может производиться путем замены изношенного оборудования новым или же его ремонтом. Выбор способа амортизации определяется ремонтами пригодностью оборудования, экономическими затратами, степенью дефицитности оборудования и др. Норма амортизации выражается в процентах и показывает, какая часть стоимости оборудования переносится на себестоимость продукции. Например, если срок службы машины составляет 20 лет, то норма амортизации будет  $100 : 20 = 5 \%$ .

**Ремонтопригодность** – свойство оборудования, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей (к восстановлению работоспособности) путем технического обслуживания и ремонтов.

**Безотказность** – свойство оборудования сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.

**Надежность** – свойство оборудования выполнять функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели (производительность, экономичность, рентабельность и остальные паспортные данные) в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени и требуемой наработки.

**Срок гарантии** – период, в течение которого завод-изготовитель или организация-производитель ремонта гарантирует и обеспечивает выполнение установленных требований к оборудованию и безвозмездно устраняет недостатки при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации.

**Срок службы** – календарная продолжительность эксплуатации оборудования до возникновения предельного состояния, оговоренного в технической документации.. или до его списания. При этом различают срок службы до первого капитального ремонта, срок службы между капитальными ремонтами (ремонтный цикл), срок службы до списания, средний срок службы. Термины «авария» и «отказ в работе» подробно рассмотрены в отраслевых Инструкциях по расследованию, учету и анализу аварий и других нарушений в работе объектов энергетического хозяйства предприятий.

**Ремонтный цикл** – наработка электрооборудования, выраженная в годах календарного времени между двумя плановыми капитальными ремонтами, а для вновь вводимого оборудования – наработка от ввода в эксплуатацию до первого планового капитального ремонта.

**Структура ремонтного цикла** определяет последовательность выполнения различных видов ремонта и работ по техническому обслуживанию в пределах одного ремонтного цикла. Ремонтный цикл и его структура являются основой любой системы ППР, определяющей все ремонтные нормативы, экономические показатели системы ремонтов. Чем реже будет ремонтироваться электрооборудование, тем легче характер ремонта (при условии обеспечения надежности его работы), тем ниже ежегодные трудовые и материальные затраты на его ремонт и содержание.

Виды ремонта и межремонтного обслуживания, периодичность и продолжительность ремонта, содержание типовых ремонтных работ, трудоемкость ремонта, вопросы рациональной эксплуатации электрооборудования и организационная структура электроремонтной службы рассмотрены в **Положении о планово-предупредительном** ремонте электрооборудования предприятий. Применяемые при ремонте материалы, инструмент и приспособления, объем ремонта и последовательность операций регламентированы технологическими инструкциями на текущий и капитальный ремонт электрооборудования. Суммарная трудоемкость всех видов профилактических ремонтов и технического обслуживания определяет приведенный объем энергетического хозяйства предприятия, дает возможность планировать по каждому виду профилактических мероприятий и на их комплекс, определяемый системой

ППРЭО, потребность в целом в рабочей силе, в материалах и финансах, а также уменьшает время простоя из-за ремонта.

## 2. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта.

Основное содержание ППР — внутрисменное обслуживание (уход и надзор) и проведение профилактических **осмотров** оборудования, которое обычно возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал цехов, а также выполнение **плановых ремонтов** оборудования. Системой ППР для поддержания оборудования в работоспособном состоянии и обеспечения определенных технико-экономических показателей его работы проводится **плановые** ремонты оборудования двух видов: **текущие и капитальные** ремонты (раньше был еще один вид ремонта - **средний** ремонт, однако от него отказались). Цели текущего и капитального ремонта различны. **Текущий** ремонт предусматривает замену и ремонт изношенных деталей или отдельных узлов, регулировку и соответствующие профилактические измерения и испытания, обеспечивающие эксплуатацию оборудования. **Капитальный** ремонт преследует цель восстановления номинальных характеристик оборудования. О целесообразности **средних ремонтов** (раньше был такой вид ремонта) электрических машин. Практика показывает, что такой вид ремонта неизбежно ведет к снижению долговечности надежности оборудования. Кроме того, много нареканий вызывает стоимость ремонта, выполняемого централизованно подрядными организациями. Производство средних ремонтов электрических машин, пропитанных водоэмульсионными лаками, залитых эпоксидными и другими компаундами, вообще невозможно.

Периодичность и объем ремонтов определяются техническим состоянием оборудования, сроками службы деталей и узлов, режимом работы и технико-экономическими показателями работы оборудования.

За основу эксплуатации и ремонтов электрооборудования принята система ППР, в которой все электрооборудование распределено по группам режимов работы. Для каждого вида электрооборудования в соответствии с группой режима работы установлена определенная **периодичность** ремонтов.

Задача эксплуатационного персонала состоит в том, чтобы, исходя из специфических условий и режима работы оборудования, правильно отнести его к соответствующей группе режима; установить строгое разграничение обязанностей всех подразделений электротехнического персонала по выполнению системы ППР; своевременно по мере необходимости подвергать пересмотру периодичность ремонтов, добиваясь постоянного увеличения межремонтного периода без снижения надежности работы оборудования; обеспечивать правильную организацию планирования всех работ, предусмотренных системой ППР, и их выполнение в установленный срок и в полном объеме.

Необходимо регламентировать **принудительный вывод** оборудования в капитальный ремонт, соблюдать сроки вывода электрооборудования в текущий ремонт и проведения межремонтного обслуживания, ибо от своевременного и правильного выполнения этих операций в большой степени зависит продолжительность ремонтного цикла.

Осмотры между плановыми ремонтами должны проводиться строго по графику, цель осмотра – проверка состояния электрооборудования и выявление необходимости и объема проведения текущего или капитально ремонта.

При установлении периодичности технического обслуживания и ремонтов необходимо строгое соблюдение требований своевременной смазки, очистки, а также профилактических испытаний, осмотров и текущих ремонтов. Для правильной организации работ по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования необходимо иметь определенное количество материалов и запасных частей.

На каждый вид оборудования должны быть разработаны подробные эксплуатационные инструкции, регламентирующие режим работы оборудования и требования к эксплуатации, а также технологические карты на все виды ремонтных операций.

Для предотвращения аварий необходимы систематические занятия по изучению эксплуатационных инструкций, противоаварийные тренировки как в энергетических, так и в ос-

новых технологических цехах. Основная задача таких тренировок – научить обслуживающий персонал в самый короткий срок устранять возможные дефекты.

Анализ аварий показывает, что **аварийный выход** из строя электрооборудования в большинстве случаев происходит, когда не установлены технически обоснованные межремонтные периоды работы или они не соблюдаются; не выполняется требуемый объем ремонта по разным причинам (отсутствие необходимых запасных частей или резервного оборудования, недостаток средств и времени на проведение ремонта, неполное определение дефектов оборудования при межремонтном осмотре или в процессе его ремонта).

На горнорудных предприятиях вывод в капитальный ремонт электрических машин колеблется в пределах 12—18 % к установленному количеству и зависит от уровня эксплуатации и качества ремонтов на предприятиях.

Основное направление в области ремонта электрооборудования — централизованная система ремонта. Задача централизованной системы — на основе специализаций ремонтных работ обеспечить высокое качество ремонта с наименьшими затратами трудовых и материальных ресурсов.

Централизованная система ремонтов делится на *внутризаводскую и межзаводскую*. Внутризаводская централизация не исключает работы по ремонту отдельных видов оборудования или выполнение специальных монтажно-наладочных работ и межзаводской специализации. Для крупных горно-обогатительных комбинатов широкое распространение находит смешанная система централизации ремонтов электрооборудования. Независимо от принятой формы централизации ремонтов уход за электрооборудованием и его межремонтное обслуживание должно быть возложено на электротехнический персонал и частично на производственно-технологический персонал производственных цехов.

Текущий ремонт электрооборудования может производиться как цеховым электротехническим персоналом, так и специализированными централизованными службами (электроремонтный цех, цех внешних ремонтов, цех сетей и подстанций, электротехническая лаборатория, цех КИП и др.). При этом все работы по текущему ремонту электрооборудования, не требующие для их выполнения специальных приспособлений, больших трудовых затрат или длительного времени, должны выполняться цеховым персоналом.

Правильный выбор системы организации ремонтов и правильное сочетание форм их проведения при строгом разграничении обязанностей между централизованными ремонтными организациями и ремонтными силами самих предприятий (цехов) позволяет наилучшим образом обеспечить проведение всех работ при высокой экономической эффективности. Производство запасных частей должно осуществляться только в специализированных централизованных подразделениях, а снабжаться запасными частями производства электромашиностроительных заводов должны централизованно.

Большое значение в сокращении сроков ремонта электрооборудования имеет наличие обменного фонда. Рациональная организация централизованного ремонта электрооборудования должна обеспечить не только снижение затрат и высокое качество ремонтных работ, но и оперативность выполнения заказов. Иными словами, требуется свести к минимуму потери от простоев в ремонте электрических машин и аппаратов. Максимальной оперативности в выполнении заказов можно достичь при такой организации работ, когда заказчик, сдавая в ремонт электрооборудование, получает взамен исправное. Для этого на специализированных предприятиях, независимо от формы специализации, необходимо иметь обменный фонд исправного электрооборудования. В каждом конкретном случае при создании обменного фонда следует тщательно определить номенклатуру электрооборудования, величину обменного фонда и порядок обмена ремонтируемого электрооборудования на исправное. При централизованном ремонте (даже при внутризаводской форме централизации) можно снизить нормативные (и фактические) величины резерва.

На большинстве крупных горно-обогатительных комбинатов при внутризаводской централизации ремонта проводится специализация выполнения работ. За основу техно-

логии ремонтов электрооборудования, особенно электрических машин, принята технология изготовления его на передовых электромашиностроительных заводах. Разрабатываются технологические инструкции и осваиваются современные технологические процессы. Ремонт электрических машин экскаваторов и ряда других машин осваивается с применением кремнийорганических материалов и переводом их на изоляцию более высокого класса.

Одним из важных факторов повышения культуры эксплуатации электрооборудования при одновременном снижении трудоемкости технического обслуживания и ремонтов является внедрение планового контроля технического состояния и проведение ремонтов при необходимости, т. е. только в тех случаях, когда износ деталей и узлов электрооборудования достиг величины, при которой дальнейшая работа может привести к выходу его из строя или экономически нецелесообразна. Средством для достижения указанной цели является **диагностика** работы электрооборудования, анализ причин и характера отказов.

Диагностика осуществляется во время работы оборудования установкой постоянных датчиков (вибрации, износа, состояния изоляции, температуры и др.) и замеров соответствующих параметров технического состояния узлов оборудования во время технического обслуживания по специальному графику и при проведении ремонтов. Заводы-изготовители электрооборудования обязаны оснащать его встроенными датчиками для определения технического состояния узлов и выводить на клеммные щитки или разъемы провода, идущие от датчиков.

Плановое техническое обслуживание электрооборудования необходимо проводить в строго регламентированные сроки и включать определенный перечень работ, предусматривающих обязательное техническое диагностирование объекта. Техническое обслуживание машин и оборудования предполагает устранение мелких отказов и неисправностей, возникших при работе.

Таким образом, основным методом оптимальной системы ППР должен быть принят метод технического обслуживания и ремонта электрооборудования не по заранее заданному регламенту воздействий, а на основе наблюдения за техническим состоянием элементов оборудования.

#### **4. Эксплуатация электрических машин.**

В настоящее время в отраслях действует внутри- и внезаводская (отраслевая) централизация ремонтов энергетического оборудования. Текущие ремонты обычно выполняются цеховым персоналом. На многих предприятиях внутризаводская централизация ремонтных работ нашла широкое применение в электроремонтных цехах, в цехах сетей и подстанций при ремонте электрических машин, трансформаторов и другого электрооборудования. При централизации ремонтных работ обеспечивается: специализация ремонтов; широкое внедрение механизации и прогрессивных форм ремонта (поузлового, агрегатного); централизованное изготовление узлов, заготовок, запасных частей, ремонтных приспособлений и оснастки; широкое маневрирование трудовыми ресурсами и сосредоточение квалифицированного персонала; проведение крупных работ по реконструкции и модернизации; повышение качества работ; внедрение прогрессивных технологических процессов ремонта.

В электроремонтных цехах предприятий при централизованных капитальных и средних ремонтах электрических машин применяется технология электромашиностроительных заводов, широко используются новые электроизоляционные материалы, внедряются современные методы испытаний и механизации работ.

Внутризаводскую централизацию ремонтов электрических машин целесообразно внедрять на крупных предприятиях, когда имеется большое количество машин. Для обслуживания более мелких предприятий рационально создавать районные межведомственные электроремонтные базы. Текущие ремонты, независимо от величины предприятия, следует производить централизованно в электроремонтных цехах предприятий. При этом капитальный и средний ремонт электрических машин мощностью свыше 1000 кВт и

крупных трансформаторов, а также электромонтажные работы при капитальных ремонтах крупного горно-обогатительного оборудования (экскаваторы, обжиговые и агломерационные машины, секции обогатительных фабрик и др.) необходимо осуществлять с привлечением централизованных специализированных организаций.

Научные рекомендации и практический опыт показывают, что главными направлениями, обеспечивающими рост производительности труда и снижение удельных расходов на ремонт, являются централизация и специализация. При внутривозвратной централизации сосредоточение всех электроремонтных служб предприятия, как правило, осуществляется в трех цехах: электроремонтном, цехе сетей и подстанций и электротехнической лаборатории.

Согласно требованиям системы ППР при капитальном ремонте электродвигателей необходимо производить полную или частичную разборку электродвигателя, ремонт и замену изношенных деталей и узлов, восстановление качества изоляции, регулировку, наладку и испытания. При этом достигается восстановление основных технических качеств электрооборудования, предусмотренных стандартом и техническими условиями заводов-изготовителей.

Известно, что наименее надежной является витковая изоляция из-за дефектов изоляции обмоточных проводов, особенно эмалированных, поэтому частичный ремонт поврежденных мест обмотки (без замены) малоэффективен. Это объясняется тем, что в процессе сушки обмоток (после покрытия их покровными лаками) в эмали- пленке проводов возникают напряжения, приводящие к образованию дополнительных дефектов изоляции. В то же время сравнительные проверки работоспособности и долговечности работы обмоток электродвигателей показывают, что ремонтная пропитка и своевременное обновление лакового покрова увеличивают срок службы обмоток на 30—100 % в зависимости от типа обмоток и электромашин, способа пропитки и применяемого лака. При появлении первых признаков разрушения лакового покрытия электромашину надо направить в ремонт.

Специфика горнорудной промышленности отличается передвижным характером работы механизмов, территориальной их разбросанностью, разнообразием режимов и условий работы, наличием группы тяжелого и весьма тяжелого режимов работы электроприводов горно-транспортного, дробильно-размольного и обогатительного оборудования. Горнорудная промышленность зачастую оснащена значительным количеством оборудования, не соответствующего режиму его работы и условиям окружающей среды. Поэтому при решении вопросов ремонта замена и снятие с производства такого оборудования стали серьезной проблемой.

Следует отметить, что техническое обслуживание и ремонт электрооборудования в горной промышленности требуют повышенной численности обслуживающего персонала.

### **5. Улучшение условий эксплуатации и повышение надежности работы электрооборудования.**

В комплекс организационно-технических мероприятий, определенных действующей в отрасли системой ППР, входит: **техническое обслуживание; текущие, средние и капитальные ремонты; профилактические испытания; модернизация.**

Важным мероприятием для надежной эксплуатации крупных машин является первая ревизия. Даже при самом высшем качестве изготовления машины скрытые дефекты обнаруживаются лишь после работы машины в течение некоторого времени. Например, все применяемые изоляционные материалы усыхают, т. е. размеры изоляции постепенно уменьшаются. **Усыхание изоляции** происходит, прежде всего, в первый период эксплуатации вследствие нагрева и механических нагрузок. Поэтому после 1—3 лет работы электрическую машину необходимо подвергнуть ревизии и заново закрепить ослабленные детали изоляции (например, крепление лобовых частей, катушек и др.).

Машины после капитального ремонта, как правило, имеют номинальные характеристики. По мере возрастания срока службы машины продолжительность цикла постепенно уменьшается, расходы на ремонт возрастают. Следовательно, срок службы машины

или оборудования непосредственно связан с надежностью. Срок службы электрических машин определяется также и режимом эксплуатации, прежде всего ее нагрузкой. В первую очередь это касается обмотки, которую следует рассматривать как центральную часть электрических машин. По данным практики, срок службы обмотки при превышении температуры на 8 - 10 °С снижается в два раза.

**Надежность электродвигателей.** Уровень надежности современных электродвигателей, большая часть которых – асинхронные, неудовлетворителен. По статистике, по России средний срок службы двигателя до первого капитального ремонта составляет 5 лет (на практике — от нескольких месяцев до 20 лет).

Большое количество отказов происходит в первые месяцы эксплуатации из-за скрытых дефектов, допущенных при изготовлении. Преждевременные отказы электродвигателей обусловлены неудовлетворительной эксплуатацией (неправильная установка, неправильно выбранная защита, неверный выбор двигателя по мощности или условиям окружающей среды). Основным видом повреждений является в большинстве случаев **межвитковое замыкание**. Главной причиной пробоев изоляции низковольтных двигателей являются дефекты обмоток при намотке и ослабление обмоток. Другая причина выхода из строя АД — снижение с течением времени **сопротивления изоляции**, особенно у отключенных АД, установленных в местах с повышенной влажностью, и **повреждение подшипниковых узлов, которые возникают из-за перекосов, неправильной центровки, балансировки, приемов установки подшипников на вал, установки и снятия муфт, и из-за плохой смазки**.

**Влажность и изоляция.** Экспериментальные данные подтверждают, что при относительной влажности  $\gamma = 50\%$  сопротивление изоляции за 40 суток снижается в 5 раз, а при  $\gamma = 95\%$  — минимум в 100 раз. Уменьшение сопротивления изоляции может также произойти, если электрическая машина оборудована системой вентиляции с замкнутым циклом, а нагрузка снижена. В этом случае воздухоохладитель, через который протекает охлаждающая вода, может охладить воздух до такой степени, что внутри двигателя будет конденсироваться влага. Для предотвращения этого применяется регулирование массового расхода **воды**, протекающей через воздухоохладитель, и установка датчика относительной влажности. В связи с комплексной механизацией и автоматизацией производственных процессов и созданием установок, работающих без обслуживающего персонала, к качеству и надежности электрооборудования предъявляются повышенные требования и, в частности, к готовности к немедленному пуску АД, длительное время находившихся в отключенном состоянии. Для обеспечения требуемого ПУЭ надежного пуска таких двигателей могут применяться следующие способы защиты изоляции от увлажнения: **полная герметизация электрических машин; покрытие изоляции специальными влагостойкими лаками; осушение изоляции перед включением машины в работу; обогрев электрических машин в нерабочем состоянии** и др. Наиболее надежным и перспективным способом поддержания сопротивления изоляции в нормальном состоянии является **обогрев изоляции током**, протекающим через обмотки (без нагрузки) или работа машины под нагрузкой. В этом случае влага не оседает на наружных поверхностях обмоток и других элементах электрических машин, так как температура их выше точки росы (температуры, при которой начинается конденсация влаги). Температура машины должна быть на 3 °С выше температуры окружающей среды. Отсутствие влаги в микротрещинах изоляции благоприятно влияет на работоспособность машины.

**Монтаж и центровка.** Для устранения износа и поломки **подшипников** нельзя ударять по ним, а нужно применять прессы при установке и снятии, точно центровать и балансировать валы, не допускать вибрации, применять качественные смазочные материалы. Для подключения двигателя к сети необходимо использовать исправные проводники, выбранные по расчетным параметрам.

**Коммутационная аппаратура.** Часто отказы в работе аппаратов происходят по следующим причинам: остаточные механические деформации (поломка деталей, отскакивание контактных накладок, посадка пружин); механический износ (осей, призм, направляющих поверхностей магнитных систем); неравномерность замыкания и разное натяжение и раствор контактов, электрическая эрозия контактов; сваривание контактов; окисление и появление изоляционных пленок на контактах; перекрытие через нагар на стенках камер или пробой изоляции; повышенное трение между подвижными деталями; ложное срабатывание; пробой диодов. Эти отказы являются следствием низкого качества обработки и пригонки деталей аппарата, несоответствия аппарата режиму работы и условиям окружающей среды или неудовлетворительной эксплуатации.

Электрическая и механическая износостойкость электромагнитных аппаратов в значительной степени определяет надежность работы автоматических устройств. В новых конструкциях высоковольтной аппаратуры предусматривается применение более прочных и стойких электроизоляционных и конструкционных материалов, повышение класса точности и чистоты поверхности ответственных деталей и узлов, осуществление более широкой унификации, применение методов упрочняющей термической обработки деталей, внедрение вакуумных и элегазовых дугогасительных камер. При использовании вакуумных аппаратов необходимо принимать меры по защите обмоток и сетей от коммутационных перенапряжений. Дугогасительные контакты выключателей проектируются с применением дугостойких металлокерамических материалов или многоступенчатых систем.

**Надежность систем автоматизированного привода.** Важнейшей тенденцией развития современного автоматизированного электропривода является увеличение числа функций, выполняемых его системами, и переход к более жестким и точным режимам работы, связанный с непрерывной интенсификацией технологических процессов. Это усложняет структуру систем электропривода, состоящих из множества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, работающих в жестко регламентированных режимах. Для улучшения условий пуска и остановки двигателей под нагрузкой необходимо применять ступенчатый или плавный пуск.

Сложность и многоэлементность систем электропривода не является причиной снижения их надежности, однако при определенном уровне средней надежности элементов общая надежность системы быстро уменьшается с увеличением числа элементов. Это обусловлено тем, что выход из строя любого элемента в большинстве случаев означает выход из строя всей системы или какого-либо ее участка. В связи с этим нужно применять современные электронные и микропроцессорные устройства, обладающие высоким качеством и надежностью.

Надежность систем электропривода зависит от рационального выбора элементов, поэтому следует применять современные системы тиристорного привода, в том числе устройства плавного пуска, преобразователи частоты.

**Отказы оборудования.** Следует различать три типа отказов: приработочные, износные и внезапные, которые возникают вследствие внезапной концентрации нагрузок. Чтобы исключить приработочные отказы следует посредством наблюдения устанавливать длительность необходимого периода приработки и в этот период гарантировать устранение неполадок за счет производителя. Предупредить износные отказы можно путем наблюдения их распределения, определения межремонтных сроков и сроков профилактической замены элементов системы. Внезапные отказы, возникающие вследствие превышения расчетных нагрузок, можно устранить путем установки средств защиты, которые отключат машину (установку) и не допустят выхода ее из строя. В межремонтный период должно быть обращено внимание на устранение и предупреждение условий для внезапных отказов.

**Интенсивность отказов** является одной из характеристик надежности и статистики определяется числом отказов в единицу времени, отнесенным к числу функционирующих устройств (элементов).

### Основные пути повышения надежности и экономичности работы электрооборудования:

- применение современной элементной базы;
- повышение качества электрооборудования заводами-изготовителями;
- выбор оборудования в соответствии с режимом работы и условиями окружающей среды;
- обязательное выполнение требований системы ППР;
- выполнение в полном объеме профилактических испытаний оборудования;
- выполнение всех требований, предъявляемых к новым электрическим машинам и аппаратам, а также машинам, выпускаемым из капитального ремонта.
- применение устройств плавного пуска электродвигателей, комплектных пусковых устройств, тиристорных преобразователей. Несмотря на достаточно высокую их стоимость, это позволяет повысить надежность работы двигателей, так как снижаются динамические перегрузки при пуске и обеспечиваются все необходимые виды защит двигателей, а также и снизить потери энергии на регулирование в связи с отсутствием регулировочных резисторов.

При производстве капитальных ремонтов электрических машин или переводе двигателей постоянного тока на питание от вентильных преобразователей следует иметь в виду, что в зависимости от индуктивности якоря и схемы питания напряжение на изоляции якоря двигателя за счет наложения переменной составляющей выпрямленного напряжения может достигать  $1,5 U_{\text{ном}}$  и более, что без принятия специальных мер по защите от перенапряжений может привести к выходу из строя. Поэтому замена изоляции класса В обмотках электрических машин, работающих с повышенной вибрацией и влажностью, на изоляцию класса F может привести к существенному увеличению сроков службы двигателей только при надлежащем креплении лобовых частей обмотки и создания жесткости всей обмотки.

Класс изоляции	У	А	Е	В	Ф	Н	С
допустимая температура, град С	90	105	120	135	155	180	более 180

В последние годы в электрических машинах начали широко применяться слюдопластовые электроизоляционные материалы с изоляцией классов F, H и C. Особый интерес в этом отношении представляют обмоточные провода с изоляцией **на основе полиамидной пленки**. Пленка обладает высокой **нагревостойкостью**, устойчива против механических воздействий, а также к воздействию различных растворителей и масел.

### 6. Проектирование электроремонтных цехов.

Развитие горнорудной промышленности связано с комплексной механизацией и автоматизацией производственных процессов на базе внедрения унифицированного обогатительного и горно-транспортного оборудования большой единичной мощности.

На современных горно-обогатительных комбинатах парк электрических машин средней мощностью более 40 кВт составляет многие тысячи единиц. При этом единичная мощность отдельных машин составляет до 5000 кВт (в перспективе до 12000 кВт и выше). Для предприятий такого масштаба может применяться внутризаводская централизация ремонта электрооборудования со специализацией его выполнения в трех цехах: электроремонтном, цехе сетей и подстанций и электротехнической лаборатории. В целях увеличения производительности труда в электроремонтном цехе повышением специализации и созданием поточной технологии ремонта целесообразна региональная, отраслевая и даже межотраслевая централизация капитальных ремонтов электрооборудования в некоторых промышленных регионах.

Проектированием электроремонтных цехов предприятий занимаются группы энергетических и механических отделов этих предприятий или специальные проектные организации, проектные институты. В некоторых случаях применяются типовые проекты или они же дорабатываются и привязываются к реальным условиям. Некоторые проекты имеют недостатки: применение устаревших технических средств, низкий уровень механизации и технологичности, несовершенная структура ремонтных цехов и другие.

Надежность работы оборудования систем управления и автоматизированных электроприводов определяется с момента выдачи задания на разработку технического проекта. Круг вопросов, полнота проекта и соответствие его современным требованиям во многом зависит от качества технического задания. Вторым условием повышения качества проекта является квалифицированное рассмотрение технических проектов (авторский надзор) эксплуатационным персоналом на всех стадиях проектирования.

В процессе проектирования, строительства, реконструкции и технического перевооружения энергетического хозяйства предприятий и осуществления строительства внимание службы главного энергетика должно быть обращено на качество проектов и осуществление авторского надзора, качество монтажных работ, опробование и испытание смонтированного оборудования и надзор в процессе монтажа, подготовку кадров, шефмонтаж, наладку оборудования и ведение исполнительной технической документации.

Проектные решения также должны быть согласованы с соответствующими органами государственного надзора.

Следует обратить внимание энергетического персонала на то, что в части проектирования энергетических объектов этими правилами установлены исключения: независимо от установленного инструкцией порядка согласования органы Государственного санитарного, пожарного и энергетического надзора, а также надзора за использованием и охраной природных ресурсов в соответствии с положениями об этих органах, могут осуществлять надзор за разработкой проектов на всех стадиях проектирования.

### **7. Управление ремонтами электрооборудования.**

В энергетическом хозяйстве горнорудных предприятий за последние годы произошли значительные качественные и количественные изменения, улучшились технические и экономические показатели. Возрастает энерговооруженность труда горнорудной промышленности. Растут единичная мощность и техническая сложность электрооборудования. Улучшилась организация технического обслуживания и ремонта электрооборудования.

Уникальность технологического оборудования по своей единичной мощности (например, обжиговые машины единичной производительностью более 2,5 млн. т. в год, шаровые и стержневые мельницы — 2—5 млн. т в год, экскаваторы — до 10 млн. м<sup>3</sup> в год и др.) требует высоконадежной работы электрооборудования и сокращения до минимума его простоя в ремонте.

В настоящее время ремонт фактически стал самостоятельным видом производства, однако из-за недостаточно высокого уровня его организации предприятия отрасли несут большие потери, расходуя на ремонт значительные материальные и трудовые ресурсы. Это особенно относится к небольшим по объему производства предприятиям, где ремонт электрооборудования осуществляется кустарным способом.

На повышение технико-экономических показателей ремонта и технического обслуживания энергетического оборудования влияют качество проекта производственных мощностей, уровень специализации и организации ремонтных работ.

При планировании ремонтных работ необходимо обеспечить загрузку ремонтных цехов и сторонних организаций (в соответствии с их специализацией и трудовыми ресурсами). Действующая система организации и планирования ремонтов при современных объемах ремонта и имеющихся штатах не позволяет без использования ЭВМ оперативно решать вопросы планирования, не обеспечивает получения необходимой и оперативной информации о составе парка электрооборудования, аварийности, проведенных ремонтов, расходах на ремонт и т. л.

Разработаны системы организации ремонтов электротехнического и энергетического оборудования предприятий с использованием ЭВМ. Эта система состоит из нескольких подсистем: учет оборудования, календарное планирование, бухгалтерский учет и анализ затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования, материально-техническое снабжение, разработка и корректировка нормативов по ремонту оборудования.

Опыт эксплуатации оборудования показывает, что в первую очередь необходимо наладить работу информационно-справочной подсистемы учета оборудования, особенно в первичном звене, т.е. непосредственно на участках, где находится оборудование. Для выполнения этих задач необходим переход от ручного учета паспортов (формуляров) по установленной форме на каждую электрическую машину, к механизированному учету с помощью ПЭВМ, как более достоверному, позволяющему обеспечить своевременное заполнение ремонтных карт на отремонтированные машины, качественный учет всех изменений в составе парка электрооборудования (выбытие, прибытие и т. п.). Несоблюдение этих условий приводит к ухудшению качества входной информации, а следовательно к невозможности механизации учета с применением ПЭВМ.

С усложнением используемой в горнорудной промышленности техники и совершенствованием технологического процесса добычи и обогащения рудного сырья происходит и усложнение энергетического оборудования. Соответственно метод подхода к его ремонту должен быть дифференцированным. К отдельным видам транспортабельного оборудования может быть применена схема «замена вместо ремонта», к другому – только ремонт в заводских условиях, к третьему – только сервисное обслуживание и ремонт в условиях фирмы-производителя или его дилера, или ремонт только на месте установки. Одни изношенные узлы и агрегаты могут быть заменены из обменного фонда, для других экономически целесообразным методом ремонта является восстановление.

Структура и продолжительность ремонтного цикла и межремонтных периодов электромашин определяются исходя из таких факторов, как мощность, сменность и группа режима работы, нормативы на техническое обслуживание. В основу планирования следует заложить оценку степени износа оборудования, его составных частей и деталей.

Планирование межремонтных периодов и анализ технического состояния большого числа электромашин, установленных на крупном предприятии, являются трудоемкими процессами, которые автоматизируются с помощью вычислительной техники.

Одним из важных направлений повышения эффективности технического и ремонтного обслуживания является количественная ремонтная оценка энергооборудования с помощью системы расчетных показателей ремонтных характеристик, выполняющая роль базиса в нормировании энергоремонтного производства, и глубокие знания ремонтных характеристик оборудования. Сущность этих характеристик выражается понятиями «ремонтная сложность», «ремонтпригодность», «ремонтная технологичность».

Показатель **ремонтной сложности** характеризует трудоемкость ремонта и при его количественной оценке может быть представлен отношением трудоемкости балластных работ к общему объему трудовых затрат на ремонт объекта. К балластным работам относятся работы, связанные с диагностикой состояния, подготовкой объекта к ремонту, демонтажем и монтажом после восстановления изношенных узлов и деталей, последующими наладочными работами и испытаниями. Этот показатель формируется в процессе проектирования и конструирования оборудования или объекта в целом и может изменяться в результате модернизации конструктивных особенностей оборудования.

Оценочный показатель **ремонтпригодности** является комплексным и может быть выражен через отношение трудоемкостей ремонта конкретного вида оборудования и базового оборудования, находящегося в наиболее благоприятных условиях по территориальному расположению, оснащенности ремонтной техникой и характеру режима эксплуатации. Ремонтпригодность является одним из основных факторов, определяющих трудоемкость, стоимость ремонтов и обслуживания оборудования и сетей, периодичность и последовательность профилактических видов ремонта.

Огромное значение на продолжительность и трудовые затраты на ремонт оказывает компоновка оборудования. Этим объясняется разброс в сроках ремонта одного вида оборудования даже в условиях цеха. Эта зависимость в ремонтном деле называется **ремонтной технологичностью**.

## 8. Примерная структура электроремонтного цеха (ЭРЦ).

Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования определяются большим количеством факторов, основными из которых являются объем и номенклатура ремонтируемого электрооборудования. Основными задачами электроремонтного цеха являются: своевременное, ритмичное и качественное обеспечение структурных подразделений предприятия продукцией, работами и услугами цеха по всей производимой цехом их номенклатуре. Могут использоваться возможности цеха для оказания услуг населению и сторонним организациям с целью получения дополнительной прибыли для предприятия.

Основными функциями цеха являются производство продукции, работ и услуг по следующей номенклатуре: ремонт электрических машин и аппаратов, ремонт и восстановление деталей электрических машин и аппаратов, изготовление запасных частей для электрических машин, изготовление нестандартного оборудования и технической оснастки для собственных нужд, своевременное и качественное выполнение плановых заданий по обеспечению подразделений предприятия продукцией, работами и услугами цеха, содержание в технически исправном состоянии зданий, сооружений и оборудования цеха, обеспечение их технически правильной эксплуатации, организация их своевременного ремонта, инженерная подготовка и материально-техническое обеспечение производства продукции и ремонтных работ, обеспечение сохранности имущества, находящегося на балансе цеха, разработка и внедрение мероприятий по совершенствованию технологии производства, механизации ручных и трудоемких процессов, организации производства, повышению производительности труда, внедрению в производство современной техники и технологии, прогрессивных форм организации и оплаты труда, повышению качества выпускаемой продукции, работ, услуг и снижению себестоимости, обеспечение контроля за безопасным ведением работ, соблюдением правил технической эксплуатации и охраны труда, разработка и осуществление мероприятий по предупреждению аварий и созданию безопасных условий труда, организация технологического обучения персонала, производственного инструктажа и проверки знаний правил ПТЭ и ПТБ, контроль за соблюдением персоналом цеха трудовой и производственной дисциплины.

Электроремонтный цех обычно состоит из разборочного, ремонтно-механического, обмоточного, сушильно-пропиточного, комплектовочного, сборочного отделений и испытательной станции, а также отдельных участков, где производятся электро- и газосварочные работы, окраска отремонтированного электрооборудования и др.

В **разборочном отделении** очищают электрооборудование перед разборкой, сливают масло из маслonaполненного оборудования, выполняют необходимые предремонтные испытания, разбирают оборудование, производят дефектовку, передают неисправные детали электрооборудованию в соответствующие ремонтные отделения, а исправные - в отделение комплектации. В разборочном отделении должны быть подъемно-транспортные средства требуемой грузоподъемности, моечные машины, гидравлические и винтовые съемники, приспособления для вывода ротора из статора электродвигателя, станок для извлечения обмоток из пазов статора электродвигателя, автогенный и электросварочный аппараты, электросверлилки и соответствующие наборы инструментов для разборки электрооборудования, специальное оборудование и приспособления для разборки электрических машин и аппаратов нестандартного или особого исполнения.

В **ремонтно-механическом** отделении ремонтируют и изготавливают новые детали электрооборудования (валы, коллекторы, контактные кольца, щеточные механизмы, подшипники скольжения, обмотки короткозамкнутых роторов), производят перешихтовку статоров и роторов электрических машин и магнитопроводов силовых трансформаторов, а также слесарную и механическую обработку различных деталей ремонтируемого электрооборудования. Ремонтно-механическое отделение также оснащается подъемно-транспортными средствами, металлообрабатывающими станками (строгальными, сверлильными, токарными, фрезерными, шлифовальными), прессами, гильотинными ножницами для резки металла, электро- и

газосварочными аппаратами, электрифицированными инструментами, инвентарными и специальными приспособлениями, наборами механизированного и ручного инструмента для разборки электрооборудования.

**В обмоточном и сушильно-пропиточном** отделениях ремонтируют поврежденные и изготавливают новые обмотки электродвигателей, силовых трансформаторов, катушек электромагнитов, а также пропитывают и сушат их, восстанавливают изоляцию обмоточных проводов для повторного использования. Обмоточное отделение оснащается станками для очистки и изолировки проводов, намоточными станками для изготовления обмоток, гильотинными ножницами для резки изоляции, приспособлениями для изготовления и формовки изоляционных деталей, сварочным и паяльным инструментом для соединения проводов обмоток, станками для бандажирования роторов и якорей электрических машин, станком для изготовления клиньев и др. Кроме того, обмоточный цех должен быть оснащен небольшой испытательной установкой для пооперационного и межоперационного контроля изоляции изготавливаемых секций, катушек и обмоток, а также аппаратами контроля правильности сборки и соединения различных схем обмоток. В необходимых случаях обмоточное отделение оборудуют печью для обжига проводов, ванной для их травления и нейтрализации после травления и станком для волочения и калибровки проводов. Для размещения этого оборудования в обмоточном цехе выделяют особое помещение, снабженное соответствующими вентиляционными устройствами.

**Сушильно-пропиточное отделение** оборудуют ваннами для пропитки обмоток, шкафами для сушки и запечки изоляции обмоток, емкостями для безопасного хранения лаков и растворителей в количествах, обеспечивающих потребность в них не более чем на 1 сутки. Для транспортировки крупногабаритных обмоток большой массы применяют специальные устройства и подъемно-транспортные средства.

**В комплектовочное отделение** (или участок) направляют отремонтированные сборочные единицы и детали. Там же комплектуют ремонтируемое электрооборудование недостающими частями. Проверенное и полностью скомплектованное электрооборудование передают в отделение или на участок сборки.

**Комплектовочное отделение** должно быть оснащено верстаками, стеллажами, необходимыми инструментами и приспособлениями.

**В сборочном отделении** производят сборку отремонтированного электрооборудования. Отделение сборки оснащают аналогично разборочному отделению, дополняя его оборудованием, приспособлениями и инструментами для статической и динамической балансировки роторов и якорей электрических машин.

**На испытательной станции** испытывают новые конструкции и детали, предназначенные для замены вышедших из строя, а также производят заключительные (выходные) электрические и механические послеремонтные испытания электрооборудования. Испытательная станция должна быть оснащена высоковольтными испытательными электроустановками и стендами, различными приборами, мерительным инструментом и соответствующими защитными средствами.

**Электроснабжение цеха** осуществляется от собственной КТП встроенного или пристроенного типа, имеющей как правило один силовой трансформатор напряжением 6 (10) / 0,4 (0,69) кВ. Цех обычно относят к третьей категории по надежности электроснабжения, однако при организации многосменного режима работы лучше применять вторую категорию. В цехе устанавливается несколько распределительных пунктов (РП), от которых питается все электрическое оборудование. Для испытания высоковольтных машин должно предусматриваться РУ-6-10 кВ с двумя или тремя ячейками КРУ.

**Электроремонтный цех** должен располагать двумя складами - для оборудования, поступающего в ремонт, и теплый склад, - для готовой продукции.

Электроремонтный цех может входить в состав предприятия или находиться на отдельном балансе.

## 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ТОКОПРОВОДОВ

Воздушные линии (ВЛ) широко применяются при передаче электроэнергии. Они дешевле при монтаже и эксплуатации, на ВЛ легче определить и устранить неисправность. Применение самонесущих изолированных проводов (СИП) позволило значительно уменьшить габариты ВЛ и повысить их надежность.

При согласовании технической документации на вновь проектируемые ВЛ и токопроводы Потребители должны предоставлять проектным организациям данные о фактических условиях в зоне проектируемой ВЛ, токопровода (климатические условия, характер и интенсивность загрязнения и др.) и требовать учёта этих условий в проектах. Намечаемые проектные решения по новым и реконструируемым ВЛ (токопроводам), присоединяемым к электрической сети внешнего электроснабжения, должны быть согласованы с энергоснабжающей организацией. В последнее время наряду с изолированными проводами при напряжении до 1 кВ и до 20 кВ стали применяться самонесущие изолированные провода (СИП).

Потребитель должен организовать технический надзор за производством работ, проверку соответствия выполняемых работ утверждённой технической документации.

Приёмка в эксплуатацию и допуск вновь сооружённых ВЛ и токопроводов должны производиться в соответствии со строительными нормами и правилами и установленными порядком допуска в эксплуатацию новых и реконструированных энергоустановок, а также правилами приёмки в эксплуатацию законченного строительства линий электропередачи.

Перед приёмкой должны быть проверены на соответствие проекту технические состояние трассы, опор и других элементов ВЛ, заземляющих и молниезащитных устройств, стрелы провеса и расстояния от проводов и тросов в пролётах и пересечениях до земли и объектов.

При сдаче в эксплуатацию токопроводов напряжением выше 1000 В кроме документации, предусмотренной правилами устройства электроустановок и строительными нормами и правилами, должны быть оформлены:

- исполнительный чертёж трассы с указанием мест пересечений с различными коммуникациями;
- чертёж профиля токопровода в местах пересечений с коммуникациями;
- перечень отступлений от проекта;
- протокол фазировки;
- акт на монтаж натяжных зажимов для гибких токопроводов;
- протоколы испытаний;
- документы, подтверждающие наличие подготовленного персонала;
- необходимые исполнительные схемы;
- разработанные и утверждённые инструкции.

При эксплуатации ВЛ должны соблюдаться правила охраны электрических сетей и контролироваться их выполнение.

Потребитель, эксплуатирующий ВЛ, должен информировать других потребителей, организации, находящихся в районе прохождения ВЛ, о требованиях указанных правил. Потребитель, которому принадлежит ВЛ, должен принимать меры к приостановлению работ в охранной зоне ВЛ, выполняемых с нарушением правил охраны электрических сетей.

При эксплуатации ВЛ и токопроводов должны проводиться техническое обслуживание и ремонт, направленные на обеспечение их надёжной работы. При техническом обслуживании должны производиться работы по защите элементов ВЛ и токопроводов от преждевременного износа путём устранения повреждений и неисправностей, выявленных при осмотрах, проверках и измерениях.

При капитальном ремонте ВЛ и токопроводов должен быть выполнен комплекс мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных характеристик ВЛ и токопроводов в целом или отдельных её элементов путём ремонтов деталей и элементов или замены их новыми, повышающими их надёжность и улучшаю-

щими эксплуатационные характеристики. Капитальный ремонт ВЛ на ж/б и металлических опорах должен выполняться не реже 1 раза в 10 лет, ВЛ на опорах с деревянными деталями – реже 1 раза в 5 лет. Капитальный ремонт токопроводов должен выполняться по мере необходимости по решению технического руководителя потребителя.

Перечень работ, относящихся к тех. обслуживанию и ремонту ВЛ и токопроводов, устанавливается типовыми инструкциями по эксплуатации ВЛ.

Техобслуживание и ремонтные работы должны быть организованы, как правило, комплексной с минимальной продолжительностью отключения ВЛ. Они могут проводиться с отключением линии всей линии, или только одной фазы, или совсем без снятия напряжения. Работы на ВЛ с отключением одной фазы и без снятия напряжения должны производиться по специальным инструкциям.

При техобслуживании и ремонте ВЛ должны использоваться специальные машины, подъемные и транспортные средства, такелаж, оснастка, инструмент и приспособления. Бригады, выполняющие работы на ВЛ, должны быть оснащены средствами связи с руководящими работниками потребителя и диспетчерскими пунктами.

Трассу ВЛ необходимо периодически расчищать от кустарников и деревьев и содержать в безопасном в пожарном отношении состоянии; следует поддерживать установленную проектом ширину просек и проводить обрезку деревьев.

На участках ВЛ и токопроводов, подверженных интенсивному загрязнению должна применяться специальная или усиленная изоляция и при необходимости проводиться чистка изоляции, замена загрязнённых изоляторов.

При эксплуатации ВЛ в пролётах пересечения действующей ВЛ с другими ВЛ на каждом проводе или тросе проходящий сверху ВЛ допускается не более 1 соединения; в пролётах пересечения с линиями связи и сигнализации и линиями радиотрансляционных сетей соединения не допускаются. Количество соединений проводов и тросов на ВЛ до 1000 В, проходящей снизу, не регламентируется.

На ВЛ напряжением выше 1000 В, подверженных интенсивному гололёдообразованию, следует осуществлять плавку гололёда электрическим током. Выбор метода плавки определяется условиями работы ВЛ.

Потребитель, эксплуатирующий ВЛ должен содержать в исправном состоянии стандартные сигнальные знаки на берегах в местах пересечения ВЛ судоходной или сплавной реки, озёра, водохранилища; устройства светоограждения, установленные на опорах ВЛ; постоянные знаки, установленные на опорах в соответствии с проектом ВЛ и требованиями нормативно-технических документов.

В сетях 6-35 кВ с малыми токами замыкания на землю допускается работа ВЛ с однофазным замыканием на землю до устранения замыкания; при этом персонал обязан отыскать место повреждения и устранить его в кратчайшие сроки.

При ремонте ВЛ, имеющие высокочастотные каналы телемеханики и связи, в целях сохранения в работе этих каналов для заземления следует использовать переносные заземляющие заградители.

Для дистанционного определения мест повреждения ВЛ напряжением 110-220 кВ, а также мест междуфазных замыканий на ВЛ 6-35 кВ, должны быть установлены специальные приборы. На ВЛ напряжением 6-35 кВ с отпайками должны быть установлены указатели повреждённого участка. В целях своевременной ликвидации аварийных повреждений на ВЛ у потребителей должен храниться аварийный запас материалов и деталей согласно установленным нормам.

При совместной подвеске на опорах проводов ВЛ и линий другого назначения, принадлежащих другим потребителям, плановые ремонты ВЛ должны проводиться в согласованные с этими потребителями сроками. При авариях ремонтные работы должны проводиться с уведомлением этих потребителей. Сторонний потребитель, проводящий работы на принадлежащих ему проводах, обязан не позднее чем за три дня до начала работ согласовать их проведение с потребителем, эксплуатирующим ВЛ.

**Маркировка типов применяемых на ВЛ проводов:** М – медные; А – алюминиевые; АС – сталеалюминиевые; АН – нетермообработанные; АЖ – жаростойкие термообработанные; АСУ – усиленные; МПС – многопроволочные стальные; ПСО – однопроволочные, СИП – самонесущие изолированные провода.

При эксплуатации ВЛ необходимо соблюдать нормативы устройству ВЛ:

#### Минимальное сечение проводов ВЛ

Минимальное сечение провода ВЛ, мм <sup>2</sup> :	А и АН	ПС	АС
до 1000 В без пересечений	16	10	16
выше 1000 В без пересечений	35	25	25
выше 1000 В с пересечений	70	-----	35
выше 1000 В с пересечений над ж/д дорогами	-----	-----	35

**Максимальные пролёты для некоторых марок проводов ВЛ, м при толщине гололёда  $\delta$ , мм:**

Марка провода	$\delta$ гололёда 10 мм	20 мм
А – 35	140 м	-----
А – 70	190 м	75 м
АС – 35/6,2	320 м	140 м
АС – 70/11	430 м	200 м
АЖ – 35	280 м	120 м
АЖ – 70	430 м	180 м
АЖ – 120	550 м	260 м
В карьерах, насел. пунктах, при напряжении до 10 кВ	50 м	50 м

#### Расстояние между проводами ВЛ:

До 1000 В	0,4 – 0,5 м	35 кВ	2,5 – 3,7 м
10; 6 кВ	0,8 – 1,5 м	110 кВ	3 – 4,5 м

Примечание: для СИП при напряжении 35 кВ – межфазное расстояние всего 0,4-0,5 м

#### Расстояние от проводов ВЛ до земли и до зданий, м:

Расстояние, м	До 6 кВ	35 кВ	110 кВ
до поверхности земли	6	7	7
до зданий и сооружений	3	3	4
в ненаселённой местности	3,5	-----	6
в тундре, степи	-----	-----	6

#### Количество изоляторов на опорах, штук

Количество изоляторов на опорах ВЛ при напряжении:	6 – 10 кВ	35 кВ	110 кВ	220 кВ
ПФ – 6 (60)	1	3	7	12 – 14
ПС – 6 (60)	1	3	8	14
ШФ – 10	1	-----	-----	-----
ШС – 10	1	-----	-----	-----
ШФ – 35	-----	1	-----	-----
ШС – 35	-----	1	-----	-----

Примечание: (Числа означают: для подвесных изоляторов - допустимая механическая нагрузка в тоннах (кН), для штыревых-- напряжение в кВ).

При различном напряжении применяется разный материал для изготовления опор:

- Деревянные опоры применяются при напряжении – до 6 кВ

- ж/б пасынок + деревянная стойка – до 10 кВ
- ж/б вибрированные – до 10 кВ
- ж/б центрифугированные – до 35 кВ
- металлические – при любом напряжении.

**Провода ВЛ.** Провода ВЛ по конструкции могут быть одно- и многопроволочными. Однопроволочные провода изготавливают сечением 4,6 и 10 мм<sup>2</sup>; многопроволочные – сечением свыше 10 мм<sup>2</sup>. минимальный диаметр проводов устанавливается в зависимости от передаваемой мощности, необходимых запасов прочности, потерь «на корону» номинального напряжения ВЛ. Для ВЛ применяются в основном медные, алюминиевые, сталеалюминиевые, стальные провода.

В воздушных линиях и гибких токопроводах в качестве проводникового материала в основном используют алюминий, обладающий необходимыми для проводникового материала свойствами (удельной проводимостью, необходимой механической прочностью). Для дополнительного повышения механической прочности алюминиевых проводов и химической стойкости в контактных соединениях применяют:

- сталеалюминиевые провода с соотношением сечений стального сердечника и многопроволочного алюминиевого наружного слоя 0,2 – 0,24;
- алюминиевые провода, покрытые битумными замазками для защиты от коррозии.
- сварные и спрессованные соединения.

По условиям механической прочности, согласно ПУЭ, на ВЛ напряжением выше 1000 В могут применяться алюминиевые провода сечением не менее 35 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые и стальные – не менее 25 мм<sup>2</sup>. На пересечениях с линиями связи, железнодорожными линиями, водными пространствами, наземными трубопроводами и канатными дорогами сечением алюминиевых проводов должно быть не менее 70 мм<sup>2</sup>.

**Медь, алюминий и сталь.** Провода ВЛ чаще изготавливаются из алюминия или из Алюминия со стальным сердечником. Медные голые провода марок М (многожильные) и МГ (одножильные) имеют высокую проводимость  $\gamma=53 \text{ м}/(\text{Ом}\cdot\text{мм}^2)$  и большое сопротивление на разрыв  $\sigma = 400 \text{ МПа}$ , но слишком тяжелые. Алюминиевые многопроволочные провода марок А и АКП легкие, имеют малое сопротивление,  $\gamma=32 \text{ м}/(\text{Ом}\cdot\text{мм}^2)$  имеют низкое сопротивление на разрыв,  $\sigma = 150 \text{ МПа}$ . Сталеалюминиевые провода марок АС, АСКС, АСКП обладают большой механической прочностью, которую создаёт стальной сердечник, имеющий прочность на разрыв  $\sigma = 1100 - 1200 \text{ МПа}$ , и хорошую проводимость, так как токоведущей является алюминиевая наружная часть из многопроволочных жил. На линиях до 10 кВ с небольшими нагрузками иногда применяются стальные многопроволочные провода марок ПС, омедненные ПМС и однопроволочные провода марки ПСО, но они имеют низкую проводимость  $\gamma=7,52 \text{ м}/(\text{Ом}\cdot\text{мм}^2)$  и большой вес и прочность на разрыв  $\sigma = 700 \text{ МПа}$ .

При выборе проводов линий передач напряжением 35 кВ и выше учитывается возможность возникновения дополнительных потерь в линиях вызванных **появлением «короны»**. Это явление обусловлено ионизацией воздуха около проводов, если напряжённость (градиент) электрического поля у поверхности провода превышает электрическую прочность воздуха. По мере повышения напряжения линии местная корона, вызванная неровностями поверхности провода, с загрязнениями с заусенцами, переходит в общую корону по всей длине провода. Согласно ПУЭ максимальное значение напряжённости электрического поля должно составлять не более 28 кВ/см. Поэтому наименьшие диаметры проводов марки АС, обеспечивающие допустимые потери на коронирование, должны составлять, например, для напряжений 110 и 220 кВ при одном проводе в фазе соответственно 11,4 и 21,6 мм.

В линиях напряжением 330 – 500 кВ для уменьшения индуктивного сопротивления и потерь на корону применяют расщеплённые провода, т.е. подвеску двух проводов и более в одной фазе линии, используя для этой цели распорки.

**Типичные неисправности воздушных линий.** Воздушные линии электропередачи являются одним из важнейших элементов систем электроснабжения, от надежности которых зависит бесперебойное электроснабжение электроустановок. Внезапные перебои электро-

снабжения приводят, как правило, к нарушению технологического процесса, связанного с определенным экономическим ущербом и созданием опасных ситуаций. Они связаны с неисправностями ВЛ, обусловленными различного рода нагрузками, действующими на опоры, провода, изоляторы и другие элементы. К наиболее характерным неисправностям ВЛ относятся следующие.

Для опор – наклон их относительно вертикального положения и деформации траверс; оседание или выпучивание земли вокруг фундамента и оседание фундамента, трещины и повреждение в наземной его части; неудовлетворительная окопка опор; отсутствие болтов и гаек в крепежных элементах, недостаточная длина резьбы на болтах, ослабление проволочных бандажей; коррозия, трещины и коробление деталей опор; загнивание деталей деревянных опор, их обгорание и расщепление.

Для проводов и тросов – обрыв, сильное натяжение или провисание проводов; отклонение от нормируемых расстояний до земли и других объектов; коррозия, набросы, вибрации, пляска и образование гололеда.

Для изоляторов – механические повреждения фарфора, трещины, сколы, ожоги и оплавления глазури; следы оплавления на армировке изоляторов и арматуре гирлянд; отсутствие замков или шплинтов в гирлянде, выход стержня из головки изолятора, погнутые штыри и стержни; коррозия арматуры; коронирование.

Для креплений и соединений проводов и тросов – неисправность зажимов и соединений; образование трещин в их корпусе; отсутствие болтов, шайб, шплинтов; ослабление затяжки гаек, следы перегрева зажима или соединителя; проскальзывание провода из зажима, ослабление крепления провода к изолятору и др.

**Обслуживание воздушных линий.** С целью исключения отказов и повреждений, обеспечения необходимой надежности, поддержания и соблюдения требований, предъявляемых к ВЛ, осуществляется комплекс мер по техническому обслуживанию и ремонту, предусматривающий: соблюдение допустимых режимов работы по токам нагрузки; проведение осмотров и проверок; выполнение измерений и профилактики испытаний; проведение планово-предупредительных ремонтов. Необходимость соблюдения допустимых режимов работы по токам нагрузки обусловлено следующими обстоятельствами. Сечение проводников для воздушных линий принимается согласно ПУЭ по длительно-допустимому току из расчета допустимой температуры их нагрева  $+70^{\circ}\text{C}$  и температуры воздуха  $+25^{\circ}\text{C}$ . Ток, проходящий по воздушной линии, нагревает проводник. Это приводит к следующим изменениям: удлиняется провод, вследствие чего увеличивается стрела провеса и изменяется его габариты относительно земли и других элементов, натяжения провода и его способность нести механическую нагрузку, сопротивление провода и, следовательно, потери мощности, энергии и напряжения.

При номинальных токах ВЛ указанные факторы будут находиться в пределах заданных норм. В связи с этим ток ВЛ не должен превышать расчетный, а перегрузки могут носить только временный характер. Существует возможность перегрузки на 30-40 %, а в ряде случаев и до 60% по условиям выполнения требований по габаритам линии. При перегрузке ВЛ до 50% потеря напряжения превышает допустимые значения на 0,8-1,6 %, что не оказывает существенного влияния на качество электроэнергии.

**Виды и периодичность осмотров ВЛ.** **Осмотры ВЛ.** На ВЛ должны быть организованы периодические и внеочередные осмотры. Периодические осмотры ВЛ проводятся по графику, утверждённому ответственным за электрохозяйство потребителя, с учётом местных условий их эксплуатации, но **не реже 1 раза в год**. Кроме того, не реже 1 раза в год административно – технический персонал должен проводить выборочные осмотры отдельных участков линий, включая все участки ВЛ подлежащие ремонту. Верховые осмотры с выборочной проверкой проводов и тросов в зажимах и дистанционных распорках на ВЛ напряжением 35 кВ и выше, эксплуатируемых 20 лет и более, или на их участках, и на ВЛ, проходящих по зонам интенсивного загрязнения, а также по открытой местности, должны производиться не реже 1 раза в 5 лет; на остальных ВЛ напряжением 35 кВ и выше – не реже

1 раза в 10 лет. На ВЛ 0,38-20 кВ верховые осмотры должны осуществляться **по необходимости**.

Внеочередные осмотры ВЛ или их участков должны проводиться при образовании на тросах и проводах гололёда, при пляске проводов, во время ледохода и разлива рек, при пожарах в зоне трассы ВЛ, после сильных бурь, ураганов и других стихийных бедствий, а также после отключения ВЛ релейной защитой и неуспешного автоматического повторного включения, а после успешного повторного включения – по мере необходимости.

При проведении осмотров и проверок ВЛ обращают внимание на следующее: наличие обрывов и оплавлений отдельных проволок или набросов на провода и тросы: наличие боя, ожогов, трещин изоляторов, состояние опор, разрядников, концевых кабельных муфт на спусках; наличие искрения и правильность регулировки проводов; наличие и состояние предупредительных плакатов и постоянных знаков на опорах; наличие и состояние болтов, гаек, целостность отдельных элементов; сварных швов и заклепочных соединений на металлических опорах; целостность бандажей и заземляющих устройств; чистоту трассы, наличие деревьев, угрожающих падением на линию, посторонних предметов.

Проверяется также:

-противопожарное состояние трассы: в охранной зоне ВЛ не должно быть посторонних предметов, строений, стогов сена, штабелей леса, деревьев, угрожающих падением на линию или опасным приближением к проводам, складирование горючих материалов, костров; не должны выполняться работы сторонними организациями без письменного согласия с потребителем, которому принадлежит ВЛ;

-состояние фундаментов, приставок: должно быть оседание или вспучивание грунта вокруг фундаментов, трещин и повреждений фундамента, должно быть достаточное заглубление;

-состояние опор: не должно быть их наклонов или смещение в грунте, видимого загнивания деревянных опор, обгорание и расщепление деревянных деталей, нарушений целостности бандажей, сварных швов, болтовых и заклепочных соединений на металлических опорах, обрывов металлических элементов, коррозий металла, трещин и повреждений ж/б опор, птичьих гнёзд, других посторонних предметов на них. На опорах должны быть плакаты и знаки безопасности;

-состояние проводов и тросов: не должно быть обрывов и оплавлений отдельных проволок, набросов на провода и тросы, нарушений их регулировки, недопустимого изменения стрел провеса и расстояний проводов до земли и объектов, смещение от места установки гасителей вибрации, предусмотренных проектом ВЛ;

-состояние гибких шин токопроводов: не должно быть перекруток, расплётков и лопнувших проволок;

-состояние изоляторов: не должно быть боя, ожогов, трещин, загрязнённости, повреждение глазури, неправильной насадки штыревых изоляторов на штыри или крюки, повреждение защитных рогов; должны быть на месте гайки, замки или шплинты;

-состояние арматуры: не должно быть трещин в ней, перетиранья или деформации отдельных деталей;

-состояние разрядников, коммутационной аппаратуры на ВЛ и концевых кабельных муфт на спусках: не должно быть повреждений или обрывов заземляющих спусков на опорах и у земли, нарушений контактов в болтовых соединениях молниезащитного троса с заземляющим спуском или телом опоры, разрушения коррозией элементов заземляющего устройства.

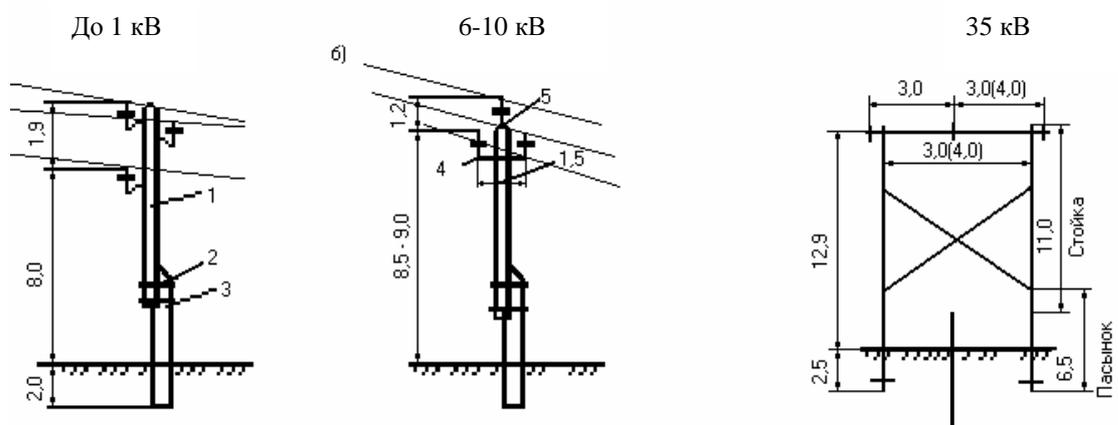
Данные об обнаруженных дефектах при осмотрах и профилактических испытаниях заносятся в журнал. На основании этих данных лицо, ответственное за электрохозяйство, даёт указание о сроках устранения дефектов и составляет планы ремонтных работ. Техническое обслуживание и ремонтные работы на ВЛ должны проводиться по возможности комплексным методом с максимально возможными сокращениями времени отключения линии.

**Испытание ВЛ.** С целью получения более полной и достоверной информации о состоянии ВЛ регулярно проводят их профилактические испытания и измерения. При этом предусматривают определение габаритов и разрегулировки проводов и тросов; измерение

сопротивления изоляции изоляторов и их испытания повышенным напряжением; контроль многоэлементных изоляторов с помощью штанги; контроль соединений проводов; измерение сопротивления заземления опор и тросов; проверку правильности установки опор, тяжести в оттяжках опор, степени загнивания деталей деревянных опор. Профилактические испытания и измерения проводят в объемах и сроки, предусмотренные Правилами эксплуатации электроустановок.

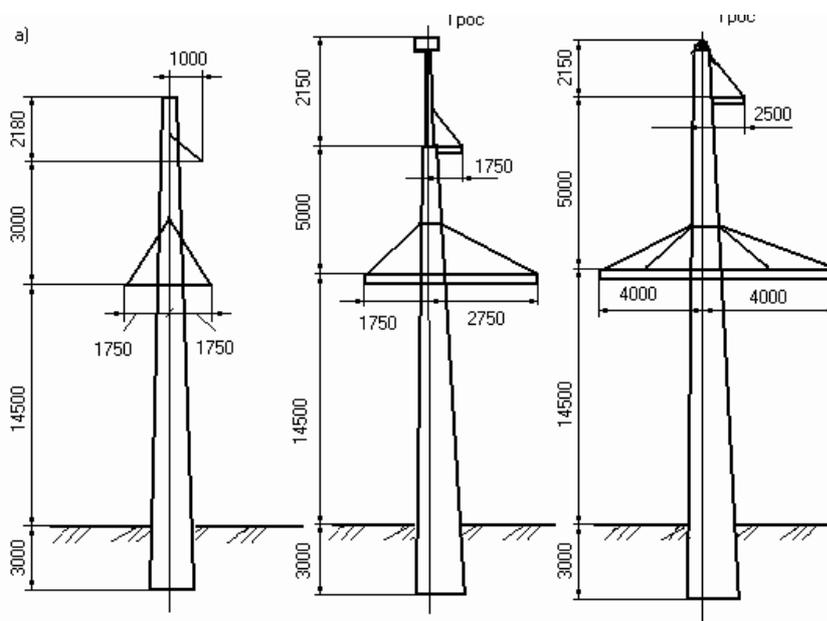
Для ВЛ, где отмечаются частые гололед или заморозки, необходимо принимать меры для борьбы с ними путем применения плавки гололеда электрическим током. На коротких участках линий гололед можно удалять также механическим путем с помощью длинных шестов или из корзины автовышки.

С целью обеспечения сохранности ВЛ, создания нормальных условий эксплуатации и предотвращения хищения и несчастных случаев, предприятия, в ведении которых она находится, должны осуществлять охрану в соответствии с Правилами охраны электрических сетей.



1 - деревянная стойка, 2 - бандаж, 3 - ж / б пасынок, 4 - траверса, 5 - штыревой изолятор.

**Рисунок 1 - Габаритные размеры деревянных опор при различном напряжении ВЛ.**



**Рисунок 2 – Общий вид и размеры опор воздушных линий для напряжения 35 – 110 кВ**

### 3 ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Кабельные линии (КЛ) применяются при напряжении до 220 кВ и более. Преимуществом КЛ по сравнению с ВЛ является возможность их применения в условиях ограниченного пространства, в помещениях, в подземных и подводных условиях. Использование современных изоляционных материалов, повышение квалификации персонала и качества монтажа позволяет повысить надежность работы кабельных линий. К недостаткам КЛ можно отнести более высокую, чем у ВЛ стоимость, сложность определения мест повреждений и их устранения. Здесь рассматриваются силовые кабельные линии напряжением от 0,4 до 35 кВ. При сдаче в эксплуатацию КЛ напряжением до и выше 1000 В кроме документации, предусмотренной строительными нормами и правилами и отраслевыми правилами приемки, должна быть оформлена и передана заказчику следующая техническая документация:

- скорректированный проект КЛ, который для КЛ на напряжение 110 кВ и выше должен быть согласован с заводом-изготовителем кабелей и эксплуатирующей организацией;
- исполнительный чертеж трассы с указанием мест установки соединительных муфт
- чертеж профиля КЛ в местах пересечения с дорогами и другими коммуникациями для КЛ на напряжение 20 кВ и выше и для особо сложных трасс КЛ на напряжение 6 и 10 кВ;
- акты состояния кабелей на барабанах и, в случае необходимости, протоколы разборки и осмотра образцов (для импортных кабелей разборка обязательна);
- кабельный журнал;
- инвентарная опись всех элементов КЛ (для КЛ напряжением выше 1000 В);
- акты строительных и скрытых работ с указанием пересечений и сближений кабелей со всеми подземными коммуникациями;
- акты на монтаж кабельных муфт;
- акты приемки траншей, блоков, труб, каналов, туннелей и коллекторов под монтаж;
- акты на монтаж устройств по защите КЛ от электрохимической коррозии, а также документы о результатах коррозионных испытаний в соответствии с проектом;
- протоколы испытания изоляции КЛ повышенным напряжением после прокладки (для КЛ напряжением выше 1000 В);
- документы о результатах измерения сопротивления изоляции;
- акты осмотра кабелей, проложенных в траншеях и каналах перед закрытием;
- протокол прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах;
- акт проверки и испытания автоматических стационарных установок пожаротушения и пожарной сигнализации.

Кроме перечисленной документации при приемке в эксплуатацию КЛ напряжением 110 кВ и выше монтажной организацией должны быть дополнительно переданы заказчику:

- исполнительные высотные отметки кабеля и подпитывающей аппаратуры для маслонаполненных кабелей низкого давления на напряжение 110—220 кВ;
- документы о результатах испытаний масла (жидкости) из всех элементов линий; результатах пропиточных испытаний; результатах опробования и испытаний подпитывающих агрегатов для маслонаполненных кабелей высокого давления; результатах проверки систем сигнализации давления;
- акты об усилиях тяжения при прокладке;
- акты об испытаниях защитных покровов повышенным электрическим напряжением после прокладки;
- протоколы заводских испытаний кабелей, муфт и подпитывающей аппаратуры;

При приемке в эксплуатацию вновь сооружаемой КЛ должны быть произведены испытания в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок.

Потребитель, которому принадлежит КЛ (эксплуатирующая организация) должен вести технический надзор за прокладкой и монтажом КЛ всех напряжений, сооружаемых монтажными организациями.

При надзоре за прокладкой и при эксплуатации небронированных кабелей со шланговым покрытием особое внимание должно быть уделено состоянию шлангов. Кабели со шлангами, имеющими сквозные порывы, задиры и трещины, должны быть отремонтированы или заменены.

Каждая КЛ должна иметь **паспорт**, включающий ранее указанную документацию, диспетчерский номер или наименование. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены **бирками**; на бирках кабелей в начале и конце линии должны быть указаны марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии; на бирках соединительных муфт—номер муфты, дата монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. Они должны быть расположены по длине линии **через каждые 50 м** на открыто проложенных кабелях, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через огнестойкие перегородки и перекрытия (с обеих сторон).

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию должны быть установлены наибольшие допустимые токовые нагрузки. Нагрузки должны быть определены по участку трассы длиной не менее 10 м **с наихудшими условиями охлаждения**. Превышение этих нагрузок допускается на основе тепловых испытаний при условии, что температура жил будет не выше длительно допустимой температуры, приведенной в государственных стандартах или технических условиях. При этом нагрев кабелей должен проверяться на участках трасс с наихудшими условиями охлаждения.

В кабельных сооружениях и других помещениях должен быть организован систематический контроль за тепловым режимом работы кабелей, температурой воздуха и работой **вентиляционных устройств**.

Температура воздуха внутри кабельных туннелей, каналов и шахт в летнее время должна быть не более **чем на 10°С выше** температуры наружного воздуха.

На период ликвидации аварии допускается перегрузка по току для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ на 30 % продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 суток, но не более 100 ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимой.

Для кабелей, находившихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10 %.

Перегрузки кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением **20 и 35 кВ не допускаются**.

На период ликвидации аварии допускаются перегрузки по току для кабелей с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлоридного пластиката на 15 % и для кабелей с изоляцией из резины и вулканизированного полиэтилена на 18 % продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 суток, но не более 100 ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимой.

Перегрузка маслонаполненных кабелей низкого и высокого давления напряжением 110—220 кВ должна быть установлена местными инструкциями с учетом требований государственных стандартов.

Для каждой КЛ из маслонаполненных кабелей или ее секции напряжением 110—220 кВ в зависимости от профиля линии местными инструкциями должны быть установлены допустимые предельные значения давления масла, при отклонениях от которых КЛ должна быть отключена и включена только после выявления и устранения причин нарушений.

Пробы масла из маслонаполненных кабелей и жидкости из концевых муфт кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением 110 кВ и выше должны отбираться перед включением новой линии в работу, через 1 год после включения, затем через 3 года и в последующем—каждые 6 лет. Значения контролируемых параметров масла и жидкости должны соответствовать нормам испытания электрооборудования.

При однофазном замыкании на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью персонал должен немедленно сообщить об этом дежурному на питающей под-

станции или дежурному по сети энергоснабжающей организации и в дальнейшем действовать по их указаниям.

Нагрузки КЛ должны измеряться периодически в сроки, установленные нормами испытания электрооборудования. На основании данных этих измерений должны уточняться режимы и схемы работы КЛ.

**Осмотры КЛ напряжением до 35 кВ должны проводиться в следующие сроки:**

- трасс кабелей, проложенных в земле,—не реже 1 раза в 3 месяца;
- трасс кабелей, проложенных на эстакадах, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий,—не реже 1 раза в 6 месяцев;
- кабельных колодцев—не реже 1 раза в 2 года;
- подводных кабелей — по местным инструкциям в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство Потребителя.

Осмотры КЛ напряжением 110—220 кВ должны проводиться:

- трасс кабелей, проложенных в земле, – не реже 1 раза в месяц;
- трасс кабелей, проложенных в коллекторах и туннелях, – не реже 1 раза в 3 месяца;
- подпитывающих пунктов при наличии сигнализации давления масла (жидкости)- не реже 1 раза в месяц; подпитывающих пунктов без сигнализации давления масла (жидкости) и подводных кабелей – по местным инструкциям в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство Потребителя.

Для КЛ, проложенных открыто, осмотр кабельных муфт напряжением выше 1000 В должен производиться при каждом осмотре электрооборудования.

Периодически, но не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должен проводить административно-технический персонал.

В период паводков, после ливней и при отключении КЛ релейной защитой должны проводиться внеочередные осмотры.

Сведения об обнаруженных при осмотрах неисправностях должны заноситься в журнал дефектов и неполадок. Неисправности должны устраняться в кратчайшие сроки.

Осмотр туннелей (коллекторов), шахт и каналов на подстанциях с постоянным дежурством персонала должен производиться не реже 1 раза в месяц, осмотр этих сооружений на подстанциях без постоянного дежурства персонала – по местным инструкциям в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство Потребителя.

Местными инструкциями должны быть установлены сроки проверки работоспособности устройств пожарной сигнализации и пожаротушения, находящихся в кабельных сооружениях.

Туннели, коллекторы, каналы и другие кабельные сооружения должны содержаться в чистоте; металлическая неоцинкованная броня кабелей, проложенных в кабельных сооружениях, и металлические конструкции с неметаллизированным покрытием, по которым проложены кабели, должны периодически покрываться **негорючими антикоррозионными** составами.

Хранение в кабельных сооружениях каких-либо материалов не допускается.

Кабельные сооружения, в которые попадает вода, должны быть оборудованы средствами для отвода почвенных и ливневых вод.

В районах с электрифицированным рельсовым транспортом или агрессивными грунтами на КЛ должны проводиться **измерения блуждающих токов**, составляться и систематически корректироваться потенциальные диаграммы КЛ (или ее отдельных участков) и карты почвенных коррозионных зон. В городах, где организована совместная антикоррозионная защита для всех подземных коммуникаций, снятие потенциальных диаграмм не требуется.

Потенциалы кабелей должны измеряться в зонах блуждающих токов, местах сближения силовых кабелей с трубопроводами и кабелями связи, имеющими катодную защиту, и на участках кабелей, оборудованных установками по защите от коррозии. На кабелях со шланговыми защитными покровами должно контролироваться состояние антикоррозионного покрытия.

Потребитель, в ведении которого находятся КЛ, должен контролировать выполнение управлениями и службами электрифицированного рельсового транспорта мероприятий по уменьшению значений блуждающих токов в земле в соответствии с установленными требованиями.

При обнаружении на КЛ опасности разрушения металлических оболочек из-за электрической, почвенной или химической коррозии должны быть приняты меры к ее предотвращению.

За защитными устройствами на КЛ должно быть установлено наблюдение в соответствии с местными инструкциями.

Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них должны производиться только после получения соответствующего разрешения руководства организации, по территории которой проходит КЛ, и организации, эксплуатирующей КЛ. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием размещения и глубины заложения КЛ. Местонахождение КЛ должно быть обозначено соответствующими знаками или надписями как на плане (схеме), так и на месте выполнения работ. При этом исполнитель должен обеспечить надзор за сохранностью кабелей на весь период работ, а вскрытые кабели укрепить для предотвращения их провисания и защиты от механических повреждений. На месте работы должны быть установлены сигнальные огни и предупреждающие плакаты

Перед началом раскопок должно быть произведено шурфление (контрольное вскрытие) кабельной линии под надзором электротехнического персонала потребителя, эксплуатирующего КЛ, для уточнения расположения кабелей и глубины их залегания.

При обнаружении во время разрытия земляной траншеи трубопроводов, неизвестных кабелей или других коммуникаций, не указанных на схеме, необходимо приостановить работы и поставить об этом в известность ответственного за электрохозяйство. Рыть траншеи и котлованы в местах нахождения кабелей и подземных сооружений следует с особой осторожностью, а на глубине 0,4 м и более—только лопатами.

Зимой раскопки на глубину более 0,4 м в местах прохождения кабелей должны выполняться с обогревом грунта. При этом необходимо следить за тем, чтобы от поверхности обогреваемого слоя до кабелей сохранялся слой грунта толщиной не менее 0,15 м. Оттаявший грунт следует отбрасывать лопатами.

Применение ломов и тому подобных инструментов не допускается.

Производство раскопок землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также использование отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелями на глубину, при которой до кабеля остается слой грунта менее 0,3 м, не допускается.

Применение ударных и вибропогружных механизмов разрешается на расстоянии не менее 5 м от кабелей.

Для производства взрывных работ должны быть выданы дополнительные технические условия.

Собственник КЛ и эксплуатирующая организация должны периодически оповещать организации и население района, где проходят кабельные трассы, о порядке производства земляных работ вблизи этих трасс.

КЛ должны периодически подвергаться профилактическим испытаниям повышенным напряжением постоянного тока (в 6 раз больше номинального) в соответствии с нормами испытания электрооборудования .

Необходимость внеочередных испытаний КЛ, например, после ремонтных работ или раскопок, связанных со вскрытием трасс, а также после автоматического отключения КЛ, определяется руководством Потребителя, в ведении которого находится кабельная линия.

Для предотвращения электрических пробоев на вертикальных участках кабелей напряжением 20—35 кВ вследствие осушения изоляции необходимо их периодически заменять или устанавливать стопорные муфты.

Для КЛ напряжением 20—35 кВ с кабелями, имеющими нестекающую пропиточную массу и пластмассовую изоляцию, или с газонаполненными кабелями не требуется дополни-

тельного наблюдения за состоянием изоляции вертикальных участков и их периодической замены.

Образцы поврежденных кабелей и поврежденные кабельные муфты при электрическом пробое изоляции в работе или при профилактических испытаниях должны подвергаться лабораторным исследованиям для установления причин повреждений и разработки мероприятий по их предупреждению. При предъявлении рекламаций заводам-изготовителям поврежденные образцы с заводскими дефектами должны быть сохранены для осмотра экспертами.

### 3.1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.

Для обеспечения подачи питания к электроустановкам могут применяться следующие виды электропроводок: -кабели; провода изолированные; шинопроводы, токопроводы; провода неизолированные (голые) применяются только на воздушных линиях.

Здесь рассмотрены вопросы применения кабелей, имеющих различное количество и материал жил, различные материалы изоляции и защитных оболочек.

Для надежной и длительной эксплуатации кабелей необходимо выполнять следующие требования:

- правильно выбирать тип и сечение проводников в соответствии с условиями эксплуатации и величинами напряжения, рабочего тока нагрузки, токов короткого замыкания;
- правильно выполнять монтаж проводников;
- производить своевременное и грамотное техническое обслуживание в соответствии с нормативами в течение всего срока эксплуатации.

#### 1. Выбор кабелей.

Рекомендуется применять кабели с алюминиевыми жилами, если это не запрещается Правилами безопасности и условиями эксплуатации. Необходимо различать кабели гибкие или негибкие, с медными или алюминиевыми жилами, с бумажной, резиновой или пластмассовой изоляцией, с броней из стальных лент или проволок, с наружным защитным покровом или без него.

1.1. **Кабели с медными жилами рекомендуется применять** в следующих случаях ввиду их высокой стоимости:

- в шахтах опасных по газу и пыли;
- в пожароопасных установках;
- во взрывоопасных установках;
- для питания передвижных машин;
- при прокладке под водой.

1.2. Кабели со **свинцовой** оболочкой рекомендуется применять только: в шахтах опасных по газу и пыли, в пожаро- и взрывоопасных помещениях, а также при подводной прокладке.

1.3. Кабели с **броней** из стальных лент (Б) применяются только при горизонтальной прокладке, при вертикальной необходимо применять кабели с броней из плоских (П) и круглых (К) проволок.

1.4. Кабели с **обычной (маслоканифольной) пропиткой бумажной изоляции** применяются только при горизонтальной прокладке, при вертикальной прокладке нужно применять кабели с обедненной пропиткой изоляции (В), или с нестекающим составом на основе церезина (Ц) или СПЭ.

1.5. Кабели с **наружным джутовым** покровом применяются только при прокладке в земле (траншеях) или в воде, во всех остальных случаях применяются кабели без покрова (Г-голые) или с покровом из негорючего состава (Н).

1.6. Для **нагрева** объектов применяются специальные нагревательные кабели (Н) с токоведущими жилами из нихрома или других сплавов.

1.7. Гибкие кабели с резиновой изоляцией применяются при напряжении до 6 кВ.

1.8. Негибкие и бронированные кабели с бумажной изоляцией применяются при напряжении до 35 кВ, с резиновой изоляцией - до 10 кВ, с пластмассовой - до 6 кВ.

1.9. Для напряжения **35 кВ** выпускаются кабели сухие (без масляного наполнения) трехжильные с общей металлической оболочкой и с отдельной оболочкой каждой жилы.

1.10. Для напряжения **110 кВ** и выше выпускаются кабели маслonaполненные, а также с изоляцией из полиэтилена, в том числе сшитого полиэтилена.

## **2. Виды работ**, выполняемых при техническом обслуживании кабельных линий:

- осмотры;
- испытания;
- ремонты.

## **3. Осмотры.**

Кабельные линии осматриваются: в рудниках - ежемесячно, на подстанциях и трассах в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером, но не реже 1 р. в 3 месяца. Во время осмотров проверяются: правильность подвески, возможность механических повреждений, проколов, порезов, чрезмерных изгибов, наличие опознавательных знаков, плакатов и бирок. Не допускается работающие кабели сматывать в бухты, засыпать породой, вешать на кабель инструменты, другие предметы. Проверяется состояние подвесов, каналов, коллекторов. Во время работы передвижных машин следить, чтобы кабель не попал под движущуюся машину. Осмотр муфт напряжением выше 1000 В. - 1 р. в 6 месяцев.

## **4. Испытания.**

Повреждения на КЛ часто и КЛ имеют скрытый характер. Своевременно не выявленные испытаниями они могут развиваться под воздействием рабочего напряжения. При этом возможно разрушение элементов КЛ в ослабленном месте и развитие короткого замыкания.

Кабели после ремонтов и периодически в процессе эксплуатации подвергаются испытаниям, в том числе:

- проверка целостности жил с помощью омметра;
- измерение сопротивления изоляции с помощью мегомметра;
- испытание повышенным напряжением постоянного тока, в 6 раз более рабочего;
- измерение температуры и нагрузок;
- определение химической коррозии и блуждающих токов;
- измерение сопротивления заземления;
- измерения сопротивлений петли фаза - ноль в сетях до 1000 В с заземленной нейтралью.

Объем и сроки испытаний устанавливаются в соответствии с ПТЭ в зависимости от типа кабеля и величины рабочего напряжения. Испытания повышенным напряжением проводятся не реже 1 раза в 3 года.

## **5. Ремонт.**

Кабели гибкие ремонтируются с помощью вулканизаторов стационарных или переносных, при необходимости может быть установлена соединительная муфта типа КШВ, СНВ, либо ТМ-60 (для освещения).

Кабели бронированные ремонтируются в основном с помощью установки соединительных муфт: свинцовых, эпоксидных, полиуретановых, термоусаживаемых и холодной усадки.

### **5.1. Определение места повреждения кабелей.**

Для определения места повреждения кабельной линии применяются несколько методов в два этапа. Первый этап - определение зоны (приблизительного места); второй этап - определение конкретного места.

Для первого этапа применяют импульсный метод, петлевой, емкостный, колебательного разряда. При этом используются приборы, устанавливаемые на диспетчерских или распределительных пунктах.

Для второго этапа применяют приборы, использующие акустический или индукционный метод. С этими приборами необходимо проходить непосредственно по кабельной линии.

Для уменьшения переходного сопротивления и точного определения места повреждения используют метод прожигания с помощью кенотронных установок.

Испытания рудничных кабелей и определение зоны повреждения можно проводить с помощью приборов и аппаратов типа АШИК (аппарат шахтный испытания кабелей). Аппарат может давать кратковременный импульс напряжением до 30 кВ.

5.2. Вскрытие траншей. При вскрытии траншей с кабелями производить раскопки машинами разрешается не ближе 1 м от кабеля; отбойными молотками - на глубину не более 0,4 м.

В зимнее время необходимо производить отогревание грунта. Ломами и другими острыми инструментами пользоваться не разрешается. До кирпичного покрытия можно работать лопатой, далее - только руками.

### **6. Последовательность операций при ремонте кабельной линии.**

6.1. Получить разрешение на выполнение земляных работ с указанием точного места работ.

6.2. Вскрывать траншею (или применять автовышку для работ на эстакаде).

6.3. При вскрытии траншеи работать осторожно, следить за состоянием атмосферы (из грунта может выделиться опасный газ).

6.4. Точно определить кабель, подлежащий ремонту. Проверить бирки, расположение кабелей по чертежам раскладки, схемам.

6.5. Произвести проверку отсутствия напряжения кабелей искательным индукционным аппаратом, исключив влияния соседних кабелей.

6.6. Заземлить прокалывающий инструмент, надеть защитные очки и диэлектрические перчатки, произвести механический прокол кабеля. В туннелях и колодцах применяется только инструмент с дистанционным управлением. Заземлить инструмент можно к броне кабеля, предварительно зачистив ее.

6.7. Распилить или разрезать кабель (заземлить, одеть очки и перчатки).

6.8. Разделать кабель, сделать пометки на жилах одних фаз.

6.9. Установить муфту и залить компаундом, установить заземляющие перемычки, бирки, защитный кожух.

6.10. Закрепить муфту и кабель, освободив от нагрузок от веса, для чего можно применить доску, стержень и др.

6.11. Установить (уложить) кабель с муфтой на место.

6.12. Произвести испытание кабельной линии после ремонта, при положительном результате - можно включить линию. В траншее: накрыть песком, кирпичами, затем - засыпать грунтом. Установить опознавательные таблички.

### **7. Прокалывание кабелей перед ремонтом.**

Для определения нужного (отключенного) кабеля в траншее или на эстакаде необходимо использовать приборы, проследить кабель по трассе, проверить бирки. Перед началом ремонта кабель прокалывается специальным инструментом, лучше - дистанционным. Инструмент заземляется на зачищенную броню кабеля. При работе нужно использовать защитные очки и диэлектрические перчатки.

При распиливании или разрезании кабеля инструмент также заземляется, также работа производится в перчатках и в защитных очках.

Эти меры безопасности обоснованы следующим: в случае прокола кабеля, с которого не снято напряжение, через заземленный на оболочку кабеля инструмент пройдет ток замыкания на землю и должна сработать земляная защита, что обеспечит безопасность персонала даже в этом случае.

### **8. Фазировка кабелей.**

Производится при монтаже и ремонте кабельной линии для сохранения требуемой очередности фаз на жилах кабеля. В противном случае может произойти короткое замыкание. На стадии монтажа (до присоединения кабелей) используют метод прозвонивания цепей омметром или другими приборами. Окончательная фазировка проводится под напряжением с помощью индикаторов или указателей напряжения, а до 1000 В. - можно с помощью вольтметров. Эта работа выполняется по специальному распоряжению или наряду.

Если фазы совпадают, то вольтметр или индикатор не показывают напряжение, если фазы не совпадают - то показания будут отличаться от нулевого значения.

При установке кабельной муфты необходимо при разрезании кабеля сразу пометить каждую жилу кабеля, либо найти заводские метки на жилах.

### **9. Основные виды повреждений кабельных линий.**

При нарушении правил эксплуатации возникают условия для повреждений КЛ, которые приводят к простоям и аварийным ремонтам. Основные причины повреждения кабельных линий напряжением 1-10 кВ следующие:

- предшествующие механические повреждения - 43 %;
- непосредственные механические повреждения строительными и другими организациями 16 %;
- дефекты соединительных муфт и концевых заделок во время монтажа - 10 %;
- повреждения кабеля и муфт в результате осадки грунта - 8 %;
- коррозия металлических оболочек кабелей - 7 %;
- дефекты изготовления кабеля на заводе - 5 %;
- нарушения при прокладке кабеля - 3 %;
- старение изоляции из-за длительной эксплуатации или перегрузок - 8 %;
- несвоевременное техническое обслуживание - 7 %.

### **10. Основные виды ремонта кабелей.**

Кабельные линии подвергаются периодическим ремонтам в соответствии с графиком ППР. Основные виды плановых ремонтов указаны в нормативах и основаны на проведении профилактических осмотров и испытаний. Внеплановые (аварийные) ремонты подразделяются на следующие виды:

- ремонт защитных покровов;
- ремонт металлических оболочек;
- ремонт бумажной изоляции;
- ремонт токопроводящих жил;
- ремонт соединительных и концевых муфт;
- ремонт мачтовых муфт и концевых заделок.

### **11. Обнаружение неисправностей кабельных линий.**

Кабельные линии часто проходят в траншеях, кабельных сооружениях, имеют скрытые повреждения, поэтому обнаружение неисправностей составляет достаточную сложность. Трудность представляет определение места повреждения изоляции в кабеле, вызывающее замыкание двух-трех жил на землю, либо двух-трех жил между собой; обрыв одной, двух или трех жил без заземления или с заземлением оборванных и необорванных жил; заплывающий пробой изоляции; повреждение кабеля одновременно в нескольких местах, каждое из которых может относиться к одному из вышеуказанных видов.

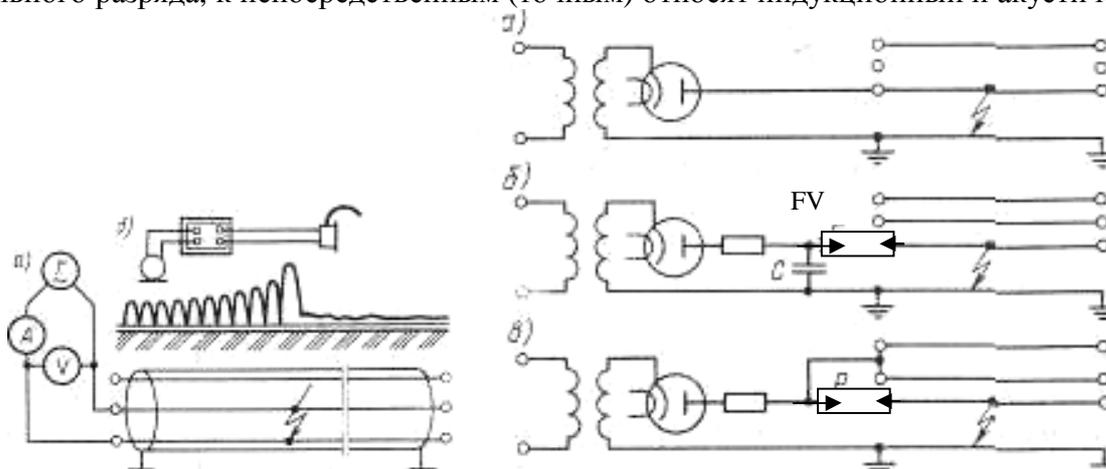
Чтобы обнаружить место и характер повреждения кабеля используются предварительные (относительные) и точные методы. Для установления характера повреждения кабельной линии во многих случаях бывает достаточно измерить с обоих концов линии сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы по отношению к земле, сопротивление изоляции между токоведущими жилами и определить целостность токоведущих жил (перед измерением кабельная линия должна быть отключена с обеих сторон). Эти измерения производят **мегаомметром на 2500 В и омметром**. Далее необходимо определить место повреждения, например с помощью испытательной установки, поочередно испытывая изоляцию токоведущих жил по отношению к оболочке кабеля и между собой. Для определения места повреждения необходимо иметь малое переходное сопротивление в месте повреждения кабельной линии. Для его снижения до необходимого предела можно прожечь изоляцию в месте повреждения напряжением 5-10 кВ от установок с выпрямителями или от специальных трансформаторов.



**Рисунок 2 – Трассоискатель – кабелеискатель АНПИ**  
(аппарат нахождения повреждения изоляции)

Прожигание производят с перерывами в течение нескольких часов, а иногда и суток. При этом сопротивление резко меняется, то снижаясь, то возрастая, пока не начинает плавно снижаться. Это позволяет проводить измерения для определения расстояния до места повреждения. В некоторых случаях в процессе прожигания место повреждения заплывает, изоляция восстанавливается и пробои прекращаются.

Существующие методы определения места повреждения кабелей можно подразделить на относительные (дистанционные) и непосредственные (на трассе). Сначала используют относительные методы. Они заключаются в использовании специальных приборов, позволяющих с определенной погрешностью, не выходя из диспетчерского пункта, измерить расстояние до места повреждения кабеля. Непосредственные методы используют для определения точного места повреждения. К относительным методам относятся: импульсный метод, метод колебательного разряда, к непосредственным (точным) относят индукционный и акустический.



**Рисунок 3 – Индукционный метод определения места повреждения КЛ**

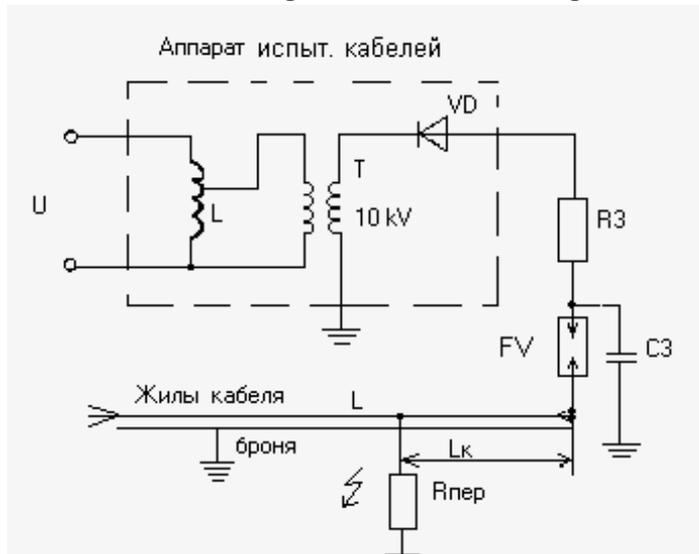
На рис. 3 а показана схема для определения места повреждения кабельной линии в муфте при заплывающих пробоях. В муфте между жилой и металлической оболочкой кабеля возникает сильный искровой разряд, прослушиваемый с поверхности земли. Также показана

схема для определения места повреждения кабельных линий при других видах повреждений.

В схему вводят разрядник FV и конденсатор С. При такой схеме, являющейся фактически схемой генератора импульсов, в месте повреждения создается искровой разряд, прослушиваемый с поверхности земли. Чтобы обеспечить выделение максимальной энергии искрового разряда в месте повреждения, необходимо устанавливать конденсатор большой емкости. Тогда напряжение заряда конденсатора будет достаточным, чтобы вызвать искровой разряд в поврежденном месте.

*Индукционный метод.* Этим методом определяют места повреждения в кабельных линиях, имеющих пробой изоляции между двумя-тремя жилами и малое переходное сопротивление в месте повреждения. Метод основан на улавливании магнитного поля над кабелем, по которому пропускается ток звуковой частоты (800—1000 Гц). Генератор звуковой частоты соединяют с поврежденными жилами кабеля. Повышая напряжение генератора, добиваются тока в кабеле не менее 15 А. Оператор, снабженный микрофонной рамкой, усилителем и телефоном, передвигается по трассе кабельной линии и прослушивает звуковые сигналы от генератора; эти сигналы будут слышны на том участке, где по кабелю протекает ток, т. е. на участке от генератора до места повреждения. Перед местом повреждения звуковые сигналы усиливаются, а за местом повреждения прекращаются. На рисунке 3 показаны схема определения места повреждения индукционным методом и кривая слышимости звука над кабелем.

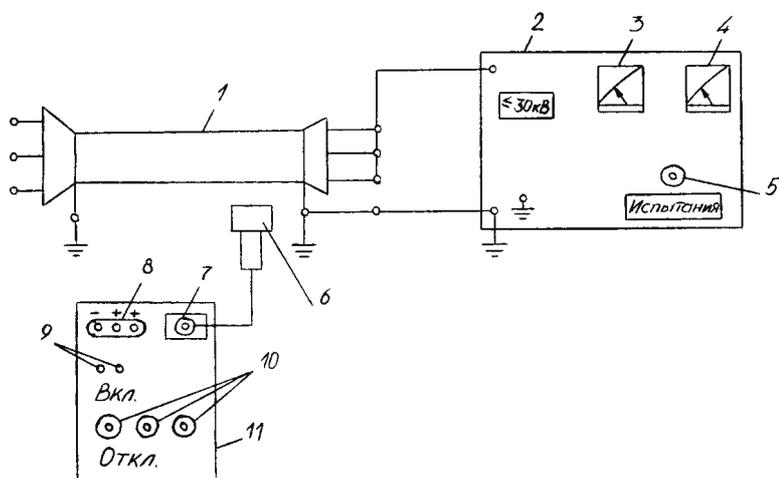
Следует иметь в виду, что при углублении кабеля свыше 1,5 м звук ослабевает, что может привести к ошибке в определении места повреждения.



*Акустический метод.* Этим методом определяют место повреждения в кабельных линиях при пробое изоляции жилы на землю и в ряде других случаев. Метод основан на прослушивании с поверхности земли электрического разряда при помощи звукового приемника с телефоном. Электрический разряд создается в месте повреждения кабельной линии испытательной кенотронной установкой, конденсатором и разрядником.

**Рисунок 4 – Схема определения места повреждения акустическим методом**

- 1-кабель,
- 2-осн. блок,
- 3,4-приборы  
РА и PV,
- 5-кнопка подачи испытат.  
напряжения
- 6-рамка,
- 7,8,9-зажимы,
- 10-кнопки,  
11-переносный блок



**Рисунок 5 – Схема испытания кабеля с помощью аппарата АШИК**

#### 4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.

Все электродвигатели и пусковая аппаратура к ним выбирается и устанавливается в соответствии с требованиями ПУЭ, эксплуатируется в соответствии с заводскими, местными инструкциями и ПТЭ. На двигателях указывают направление вращения стрелками, а на пускателях и автоматах - надписи, к какому двигателю они относятся и расчетные величины токов плавких вставок предохранителей или уставок реле (расцепителей). Защита отстраивается так, чтобы исключить самозапуск ответственных механизмов. Аппараты для запуска двигателей должны быть расположены возможно ближе к двигателю. Синхронные двигатели желательно эксплуатировать в режиме перевозбуждения. Резервные машины должны быть всегда готовы к пуску.

Для контроля напряжения на групповых щитках должны быть вольтметры, а на панели ответственных машин – амперметры с красной чертой на шкале, соответствующей значению рабочего тока 1,05  $I_{ном}$ . Допускается отклонение напряжения (-5%) и (+10%) от номинального  $U_{ном}$ . Вибрация, осевые и радиальные зазоры не должны превышать норм.

##### 1. Электродвигатель немедленно отключается в следующих случаях:

- несчастный случай или его угроза;
- дым или огонь из двигателя или пускового аппарата;
- вибрация выше допустимой;
- поломка приводного механизма;
- перегрев подшипников;
- падение частоты вращения при быстром нагреве двигателя.

##### 2. Виды технического обслуживания.

Периодичность К и Т ремонтов устанавливает главный энергетик, а профилактические испытания должны проводиться в соответствии с нормами, приведенными в ПТЭ. Для ответственных установок – Капитальный ремонт производится не реже одного раза в год.

Осмотры электродвигателей производятся в соответствии с графиком; **ежедневно** проверяют *целостность заземления*. При необходимости проводят мелкий ремонт.

Смена смазки в подшипниках проводится через 4000 часов работы, но не реже 1 раза в год. Половину смазки кладут в подшипник – другую – в его крышку. Предварительно промывают бензином Б-70 или керосином. Следует применять качественные консистентные смазки, в том числе универсальные, влагостойкие, тугоплавкие. Испытания электродвигателей выполняются во время и после К и Т ремонта. Виды испытаний: -испытание потерь в стали статора;

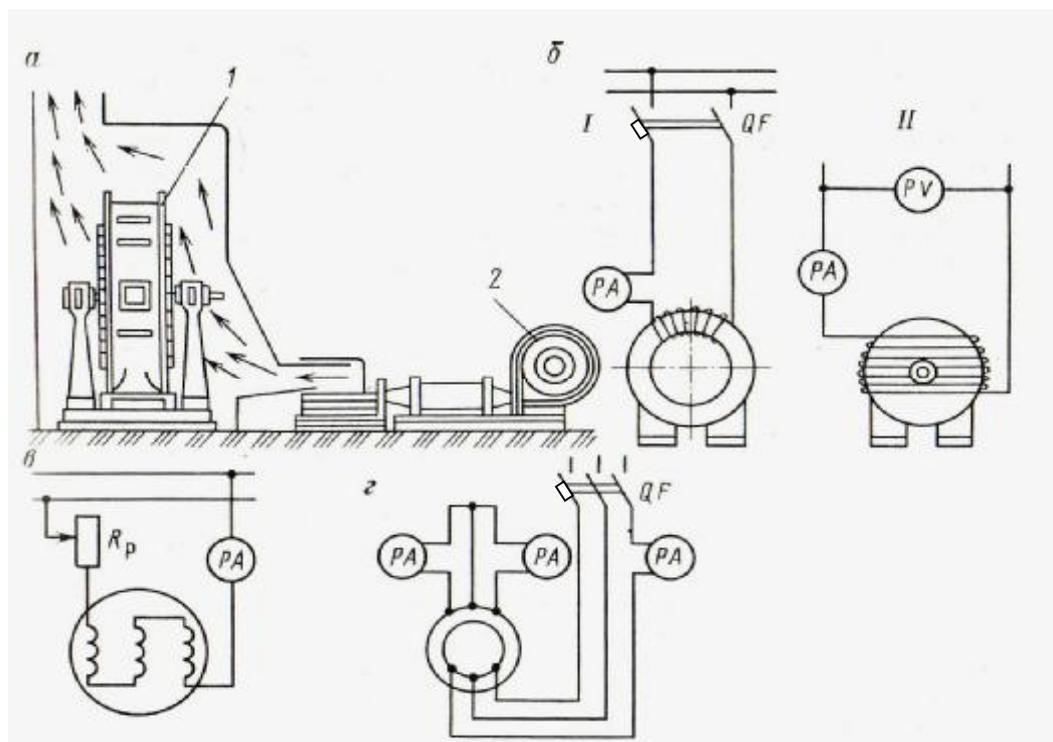
- измерение полного сопротивления  $Z$  изоляции мегомметром: на 500 В при  $U_{ном}=380$  В, на 1000 В при  $U_{ном}=660$  В, и на 2500 В при  $U_{ном} >660$  В; норма сопротивления изоляции для двигателей напряжением до 1000 В: 1 кОм на 1 В рабочего напряжения;
- измерение сопротивления постоянному току омметром (разница R обмоток фаз должна быть не более 0,02).
- измерение зазоров в подшипниках скольжения, осевых и радиальных статора и ротора;

##### 3. другие испытания в соответствии с ПТЭ.

##### 4. Подготовка к эксплуатации.

Подготовка двигателей к эксплуатации включает в себя:

- осмотр двигателя, проверка документации и комплектности;
- измерение сопротивления изоляции;
- сушку двигателей (при необходимости): от постороннего источника тепла (лампа, нагреватели); методом токов КЗ, при этом осуществляется постоянный контроль температуры (не выше 110<sup>0</sup>С) и периодический (через 20- 30 мин.) замер сопротивления изоляции
- проверку состояния подшипников и смазки в них (должно быть не менее 1/3 и не более 2/3 объема подшипникового узла);



*а – от постороннего источника тепла, б – индукционным нагревом пониженным напряжением, в – пониженным током при последовательном соединении обмоток, г – методом короткого замыкания*

**Рисунок 6 – Способы сушки электродвигателей**

- подключение двигателя в т.ч. с помощью бронированного кабеля;
- заземление двигателя;
- пробное включение;
- устранение мелких дефектов;
- оформление документации на получение двигателя для доставки в подземный рудник или в цех к месту установки;
- установка двигателя на основание или фундамент, центровка муфт двигателя и приводимого механизма, статическая и динамическая балансировка;
- подключение к пусковому аппарату, настройка уставок максимальной и токозависимой защиты от перегрузок, проверка действия защиты;
- наладка элементов системы автоматизации (датчиков температуры и давления подшипников и системы смазки и др.)

**5. Характерные неисправности электродвигателей:** все двигатели при неисправностях ведут себя примерно одинаково. Техническое состояние двигателя можно определить не только с помощью приборов, но также по характерному шуму, звуку, запаху и внешнему виду. Основные неисправности и их причины следующие:

- двигатель не запускается и не гудит - нет напряжения в двух или во всех фазах;
- двигатель не запускается и гудит – нет напряжения в одной фазе;
- двигатель при работе гудит и греется – пропала 1 фаза; межвитковое замыкание; повышенная нагрузка;
- перегрев двигателя – перегрузка, засорение, загрязнение, неисправность системы охлаждения;
- перегрев подшипников – плохая центровка, несоосность валов, много смазки (или недостаточно);
- при включении двигателя срабатывает защита – проверь уставки на пускателе, измерь сопротивление изоляции;

- повышенное искрение щеток – перекося, заедание, зависание щеток, износ щеток, шлам, угольная пыль, плохая притирка, слабое нажатие щеток, износ коллектора и колец.

#### 6 - Технология разборки двигателя.

Содержание работы	Ремонтные операции	Пояснение
Наружный осмотр и уточнение основных технич. характеристик электродвигателя перед разборкой.	Осмотр электродвигателя и запись основных технических характеристик.	Присвоение электродвигателю ремонтного номера.
Очистка электродвигателя перед разборкой.	Продувка электродвигателя сжатым воздухом, промывка и протирка.	Работу выполняет один человек.
Установка двигателя на рабочее место. Общая разборка.	Снятие с вала передаточных и соединительных деталей (шкивов, полумуфт) – пользоваться съемниками без применения кувалды.	Освобождение стопорных винтов или выбивание фиксирующей шпонки. Снятие соединительных деталей съемником.
Снятие подшипниковых щитов.	Открепление и съем наружных крышек – подшипников и двух подшипниковых щитов.	Отвод щита до выхода его на центрирующую заточку.
Вывод ротора из статора.	Вывод ротора с помощью трубы-удлинителя, насаженной на конец вала. При большой мощности – с помощью крана.	При помощи электродвигателя до 20 кВт работу выполняет один человек, выше 20 кВт – два человека.
Снятие с вала подшипников качения.	Снятие закрепляющих колец и выпрессовка передних и задних подшипников. Снятие внутренних крышек подшипников.	Для демонтажа подшипников используют скобу, которая давит на внутреннее кольцо. Нельзя ударять по подшипнику
Разборка подшипников скольжения.	Открепление и снятие верхних и торцевых крышек масляных камер. Отвертывание стопорных болтов, выпрессовка втулок подшипников и снятие смазочных колец.	Выпрессовку втулок подшипников выполняют винтовым приспособлением, предварительно вывернув стопорный винт и выведя из прорези вкладыша смазочное кольцо.
Детальная разборка силовых электрических цепей.	Отсоединение проводников пускового реостата и проводников, соединяющих контактные кольца с обмоткой ротора. Открепление изоляционных шайб и снятие их с торца вала. Стягивание втулки с контактными кольцами с вала стяжным винтом.	Для этого поднимают щетки, открепляют и сминают палец с комплектом щеткодержателей, предварительно отвернув стопор.
Снятие вентилятора,	Отвертывание стопорных болтов, снятие вентилятора.	
Маркировка деталей электродвигателя. Составление дефектной ведомости.	Промывка и протирка деталей и сборочных единиц после разборки. Осмотр ротора (якоря), статора. Проверка обмотки и сопротивления изоляции. Выявление деталей, подлежащих ремонту или замене.	Для этого детали укладывают на верстаке или стеллаже. Во время проверки составляется дефектная ведомость.

## 7. Обозначение выводов электродвигателей.

### 6.1. Переменного тока:

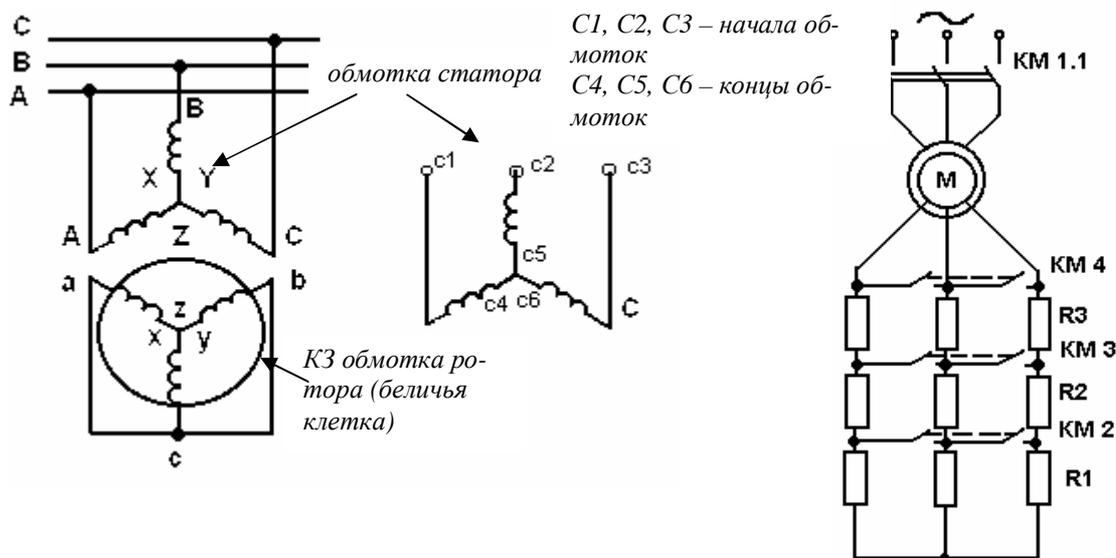
	Начало	Конец
СТАТОР: первая фаза	C1	C4
вторая	C2	C5
третья	C3	C6
нулевая точка	0	
РОТОР: первая фаза	P1	
вторая	P2	
третья	P3	
нулевая точка	0	

### 6.2. Постоянного тока

	Начало	Конец
Якорь	Я1	Я2
Компенсационная	К1	К2
Добавочных полюсов	Д1	Д2
Последовательная возбуждения	С1	С2
Независимая возбуждения	Н1	Н2
Параллельная возбуждения	Ш 1	Ш2
Пусковая	П1	П2
Уравнительная	У1	У2

## 7. Проверка правильности включения обмоток электродвигателя.

7.1. Переменного тока. На одну из обмоток статора подается импульс постоянного тока; по отклонению стрелки милливольтметра, подключаемого в две другие фазы поочередно, можно узнать их полярность. Если на начало обмотки подается «+», а на конец – минус, то при включении рубильника полярность на других фазах будет следующей: минус на началах и плюс – на концах. При отключении рубильника – все наоборот.



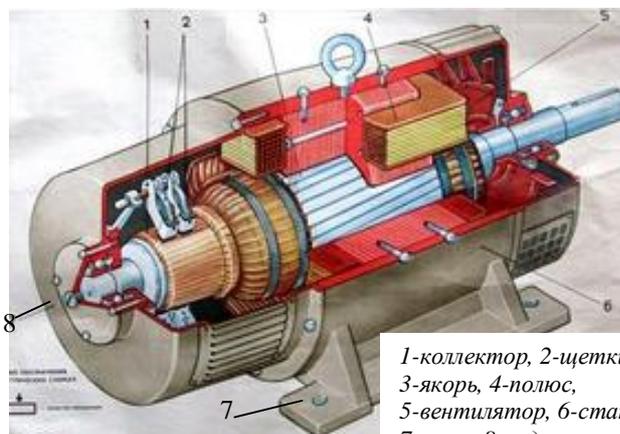
**Рисунок 7 - Схемы двигателей с короткозамкнутым и с фазным ротором.**

7.2. Другой способ. На одну из обмоток подают переменное напряжение (около 100 В). Два любых вывода других фаз соединяют вместе, а к свободным выводам присоединяют вольтметр или лампу. Горение лампы показывает, что она присоединена к зажимам разной полярности. Далее опыт повторяют с другими фазами.

7.3. Постоянного тока. При работе машины в качестве генератора полярность главных и дополнительных полюсов должна чередоваться так, чтобы по направлению вращения маши-

ны за любым главным полюсом находился *разноименный* дополнительный, а при работе в качестве двигателя – за главным полюсом должен идти *одноименный* дополнительный. Определение чередования полюсов можно выполнить с помощью специальной катушки из тонкой изолированной проволоки, концы которой подключены к милливольтметру. В обмотку подают напряжение, а испытательную катушку вдвигают в зазор между якорем и полюсом. При правильном подключении полюсов направление отклонения стрелки будет одинаковым в зазоре и вне зазора.

Правильность подключения добавочных полюсов и компенсационной обмотки можно



1-коллектор, 2-щетki,  
3-якорь, 4-полюс,  
5-вентилятор, 6-станина,  
7-лапы, 8-подшипниковый  
щит



**Рисунок 8 – Двигатели постоянного и переменного тока**

проверить с помощью переменного тока, для чего включают эти обмотки последовательно с якорем в цепь переменного тока через автотрансформатор. С помощью амперметра и вольтметра определяют полное (кажущееся) сопротивление цепи. Затем обмотку дополнительных полюсов включают последовательно с компенсационной, так, чтобы ток в них протекал в обратном направлении и вторично определяют полное сопротивление.

При правильном подключении обмоток полное сопротивление меньше. Это объясняется тем, что в данном случае магнитное поле якоря направлено против поля добавочных полюсов и компенсационной обмотки.

#### **8. Техническое обслуживание коллекторов, колец, щеток.**

Оси щеток должны быть параллельно оси коллектора. Щеткодержатели должны быть установлены под требуемым углом перпендикулярно или под углом к вертикали:

- при наклоне до  $15^{\circ}$  (к вертикали) щетки устанавливаются острым углом по направлению вращения,

- при наклоне под углом  $30-40^{\circ}$  щетки устанавливаются острым углом против вращения.

Расстояния между щетками соседних щеткодержателей должны быть одинаковыми.

Щеточная траверса устанавливается на нейтральной зоне (нейтрали) и не должна смещаться.

Слюда не должна выступать за поверхность пластин коллектора, для устранения этого коллектор продоразивают т.е. удаляют слюдяные перегородки.

Коллектор, кольца и щетки должны быть всегда чистыми, особенно вредны смеси с угольной и металлической пылью, вызывающие искрение. Щетки должны хорошо притираться к своим коллекторам и кольцам. Для притирки новых щеток используют стеклянную (**не наждачную**) бумагу № 00, после чего коллектор очищают, затем продувают сжатым воздухом весь узел. Коллекторы и кольца должны быть гладкими и отполированными. Контактные поверхности коллектора и колец должны быть цилиндрическими.

Для полировки берут стеклянную бумагу № 00, прикрепляют ее к деревянной колодке, подогнанной под диаметр и вращают якорь (ротор) с максимальной частотой вращения. Следить, чтобы пыль и шлам не попали внутрь машины.

При установке щеток и щеткодержателей следует проверить с помощью динамометра нажатие пружин, прижимающих щетки к коллектору (кольцам).

### РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электрическое оборудование экскаваторов характеризуется большей сложностью и разнообразием конструкций. Оно включает в себя генераторы и двигатели постоянного тока, двигатели переменного тока, усилители (машинные, магнитные), высоковольтные токоприемные и распределительные устройства, силовые и сварочные трансформаторы, системы управления и др.

Отказы электрического оборудования, например, экскаваторов составляют от 60-75% (на Юге) до 30-35% (на Севере) общего числа отказов. В свою очередь, на долю электрических машин постоянного тока (генераторов и двигателей) приходится 55-75% общего числа отказов электрического оборудования экскаваторов, а их ремонт наиболее сложен и требует строгого выполнения технологического процесса.

В технологическом отношении ремонт электрических машин включает в себя сложные и точные операции и к качеству их ремонта предъявляются высокие требования. В результате ремонта основные характеристики электрических машин не должны изменяться (ухудшаться). Поэтому ремонт электрических машин должен производиться в специальных цехах, имеющих технологическое оборудование.

При ремонте обмоток должны быть сохранены: тип и сечение провода; тип и схемы обмоток (петлевая, волновая, комбинированная); класс изоляции; вид и толщина изоляции; шаг обмоток по пазам и коллектору.

Обмоточные данные берутся из паспорта машины или из справочной литературы. При отсутствии таких данных их получают путем снятия схемы обмоток до разборки якоря. Начальный вид и толщина изоляции при крайней необходимости могут быть изменены, однако не должны снижаться класс изоляции и сопротивление изоляции.

В процессе ремонта электрических машин должны проверяться сопротивление изоляции, статистическая и динамическая уравновешенность якорей и др.

Электрические машины после ремонта должны испытываться на стендах.

#### Виды ремонтов электрических машин.

Различают **текущие** и **капитальные** ремонты электрических машин. При **текущем** ремонте, осуществляемом без снятия электрической машины с экскаватора, производятся ее продувка сжатым воздухом, очистка изоляции от пыли грязи и следов масла, очистка коллектора, замена щеток, проверка сопротивления изоляции, устранение местных повреждений изоляции и другие операции.

Раньше проводился средний ремонт, при котором производилась разборка машины, выполняются все работы текущего ремонта и, кроме того, - пайка обмотки с коллектором, состояние бандажей, окраска изоляционного конуса коллектора эмалью, сушка пропитывается и лакируется обмотка; при необходимости пропаиваются или заменяются бандажи, производится исправление незначительных повреждений секций, протачивается коллектор и испытывается прочность корпусной и витковой изоляции якоря. Сушку и пропитку работающих обмоток якоря при средних ремонтах электрических машин производят независимо от состояния этих обмоток. Как показывает практика, такая профилактическая пропитка обмоток повышает надежность работы электрических машин, однако в настоящее время в связи с большой трудоемкостью и стоимостью **средний** ремонт **исключен** из системы ППР.

При **капитальном** ремонте производится полная перемотка якоря и все работы, осуществляемые при среднем ремонте.

Наиболее прогрессивным методом ремонта электрического оборудования является агрегатный (узловой) метод. Его осуществление возможно при наличии на ремонтной базе или в эксплуатационном хозяйстве переходящего комплекта (резервного фонда) заранее отремонтированных машин, аппаратов и узлов. Еще лучше, когда в резервный фонд или переходящий комплект входят агрегаты электрических машин (например, преобразовательные аг-

регады в сборке с рамой). Число машин, входящих в резервный фонд, определяется числом эксплуатационных машин данного типа.

### **Общий технологический процесс ремонта электрических машин экскаваторов.**

Общая схема технологического процесса ремонта электрических машин постоянного тока следующая: продувка и очистка машин от пыли и грязи; разборка и дефектация; ремонт изношенной механической части; замена секций обмоток и катушек с изношенной изоляцией; сборка якорей; пропитка лаком обмоток собранных якорей в вакуумно-нагнетательных установках; сушка обмоток и катушек в сушильных печах по специальным режимам; лакировка обмоток; продоразживание и шлифовка коллекторов; балансировка якорей; сборка машин; проверка электрической прочности изоляции обмоток и испытание электрических машин на стендах.

Проектирование отделений и участков электроремонтного цеха производится в соответствии с рассмотренным общим направлением технологического потока ремонта электрических машин постоянного тока экскаваторов, поскольку ремонт этого вида машин обычно составляет большую часть работы цеха

### **Разборка и чистка электрических машин.**

Перед разборкой электрические машины должны быть тщательно очищены от пыли. С этой целью в ремонтных цехах устраиваются камеры для продувки электрических машин сжатым воздухом. Управление шлангом со сжатым воздухом производится через отверстия. Применение камерной обдувки ремонтируемого оборудования предохраняет разборочное отделение цеха от загрязнения и создает нормальные условия для рабочих.

Мойка и очистка деталей механической части (корпусов, подшипниковых щитов, подшипников и других деталей электрических машин) производятся общепринятыми методами, в том числе с помощью механических устройств и моечных машин.

Якорь перед перемоткой очищают от грязи и масла, снимают с него бандажи, выбивают пазовые клинья, распаивают коллектор и удаляют секции из пазов. Так как медь секций обычно повторно используется, то при удалении обмотки необходимо сохранить секции. Если секции трудно вынуть, якорь нагревают до температуры  $80^{\circ}\text{C}$  или размачивают, поместив его в ванну с растворителем Р-646, и постепенно поворачивают.

Полюсные катушки отсоединяют от схемы, снимают с полюсов и отправляют на участок восстановления.

После мойки и чистки элементов электрической машины производится дефектация обмоток и деталей механической части (подшипников, щитов, валов и др.).

При текущих ремонтах, когда обмотки якорей и катушки полюсов не снимаются с машины, применяют промывку машин (кистями и щетками) уайт-спиритом и горячей водой.

### **Ремонт механической части.**

При ремонте механической части электрических машин восстанавливают изношенные детали и собирают отдельные узлы (подшипниковые и др.).

Восстановление деталей механической части электрических машин производится теми же методами, что и восстановление деталей других машин. В частности, при восстановлении валов (посадочных мест под подшипники качения) электрических машин широко используется восстановление методами электрической металлизации и вибродуговой наплавки. У валов места соединения с подшипниками качения и с полумуфтами восстанавливают без их выпрессовки из железа якоря. При этом применяются меры по предохранению обмоток якоря (если они не вынуты) от повреждений, для чего лобовые части обмоток укрывают плотной бумагой.

В таком же виде протачиваются валы, что предупреждает попадание в обмотки металлической стружки. В случае износа вала (наличие люфта) в местах его соединения с железом (втулкой) якоря вал должен быть выпрессован, после чего решается вопрос о его восстановлении или замене. Как показывает практика, валы электрических машин экскаваторов, восстановленных методами вибродуговой наплавки, работают надежно.

Чугунные подшипниковые щиты, имеющие трещины, как правило, восстановлению не подлежат и заменяются новыми. Изношенные соединительные муфты восстанавливаются методами наплавки с последующей механической обработкой по техническим условиям на новые детали. При этом особенно строго должны быть выдержаны допуски на сопрягаемые размеры и допуски на отклонение от правильной геометрической формы (радикальное и торцевое биение и др.).

#### **Ремонт обмоток.**

Обмотки якорей и катушки индукторов являются наиболее важными элементами электрических машин, а их ремонт – наиболее ответственной операцией. Отказы вследствие пробоя изоляции обмоток и катушек электрических машин составляют более половины общего числа отказов электрических машин экскаваторов. Процесс старения изоляции обмоток определяется воздействием на нее тепла, влаги, и других факторов.

Нагревостойкость изоляции по ГОСТ 8865-93 характеризуется следующими значениями температуры,  $C^0$  : изоляция класса У-90; класса А-105; класса Е-120; класса В-130; класса F-150; класса Н – 180; класса С- более 180. В обмотках электрических машин экскаваторов применяется изоляция классов В, F и Н.

Перед снятием обмоток с электрической машины необходимо проверить имеющиеся или составить новые намоточные данные и схемы соединения обмоток. Большинство снятых с ремонтируемой электрической машины обмоток может быть восстановлено путем ремонта. Вид и характер ремонта обмоток определяются их состоянием, продолжительностью работы машины и характером повреждения.

#### **Ремонт якорных обмоток.**

Общий технологический процесс ремонта якорных обмоток состоит из следующих основных операций: очистка восстанавливаемых обмоток от старой изоляции; отжиг и правка голой меди и пайка концов секций; формовка секций (их намотка и растяжка); изоляция обмоток. В сборе с якорем обмотки пропитываются изоляционными лаками и покрываются покровными (защитными) лаками и эмалями.

Технологические процессы и применяемое при ремонте обмоток оборудование рассматривают в специальной литературе. Более рациональным является получение годовых секций обмоток со специализированных заводов.

#### **Ремонт обмоток полюсов.**

Обмотки полюсов с поврежденной или старой изоляцией удаляют и заменяют новыми или восстановленными. При восстановлении обмоток полюсов производится восстановление обмоточного провода и намотка катушек на шаблон и каркас.

Для намотки катушек используют намоточные приспособления и станки той или иной конструкции.

Поскольку электрические машины экскаваторов могут работать во влажной атмосфере, обмотки полюсных катушек кроме пропитки изоляционным лаком необходимо пропитывать пропиточными компаундами (225-Д, КП-10, К-43, ЭПК-1 и др.) в специальных автоклавах, включаемых в установку для пропитки и компаундировки обмоток.

Компаундирование увеличивает толщину изоляции обмоток, поэтому в тех случаях, когда вместо компаундирования производится двукратная пропитка обмоток изоляционными лаками, возможно увеличение числа слоев укладываемой изоляции.

#### **Ремонт якорей.**

Общий технологический процесс ремонта якорей включает подготовку якоря к намотке, проверку и ремонт коллектора, укладку секций в пазы, пайку обмоток и коллектора, бандажировку, пропитку и сушку обмоток, проточку и продоразивание коллектора.

**Подготовка якоря к намотке** заключается в очистке его от грязи, пыли и масла, удалении остатков старой изоляции из пазов, вырубке зубилом мест оплавления железа и обработке их наждачным брусом или кругом, правке крайних листов пакета железа, проверке и ремонте коллектора, покраске пазов, изолировке обмоткодержателя и пазов и разметке якоря.

Разметка якоря заключается в определении взаимного расположения пазов якоря и пластин коллектора, в которые должна быть заложена первая секция.

**Укладка обмоток (секции).** Перед укладкой боковые стороны секции натирают парафином, затем, отметив первую секцию, чтобы в дальнейшем не спутать шаг обмотки, вкладывают нижнюю сторону секции в паз и одним-двумя ударами молотка через фибровую прокладку загоняют ее на дно паза.

После укладки всей обмотки накладывают временный бандаж, для чего наматывают три-четыре витка бандажной проволоки или стеклобандажной ленты и затем с помощью приспособления затягивают бандаж. Временный бандаж накладывают с обеих сторон активного железа, а для генераторов – еще у петушков и хомутиков.

Испытав якорь на корпусное и витковое замыкание, обрезают и загибают внахлестку пазовые клинья. Чтобы не повредить обмотку, концы клиньев подтачивают. Для обжатия петушков, между ними забивают деревянные конусные клинья.

**Пайку коллектора** производят припоем ПОС-61, температура затвердевания которого  $180^{\circ}\text{C}$ . Для машины с кремний-органической изоляцией, имеющей температуру сушки  $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$ , применяют чистое олово, свинцово-серебрянный припой ПССр-3,5 или свинцово-кадмиевый припой с температурой затвердевания  $225\text{--}250^{\circ}\text{C}$ . В качестве флюса применяют канифоль в порошке или специальную канифольную пасту.

При пайке коллектора якорь размещают в наклонном положении во избежание замыкания между коллекторными пластинами в случае затекания припоя за петушки. Пайку обмоток с ленточными петушками производят электропаяльником. Выводные концы секции, петушки, и прорезы в коллекторных пластинах необходимо хорошо облудить.

**Бандажировка якорей.** Якоря электрических машин экскаваторов работают при больших числах оборотов. При этом возникают большие центробежные силы, действующие на обмотку и стремящиеся вырвать ее из пазов. При открытых пазах эти силы воспринимаются бандажами. Ранее бандажи изготавливались только из специальной высокопрочной проволоки, укладываемой в специальные пазы в железе якоря. При неправильной укладке и закреплении бандажей происходят разрыв отдельных проволок и разматывание части бандажа, что неизбежно вызывает отказ электрической машины. Около 20% всех отказов электрических машин экскаваторов происходит именно по этой причине. В настоящее время проволочные бандажи сохранились на некоторых типах электрических машин. Более надежными и технологичными в производстве являются бандажи из стеклобандажной ленты (марки ЛСБ-Ф), которые нашли применение при ремонте электрических машин.

*Намотка проволочных бандажей.* Для бандажей применяется стальная луженая проволока по ГОСТ 9124-59 с пределом прочности

$$\sigma_{\text{в}} = 1600\text{--}1800 \text{ МПа (160÷180 кгс/мм}^2\text{)} \quad \text{и пределом текучести}$$

$$\sigma_{\text{т}} = 1300\text{--}1500 \text{ МПа (130-150 кгс/мм}^2\text{)}.$$

Число витков, диаметр проволоки, число слоев и секции наматываемого бандажа должны быть такими же, как у снятого при размотке.

Натяжение бандажей проволоки зависит от диаметра. Если при намотке не окажется проволоки нужного диаметра, то можно применить проволоку другого диаметра, изменив при этом число витков пропорционально отношению сечений (квадрату отношений диаметров). Каждый слой бандажа закрепляют и припаивают отдельно. Число витков в каждом последующем слое уменьшают на три-четыре во избежание сползания крайних витков.

В качестве подбандажей изоляции применяют гибкий миканит толщиной 0,3 мм и электрокартон толщиной 0,5 мм. Ширина изоляции под бандаж на лобовых частях должна быть на 5-10 мм шире бандажа, а на железе равна ширине канавки.

Бандажи наматывают на специальных бандажировочных станках. В большинстве случаев такие станки изготавливают на базе токарных станков. На суппорте станка закрепляются направляющие ролики, пружинный диаметр и зажимное приспособление. Бухта бандажной проволоки (с закрепленным концом) устанавливается на барабане, имеющем тормоз, а якорь – в центрах токарного станка. При вращении якоря бандажная проволока укладывается в па-

зы, для чего включается продольная подача суппорта. Натяжение проволоки регулируется гайкой тормоза и зажимными планками из текстолита. Величина натяжения проволоки проверяется по показаниям динамометра (при данной схеме он будет показывать удвоенную величину натяжения бандажной проволоки).

Для скрепления бандажей и заделки начала и конца бандажной проволоки между бандажом и изоляцией подкладывают скобки из белой жести толщиной 0,25-0,36 мм, шириной 10-15 мм и длиной на 15-20 мм больше ширины бандажа. Скобки распределяют равномерно по окружности бандажа на расстоянии друг от друга 100-150 мм.

*Намотка бандажей из стеклобандажной проволоки.* Стеклобандажная волокнистая лента представляет собой тонкую ленту из полимерного материала. Предел прочности ленты зависит от температуры и продолжительности ее эксплуатации. В процессе эксплуатации происходит процесс старения ленты, в результате чего несколько снижаются ее механические свойства. Временное сопротивление стеклобандажной ленты марки ЛСБ-Ф для класса нагревостойкости «В» с учетом старения равно 50 кгс/мм<sup>2</sup>.

Намотка бандажей из стеклобандажной ленты производится на специальных установках, состоящих из токарного станка и намоточного приспособления. Якорь устанавливается в центре токарного станка. Снятый со станка якорь помещается в сушильную печь, где выдерживается при температуре 125-130<sup>0</sup> С в течение 12-16 ч. В результате последней операции стеклобандажные ленты спекаются в сплошную массу.

**Проточка, шлифовка, продоразивание и углубление коллекторов.** Проточка коллекторов необходима для устранения местного неравномерного износа пластин под щетками. Проточку коллекторов производят на токарных станках при малых скоростях резания. Для предотвращения попадания в обмотку якоря стружки и пыли лобовые части обмоток перед проточкой коллектора закрывают плотной бумагой.

Глубина резания определяется величиной местного износа пластин коллектора, но во всех случаях она должна быть возможно меньшей, так как излишняя глубина проточки уменьшает высоту пластин коллектора и сокращает общий срок его службы. В результате проточки коллектора слюдяные пластины изоляции оказываются заподлицо с медными пластинами, что недопустимо, так как это может нарушить контакт между щетками и медными пластинами. Поэтому после проточки коллектора тонкой фрезой на горизонтальном фрезерном станке (для небольших якорей) или на специальном станке производят углубление миканитовых пластин на 0,6-1 мм. Такие станки обычно изготавливаются на базе токарного станка. В задней части суппорта устанавливается вертикальный суппорт (с использованием деталей поперечной подачи суппорта токарного станка), на котором устанавливается электродвигатель. На удлиненном конце вала двигателя закрепляется дисковая фреза. К патрону станка иногда крепится делительный диск, в отверстия которого вставляется шрифт для фиксации положения якоря при продоразивании. Продоразивание осуществляется при вращении фрезы и продольной подаче суппорта. Суппорт позволяет устанавливать фрезу в зависимости от диаметра коллектора. Иногда приспособление для продоразивания коллекторов устанавливается на станке для бандажирования якорей. Поверхность пластин слюды после углубления должна быть ровной, слюда снята на всю ширину зазора.

После углубления слюдяных пластин на глубину 1-1,5 мм коллектор шлифуют стеклянной бумагой № 00. После шлифовки коллектор проверяется индикатором на биение.

**Пропитка и сушка обмоток электрических машин.** Пропитка обмоток изоляционными лаками и последующая сушка обмоток проводятся с целью повышения электрической прочности, влагостойкости и теплостойкости изоляции и повышения сроков ее службы. Большое значение для повышения качества обмоток имеет правильный выбор пропиточных лаков, качество и количество пропиток и режим сушки обмоток. Сначала производится пропитка, а затем покрытие изоляции обмоток. Для этих целей используются пропиточные и покровные материалы: лаки и эмали.

**Пропиточные лаки.** Отечественной промышленностью выпускаются изоляционные лаки широкой номенклатуры и различного назначения. Часто применяются следующие виды пропиточных лаков.

Лак БТ-980 – битум-масляный, печной сушки. Обладает высокой влагостойкостью и применяется для пропитки обмоток класса В, работающих в атмосфере с повышенной влажностью.

Лак БТ-987 – битум-масляный, печной сушки. Применяется для пропитки обмоток с изоляцией классов А и В влагостойкого исполнения. Немаслостоек.

Лак БТ-988 – битум-масляный, быстросохнущий, печной сушки. Применяется для пропитки обмоток с изоляцией класса А. Достаточно влагостоек. Немаслостоек.

Лак МЛ-92 – меламинный, предназначен для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов и трансформаторов, имеющих изоляцию класса В. После высыхания пленка лака глянцевая, имеет коричневый цвет.

Лак ГФ-95 – глифталевый, предназначен для пропитки обмоток электрических машин с изоляцией класса В.

Лак ФЛ-98 – глифталевый, предназначен для пропитки обмоток с изоляцией класса А, Е и В. Обладает высокой цементирующей способностью и маслостойкостью.

Лак ПЭ-933 – полиэфирный, применяется для пропитки обмоток с изоляцией класса F. Лак обладает очень высокой цементирующей способностью, влаго-, масло- и тропикостойкостью.

**Характеристика покровных лаков и эмалей.** Покровные лаки и эмали предназначаются для создания на пропитанных лаками обмотках защитных пленок, предохраняющих изоляцию от влаги, масла и пыли. Покровные лаки и эмали образуют гладкую глянцевую поверхность, на которой пыль не удерживается, что улучшает теплоотдачу обмоток. Покровные лаки и эмали могут сушиться в печах и на воздухе.

Лаки электроизоляционные пропиточные: битумные БТ 99, БТ-98, глифталевые МЛ, фенольный ФЛ, кремнийорганический КО (термостойкий) предназначены для покрытия и пропитки обмоток электрических машин, работающих внутри помещения. Лак является токсичным в растворенном виде. Покрытия из лака вредного воздействия на организм человека не оказывают.

Эмаль ГФ-92-ХС – серая холодной сушки. Эмаль ГФ-92-ХС горячей сушки и эмаль ГФ-92-ХК красная горячей сушки образуют гладкие глянцевые пленки. Обладают маслостойкостью, влагостойкостью и механической прочностью. Они также защищают основную изоляцию от кратковременного воздействия электрической дуги и поверхностных разрядов. Эмаль КПД применяется для покрытия обмоток с изоляцией класса В. Пленка красного цвета, дугостойкая и маслостойкая. Эмали ПКЭ-19 и ПКЭ-22 применяются для покрытия обмоток электрических машин, имеющих изоляцию классов F и H, а также в тех случаях, когда обмотки работают в условиях высокой влажности. Эмали рассчитаны на сушку в печах. Цвет пленки у эмали ПКЭ-19 розовый, у эмали ПКЭ-22 – коричнево-красный. Изоляционные лаки на основе полиэфира ПЭ выдерживают до 130 °С, на основе полиэфирциануратимида применяются для изоляции класса С. Для изоляции проводников обмоток класса С (более 180 °С) применяются кремнийорганические лаки КО-921, стеклянные нити и фторопластовые пленки, выдерживающие температуру до 220-250 °С.

**Пропитка обмоток и катушек.** Хорошее качество изоляции обмоток (высокую электрическую прочность, влаго- и теплостойкость) можно получить только в том случае, если изоляционный лак заполнит все поры изоляционного материала. С этой целью перед пропиткой лаком изоляционные материалы обмоток (хлопчатобумажную ленту, лакоткани, лакобумагу и др.) необходимо тщательно высушить, в противном случае мельчайшие частицы влаги останутся в изолированном материале. Для того, чтобы лак заполнил возможно большее число пор изоляционного материала, его необходимо нагнетать в эти поры. Поэтому совершенно непригодной является пропитка методом полива или обмазывания изоляции лаком, так как при этом нет не только нагнетания пропиточного лака, но не обеспечивается его допуск ко

всем участкам изоляции. Метод покраски или пульверизации допустим только для покровных лаков, наносимых поверх высохших изоляционных лаков, а также при аварийных ремонтах местных повреждений изоляции.

Пропитка обмоток изоляционными лаками должна производиться одним из следующих способов: пропитка методом погружения обмоток в бак с изоляционным лаком; вакуумно-нагнетательная пропитка; пропитка методом погружения в лак с применением ультразвука. При первом способе якорь с обмотками или катушки опускают в бак с изоляционным лаком и выдерживают в нем до прекращения выделения пузырьков, но не менее 5 мин. После этого обмотки вынимают и выдерживают некоторое время над баком для стекания избытка лака. Качество пропитки методом погружения может быть несколько повышено при погружении обмоток в горячий лак. Для этого пропиточная ванна оборудуется электрическим подогревом.

Пропитка методом погружения проста, не требует особого оборудования, но имеет тот недостаток, что давление лака недостаточно для его полного проникания во все поры изоляции. Вакуумно-нагнетательная пропитка обмоток, выполняемая на специальных установках, этих недостатков не имеет. Установка состоит из котла (автоклава), имеющего паровой или электрический подогрев стенок, вакуумного насоса, расходного бака с лаком, конденсатора и системы трубопроводов соединения установки с цеховой сетью сжатого воздуха и с вакуумным насосом. В котле (автоклаве) при снятой крышке помещают якорь с просушенными обмотками. Затем устанавливают крышку котла и тщательно затягивают болтами. После этого включают вакуумный насос. Вместе с выкачиваемым из котла воздухом удаляются влага и пузырьки воздуха из изоляционного материала. После создания необходимого вакуума (обычно 10-12 мм рт.ст.) лак заполняет котел до необходимого уровня (до коллектора якоря). Уровень лака в котле проверяют по указателям уровня жидкости или через смотровое окно.

После того, как лак заполнил нужный объем котла, воздух от сети сжатого воздуха заполняет верхний объем котла и создает давление на лак в котле 0,5-0,6 МПа (5-6 кгс/см<sup>2</sup>). Под действием массы столба лака и давления воздуха лак хорошо заполняет все неплотности и поры в изоляционном материале. После окончания пропитки лак из котла перегоняется в бак сжатым воздухом давлением 0,2 МПа, после чего давление в котле снимается открытием вентиля. Излишки лака с обмоток вынутого якоря стекают в противень или удаляются под действием ограниченной центробежной силы на специальных станках.

Иногда в установку для вакуумно-нагнетательной пропитки обмоток включают также котел для компаундирования катушек электрических машин. Принцип работы этого котла совершенно аналогичен описанному, но компаундная масса перед поступлением в котел смешивается и подогревается до температуры 150-170<sup>0</sup> С в специальном котле (смесителе), для чего в «рубашку» этого котла проводится пар. Паровой обогрев имеет также автоклав для пропитки.

Пропитка обмоток с применением ультразвука проверена на опытных установках. Магнитострикционные излучатели помещают под мембраной и охлаждают водой. Колебания высокой частоты (до 21,3 кГц), создаваемые излучателями, через мембрану передаются лаку и интенсифицируют его проникание в поры обмоток.

**Сушка обмоток.** Обмотки электрических машин лучше всего просушивать в специальных печах камерного типа с принудительной циркуляцией воздуха в них. Воздух в печах подогревают калориферами.

Якоря с уложенными в них обмотками устанавливают на тележку и закатывают в печь, после чего шибер опускают и печь включают в работу.

В некоторых конструкциях печей предусматривается возможность перевода печи на полную или частичную внутреннюю циркуляцию нагретого воздуха. Температура внутри печи контролируется термомпарами, оборудованными показывающими или самопишущими приборами. Установки для пропитки обмоток и сушильные печи обычно располагают недалеко друг от друга, образуя пропиточно-сушильное отделение электроремонтного цеха.

Эффективной является вакуумная сушка обмоток, осуществляемая в пропиточных котлах сразу же после окончания процесса пропитки. Необходимая температура в котле создается за счет подвода пара в рубашку котла.

Кроме рассмотренных способов сушки обмоток применяют их сушку электрическим током, пропускаемым через обмотки, и др.

**Технологические процессы и режимы пропитки и сушки обмоток** электрических машин зависят от типа обмоток, класса изоляции и свойств примененного лака.

Сушку обмоток после пропитки ведут двумя ступенями. Повышение температуры на первом этапе выше установленных может привести к созданию непроницаемой лаковой пленки на наружной поверхности обмотки, что затрудняет выход растворителя из толщи изоляции. Сопротивление изоляции при этом остается низким, несмотря на значительное время сушки. Кроме того, при высокой начальной температуре сушки в результате бурного испарения растворителя возможно вытекание лака из пор и капилляров изоляции, а также вспучивание изоляции. Указанное в таблицах время сушки является ориентировочным; основным показателем окончания сушки следует считать величину сопротивления изоляции, измеренную мегомметром.

Покрытие обмоток покровными лаками (лакировку) производят пульверизатором. Температура обмотки при лакировке должна быть 50-60<sup>0</sup>С. Перед употреблением покрывные лаки и эмали разводят разбавителями до требуемой вязкости при температуре 20<sup>0</sup>С.

**Сборка и балансировка электрических машин и агрегатов.** Сборка электрических машин должна производиться с соблюдением всех основных положений прогрессивных технологических процессов сборки машин. Кроме того, должны выполняться следующие особые требования, определяемые конструкцией электрических машин: для предохранения изоляции обмоток от повреждений подъем собранных якорей должен производиться стропами из пеньковых канатов или рымболтами, завернутыми в вал; все сборочные операции должны выполняться так, чтобы не была повреждена изоляция обмоток и чтобы в обмотки не попадали металлические стружки и опилки; подшипники качения перед установкой на вал должны нагреваться в масляной ванне до температуры 80-100<sup>0</sup>С и свободно надеваться на вал; собранные якоря должны храниться на козлах или стеллажах, имеющих мягкую (войлочную) обивку мест, на которые опирается железо якоря. Вал якоря при установке на стеллажи должен опираться на медные прокладки (подушки) или на собственные подшипники качения; сборочные участки электроремонтного цеха должны быть изолированы от механического и разборочного отделений; сборка двигатель-генераторных агрегатов должна производиться на специальном участке, имеющем соответствующие подъемные средства (краны грузоподъемностью 10-25 т) и сборочные стеллажи.

Геометрические параметры собранных электрических машин должны отвечать требованиям паспортов машин или техническим условиям. При сборке щеточных аппаратов машин должно проверяться и регулироваться давление на щетки. Оно должно находиться в пределах, указанных в паспортах машин или в технических условиях.

Якоря и роторы электрических машин вращаются со скоростью до 1500-3000 об/мин. Разборка машины при ремонте и ремонт якоря могут нарушить существовавшую уравновешенность вращающихся деталей и машины. Центробежная сила, появляющаяся при вращении якоря в результате неуравновешенности вращающихся масс определяется зависимостью

$$Q = m r \omega^2$$

где  $m$  – приведенная неуравновешенная масса;  $r$  - расстояние от оси вращения якоря до центра тяжести неуравновешенной массы;  $\omega$  - угловая частота вращения якоря.

Из формулы видно, что сила  $Q$  зависит от квадрата величины угловой скорости, поэтому неуравновешенность особенно опасна для деталей, имеющих большие частоты вращения. Неуравновешенные массы якорей вызывают дополнительные циклические нагрузки на подшипники и валы и создают вибрацию машин и агрегатов. Поэтому отремонтированные электрические машины должны быть тщательно отбалансированы.

Различают статическую и динамическую неуравновешенность вращающихся масс. Статическая неуравновешенность создается одной приведенной массой  $m$  на плече  $r$ , при этом возникает неуравновешенный момент  $mr$ , вращающий якорь. Поэтому статически неуравновешенная деталь (якорь) при установке на призмы стремится занять положение, при котором неуравновешенная масса занимает наинизшее положение, чем и пользуются при статической балансировке.



**Рисунок 9 – Измерение вибрации с помощью ручного электронного вибрметра**

Динамическая неуравновешенность обнаруживается и устраняется на специальных стендах, машинах и установках для динамической балансировки деталей. В электроремонтных цехах карьеров получили применение балансировочные станки ВМ, ВТ, БС и др. На этих станках с большой точностью и при минимальных затратах времени можно весьма точно балансировать якоря длиной до 3000 мм и диаметром до 2000 мм.

Собранные машины и собранные агрегаты также должны быть хорошо отбалансированы. В собранных мотор-генераторных агрегатах при хорошо отбалансированных якорях, неуравновешенность может создаваться соединительными муфтами. Неуравновешенность машин и агрегатов вызывает их вибрацию, тем большую, чем больше неуравновешенность вращающихся частей. Оценка вибрации электрических машин должна производиться в соответствии с ГОСТ 12379-75. Вибрация определяется амплитудой вибрационного смещения, амплитудой вибрационного ускорения или амплитудой вибрационного ускорения. Измерение вибрации производится ручными или электронными вибрметрами ВР, К1, Агат, Топаз и др.

**Испытания электрических машин при ремонте.** Испытания электрических машин при ремонте сводится главным образом к испытанию их электрической части.

В механической части при испытаниях электрических машин проверяются нагрев подшипников и вибрация машины. Нагрев подшипников качения не должен превышать  $95^{\circ}\text{C}$ .

Электрическая часть машины при ремонте должна подвергаться испытаниям, включающим: испытание электрической прочности изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками; испытание электрической прочности междувитковой изоляции обмоток.

Согласно требованиям ГОСТ 183-74 изоляция обмоток машины относительно корпуса и между обмотками должны выдерживать без повреждения в течение 1 мин испытательное напряжение.

Требования ПТЭ для машин постоянного тока (генераторов, двигателей и возбуждателей) предусматривает следующие виды приемно-сдаточных проверок и испытаний для каждой машины:

- измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками;
- измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии;
- испытание при повышенной частоте вращения;
- испытание изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками на электрическую прочность;
- испытание междувитковой изоляции обмоток якоря на электрическую прочность;
- определение тока возбуждения генератора или частоты вращения двигателя при холостом ходе (для двигателей с последовательным возбуждением опыт проводят при независимом возбуждении);
- проверка номинальных данных машины;
- проверка коммутации при номинальной нагрузке и кратковременной перегрузке по току.

**Определение температуры обмоток машины.** Перегрев обмоток во время испытания электрических машин может вызвать их отказы или снижение качества. Измерение тем-

пературы обмоток производится с помощью термометра сопротивления, заложенных температурных индикаторов, датчиков и др. При этом под измерением «методом термометра» понимают измерение температуры ртутными или спиртовыми термометрами, встраиваемыми термопарами и термометрами сопротивления. Согласно требованиям ГОСТ 183-74 при измерении температуры обмоток по методу термометра это превышение в наиболее нагретой допустимой точке не должно быть более: 65<sup>0</sup> С – для изоляции класса А; 80<sup>0</sup> С – для изоляции класса Е; 90<sup>0</sup> С – для изоляции класса В; 110<sup>0</sup> С – для изоляции класса F; 135<sup>0</sup> С – для изоляции класса Н.

## 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ.

Эти требования распространяются на устройства электрического освещения Потребителей, помещений и сооружений, жилых и общественных зданий, наружного и уличного, а также на рекламное освещение.

Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах, открытых пространствах и улицах должно обеспечивать освещённость в соответствии с установленными нормами.

Рекламное освещение, снабжённое устройствами программного управления, должно удовлетворять также требованиям действующих норм на допустимые промышленные радиопомехи.

Применяемые при эксплуатации электроустановок светильники рабочего и аварийного освещения должны быть только заводского изготовления и соответствовать требованиям государственных стандартов и технических условий.

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения **знаками и окраской**.

Светоограждение дымовых труб и других высоких сооружений должно соответствовать установленным правилам.

Питание светильников аварийного и рабочего освещения должно осуществляться от **независимых** источников. При отключении рабочего освещения переключение на аварийное должно происходить автоматически или вручную, согласно проекту, исходя из целесообразности по местным условиям и в соответствии с требованиями ПУЭ.

Присоединение к сети аварийного освещения переносных трансформаторов и других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, не допускается. Сеть аварийного освещения должна быть выполнена **без штепсельных розеток**.

На лицевой стороне щитов и сборок сети освещения должны быть надписи (маркировка) с указанием наименования (щита или сборки), номера, соответствующего диспетчерскому наименованию. С внутренней стороны (например, на дверцах) должны быть **однолинейная схема**, надписи с указанием значения тока плавкой вставки на предохранителях или номинального тока автоматических выключателей и наименование электроприёмников, получающих от них питание. Автоматические выключатели должны обеспечивать селективность отключения потребителей, питающихся от них .

Использование сетей освещения для подключения **каких-либо других** электроприёмников не допускается.

6. Для питания переносных (ручных) электрических светильников в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных помещениях должно применяться напряжение не выше 50 В, а при работах в особо неблагоприятных условиях и в наружных установках - не выше 12 В.

Вилки приборов на напряжение 12-50 В **не должны входить** в розетки с более высоким номинальным напряжением. В помещениях, в которых используется напряжение двух и более номиналов, на всех штепсельных розетках должны быть надписи с указанием номинального напряжения.

Установка в светильники сети рабочего и аварийного освещения ламп, мощность и цветность излучения которых не соответствует проектной, а также снятие рассеивателей, экранирующих и защитных решёток светильников не допускается.

Питание сетей внутреннего, наружного, а также охранного освещения Потребителей, сооружений, жилых и общественных зданий, открытых пространств и улиц, как правило, должно быть предусмотрено по отдельным линиям.

Управление сетью наружного освещения, кроме сети освещения удалённых объектов, а также управление сетью охранного освещения должно, как правило, осуществляться централизованно из помещения щита управления энергохозяйства данного потребителя или иного специального помещения.

Сеть освещения должна получать питание от источников (стабилизаторов или отдельных трансформаторов), обеспечивающих возможность поддержания напряжения в необходимых пределах.

Напряжение на лампах должно быть не выше номинального значения. Понижение напряжения у наиболее удалённых ламп сети внутреннего рабочего освещения, а также прожекторных установок должно быть не более 5% номинального напряжения; у наиболее удалённых ламп сети наружного и аварийного освещения и в сети напряжением 12-50 В - не более 10%.

В коридорах электрических подстанций и распределительных устройств, имеющих два выхода, и в проходных туннелях освещение должно быть выполнено с двусторонним управлением. У оперативного персонала, обслуживающего сети электрического освещения, должны быть схемы этой сети, запас калиброванных вставок, соответствующих светильников и ламп всех напряжений данной сети освещения.

Оперативный и оперативно-ремонтный персонал Потребителя и объекта даже при наличии аварийного освещения должен быть снабжён **переносными** электрическими фонарями с автономным питанием.

Очистка светильников, осмотр и ремонт сети электрического освещения должен выполняться по графику (плану ППР) квалифицированный персонал.

Периодичность работ по очистке светильников и проверке технического состояния осветительных установок Потребителя (наличие и целостность стёкол, решёток и сеток, исправность уплотнений светильников специального назначения и т.п.) должна быть установлена ответственным за электрохозяйство Потребителя с учётом местных условий. На участках, подверженных усиленному загрязнению, очистка светильников должна выполняться по особому графику.

Смена перегоревших ламп может производиться групповым или индивидуальным способом, который устанавливается конкретно для каждого Потребителя в зависимости от доступности ламп и мощности осветительной установки. При групповом способе сроки очередной чистки арматуры должны быть приурочены к срокам групповой замены ламп.

При высоте подвеса светильников **до 5 м** допускается их обслуживание с приставных лестниц и стремянок. В случае расположения светильников на большей высоте разрешается их обслуживание с мостовых кранов, стационарных мостиков и передвижных устройств при соблюдении мер безопасности, установленных правилами безопасности при эксплуатации электроустановок и местными инструкциями.

Вышедшие из строя люминесцентные лампы, лампы типа ДРЛ и другие источники, содержащие ртуть, должны храниться в специальном помещении до их вывозки для утилизации на специальных заводах (демеркуризации).

Осмотр и проверка сети освещения должны проводиться в следующие сроки:

-проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения - 2 раза в год;

-измерение освещённости внутри помещения (в т.ч. участков, отдельных рабочих мест, проходов и т.д.).

-при вводе сети в эксплуатацию в соответствии с нормами освещённости, а также при изменении функционального назначения помещения.

Проверка состояния стационарного оборудования и электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции проводов, кабелей и заземляющих устройств должны проводиться при вводе сети электрического освещения в эксплуатацию, а в дальнейшем по графику, утверждённому ответственным за электрохозяйство потребителя, но не реже одного раза в три года. Результаты замеров оформляются актом (протоколом) в соответствии с нормами испытания электрооборудования.

Техническое обслуживание и ремонт установок наружного (уличного) и рекламного освещения должен выполнять подготовленный электротехнический персонал .

Потребители, не имеющие такого персонала, могут передать функции технического обслуживания и ремонта этих установок специализированным организациям.

Периодичность ППР газосветных установок сети рекламного освещения устанавливается в зависимости от их категории (месторасположения, системы технического обслуживания и т.п.) и утверждается ответственным за электрохозяйство потребителя.

Включение и отключение установок наружного (уличного) и рекламного освещения, как правило, должно осуществляться автоматически в соответствии с графиком, составленным с учётом времени года, особенностей местных условий и утверждённым местным органом власти, или в зависимости от естественной освещённости.

Обо всех неисправностях в работе установок рекламного освещения и повреждениях (мигание, частичные разряды и т.п.) оперативный и оперативно-ремонтный персонал потребителя обязан немедленно сообщить об этом своим руководящим работникам и принять меры к их устранению. Работа установок рекламного освещения при видимых повреждениях не допускается.

При централизованной автоматической системе управления установками уличного и рекламного освещения должно обеспечиваться круглосуточное дежурство персонала, имеющего в своём распоряжении транспортные средства и телефонную связь.

## 2. Характеристики источников света

Для освещения предприятий применяется лампы газоразрядные и накаливания. Для **рабочего** освещения применение ламп накаливания (ЛН) обосновывается проектом, в остальных случаях **применяются газоразрядные лампы**. При выборе типа ламп необходимо учитывать их свойства. Для аварийного освещения применяются ЛН.

Допустимое напряжение для светильников и ламп. Для питания осветительных приборов применяются следующие уровни напряжения.

- 380 В - для ГЛ высокого давления;
- 220 В - для ЛН и ЛЛ в помещениях;
- 220 В - для стационарных приборов с ЛЛ в капитальных выработках рудников;
- 127 В - для откаточных выработок подземных рудников;
- 36 В - для забоев, для переносных ламп;
- 12 В - для особо опасных мест (например, при работе внутри емкостей);
- 6 В - для индивидуальных головных шахтерских светильников;

3. Высота подвески нормируется для ламп типа ДРЛ (не менее 4 м) и ДНаТ (8м). Лампы ДКсТ могут применяться только на улице.

Основные характеристики источников света приведены в таблице 1.

**Таблица 1 - Основные характеристики источников света**

Наименование	U <sub>ном</sub> , В	P <sub>ном</sub> , Вт	Светоотдача, лм/Вт	Время работы, час
ЛН (НВ), вакуумные	до 220	до 60	15	1000
ЛН (НГ), газонаполн	—	до 1000	15	1000
ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛДЦ, ЛТБ)	до 220	15-80	60	12000
ДРЛ	до 220	80-1000	50	11000

Продолжение таблицы 1				
ДРИ (Na, Ta, In)	до 380	до 2 кВт	90	4000
ДНаТ (Na, Ks, Hg)	до 220	до 5 кВт	100-120	10-15 тыс.
ДКсТ	до 380	2-100 кВт	30	1500
КГ, КГМ	до 220	до 20 кВт	20	2-3 тыс.
Светодиоды	От 1 до 220	От 0,1 до 10 и более	100-130	20-30 тыс.

*ЛН - лампа накаливания. ДРЛ - дуговая ртутная лампа, НВ – вакуумная, ДРИ – металлогалогидная, НГ - газонаполненная (аргон, криптон), ДНаТ – натриевая, ЛЛ - лампа люминесцентная, ДКсТ - ксеноновая трубчатая, КГМ - кварцевая галогенная малогабаритная.*

### 3. Эксплуатация осветительных сетей на горных предприятиях.

3.1. Питание осветительных приборов производится от специальных осветительных трансформаторов типа ТС, ТСШ, ТСЗ, ОСВ, АПШ, АОШ, либо непосредственно от силовой сети 380/220 В в общепромышленных установках, если это не вызывает колебаний напряжения. Для управления и защиты осветительных приборов могут применяться автоматы, пускатели, контакторы, выключатели, в т.ч. 3-х полюсные и однополюсные.

3.2. Отклонения напряжения в подземных выработках допускаются: минус 2,5%, для отдаленных забоев - минус 4 %, повышение напряжения не допускается, так как оно значительно сокращает срок службы ламп. Так, при повышении напряжения на 3 % срок службы ЛН сокращается в 2,5 раза, а для ГЛ срок сокращается на 10%, при повышении напряжения на 5% срок службы сокращается на 20% .

3.3. **Обслуживание** осветительных установок предусматривает выполнение следующих видов работ:

- один раз в 2-6 месяцев в зависимости от загрязненности помещения производится чистка ламп; один раз в квартал - проверка исправности автоматов;
- проверка исправности аварийного освещения;
- один раз в год - проверка уровня освещенности;
- проверка стационарного оборудования и электропроводок на соответствие величинам токов расцепителей автоматов;
- измерение нагрузок и напряжения в разных точках сети;
- испытание изоляции трансформаторов на напряжение 36-12 В.

3.4. Замена ламп производится индивидуальным или групповым методом в зависимости от типа и количества светильников в помещениях; в карьерах и рудниках - индивидуальным.

### 4. Основные типы проводов и кабелей для осветительных сетей:

- (А)ПВ, - сечением от 2,5 до 35 мм<sup>2</sup> – провод одножильный;
- (А)ППВ - сечением 2,5-6 мм<sup>2</sup> – провод плоский 2-х и 3-х жильный;
- АВТ - сечением 2,5 - 4 мм<sup>2</sup> –провод с несущим тросом;
- АППР - сечением 2,5 - 10мм<sup>2</sup> – провод 2-х - 4-х жильный резиновый негорючий;
- АВТВ - сечением 2,5 - 4 мм<sup>2</sup> – провод 2-х и 3-х жильный для внутренней прокладки, с тросом;
- ПВС, ГРШ; ГРШЭ сечением 2,5 - 10мм<sup>2</sup> – кабель медный гибкий, резиновый для шахт;
- (А)АБГ, (А)СБГ, (А)ВВГ сечением 2,5 - 10мм<sup>2</sup> –кабель бронированный и небронированный, голый - для стационарной прокладки.

Минимальное сечение проводников для отводов от магистрали к светильникам:

Al – 2,5 мм<sup>2</sup>; Cu – 1,5 мм<sup>2</sup>, для магистралей - соответственно – 4 и 2,5 мм<sup>2</sup>

Для нормальных условий применяются алюминиевые и медные провода и кабели.

Медные проводники используются: для питания переносных светильников; во взрывоопасных и пожароопасных зонах, помещениях, в шахтах; в помещениях с химически активной средой; при прокладке по вибрирующим основаниям; при прокладке на чердаках и в помещениях с деревянными стенами.

В остальных случаях можно применять алюминиевые проводники.

Вид исполнения арматуры осветительных приборов принимается в зависимости от условий эксплуатации и наличия вредных и опасных факторов: для нормальной среды; для тяжелых условий; для взрывоопасной среды; для подземных горных работ - рудничные (РН, РП, РВ).

### **5. Проектирование осветительных сетей.**

Осветительные сети в промышленных и бытовых установках могут питаться от силовой сети или от отдельных осветительных трансформаторов. Отдельные трансформаторы для освещения устанавливаются, если:

- напряжение силовой сети не позволяет использовать его для освещения;
- силовая нагрузка вызывает колебания напряжения освещения, что недопустимо;
- по условиям ограничения правилами безопасности.

Осветительные нагрузки, делятся, как и силовые, по надежности электроснабжения на 3 категории: 1, 2 и 3.

Для освещения особой группы следует применять не только двойное, но и тройное резервирование (третий источник). Это относится к аварийному и эвакуационному освещению.

Каждая групповая линия обычно должна содержать не более 20 ламп ЛН или ДРЛ или до 50 ламп ЛЛ. Следует применять трехфазные сети с чередованием фаз на светильниках и равномерно распределять нагрузку осветительных приборов по фазам.

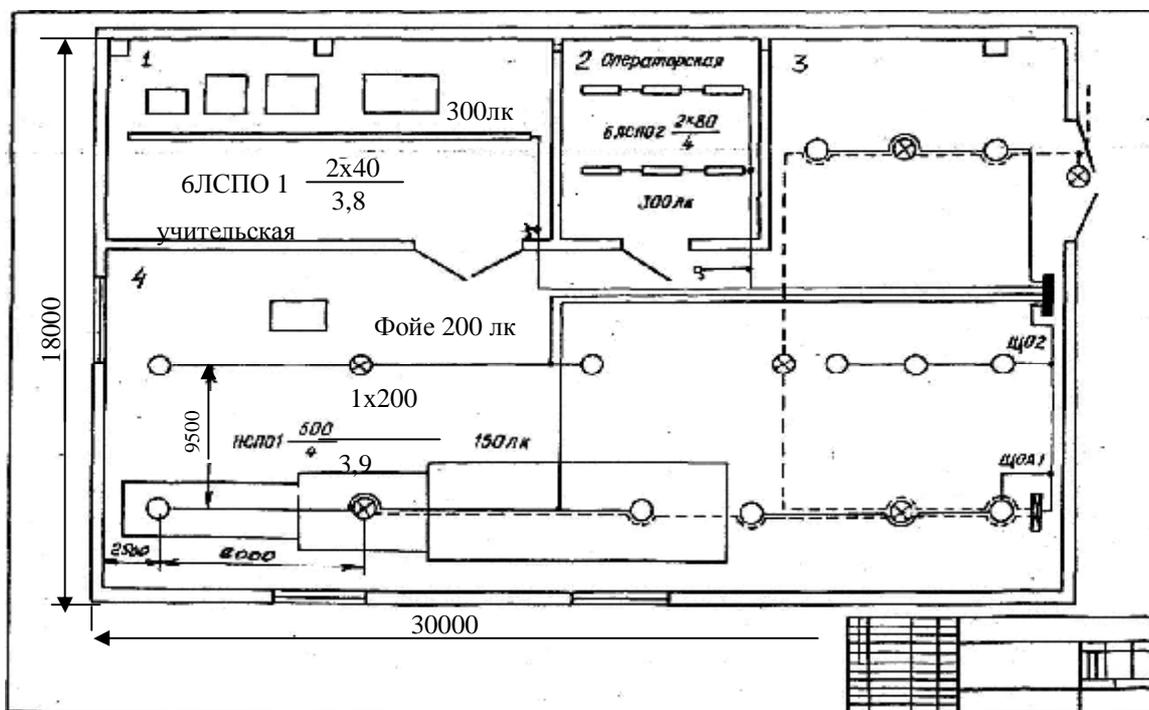
Защита от КЗ и перегрузок производится предохранителями, автоматами (пускателями). Выключатели должны располагаться у входа в помещение или в групповых щитах. Доступ к ним должен быть свободным. Включение и отключение освещения на предприятиях рекомендуется автоматическое, в зависимости от времени суток, или от уровня естественной освещенности.

После выполнения расчетов освещения составляется светотехническая ведомость и план освещения с расположением осветительных приборов и сетей.

### **6. Полезные советы, или что нужно знать об освещенности, светильниках и лампах.**

- максимально используйте естественное освещение и отражение света от стен и потолка - они должны быть светлых тонов;
- раз в месяц протирайте оконные стекла от пыли;
- применяйте не только общее освещение (подвесное) но и местное - это позволит уменьшить расход электроэнергии на 30-50 %;
- общая освещенность в комнате считается достаточной, если на 1м<sup>2</sup> площади приходится от 15 до 25 Вт мощности ламп накаливания;
- не применяйте абажуры - они собирают пыль и уменьшают светоотдачу;
- при использовании люстры с несколькими лампами применяйте выключатели на 2-3 режима работы освещения;
- для работы за столом лучше применять светильник, не занимающий место на столе, а тот, который можно укрепить на стене или на торце крышки стола;
- при покупке ламп обращайте внимание на величину их номинального напряжения - в городских квартирах напряжение часто бывает повышенным до 230-240 В;
- нормальным периодом работы ламп накаливания дома считается 1000 час. ( 1 год), если вы меняете их чаще - значит у вас напряжение выше нормы;
- чистка ламп один раз в 2-4 месяца увеличивает их светоотдачу.
- если в квартире из 3-х комнат заменить лампы ЛН на ГЛ, то за год можно сэкономить около 1500 кВт - ч электроэнергии, а это солидная добавка к бюджету;
- если вы применяете люминесцентные энергосберегающие лампы, то имейте в виду, что светоотдача такой лампы мощностью 25 Вт соответствует светоотдаче лампы накаливания в 100-130 Вт, а срок службы при номинальном напряжении в 8 – 10 раз больше, чем у ламп накаливания, однако они дороже ЛН в несколько раз;

- лампы накаливания криптоновые имеют световую отдачу на 10 % выше, чем с аргоновым заполнением;
- замена двух ламп по 60 Вт на одну в 100 Вт уменьшит расход энергии на 10-12 % без ущерба для освещенности;



1,2,3,4 – номера помещений, 300 лк – нормируемая освещенность, ЩО – щит рабочего освещения, ЩОА – щит аварийного освещения, 6,8- количество светильников, ЛСПО 2 – тип светильника, 2 – количество ламп в светильнике, 80 – мощность одной лампы, Вт, 3,9 – высота подвеса светильн м.

**Рисунок 10 – Пример оформления плана освещения**

**Таблица 2 - Светотехническая ведомость помещений.**

Этаж	Номер помещения по плану	Наименование помещения	Площадь м <sup>2</sup>	E <sub>min</sub> лк	E <sub>расч.</sub> лк	Коэф. запаса Кз	Тип и кол-во светильников	Мощность ламп Вт	Удел. Мощность Вт/м <sup>2</sup>	Мощность на помещение Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

## 6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.

**Общие понятия.** Настоящие требования распространяются на электрооборудование жилых зданий, и основаны на нормативах СНиП 2.08.01-89\* (изд. 1995 г.) «Жилые здания», СНиП 2.08.02-89\* (изд. 1993 г.) «Общественные здания и сооружения. Нормы проектирования. Общая часть», а также на электрооборудование клубных учреждений, зрелищных предприятий и открытых спортивных зданий и сооружений с количеством мест в зрительном зале менее 300, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий.

Требования настоящей главы не распространяются на специальные электроустановки в лечебно-профилактических учреждениях, учреждениях науки, систем диспетчерской связи, а также на электроустановки, которые по своему характеру должны быть отнесены к электроустановкам промышленных предприятий.

К электрооборудованию уникальных жилых и общественных зданий могут быть предъявлены дополнительные требования.

Электрооборудование жилых зданий содержит следующие основные элементы, имеющие следующие определения.

**Вводным устройством (ВУ)** называется совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть.

**Вводно-распределительным устройством (ВРУ)** называется совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть, а также на отходящих от ВРУ линиях.

**Главным распределительным щитом (ГРЩ)** называется распределительный щит, через который производится снабжение электроэнергией всего здания или его обособленной части. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низшего напряжения подстанции (ТП).

**Вторичным распределительным щитом (ВРЩ)** называется распределительный щит, получающий электроэнергию от ГРЩ или ВРУ и распределяющий ее по групповым щиткам и распределительным пунктам здания.

**Распределительным пунктом, групповым щитком** называются пункт, щиток, на которых установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, светильников), например, на этаже.

**Квартирным щитком** называется групповой щиток, установленный на лестничной клетке, в холлах, поэтажных коридорах или в квартирах жилых зданий и предназначенный для присоединения электрооборудования квартир к групповым сетям.

**Этажным щитком** называется групповой щиток, установленный на этажах и предназначенный для питания квартирных щитков. Этажный щиток устанавливается на лестничной клетке, в холле или в коридорах на этаже.

**Щитовым помещением** называется запирающееся помещение, доступное только для обслуживающего персонала, в котором устанавливаются ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ.

**Питающей сетью** называется сеть от распределительного устройства подстанции или ответвление от линии электропередачи до ВРУ, а также от ВРУ до ГРЩ и ВРЩ и до распределительных пунктов или групповых щитков.

**Групповой сетью** называется сеть, питающая светильники и розетки.

**Распределительной сетью** называется сеть, питающая силовые электроприемники.

### 6.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

Питание электроприемников должно предусматриваться от сети напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью. В обоснованных случаях допускается питание от сети выше 380/220 В с глухозаземленной нейтралью. В существующих зданиях, имеющих сети 220/127 В, следует перевести сети на напряжение 380/220 В.

Электрические сети зданий должны обеспечивать в необходимых случаях возможность питания освещения рекламного, витрин, фасадов, иллюминационного, наружного, противопожарных устройств, систем диспетчеризации, световых указателей, звуковой и другой сигнализации, а также питание огней светового ограждения.

### 6.2. ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

В жилых зданиях (квартирных домах и общежитиях), спальнях корпусов больничных учреждений, санаторно-курортных учреждений, домов отдыха, учреждений социального обеспечения, а также в учреждениях по воспитанию детей, в учебных заведениях по подготовке и повышению квалификации рабочих и других работников, средних специальных учебных заведениях и т.п. сооружение **встроенных и пристроенных подстанций не допускается**. В других помещениях общественных зданий разрешается размещать встроенные и

пристроенные подстанции при соблюдении требования по установке трансформаторов на амортизаторах.

Распределительные устройства до 1 кВ и выше следует размещать в разных помещениях. В этом случае помещения РУ до 1 кВ и выше должны иметь отдельные запирающиеся входы. Допускается размещение РУ до 1 кВ и выше в одном помещении, если они эксплуатируются одной организацией.

Требование о размещении РУ до 1 кВ и выше в отдельных помещениях не распространяется на КТП. Высоковольтная часть КТП в необходимых случаях пломбируется организацией, в ведении которой она находится.

### **6.3. ВВОДНЫЕ УСТРОЙСТВА, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТЫ, РАСПРЕДПУНКТЫ**

Вводы в здания должны быть оборудованы ВУ или ВРУ. Перед вводами в здание не допускается устанавливать дополнительные кабельные ящики для разделения сферы обслуживания наружных питающих сетей внутри зданий. Такое разделение должно быть обеспечено в ВРУ или ГРЩ.

На ВУ или ВРУ должны быть установлены аппараты защиты и управления. На ВУ и ВРУ на ток не более 25 А аппараты управления допускается не устанавливать. При установке на ответвлениях от ВЛ аппаратов защиты на ток 25 А ВУ или ВРУ на вводах в здания устанавливать не требуется.

На каждой линии, отходящей от распределительного щита, пункта или щитка, должны устанавливаться аппараты защиты.

Аппарат управления может быть общим для нескольких линий. При этом в случае совмещения ВУ с распределительным щитом и наличия на вводе аппарата управления с фиксированным отключенным положением установка дополнительного общего аппарата управления необязательна.

Внешние питающие сети (от подстанций до ВУ, ВРУ) должны быть защищены только от токов КЗ.

При размещении аппаратов защиты в дополнение к указанным необходимо руководствоваться следующими требованиями: - в жилых и общественных зданиях и помещениях автоматические выключатели и предохранители на распределительных пунктах и групповых щитках следует устанавливать только в цепях фазных проводов, при установке на лестничных клетках на расстоянии не более 3 м от лестничного стояка щитков, совмещающих функции квартирных и этажных, отдельный этажный щиток устанавливать не требуется.

Как правило, ВУ, ВРУ, ГРЩ следует устанавливать в щитовых помещениях, доступных только для обслуживающего персонала, или в запирающихся шкафах или нишах. В районах, подверженных затоплению, они должны устанавливаться выше уровня затопления.

Для одно- и двухэтажных жилых зданий, не имеющих общих лестничных клеток, ВУ и ВРУ могут устанавливаться снаружи на стене здания. В этом случае они должны иметь соответствующую степень защиты.

Допускается размещать ВУ, ВРУ и ГРЩ в помещениях, выделенных в сухих подвалах или в технических подпольях, при условии, что эти помещения легкодоступны для обслуживающего персонала и отделены от других помещений негорючими перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

При размещении ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительных пунктов и групповых щитков вне щитовых помещений должны выполняться следующие требования:

Устройства должны быть расположены в удобных и доступных для обслуживания местах.

Пункты и щитки, как правило, должны устанавливаться в нишах, ящиках или закрываться кожухами. Пункты и щитки не должны иметь открытых незащищенных токоведущих частей.

Устройства должны устанавливаться на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), газопроводов и газовых счетчиков.

Вводно - распределительные устройства, щиты, щитки, пункты, устанавливаемые в специальных щитовых помещениях или в запирающихся нишах, выполненных из негорючих конструкций, могут не иметь задних и боковых стенок и дверей.

Щитовые помещения, а также ВУ и ВРУ не допускается располагать под санузлами, ванными комнатами, душевыми, кухнями (кроме кухонь квартир), мойками, моечными и парильными помещениями бань, стиральными помещениями прачечных, химчисток и т.п.

Трубопроводы (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), вентиляционные и прочие короба, прокладываемые через щитовые помещения (за исключением ответвления к отопительному прибору самого щитового помещения), не должны иметь ответвлений в пределах помещения, а также люков, задвижек, фланцев, ревизий, вентиляй и т.п. Прокладка через эти помещения газопроводов и трубопроводов с горючими жидкостями не допускается.

Двери электрощитовых помещений должны открываться наружу.

Помещения, в которых установлены ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительные пункты, щиты и щитки, должны иметь естественную вентиляцию и электрическое освещение, а также отопление, обеспечивающее **температуру в помещении не ниже +5<sup>0</sup> С.**

Электрические цепи ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительных пунктов, групповых щитков допускается выполнять проводами с алюминиевыми или медными жилами.

#### 6.4. ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

Электроустановки разных организаций, обособленных в административно-хозяйственном отношении, расположенные в одном здании, могут быть присоединены ответвлениями к общей питающей линии или отдельными линиями ВРУ, ГРЩ или ВРЩ. Допускается осуществлять питание электроустановок потребителей нежилого сектора и квартир от общей питающей линии при условии, что в местах ответвления устанавливаются раздельные аппараты управления. В обоих случаях должно быть обеспечено качество напряжения.

К одной линии разрешается присоединять несколько стояков. На ответвлении к стояку, питающему квартиры жилых домов, имеющих выше пяти этажей, следует устанавливать аппарат управления.

В жилых зданиях светильники лестничных клеток, вестибюлей, холлов, коридоров и других внутридомовых помещений вне квартир должны питаться по самостоятельным линиям от ВРУ или отдельных групповых щитков, питаемых от ВРУ. Присоединение их к квартирным щиткам не допускается.

К групповым линиям освещения лестничных клеток, поэтажных коридоров, холлов, вестибюлей, подвалов, технических подполий и чердаков жилых и общественных зданий допускается присоединять на фазу до 60 ламп накаливания или люминесцентных мощностью до 65 Вт каждая.

Для лестничных клеток и коридоров, имеющих естественное освещение, рекомендуется предусматривать автоматическое управление электрическим освещением в зависимости от освещенности, создаваемой естественным светом.

В жилых зданиях стояки питающих сетей квартир должны прокладываться по лестничным клеткам. Прокладка стояков питающей сети внутри квартир не допускается.

Допускается прокладка в общей трубе, общем коробе или канале из негорючих строительных конструкций и т.п. проводов питающих линий квартир вместе с проводами рабочего освещения лестничных клеток, коридоров и других внутридомовых помещений.

Прокладка **групповых сетей квартиры** от этажного щитка до ввода в квартиру должна осуществляться в **самостоятельных каналах, трубах, коробах и т.п., т.е. отдельно** от групповых линий других квартир.

В отступление от требований в одном канале допускается совместно прокладывать до 12 проводов групповых сетей квартир жилых домов.

Допускается объединение нулевых проводов питающих линий квартир и линий рабочего освещения лестничных клеток и коридоров.

Прокладку линий в помещениях, как правило, следует выполнять скрыто. Открытую прокладку сетей рекомендуется выполнять в технических этажах и подпольях, неотапливаемых подвалах, тепловых пунктах, вентиляционных камерах, насосных, в сырых и особо сырых помещениях.

Вертикальные участки (стояки) линий электрической сети должны выполняться: незащищенными проводами – в трубах, коробах, каналах строительных конструкций; кабелями, шинопроводами – в шахтах и каналах строительных конструкций.

В каменных зданиях, а также в санузлах жилых домов допускается выполнять проводку скрытой, без труб, специальными проводами (например, АППВ) в бороздах стен, под штукатуркой и т.п.

В зданиях, выполненных из негорюемых строительных конструкций, допускается несменяемая закладка проводов групповой сети в панели стен, перегородок и перекрытий при их изготовлении на заводах стройиндустрии.

В помещениях для приготовления и приема пищи, за исключением квартир, запрещается открытая прокладка проводов.

В кухнях квартир могут применяться те же виды электропроводок, что и в жилых комнатах и коридорах. В ванных комнатах, в душевых и санузлах должна применяться, как правило, скрытая электропроводка; допускается открытая электропроводка защищенными проводами и кабелями.

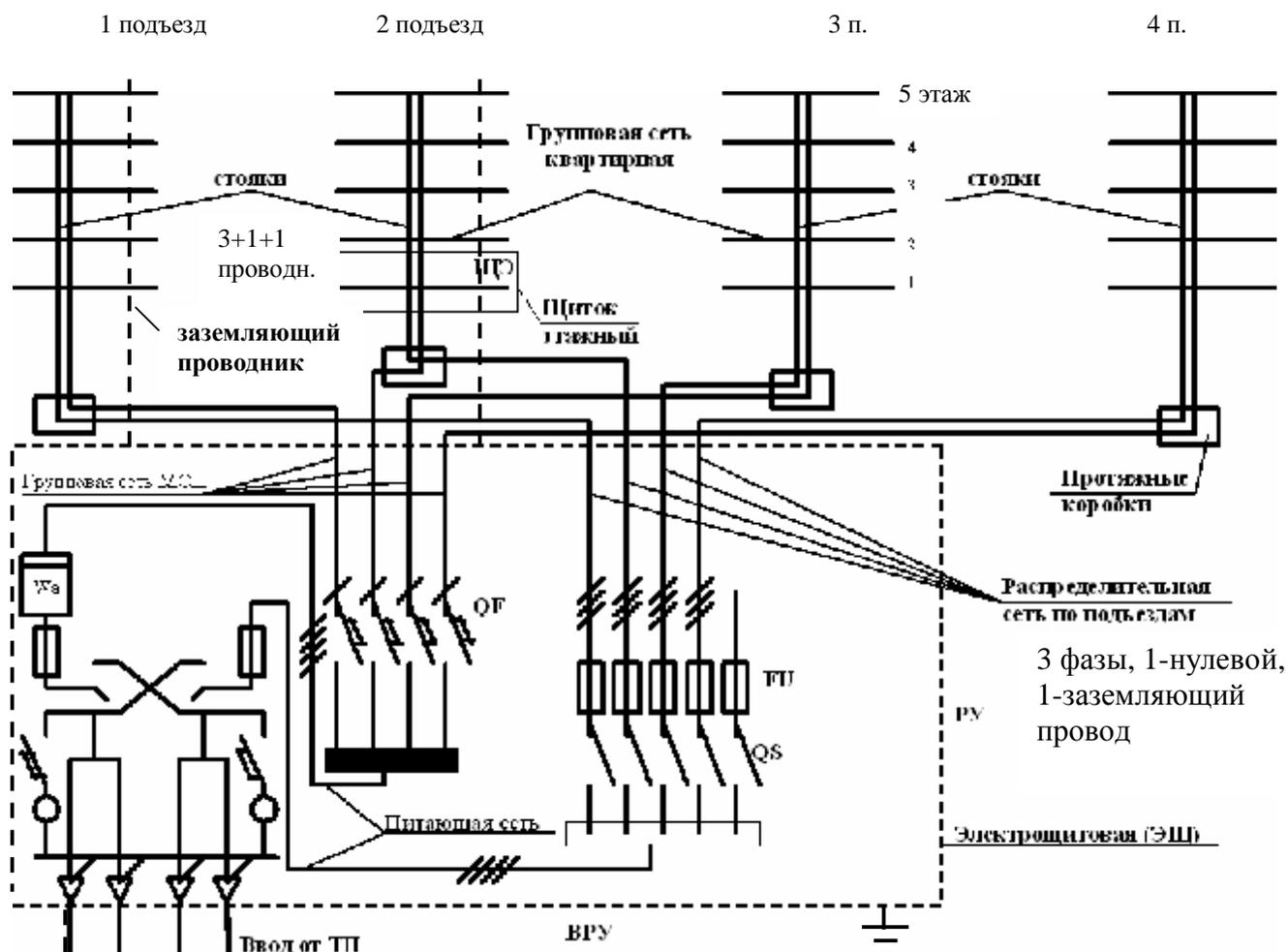
При прокладке проводов и кабелей должны быть учтены требования «Инструкции по выбору и применению установочных проводов», в том числе требования для помещений и зданий, выполненных из сгораемых материалов, а также «Единых технических указаний по выбору и применению электрических кабелей».

Электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками, рассматриваются как скрытые электропроводники, и их следует выполнять: за потолками из сгораемых материалов – в металлических трубах, коробах, металлорукавах; за потолками из негорюемых и трудногорюемых материалов – в виниловых или аналогичных трубах, коробах, металлорукавах, а также кабелями и защищенными проводами, имеющими оболочку из трудногорюемых материалов. Должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей. Сечения кабелей и проводов электрической сети зданий должны быть не менее приведенных в следующей таблице.

**Таблица 3 - Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов электрических сетей в зданиях.**

Наименование линий	Наименьшее сечение кабелей и проводов, мм <sup>2</sup>	
	медных	алюминиевых и алюмомедных
Линии групповой и распределительной сетей	1	2,5
Линии до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5	4
Линии питающей сети и стояки для питания квартир и комнат общежитий	4	6

Трехфазные линии в жилых зданиях должны иметь **5 проводников**, сечение нулевых проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 25 мм<sup>2</sup> (по алюминию), а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников. Сечения нулевых рабочих и нулевых защитных проводников в трехпроводных линиях должны быть не менее сечения фазных проводников.



**Рисунок 11 – Пример схемы электроснабжения жилого дома**

В жилых и общественных зданиях линии групповой однофазной сети, в квартирах прокладываемые от групповых щитков до штепсельных розеток, должны выполняться **трехпроводными** (фазный, нулевой рабочий и заземляющий проводник). Питание стационарных однофазных электроприемников следует выполнять трехпроводными линиями. При этом, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим. При подключении счетчика лучше перед ним поставить автомат или рубильник.

#### 6.5. ТИПИЧНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.

Первый признак неисправности электропроводки или аппаратов – характерный запах горелой изоляции, искрение или перегрев, что является признаком перегрузки или короткого замыкания, и что может привести к пожару или аварии. Основные причины этого: неправильный выбор проводников или аппаратов, провисание или касание проводов, сколы изоляторов, плохой контакт или слабое завинчивание резьбовых контактных соединений, механическое повреждение изоляции, замазывание проводки и аппаратов известью и краской при ремонте, попадание воды на проводку, наличие на проводах посторонних предметов, ковров, занавесок, несвоевременное техническое обслуживание и ремонт.

Неисправности выключателей: механическое заедание рукоятки или клавиши, подгорание контактов, поломка пружин и контактных пластин, поломка элементов корпуса, трещины в корпусе и основании. В штепсельных розетках и вилках со временем ослабевают пружины и резьбовые зажимы проводов, из-за чего они перегреваются и выходят из строя. Для предотвращения этого периодически нужно подтягивать винты контактных соединений, сжимать контактные пружины. При наличии сколов и трещин в основании и крышке эти детали необходимо заменить. При наличии скрытой электропроводки необходимо иметь ввиду,

что розетки крепятся в корпусах коробок за счет распорных лапок, поэтому нельзя применять большое усилие при вытаскивании вилки из розетки. При ослаблении крепления розетки необходимо равномерно поочередно подтянуть обе распорные лапки. При применении тройников возрастает нагрузка на одну розетку и она может не выдержать большой ток нагрузки и выйдет из строя.

Неисправности патронов освещения. Если лампочка исправна и есть напряжение в сети, то нужно проверить целостность подводящих проводников, затем - состояние центрального контакта патрона и при необходимости зачистить его и немного отогнуть. При загрязнении цоколя возможен плохой контакт его с патроном, для устранения этого можно несколько раз повернуть лампочку по резьбе туда и обратно. При отрыве колбы от цоколя лампы нужно отключить напряжение, оторвать проводки, на которых осталась колба и плоскогубцами осторожно вывинтить цоколь из патрона, затем зачистить резьбу в патроне. Люминесцентные лампы вынимают из патронов-держателей с большой осторожностью, так как случайное разбивание трубки лампы приводит к попаданию паров ртути в окружающее пространство, что опасно для здоровья.

### 6.6. ВНУТРЕННЕЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Светильники и прочие осветительные устройства во всех помещениях должны быть установлены и расположены так, чтобы обеспечивалась возможность безопасного обслуживания их при помощи обычных технических средств (приставных лестниц, стремянок и т.п.). Если такой возможности нет, должны предусматриваться специальные устройства (раздвижные вышки, ходовые мостики и т.п.). С приставных лестниц и стремянок разрешается обслуживанием светильников, расположенных на высоте **не более 5 м**.

В помещениях для приготовления и приема пищи, за исключением кухонь в квартирах, светильники с лампами накаливания, устанавливаемые над рабочими местами (плитами, столами и т.п.), должны иметь снизу защитное стекло. Для светильников с люминесцентными лампами достаточно наличия сеток или решеток в светильниках должны применяться ламподержатели, конструкция которых исключает выпадение ламп.

В ванных комнатах, душевых и санузлах квартир, гостиниц и общежитий корпуса светильников с лампами накаливания и патронов должны быть выполнены из изолирующего материала.

**Установка розеток и выключателей** в ванных комнатах, душевых, раздевалках при душевых и в мыльных помещениях бань, парилках, стиральных помещениях прачечных **не допускается**.

В ванных комнатах квартир, гостиниц, общежитий допускается установка розеток, присоединяемых к сети через разделительные трансформаторы или устройства защитного отключения (УЗО).

В общеобразовательных школах и учреждениях для пребывания детей розетки должны устанавливаться на высоте **1,8 м** от пола. Высота установки розеток в других общественных зданиях и жилых помещениях выбирается удобной для присоединения к ним приборов в зависимости от назначения помещения и оформления интерьера.

Допускается установка розеток и выключателей в специальных стеновых панелях, выполненных на заводах стройиндустрии, без применения закладных коробок.

Розетки должны быть по возможности удалены от заземленных частей (трубопроводы, раковины) и должны находиться от них на расстоянии не менее 0,5 м. Для кухонь жилых квартир и общественных зданий это расстояние не нормируется.

В распределительной сети предприятий общественного питания и торговли розетки устанавливаются по техническим заданиям, однако высота их установки не должна превышать **1,3 м**.

Выключатели светильников рабочего, аварийного и эвакуационного освещения в торговых помещениях магазинов, столовых и других, предназначенных для пребывания большого количества людей, должны быть доступны только для обслуживающего персонала.

Выключатели рекомендуется устанавливать на стене у дверей со стороны дверной ручки; допускается устанавливать их под потолком с управлением при помощи шнура. Высота установки выключателей на стене должна приниматься равной 1,5 м, за исключением общеобразовательных школ и детских дошкольных учреждений, в помещениях для пребывания детей, где выключатели следует устанавливать на высоте 1,8 м от пола. Во многих европейских странах розетки в помещениях зданий устанавливают на небольшом расстоянии от плинтуса пола, а выключатели – на высоте около 1 м от пола, для удобства их пользования детьми.

Над каждым основным входом в здание должен быть установлен светильник, также около домовых знаков и указателей пожарных гидрантов.

### 6.7. СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

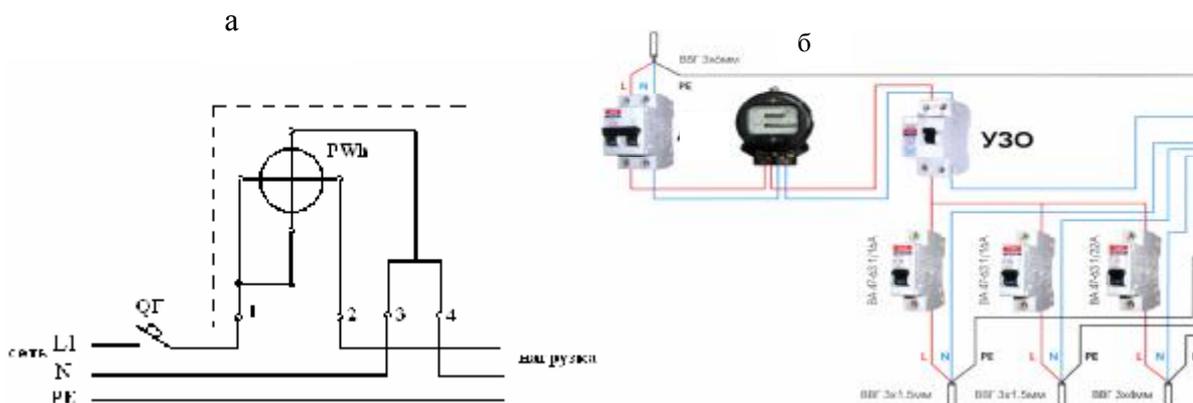
Электродвигатели, обслуживающие общедомовые установки (насосы, вентиляторы, лифты и т.п.), а также их защитные и пусковые аппараты должны быть доступны только для обслуживающего персонала. Исключением являются кнопки управления лифтами, противопожарными устройствами и вентиляцией. Пусковые аппараты электродвигателей, кроме того, должны быть расположены с соблюдением требований безопасности.

По одной линии следует питать не более четырех лифтов, расположенных в разных, не связанных между собой лестничных клетках и холлах. При наличии в лестничной клетке или в лифтовом холле двух или более лифтов одного назначения они должны питаться от разных линий, присоединяемых непосредственно к ВРУ или ГРЩ; число лифтов, присоединяемых к одной линии, не ограничивается.

Питание электроприемников противопожарных систем следует осуществлять в соответствии с их категорией по надежности электроснабжения. При отсутствии технологического резерва электродвигатель пожарного насоса должен питаться по двум линиям, одна из которых должна быть присоединена непосредственно к щиту подстанции, ВРУ или ГРЩ. Переключение с одной линии на другую может осуществляться вручную или автоматически. Установка электродвигателей на чердаках зданий допускается при соблюдении требований по звукоизоляции для обеспечения нормируемых уровней шумов.

### 6.8. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В жилых зданиях квартирного типа следует устанавливать один однофазный расчетный счетчик на каждую квартиру. В необходимых случаях допускается установка одного



Автоматический выключатель ставится только в фазных проводах, а нулевой провод не разрывается. Трансформатор тока применяется тогда, когда ток нагрузки превышает номинальный ток счетчика, в этом случае при снятии показаний необходимо умножить их на коэффициент трансформации трансформатора тока.

**Рисунок 12 – Включение однофазного счетчика в сеть (а) и схема подключения с использованием автомата и УЗО (б).**

трехфазного счетчика. Расчетные счетчики в общественных зданиях, в которых размещено несколько потребителей электроэнергии, должны предусматриваться для каждого потребителя, обособленного в административно – хозяйственном отношении. В общественных зданиях расчетные счетчики электроэнергии должны устанавливаться на ВРУ, в точках балансового разграничения с энергоснабжающей организацией. При наличии встроенных или пристроенных трансформаторных подстанций, мощность которых полностью используется потребителями данного здания, расчетные счетчики должны устанавливаться на вводах силовых трансформаторов на современный щит низшего напряжения, являющийся одновременно ВРУ здания.

ВРУ и приборы учета разных абонентов, размещенных в одном здании, допускается устанавливать в одном общем помещении. По согласованию с энергоснабжающей организацией расчетные счетчики могут устанавливаться у одного из потребителей, от ВРУ которого питаются прочие потребители, размещенные в данном здании. При этом на вводах питающих линий в помещениях этих прочих потребителей следует устанавливать счетчики для расчетов с основными потребителями электроэнергии.

Расчетные счетчики для общедомовой нагрузки жилых зданий (освещение лестничных клеток, конторы домоуправлений, дворовое освещение и т.п.) рекомендуется устанавливать в шкафах ВРУ или на панелях ГРЩ.

Расчетные квартирные счетчики рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты (предохранителями, автоматическими выключателями) и выключателями (для счетчиков) на общих квартирных щитках.

Квартирные щитки следует размещать на лестничной клетке, в холле или в общем поэтажном коридоре; они могут быть установлены и в квартире. Квартирные щитки следует устанавливать, как правило, в нишах, если это допускается строительной конструкцией здания. Квартирные щитки при установке на лестничной клетке должны располагаться в запираемых шкафах с проемами для снятия показаний счетчиков.

После счетчика, включенного непосредственно в питающую сеть, должен быть установлен аппарат защиты. Он должен устанавливаться возможно ближе к счетчику, не далее чем на расстоянии 10 м по длине электропроводки. Если после счетчика отходит несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты после счетчика не требуется.

Перед счетчиком, который установлен на квартирном щитке, расположенном в передней квартиры в нишах, должен быть установлен рубильник или двухполюсный выключатель для безопасной замены счетчика.

#### 6. 9. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ

Заземление и зануление электроустановок следует выполнять в соответствии с требованиями ПУЭ, т.е. должны быть заземляющие проводники (третья жила в однофазной сети и пятая жила – в трехфазной сети).

В ваннных комнатах жилых, общественных зданий и в банях металлические корпуса ванн, а в душевых поддоны должны быть соединены с металлическими трубами водопровода или с заземляющей сетью.

В помещениях с подвесными потолками, имеющими металлические конструкции и детали, следует заземлять или занулять металлические корпуса светильников, встраиваемых в подвесные потолки или устанавливаемых за ними.

Современные однофазные бытовые приборы (стиральные машины, электропечи, чайники и др.) должны иметь кабель с **тремя жилами** и вилку с **тремя контактами** для обеспечения заземления их корпусов.

Заземляющие проводники, должны прокладываться от ТП до ВРУ дома, затем соединяться с контуром здания, далее заземляющая сеть должна прокладываться от групповых щитков (распределительных пунктов) до этажных щитков и до каждой квартиры.

## 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ.

Поддержание электрооборудования трансформаторных подстанций в нормальном техническом состоянии осуществляется путем планомерно проводимых технических и организационных мероприятий, предусматривающих работы по контролю режимов работы и температурных режимов; межремонтное техническое обслуживание, предусматривающее проведение осмотров, ревизий, наладки и испытаний; выполнение текущих и капитальных ремонтов.

**Контроль режимов работы и температуры.** Для нормальной, экономичной и безопасной работы большое значение имеет соблюдение допустимых режимов работы по потребляемой мощности и токам нагрузки, уровню напряжения и температуры. На ТП и РУ с постоянным дежурным персоналом контроль за нагрузкой трансформаторов и отдельных присоединений осуществляется каждый час с записью в журнале нагрузок. При отсутствии персонала нагрузку электрооборудования определяют по показаниям счетчика и путем специальных замеров в часы максимума загрузки.

Важное значение имеет контроль температуры контактных соединений и масла в масляных выключателях и трансформаторах. Причинами повышенного нагрева могут быть перегрузки, ухудшение охлаждения, нарушение контактных соединений, возникшие неисправности электрооборудования.

Для контроля нагрева контактных соединений применяют **указатели нагрева много- и однократного действия, индикаторы инфракрасного излучения, электротермометры.** Указатели нагрева устанавливают на контактах сборных и соединительных шин, разъединителей, кабельных наконечников и т.п. К указателям многократного действия **относится термомпенка**, а однократного действия – **термокраски, термокарандаши**, в которых цвет соответствует определенной температуре, а также **термосвечи**, имеющие определенную температуру плавления. Температура в труднодоступных местах контролируется указателями однократного действия из легкоплавкого припоя, из сплава висмута, свинца и олова, с помощью которого изготавливают отпадающие и поворотные указатели. Более точно температуру контактных соединений определяют **электротермометрами.**

При изменении температуры масла изменяется его вязкость: при повышении температуры она уменьшается, при снижении – повышается, что оказывает существенное влияние на время отключения выключателя. По температуре масла можно судить об исправности контактного узла: при плохом контакте его температура повышается. Температура масла в выключателях должна контролироваться с периодичностью, устанавливаемой ПТЭ.

Контроль нагрева обмоток трансформатора осуществляют косвенным методом – по температуре масла. В трансформаторах малой мощности температуру масла измеряют ртутным термометром в верхних слоях масла, а в трансформаторах большей мощности – манометрическим. Предельная температура не должна превышать 95<sup>0</sup>С.

**Техническое обслуживание предусматривает:** надзор и уход за электрооборудованием; устранение возникающих отказов и неисправностей; современное проведение ревизий, наладок и профилактических испытаний. Для своевременного выявления неисправности и предупреждения аварии электрооборудование ТП и РУ подвергают внешним осмотрам. Их выполняют без снятия или со снятием напряжения и одновременным проведением ремонта. Сроки проведения ремонта РУ и отдельных видов электрооборудования зависят от типа и назначения. Сроки осмотров без отключения установлены ПТЭ и должны быть не реже 1 раза в месяц – без постоянного дежурного персонала. При этом обращают внимание на следующее: состояние помещений, отсутствие течи в кровле, исправность дверей и окон, исправность отопления, вентиляции, освещения и сети заземления; наличие средств защиты; состояние контактов; уровень и температура масла и отсутствие течи в аппаратах; состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, разрядов и др.); работу систем сигнализации.

Для выявления разрядов, коронирования осмотры проводят в ночное время не реже 1 раза в месяц. Кроме того, проводят внеочередные осмотры после отключения короткого за-

мыкания и на ОРУ при неблагоприятной погоде или усиленном загрязнении. Все замеченные неисправности устраняют в кратчайший срок. По отдельным видам электрооборудования строки, порядок, объем осмотров также устанавливаются ПТЭ и приведены ниже.

### **7.1. ОСМОТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ ТП.**

**Трансформаторы.** При осмотре трансформаторов проверяют: состояние кожухов, фланцевых соединений маслопроводов системы охлаждения, бака и других частей, отсутствие течи масла и механических повреждений; исправность действия системы охлаждения маслоборочных устройств и нагрев трансформаторов; наличие масла в маслonaполненных вводах и уровень масла в расширителе, который должен соответствовать температурной отметке; целостность и исправность измерительных приборов (манометров, термосигнализаторов и термометров) и их показания, а также маслоуказателей, газовых реле и т.п.; состояние маслоочистительных устройств и непрерывной регенерации масла, термосифонных фильтров и влагопоглощающих патронов; исправность устройств сигнализации и пробивных предохранителей; состояние изоляторов (отсутствие трещин, сколов фарфора, загрязнение и т.п.) и ошиновки кабеля; отсутствие нагрева контактных соединений; отсутствие постоянного шума.

При обнаружении сильного неравномерного шума и потрескивания внутри трансформатора, возрастающего нагрева при нормальной нагрузке охлаждения, выброса масла из расширителя, понижения уровня масла ниже установленного трансформатор необходимо токключить.

**Выключатели.** При визуальном осмотре выключателей устанавливают действительное положение (отключенное или выключенное) выключателя, целостность изоляторов и тяг, отсутствие течи и выброса масла, соответствие его уровня допустимому значению по шкале указателя уровня. В воздушных выключателях проверяют также целостность дугогасительных систем, резиновых прокладок в соединениях изоляторов, дугогасительных камер и т.д. При осмотрах и обслуживании приводов производят их очистку от пыли и грязи, проверяют надежность креплений шарнирных соединений, состояние контактов и пружин, состояние поверхностей защелок кулачков, зацепления собачек. Важное значение в работе привода имеет смазка трущихся частей или элементов.

**Разъединители.** При осмотре внимание уделяют состоянию контактных соединений и изоляции этих аппаратов. При обнаружении цветов побежалости на поверхности контактов проверяют температуру их нагрева с помощью термосвечей или электротермометра. При повышении допустимой температуры разъединители выводят в ремонт.

**Реакторы.** При осмотре проверяют состояние бетонных колонок и крепления в них анкерных болтов. На колонках не допускаются трещины, сколы, нарушения лакового покрытия. Небольшие трещины заделывают асфальтным лаком, а большие – чистым цементным раствором. Фарфоровые изоляторы не должны иметь сколов, трещин, нарушений армировки, изоляции витков обмоток.

**Конденсаторные установки.** Осмотр конденсаторных установок выполняют не реже 1 раза в 1 месяц. Для установок мощностью 500 квар и не реже 1 раза в декаду – для установок выше 500 квар. Во время осмотров проверяют: состояние изоляторов; температуру окружающего воздуха; отсутствие вспучивания корпусов конденсаторов и следов вытекания пропитывающей жидкости; целостность плавки вставок у предохранителей; значение тока и равномерность нагрузки отдельных фаз батареи; исправность цепи разрядного устройства; наличие и исправность средств защиты, блокировок; значение напряжения на шинах конденсаторной установки. Эксплуатацию конденсаторной установки прекращают в следующих случаях: при повышении напряжения более 110% от номинального; превышении температуры окружающего воздуха выше допустимой для конденсаторов данного типа; при вспучивании стенок конденсатора более 10 мм; течи пропиточной жидкости; повреждении изоляторов; увеличении тока батареи более чем на 30% номинального значения и неравномерности нагрузки фаз более 10% среднего значения тока.

Конденсаторы после отключения сохраняют опасный для людей заряд. Поэтому к конденсаторам присоединяют разрядные устройства. В установках выше 1000 В между резисторами и конденсаторами не должно быть коммутационных аппаратов. Перед отключением конденсаторной установки каждый раз проверяют исправность разрядного устройства. При выполнении работ с прикосновением к конденсаторам независимо от разрядного устройства производят их контрольный разряд металлическим стержнем, надежно закрепленным на изолирующей штанге. Повторное включение конденсаторной батареи может быть произведено не ранее, чем через 5 минут при напряжении выше 660 В и не ранее чем через 1 минуту при более низком напряжении.

**Аккумуляторные батареи.** Во время осмотра проверяют состояние корпусов аккумуляторов и качество межэлементных соединений (отсутствие вмятин, трещин, сколов и т.п.); уровень электролита. Пластины в элементах должны быть покрыты электролитом на 10-15 мм выше верхнего края пластин, чтобы не происходило сульфатации (белого налета), коробления и короткого замыкания. В стеклянных сосудах следят за уровнем шлама – расстояние между нижним краем пластин и шламом должно быть не менее 10 мм. Напряжение, плотность и температуру электролита каждого элемента батареи измеряют не реже 1 раза в 1 месяц. При измерении напряжения следят за тем, чтобы в батарее было не более 5% отстающих элементов, напряжение которых в конце разряда отличается более чем на 1-1,5 % от среднего напряжения. Плотность и температура электролита в конце заряда и разряда должны соответствовать заводским данным.

**Средства защиты и управления.** В соответствии с действующими нормативными документами (ПЭУ, ПТЭ, отраслевыми ПБ и др.) в электроустановках применяют довольно большое число разнообразных по назначению, принципу действия, схемному и конструктивному исполнению реле защит, устройства автоматики, управления, измерения, телемеханики и сигнализации (РЗиА), в том числе современные микропроцессорные блоки. Эти устройства должны обеспечивать высокую надежность и безопасность, достаточную чувствительность и быстроту действия, избирательность (селективность) действия и помехоустойчивость. Осмотр и периодическую проверку действия (срабатывания) этих устройств выполняют специализированные организации или подготовленный оперативный персонал в соответствии со специальными или местными инструкциями. Реле и устройства защиты, автоматики и телемеханики должны быть опломбированы, вскрывать их разрешается только специально назначенному персоналу. При осмотрах особое внимание обращают на соответствие установок, наличие оперативного тока, состояние контактов выходных реле, правильность положения переключающих устройств в соответствии со схемами и режимами работы электрооборудования, наличие пломб и др. Проверку действия устройств защитного отключения проводят не реже 1 раза в квартал. При выполнении этих работ принимают меры предосторожности против возможного ошибочного отключения оборудования.

Все случаи срабатываний, неправильной работы или отказов устройств РЗиА должны быть тщательно проанализированы обслуживающим персоналом и приняты дополнительные меры, исключающие их неправильную работу. После отказа или неправильного срабатывания этих устройств проводят дополнительную их проверку по специальной программе.

Важное значение для обеспечения надежной, экономичной и безопасной работы ТП и РУ имеет своевременное и качественное выполнение ревизий, наладок, профилактических испытаний и ремонтов их электрооборудования. Сроки проведения указанных работ определяет ответственное за электрохозяйство лицо на основании требований ПТЭ, отраслевой системы ППР и инструкций заводов-изготовителей. При этом учитывают данные эксплуатации по отказам, закономерностям износов, необходимости чисток и т.д. Тяжелые условия эксплуатации электрооборудования на угольных шахтах (повышенная запыленность и влажность, агрессивность атмосферы и др.), а также высокие требования по бесперебойности электроснабжения электроустановок, особенно обеспечивающих безопасность работ в шахтах (ЦПП, вентиляторы, подъемы и т.д.), обуславливают необходимость проведения ревизий, наладок и испытаний поверхностных подстанций не реже 1 раза в 2 года. Подробно порядок,

объемы и методы производства этих работ изложены в Руководстве по ревизии, наладке и испытанию поверхностных подстанций шахт и резервов.

**Эксплуатация трансформаторного масла.** Надежность работы маслonaполненного электрооборудования в значительной степени определяется хорошим качеством трансформаторного масла. Его оценивают предельно допустимыми показателями, характеризующими: пробивное напряжение; содержание механических примесей, взвешенного угля, водорастворимых кислот и щелочей; снижение температуры вспышки; тангенс угла диэлектрических потерь; влаго- и газосодержащие; кислотное число; вязкость и др.

В процессе эксплуатации электрооборудования трансформаторное масло теряет свои первоначальные свойства. Под влиянием кислорода воздуха масло окисляется, чему способствует высокая температура и солнечный свет. Повышение кислотности оказывает отрицательное влияние на разрушение изоляции и служит катализатором дальнейшего окисления масла. По мере старения масла увеличиваются его плотность, вязкость количество механических примесей и т.д. В результате увеличения вязкости ухудшается циркуляция масла, что затрудняет охлаждение электрооборудования. Наличие механических примесей может вызывать короткое замыкание между токоведущими частями. Ухудшение химических и механических свойств масла приводит к снижению пробивного напряжения и к повышению диэлектрических потерь в масле.

С целью сохранения качества и свойств трансформаторного масла необходимо удаление продуктов его старения. Для этого в трансформаторах проводят непрерывную автоматическую регенерацию масла, которая заключается в циркуляции масла через адсорбент (силикагель), обладающий свойством поглощать из масла продукты его старения и воду. В результате применения регенерации замедляются процессы старения масла и происходит восстановление его качества. Непрерывную регенерацию масла осуществляют путем установки на трансформаторах термосифонных фильтров, заполненных силикагелем. Повышению стабильности способствует также применение трансформаторного масла с присадкой к ним антиокислителей, азотной защиты и др.

В процессе эксплуатации проводят испытание трансформаторного масла в сроки и объемах, определяемых ПТЭ: для трансформаторов мощностью выше 630 кВА, работающих с термосифонными фильтрами, - не реже 1 раза в 5 лет; в трансформаторах мощностью до 630 кВА проверка может не производиться. Масло трансформаторов, работающих без термосифонных фильтров, проверяют не реже 1 раза в 2 года.

В масляных выключателях испытания масла проводят отключения короткого замыкания. У малообъемных выключателей масло не испытывают, а заменяют свежим **после 3-кратного** отключения короткого замыкания. Для отбора проб масла используют стеклянные банки вместимостью 0,5-1 л с притертыми пробками. Перед набором масла маслопропускное отверстие и банки должны быть промыты маслом, предназначенным для анализа.

Если масло не удовлетворяет предъявленным требованиям, то должны быть выявлены причины его ухудшения и приняты меры по его восстановлению в зависимости от характера ухудшения качества масла одним из следующих способов: заменой силикагеля в адсорбных фильтрах; обработкой масла вакуумным сепаратором; обработкой масла гранулированным сорбентом и с помощью фильтра тонкой очистки.

**Оперативные переключения.** В процессе эксплуатации ТП и РУ возникает необходимость оперативных переключений; включений и отключения линий, трансформаторов, переключения в РУ и т.д. От четкости выполнения этих операций зависят бесперебойность электроснабжения потребителей, надежность и безопасность работы электроустановок.

К оперативным переключениям допускают лиц, имеющих требуемую квалификацию и утвержденных ответственными за электрохозяйство. Все работы выполняются этими лицами в соответствии с требованиями ПТЭ и установленным на предприятии порядком.

Переключения в ТП и РУ производят по устному или письменному распоряжению или с ведома вышестоящего персонала. О всех работах по переключению в обязательном порядке делают записи в оперативном журнале. Распоряжение о переключении должно содержать

одно задание, предусматривающее операции, направленные на достижение одной цели, например: включение или отключение одного присоединения; вывод в ремонт сборных шин и т.д. Лица, участвующие в производстве переключений, должны четко представлять порядок и возможность выполнения всех операций с учетом состояния схемы и режима работы электрооборудования. С целью проверки правильности последовательности выполнения задаваемых операций при переключениях на щитах управления ТП и РУ должны применяться мнемонические схемы, схемы-макеты, оперативные схемы, а также утвержденные однолинейные схемы. Все изменения, происшедшие в электроустановках, немедленно вносят в эти схемы и доводят до сведения всех работников для которых знание их обязательно.

Все сложные переключения, проводимые более чем на одном присоединении в РУ выше 1000 В, должны выполняться по бланкам переключения двумя лицами: одно – непосредственно выполняет все операции, другое – контролирует последовательность и правильность их выполнения. В бланке записывают все производимые операции в порядке очередности выполнения, каждая под своим порядковым номером с новой строки. При выполнении работ бланк должен находиться в месте производства переключений.

Без бланков, но с записью в оперативном журнале единолично разрешается производить все простые и сложные переключения в РУ выше 1000 В при условии применения блокировочных устройств, полностью исключающих неправильные операции с разъединителями и заземляющими ножами.

При производстве переключений операции с коммутационными аппаратами, установленными в одной электрической цепи, выполняют в последовательности, определяемой назначением этих аппаратов и безопасностью операций для выполняющих переключения. Первой при отключении электрической цепи, имеющей выключатели, выполняют операцию его отключения, так как выключатель имеет систему дугогашения, обеспечивающую безопасное размыкание цепи под нагрузкой. Разъединители не предназначены для отключения-включения цепи под нагрузкой, поэтому перед их отключением убеждаются в отключенном положении выключателя.

#### **Внеочередные осмотры проводятся:**

При резком изменении температуры наружного воздуха. При каждом отключении трансформатора от действия газовой или дифференциальной защиты.

**Испытание трансформаторного масла, находящегося в эксплуатации производится:** Не реже 1 раза в 5 лет – для трансформаторов с термосифонными фильтрами, при  $S > 630$  кВА, 1 раза в 2 года – без термосифонных фильтров и при  $S < 630$  кВА. После капитальных ремонтов.

**Таблица 3 - Периодичность осмотров силовых трансформаторов.**

Операция	Периодичность	Пояснение
<b>Осмотры</b> без отключения трансформаторов <b>Проверка:</b> показаний термометров манометров; состояния кожухов трансформаторов; отсутствия течи масла в баке и в маслонаполненных вводах, соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке; состояния изоляторов, маслоохладящих и маслоотделительных устройств, ошинок кабелей; отсутствия нагрева контактных соединений; исправности пробивных предохранителей и сигнализации; состояния сети заземления трансформаторного помещения.	1 раз в сутки – в установках с постоянным дежурным персоналом. Не реже 1 раза в месяц – в установках без постоянного дежурного персонала. Не реже 1 раза в 6 мес. – на трансформаторных пунктах	Допускается длительное превышение напряжения на 5%, соответствующее данному ответвлению, на 10% - при нагрузке 25% от номинальной; при номинальной нагрузке – до 6 ч. в сутки.

## 7.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЦЕХОВЫХ КТП.

Цеховые КТП предназначены для питания оборудования цехов, мастерских, боксов и других производственных или бытовых зданий и могут иметь один или несколько трансформаторов и комплекты оборудования для управления и защиты. КТП могут быть пристроенными, отдельно стоящими, внутрицеховыми, последние размещают как правило, на первых этажах зданий.

*Пристроенной* называют подстанцию, непосредственно примыкающую к основному зданию и имеющую с ним только одну общую стену. В этом случае трансформатор и другие части КТП можно выкатывать из помещения подстанции наружу и в цех или другие помещения этого здания.

*Отдельно стоящей* называют подстанцию, расположенную на определенном расстоянии от других зданий и сооружений. Расстояние от такой подстанции до производственного здания на промышленных предприятиях должно быть не менее 7 м при I и II степени его огнестойкости; 9 м – при III и 10 м – при IV и V.

*Внутрицеховой* называют подстанцию, расположенную открыто или в отдельном закрытом помещении в цехе внутри производственного здания, причем доступ к оборудованию КТП осуществляется из того же или другого помещения этого здания.

Для внутрицеховых закрытых КТП все ограждающие конструкции должны быть выполнены из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Помещения КТП имеют двери без порогов, которые открываются в другие помещения или наружу и имеют самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны, и как правило, без окон. Внутренняя часть помещения должна быть окрашена в светлые тона.

Для устранения возможности попадания животных и птиц отверстия в наружных стенах закрытых КТП должны иметь сетки с ячейками размером 10x10.

В помещениях КТП с маслонаполненным трансформатором ворота и двери предусматриваются со степенью огнестойкости не менее 0,6 ч. Ворота должны быть двустворчатыми, открывающимися наружу на угол 180°, при ширине их створки более 1,5 м снабжаться калиткой, если они используются как второй выход для персонала. Габаритные размеры ворот должны превышать на 200-350 мм размеры трансформатора или другого крупноблочного оборудования. Вместо ворот допускаются монтажные проемы в стенах для выкатки трансформаторов и другого электрооборудования. Если над дверью, воротами или выходами вентиляционным отверстием в помещении КТП имеется наружное окно, под ним по всей ширине двери предусматривается негорючий козырек с вылетом 0,7 м. Длина козырька должна быть больше ширины двери не менее чем на 0,8 м в каждую сторону. При расположении окна на высоте более 4 м козырек не требуется.

При техническом обслуживании комплектных трансформаторных подстанций основным оборудованием, за которым нужно вести регулярное наблюдение и уход, являются силовые трансформаторы и коммутационная аппаратура распределительных щитов.

Завод-изготовитель несет ответственность за исправную работу КТП в течение 12 мес. со дня ввода их в эксплуатацию, но не более 24 мес. со дня отгрузки при условии соблюдения правил хранения, транспортировки и обслуживания.

Токи нагрузок при нормальной эксплуатации не должны превышать значений, указанных в заводских инструкциях. Ток в нейтрали у сухих трансформаторов не должен превышать 25% номинального тока фазы. В подстанциях с двумя резервирующими друг друга трансформаторами эксплуатационная нагрузка каждого трансформатора не должна превышать 80% номинальной. При аварийном режиме допускается перегрузка линий, отходящих от распределительных щитов, КТП, при защите их автоматами с комбинированными расцепителями.

Кроме показаний приборов о нагрузке герметизированных трансформаторов типов ТНЗ и ТМЗ судят по давлению внутри бака, которое при нормальной нагрузке не должно превышать 50 кПа по показанию мановакуумметра. При давлении 60 кПа срабатывает реле давле-

ния, выдавливания стеклянную диаграмму, при этом давление понижается до нуля. Резкое снижение внутреннего давления происходит и при потере герметичности трансформатора.

Если давление упало до нуля, проверяют целостность диафрагмы. Если она разбита, трансформатор отключают, выясняют причину, приведшую к срабатыванию реле давления, и при отсутствии повреждения (т.е. реле сработало от перегрузки) устанавливают новую диаграмму и включают трансформатор для контроля температуры в верхних слоях совтола или масла установлены термометрические сигнализаторы с действием на световой или звуковой сигнал при перегреве.

У трансформаторов, снабженных термосифонными фильтрами, во время эксплуатации контролируют нормальную циркуляцию масла через фильтр по нагреву верхней части его кожуха. Если в пробе масла обнаруживают загрязненность, фильтр перезаряжают. Для этого фильтр разбивают, очищают внутреннюю поверхность от грязи, шлама и промывают чистым сухим маслом. При необходимости заменяют сорбент. Сорбент, полученный в герметической таре, можно применить без сушки.

Контроль за осушителем сводится к наблюдению за цветом индикаторного силикагеля. Если большая часть его окрашивается в розовый цвет, - весь силикагель осушителя заменяют или восстанавливают нагревом его при 450-500<sup>0</sup>С в течение 2 ч, индикаторный силикагель – нагревом при 120<sup>0</sup>С до тех пор, пока вся масса не окрасится в голубой цвет (приблизительно через 15час.).

Удаление шлама и оксидной пленки с контактной системы переключателя ступеней рекомендуется производить не реже 1 в год прокручиванием переключателя до 15-20 раз по часовой стрелке.

Периодичность осмотров КТП устанавливается службой отдела Главного энергетика в зависимости от условий эксплуатации, интенсивности работы коммутационной аппаратуры распределительного щита, температуры окружающей среды, запыленности и т.п. Для механических цехов длительность промежутков между осмотрами 6 мес. Осмотр КТП производится при полностью снятом напряжении на вводе и отходящих линиях. При осмотрах проводят чистку от пыли и грязи всех устройств подстанции, проверяют болтовые соединения. При обнаружении обгораний контактные поверхности зачищают и восстанавливают антикоррозийное покрытие.

### **7.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ**

РУ (распредустройсва) имеются во всех установках высокого и низкого напряжения и представляют собой помещение, территорию или шкаф (ящик) с набором электрооборудования для распределения электроэнергии данного уровня напряжения. Помещение РУ Потребителя, примыкающее к помещениям, принадлежащим сторонним организациям, и имеющее оборудование, находящееся под напряжением, должно быть изолировано от них. Оно должно иметь отдельный запирающийся выход.

Оборудование РУ, находящееся на обслуживании Потребителей и используемое энергоснабжающей организацией, должно управляться на основе инструкции, согласованной Потребителем и энергоснабжающей организацией.

В помещениях РУ двери, окна должны быть всегда закрыты, а проемы в перегородках между аппаратами, содержащими масло, заделаны. Все отверстия в местах прохождения кабеля уплотняются. Для предотвращения попадания животных и птиц все отверстия и проемы в наружных стенах помещений заделываются или закрываются сетками с размером ячейки (1x1) см.

Токоведущие части пускорегулирующих аппаратов и аппаратов защиты должны быть ограждены от случайных прикосновений. В специальных помещениях (электромашинных, щитовых, станций управления и т.п.) допускается открытая установка аппаратов без защитных кожухов.

Все РУ (щиты, сборки и т.д.), установленные вне электропомещений, должны иметь запирающие устройства, препятствующие доступу в них работников неэлектротехнического персонала.

Электрооборудование РУ всех видов и напряжений должно удовлетворять условиям работы, как при нормальных режимах, так и при коротких замыканиях, перенапряжениях и перегрузках.

Класс изоляции электрооборудования должен соответствовать номинальному напряжению сети, а устройства защиты от перенапряжений — уровню изоляции электрооборудования.

При расположении электрооборудования в местности с загрязненной атмосферой должны быть осуществлены меры, обеспечивающие надежность изоляции:

- в открытых распределительных устройствах (далее — ОРУ)—усиление, обмывка, очистка, покрытие гидрофобными пастами;
- в закрытых распределительных устройствах (далее —ЗРУ) — защита от проникновения пыли и вредных газов;
- в комплектных распределительных устройствах наружной установки— герметизация шкафов и обработка изоляции гидрофобными пастами.

Температура нагрева наведенным током конструкций, находящихся вблизи токоведущих частей, по которым протекает ток, и доступных для прикосновения персонала, должен быть не выше 50°С.

Температура воздуха внутри помещений ЗРУ в летнее время должна быть не более 40°С. В случае ее повышения должны быть приняты меры к снижению температуры оборудования или охлаждению воздуха.

Температура воздуха в помещении компрессорной станции должна поддерживаться в пределах 10-35°С; в помещении элегазовых комплектных распределительных устройств (далее – КРУЭ) — в пределах от 1 до 40 °С.

За температурой разъемных соединений шин в РУ должен быть организован контроль по утвержденному графику.

Расстояние от токоведущих частей ОРУ до деревьев, высокого кустарника должны быть такими, чтобы была исключена возможность перекрытия.

Покрытие полов в ЗРУ, КРУ и КРУН должно быть таким, чтобы не происходило образования цементной пыли.

Помещения, предназначенные для установки ячеек комплектного РУ с элегазовой изоляцией (далее — КРУЭ), а также для их ревизии перед монтажом и ремонтом, должны быть изолированы от улицы и других помещений. Стены, пол и потолок должны быть окрашены пыленепроницаемой краской.

Уборка помещений должна производиться мокрым или вакуумным способом. Помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией с отсосом воздуха снизу. Воздух приточной вентиляции должен проходить через фильтры, предотвращающие попадание в помещение пыли.

Кабельные каналы и наземные кабельные лотки ОРУ и ЗРУ должны быть закрыты негорючими плитами, а места выхода кабелей из кабельных каналов, лотков, с этажей и переходы между кабельными отсеками должны быть уплотнены огнеупорным материалом.

Туннели, подвалы, каналы должны содержаться в чистоте, а дренажные устройства обеспечивать беспрепятственный отвод воды.

Маслоприемники, гравийная подсыпка, дренажи и маслоотводы должны поддерживаться в исправном состоянии.

Уровень масла в масляных выключателях, измерительных трансформаторах и вводах должен оставаться в пределах шкалы маслоуказателя при максимальной и минимальной температурах окружающего воздуха.

Масло негерметичных вводов должно быть защищено от увлажнения и окисления.

Дороги для подъезда автомашин, к РУ и подстанциям должны находиться в исправном состоянии.

Места, в которых допускается проезд автотранспорта через кабельные каналы, должны отмечаться знаком.

На всех ключах, кнопках и рукоятках управления должны быть надписи, указывающие операцию, для которой они предназначены («Включать», «Отключать», «Убавить», «Прибавить» и др.).

На сигнальных лампах и сигнальных аппаратах должны быть надписи, указывающие характер сигнала («Включено», «Отключено», «Перегрев» и др.).

Выключатели и их приводы должны иметь указатели отключенного и включенного положений.

На выключателях со встроенным приводом или с приводом, расположенным в непосредственной близости от выключателя и не отделенным от него сплошным непрозрачным ограждением (стенкой), допускается установка одного указателя—на выключателе или на приводе. На выключателях, наружные контакты которых ясно указывают включенное положение, наличие указателя на выключателе и встроенном или не отгороженном стенкой приводе необязательно.

Приводы разъединителей, заземляющих ножей, отделителей, короткозамыкателей и другого оборудования, отделенного от аппаратов стенкой, должны иметь указатели отключенного и включенного положений.

Все приводы разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, заземляющих ножей, не имеющих ограждений, должны иметь приспособления для их запираения как во включенном, так и в отключенном положении.

РУ, оборудованные выключателями с пружинными приводами, должны быть укомплектованы приспособлениями для завода пружинного механизма.

Персонал, обслуживающий РУ, должен располагать документацией по допустимым режимам работы в нормальных и аварийных условиях.

У дежурного персонала должен быть запас калиброванных плавких вставок. Применение плавких некалиброванных вставок не допускается. Плавкие вставки должны соответствовать типу предохранителей.

Исправность резервных элементов РУ (трансформаторов, выключателей, шин и др.) должна регулярно проверяться включением под напряжение в сроки, установленные местными инструкциями.

Оборудование РУ должно периодически очищаться от пыли и грязи.

Сроки очистки устанавливает ответственный за электрохозяйство с учетом местных условий.

Уборку помещений РУ и очистку электрооборудования должен выполнять обученный персонал с соблюдением правил безопасности.

Блокировочные устройства распределительных устройств, кроме механических, должны быть постоянно опломбированы. Персоналу, выполняющему переключения, самовольно деблокировать эти устройства не разрешается.

Для наложения заземления в РУ напряжением выше 1000 В должны, как правило, применяться стационарные заземляющие ножи.

Рукоятки приводов заземляющих ножей должны быть окрашены в красный цвет, а приводы заземляющих ножей, как правило, — в черный. Операции с ручными приводами аппаратов должны производиться с соблюдением правил безопасности.

При отсутствии стационарных заземляющих ножей должны быть подготовлены и обозначены места присоединения переносных заземлений к токоведущим частям и заземляющему устройству.

На дверях и внутренних стенках камер ЗРУ, оборудовании ОРУ, лицевых и внутренних частях КРУ наружной и внутренней установки, сборках, а также на лицевой и оборотной

сторонах панелей щитов должны быть выполнены надписи, указывающие назначение присоединений и их диспетчерское наименование.

На дверях РУ должны быть предупреждающие плакаты и знаки установленного образца.

На предохранительных щитках и (или) у предохранителей присоединений должны быть надписи, указывающие номинальный ток плавкой вставки.

В РУ должны находиться электротехнические средства и средства индивидуальной защиты (в соответствии с нормами комплектования средствами защиты), защитные противопожарные и вспомогательные средства (песок, огнетушители) и средства для оказания первой помощи пострадавшим от несчастных случаев.

Для РУ, обслуживаемых оперативно-выездными бригадами (далее—ОВБ), средства защиты могут находиться у ОВБ.

Шкафы с аппаратурой устройств релейной защиты и автоматики, связи и телемеханики, шкафы управления и распределительные шкафы воздушных выключателей, а также шкафы приводов масляных выключателей, отделителей, короткозамыкателей и двигательных приводов разъединителей, установленных в РУ, в которых температура воздуха может быть ниже допустимого значения, должны иметь устройства электроподогрева.

Включение и отключение электроподогревателей должно, как правило, осуществляться автоматически. Система автоматического включения и отключения электроподогревателей должна также предусматривать постоянный контроль за их целостностью с передачей информации на местный щит управления и (или) диспетчерский пульт.

Масляные выключатели на улице должны быть оборудованы устройствами электроподогрева днищ баков и корпусов, включаемых при понижении температуры окружающего воздуха ниже допустимой. Значения температур, при которых должны осуществляться ввод в действие и вывод из работы электроподогревателей, устанавливаются с учетом указаний заводов-изготовителей.

Шарнирные соединения, подшипники и трущиеся поверхности механизмов выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей и их приводов должны смазываться низкотемпературными смазками, а масляные демпферы выключателей и других аппаратов – заполняться маслом, температура замерзания которого должна быть не менее чем на 20°С ниже минимальной зимней температуры наружного воздуха.

Устройства автоматического управления, защиты и сигнализации воздухоприготовительной установки, а также предохранительные клапаны должны систематически проверяться и регулироваться согласно требованиям инструкции завода-изготовителя.

Осушение сжатого воздуха для коммутационных аппаратов должна осуществляться термодинамическим способом.

Требуемая степень осушки сжатого воздуха обеспечивается при кратности перепада между номинальным компрессорным и номинальным рабочим давлением коммутационных аппаратов не менее двух – для аппаратов номинальным рабочим давлением 2 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>) и не менее четырех—для аппаратов номинальным рабочим давлением (2,6-4,0) МПа (26-40 кгс/см<sup>2</sup>).

В целях уменьшения влагосодержания рекомендуется дополнительно применять адсорбционные методы осушки сжатого воздуха.

28. Влагу из воздухоотделителей с компрессорным давлением (4,0-4,5) МПа (40-45) кгс/см<sup>2</sup> необходимо удалять не реже 1 раза в 3 сут, а на объектах без постоянного дежурного персонала – по утвержденному графику, составленному на основании опыта эксплуатации.

Днища воздухоотделителей и спускной вентиль должны быть утеплены и оборудованы устройством электроподогрева, включаемым при удалении влаги на время, необходимое для таяния льда при отрицательных температурах наружного воздуха.

Удаление влаги из конденсатосборников групп баллонов давлением 23 МПа (230 кгс/см<sup>2</sup>) должно осуществляться автоматически при каждом запуске компрессора. Во избежание замерзания влаги нижние части баллонов и конденсатосборники должны быть разме-

щены в теплоизоляционной камере с электроподогревателем, за исключением баллонов, установленных после блоков очистки сжатого воздуха (далее – БОВ). Продувка влагоотделителя БОВ должна производиться не реже 3 раз в сутки.

Проверка степени осушки – точки росы воздуха на выходе из БОВ – должна производиться 1 раз в сутки. Точка росы должна быть не выше минус 50<sup>0</sup>С при положительной температуре окружающего воздуха и не выше минус 40<sup>0</sup>С – при отрицательной.

Внутренний осмотр и гидравлические испытания воздухохраников и баллонов компрессорного давления должны проводиться в соответствии с установленными требованиями. Внутренний осмотр резервуаров воздушных выключателей и других аппаратов должен производиться при капитальных ремонтах.

Гидравлические испытания резервуаров воздушных выключателей должны производиться в тех случаях, когда при осмотре обнаруживаются дефекты, вызывающие сомнение в прочности резервуаров.

Внутренние поверхности резервуаров должны иметь антикоррозийное покрытие.

Сжатый воздух, используемый в воздушных выключателях и приводах других коммутационных аппаратов, должен быть очищен от механических примесей с помощью фильтров, установленных в распределительных шкафах каждого воздушного выключателя или на питающем привод каждого аппарата воздухопроводе.

После окончания монтажа воздухоприготовительной сети перед первичным наполнением резервуаров воздушных выключателей и приводов других аппаратов должны быть продуты все воздухопроводы.

Для предупреждения загрязнения сжатого воздуха в процессе эксплуатации должны производиться продувки:

- магистральных воздухопроводов при положительной температуре окружающего воздуха—не реже 1 раза в 2 месяца;
- воздухопроводов (отпаек от сети) до распределительного шкафа и от шкафа до резервуаров каждого полюса выключателей и приводов других аппаратов с их отсоединением от аппарата—после каждого капитального ремонта аппарата;
- резервуаров воздушных выключателей – после каждого капитального и текущего ремонта, а также при нарушении режимов работы компрессорных станций.

У воздушных выключателей должна периодически проверяться работа вентиляции внутренних полостей изоляторов (для выключателей, имеющих указатели).

Периодичность проверок должна быть установлена на основании рекомендаций заводов-изготовителей.

Влажность элегаза в КРУЭ, элегазовых выключателей должна контролироваться первый раз не позднее чем через неделю после заполнения оборудования элегазом, а затем 2 раза в год (зимой и летом).

Контроль концентрации элегаза в помещениях КРУЭ и ЗРУ должен производиться с помощью специальных течейскаателей на высоте 10-15 см от уровня пола.

Концентрация элегаза в помещении должна быть в пределах норм, указанных в инструкциях заводов-изготовителей аппаратов.

Контроль должен производиться по графику, утвержденному техническим руководителем Потребителя.

Утечка элегаза не должна превышать **3 % от общей массы в год**. Необходимо принять меры по наполнению резервуаров элегазом при отклонении его давления от номинального.

Проводить операции с выключателями при пониженном давлении элегаза не допускается.

Вакуумные дугогасительные камеры (далее – КДВ) должны испытываться в объемах и в сроки, установленные инструкциями заводов-изготовителей выключателей.

При испытаниях КДВ повышенным напряжением с амплитудным значением свыше 20 кВ необходимо использовать **экран для защиты от возникающих рентгеновских излучений**.

Проверка дугогасительных камер выключателей нагрузки, установление степени износа газогенерирующих дугогасящих вкладышей и обгорания неподвижных дугогасящих кош актов производится периодически в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство, в зависимости от частоты оперирования выключателями нагрузки.

Слив влаги из баков масляных выключателей необходимо осуществлять 2 раза в год – весной с наступлением положительных температур и осенью перед наступлением отрицательных температур.

Профилактические проверки, измерения и испытания оборудования РУ должны проводиться в объемах и в сроки, предусмотренные нормами испытания электрооборудования. Осмотр РУ без отключения должен проводиться:

- на объектах с постоянным дежурством персонала – не реже 1 раза в 1 сутки; в т. ч. в темное время суток для выявления разрядов, коронирования – не реже 1 раза в месяц;
- на объектах без постоянного дежурства персонала – не реже 1 раза в месяц, а в трансформаторных и распределительных пунктах – не реже 1 раза в 6 месяцев.

При неблагоприятной погоде (сильный туман, мокрый снег, гололед и т.п.) или сильном загрязнении на ОРУ должны быть организованы дополнительные осмотры.

Обо всех замеченных неисправностях должны быть произведены записи в журнал дефектов и неполадок на оборудовании и, кроме того, информация о них должна быть сообщена ответственному за электрохозяйство.

Замеченные неисправности должны устраняться в кратчайший срок.

**При осмотре РУ** особое внимание должно быть обращено на следующее:

- состояние помещения, исправность дверей и окон, отсутствие течи в кровле и междуэтажных перекрытиях, наличие и исправность замков;
- исправность отопления и вентиляции, освещения и сети заземления;
- наличие средств пожаротушения;
- наличие испытанных защитных средств;
- укомплектованность медицинской аптечкой;
- уровень и температуру масла, отсутствие течи в аппаратах;
- состояние контактов, рубильников щита низкого напряжения;
- целостность пломб у счетчиков; состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, разрядов и т.п.);
- отсутствие повреждений и следов коррозии, вибрации и треска у элегазового оборудования; работу системы сигнализации; давление воздуха в баках воздушных выключателей; давление сжатого воздуха в резервуарах пневматических приводов выключателей; отсутствие утечек воздуха;
- исправность и правильность показаний указателей положения выключателей;
- наличие вентиляции полюсов воздушных выключателей;
- отсутствие течи масла из конденсаторов емкостных делителей напряжения воздушных выключателей;
- действие устройств электроподогрева в холодное время года;
- плотность закрытия шкафов управления; возможность легкого доступа к коммутационным аппаратам и др.

Капитальный ремонт оборудования РУ должен производиться в сроки:

масляных выключателей – 1 раз в 6-8 лет при контроле характеристик выключателя с приводом в межремонтный период;

- выключателей нагрузки, разъединителей и заземляющих ножей — 1 раз в 4-8 лет (в зависимости от конструктивных особенностей);

- воздушных выключателей – 1 раз в 4-6 лет; отделителей и короткозамыкателей с открытым ножом и их приводов – 1 раз в 2-3 года; компрессоров – 1 раз в 2-3 года; КРУЭ – 1 раз в 10-12 лет;
- элегазовых и вакуумных выключателей – 1 раз в 10 лет;
- токопроводов 1 раз – в 8 лет;
- всех аппаратов и компрессоров – после исчерпания ресурса независимо от продолжительности эксплуатации.

Первый капитальный ремонт установленного оборудования должен быть проведен в сроки, указанные в технической документации завода-изготовителя.

Разъединители внутренней установки следует ремонтировать по мере необходимости.

Ремонт оборудования РУ осуществляется также по мере необходимости с учетом результатов профилактических испытаний и осмотров.

Периодичность ремонтов может быть изменена, исходя из опыта эксплуатации, решением технического руководителя Потребителя.

Внеочередные ремонты выполняются в случае отказов оборудования, а также после исчерпания коммутационного или механического ресурса.

#### **7.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК**

Конденсаторные установки напряжением от 0,22 до 10 кВ и частотой 50 Гц предназначены для компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения и присоединяются параллельно индуктивным элементам электрической сети.

Управление конденсаторной установкой, регулирование режима работы батарей конденсаторов должно быть, как правило, автоматическим.

Управление конденсаторной установкой, имеющей общий с индивидуальным приемником электрической энергии коммутационный аппарат, может осуществляться вручную одновременно с включением или отключением приемника электрической энергии.

Разработка режимов работы конденсаторной установки должна выполняться исходя из договорных величин экономических значений реактивной энергии и мощности. Режимы работы конденсаторной установки должны быть утверждены техническим руководителем Потребителя.

При напряжении, равном 110 % от номинального значения, вызванном повышением напряжения в электрической сети, продолжительность работы конденсаторной установки в течение суток должна быть не более 12 ч. При повышении напряжения свыше 110 % от номинального значения конденсаторная установка должна быть немедленно отключена.

Если напряжение на любом единичном конденсаторе (конденсаторах последовательного ряда) превышает 110 % его номинального значения, работа конденсаторной установки не допускается.

Если токи в фазах различаются более чем на 10 %, работа конденсаторной установки не допускается.

В месте установки конденсаторов должен быть предусмотрен прибор для измерения температуры окружающего воздуха. При этом должна быть обеспечена возможность наблюдения за его показаниями без отключения конденсаторной установки и снятия ограждений.

Если температура конденсаторов ниже предельно допустимой низшей температуры, обозначенной на их паспортных табличках или в документации завода-изготовителя, то включение в работу конденсаторной установки не допускается.

Включение конденсаторной установки разрешается лишь после повышения температуры окружающего воздуха до указанного в паспорте значения температуры.

Температура окружающего воздуха в месте установки конденсаторов должна быть не выше максимального значения, указанного на их паспортных табличках или в документации завода-изготовителя. При превышении этой температуры должна быть усилена вентиляция. Если в течение 1 ч температура не снизилась, конденсаторная установка должна быть отключена.

Конденсаторы батареи должны иметь порядковые номера, нанесенные на поверхность корпуса.

Включение конденсаторной установки после ее отключения допускается не ранее чем через 1 мин при наличии разрядного устройства, присоединяемого непосредственно (без коммутационных аппаратов и предохранителей) к конденсаторной батарее. Если в качестве разрядного устройства используются только встроенные в конденсаторы резисторы, то повторное включение конденсаторной установки допускается не ранее чем через 1 мин для конденсаторов напряжением 660 В и ниже и через 5 мин для конденсаторов напряжением выше 660 В.

Включение конденсаторной установки, отключенной действием защитных устройств, разрешается только после выяснения и устранения причины отключения.

Конденсаторная установка должна быть обеспечена:

- резервным запасом предохранителей на соответствующие номинальные токи плавких вставок;
- специальной штангой для контрольного разряда конденсаторов, хранящейся в помещении конденсаторной батареи;
- противопожарными средствами (огнетушители, ящик с песком и совком).

На дверях снаружи и внутри камер, дверях шкафов конденсаторных батарей должны быть выполнены надписи, указывающие их диспетчерское наименование. На внешней стороне дверей камер, а также шкафов конденсаторных батарей, установленных в производственных помещениях, должны быть укреплены или нанесены несмываемой краской знаки безопасности. Двери должны быть постоянно заперты на замок.

При замене предохранителей конденсаторная установка должна быть отключена от сети и должен быть обеспечен разрыв (отключением коммутационного аппарата) электрической цепи между предохранителями и конденсаторной батареей. Если условий для такого разрыва нет, то замена предохранителей производится после контрольного разряда всех конденсаторов батареи специальной штангой.

Контрольный разряд конденсаторов разрешается производить не ранее, чем через 3 минуты после отключения установки, если нет других указаний заводов-изготовителей.

При техническом обслуживании конденсаторов, в которых в качестве пропитывающего диэлектрика используется трихлордифенил, следует принимать меры для предотвращения его попадания в окружающую среду (только утилизировать в специально отведенных местах).

Осмотр конденсаторной установки (без отключения) должен проводиться в сроки, установленные местной производственной инструкцией, но не реже 1 раза в сутки на объектах с постоянным дежурством персонала и не реже 1 раза в месяц на объектах без постоянного дежурства.

Внеочередной осмотр конденсаторной установки проводится в случае повышения напряжения или температуры окружающего воздуха до значений, близких к наивысшим допустимым, действия защитных устройств, внешних воздействий, представляющих опасность для нормальной работы установки, а также перед ее включением.

**При осмотре** конденсаторной установки следует проверить:

- исправность ограждений и запоров, отсутствие посторонних предметов;
- значения напряжения, тока, температуры окружающего воздуха, равномерность нагрузки отдельных фаз;
- техническое состояние аппаратов, оборудования, контактных соединений, целостность и степень загрязнения изоляции;
- отсутствие капельной течи пропитывающей жидкости и недопустимого вздутия стенок корпусов конденсаторов;
- наличие и состояние средств пожаротушения.

О результатах осмотра должна быть сделана соответствующая запись в оперативном журнале.

## 7.5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Аккумуляторные установки предназначены для питания цепей оперативного тока и приводов коммутационных аппаратов. На ответственных подстанциях питание оперативных цепей должно быть всегда. В качестве источников постоянного тока могут применяться кислотные, щелочные и другие аккумуляторы, в том числе необслуживаемые.

Сборку аккумуляторов, монтаж батарей и приведение их в действие должны выполнять специализированные организации в соответствии с техническими условиями на аккумуляторные установки и инструкциями заводов-изготовителей.

При эксплуатации аккумуляторных батарей должен обеспечиваться необходимый уровень напряжения на шинах постоянного тока в нормальном и аварийном режимах.

Установка кислотных и щелочных аккумуляторных батарей в одном помещении не допускается.

Стены и потолок помещения аккумуляторной, двери и оконные переплеты, металлические конструкции, стеллажи и другие части должны быть окрашены кислотостойкой (щелочестойкой) и не содержащей спирта краской. Вентиляционные короба и вытяжные шкафы должны окрашиваться с наружной и внутренней сторон.

Для окон необходимо применять матовое или покрытое белой клеевой краской стекло.

Для освещения помещений аккумуляторных батарей должны применяться лампы накаливания, установленные во **взрывозащищенной** арматуре. Один светильник должен быть присоединен к сети аварийного освещения.

**Выключатели**, штепсельные розетки, предохранители и автоматы должны располагаться **вне аккумуляторного помещения**. Осветительная электропроводка должна выполняться проводом в кислотостойкой (щелочестойкой) оболочке.

Для снижения испарения электролита кислотного аккумулятора открытого исполнения следует применять покровные стекла или прозрачную кислотостойкую пластмассу, опирающиеся на выступы (приливы) пластин. Размеры этих стекол должны быть меньше внутренних размеров бака. Для аккумуляторов с размерами бака более 400x200 мм допускается применять покровные стекла из двух частей и более.

Для приготовления кислотного электролита надлежит применять серную кислоту и дистиллированную воду, качество которых удостоверено заводским сертификатом или протоколом химического анализа, проведенного в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Приготовление кислотного электролита, хранение и транспортировка электролита и кислоты, приведение аккумуляторной батареи в рабочее состояние должны выполняться в соответствии с указаниями инструкции завода-изготовителя и инструкции по эксплуатации стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.

Уровень электролита в кислотных аккумуляторных батареях должен быть выше верхнего края электродов на 10-15 мм для стационарных аккумуляторов с поверхностно-коробчатыми пластинами типа СК; в пределах 20-40 мм над предохранительным щитком для стационарных аккумуляторов с намазными пластинами типа СН. Плотность кислотного электролита, приведенная к температуре 20°C, должна быть: для аккумуляторов типа СК —  $1,205 \pm 0,005$  г/см<sup>3</sup>; для аккумуляторов типа СН —  $1,240 \pm 0,005$  г/см<sup>3</sup>.

Щелочные аккумуляторы при сборке в батарею должны быть соединены в последовательную цепь посредством стальных никелированных межэлементных перемычек.

Аккумуляторные щелочные батареи должны быть соединены в последовательную цепь с помощью перемычек из медного проводника.

Уровень электролита натрий-литиевых и калий-литиевых заряженных аккумуляторов должен быть на 5-10 мм выше верхней кромки пластин.

Для приготовления щелочного электролита следует применять гидроксиды калия или гидроксиды натрия, гидроксиды лития, дистиллированную воду, удовлетворяющие существующим государственным стандартам.

При изготовлении щелочного электролита и приведении аккумуляторной батареи в рабочее состояние должны выполняться указания инструкции завода-изготовителя.

Элементы аккумуляторной батареи должны быть пронумерованы. Крупные цифры наносятся на лицевую вертикальную стенку бака кислотостойкой (щелочестойкой) краской. Первым номером в батарее обозначается элемент, к которому присоединена положительная шина.

При приемке вновь смонтированной или вышедшей из капитального ремонта аккумуляторной батареи должны быть проверены: емкость (током 10-часового разряда или в соответствии с указаниями инструкции завода-изготовителя); качество электролита; плотность электролита и напряжение на элементах в конце заряда и разряда батареи; сопротивление изоляции батареи относительно земли; исправность приточно-вытяжной вентиляции.

Батареи должны вводиться в эксплуатацию после достижения ими 100 % номинальной емкости.

Кислотные батареи, работающие в режиме постоянного подзаряда, должны эксплуатироваться без уравнительных периодических перезарядов. Для поддержания всех аккумуляторов в полностью заряженном состоянии и для предотвращения сульфатации электродов в зависимости от состояния батареи, но не реже 1 раза в год, должен быть проведен уравнительный заряд (дозаряд) батареи до достижения установившегося значения плотности электролита во всех элементах. Продолжительность уравнительного заряда зависит от технического состояния батареи и должна быть не менее 6 ч.

На подстанциях работоспособность батареи должна проверяться по падению напряжения при толковых токах.

Уравнительный перезаряд всей батареи или отдельных ее элементов должен осуществляться только по мере необходимости.

Заряжать и разряжать батарею допускается током не выше максимального для данной батареи. Температура электролита в конце заряда должна быть не выше 40<sup>0</sup>С для аккумуляторов типа СК и не выше 35<sup>0</sup>С для аккумуляторов типа СН.

Контрольные разряды кислотных батарей должны проводиться в соответствии с инструкцией по эксплуатации стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей для определения фактической ёмкости батареи по мере необходимости или 1 раз в 1—2 года.

Значение тока разряда каждый раз должно быть одним и тем же. Результаты измерений при контрольных разрядах должны сравниваться с результатами измерений предыдущих разрядов.

Кислотные батареи, работающие в режиме постоянного подзаряда, должны эксплуатироваться без тренировочных разрядов. Разряд отдельных аккумуляторов (или их группы) может производиться для выполнения ремонтных работ или при устранении неисправностей в них.

Мощность и напряжение зарядного устройства должны быть достаточными для заряда аккумуляторной батареи на 90 % номинальной емкости в течение не более 8 ч при предшествующем 30-минутном разряде.

Подзарядное устройство должно обеспечивать стабилизацию напряжения на шинах батареи с отклонением  $\pm 2$  %. Выпрямительные установки, применяемые для заряда и подзаряда аккумуляторных батарей, должны присоединяться со стороны переменного тока через разделительный трансформатор.

Дополнительные аккумуляторы батарей, постоянно не используемые в работе, должны иметь отдельное устройство подзаряда.

Аккумуляторная установка должна быть оборудована вольтметром с переключателем и амперметрами в цепях зарядного, подзарядного устройств и аккумуляторной батареи.

Порядок эксплуатации системы вентиляции в помещении аккумуляторной батареи с учетом конкретных условий должен быть определен местной инструкцией.

Приточно-вытяжная вентиляция помещения аккумуляторной батареи должна быть включена перед началом заряда батареи и отключена после полного удаления газов, но не

раньше чем через 1,5 ч после окончания заряда. Для аккумуляторной батареи следует предусматривать блокировку, не допускающую проведения заряда с напряжением более 2,3 В на элемент при отключенной вентиляции.

Напряжение на шинах оперативного постоянного тока в нормальных условиях эксплуатации допускается поддерживать на 5% выше номинального напряжения токоприемников. Все сборки и кольцевые магистрали постоянного тока должны обеспечиваться питанием от двух источников.

Измерение сопротивления изоляции аккумуляторной батареи производится 1 раз в 3 месяца, его значение в зависимости от номинального напряжения батареи должно быть следующим:

**Таблица 1 – Сопротивление изоляции аккумуляторных батарей**

Напряжение аккумуляторной батареи, В	24	48	60	110	220
Сопротивление изоляции $R_{из}$ , кОм, не менее	15	25	30	50	100

Шины постоянного тока должны быть снабжены устройством для постоянного контроля изоляции, действующим на сигнал при снижении сопротивления изоляции одного из полюсов до значения 3 кОм в сети 24 В, 5 кОм в сети 48 В, 6 кОм в сети 60 В, 10 кОм в сети 110 В, 20 кОм в сети 220 В.

В условиях эксплуатации сопротивление изоляции сети постоянного оперативного тока, измеряемое периодически с помощью устройства контроля изоляции (или вольтметра), должно быть не ниже двукратного по отношению к указанным выше минимальным значениям.

При замыкании на землю (или снижении сопротивления изоляции до срабатывания устройства контроля) в сети оперативного тока следует немедленно принять меры к его устранению.

Производство работ под напряжением в сети оперативного тока, если в этой сети имеется замыкание на землю, не допускается, за исключением работ по поиску места замыкания.

Обслуживание аккумуляторных установок должно быть возложено на специалиста, обученного правилам эксплуатации аккумуляторных батарей.

На каждой аккумуляторной установке должен быть журнал аккумуляторной батареи для записи результатов осмотров и объемов выполненных работ.

Анализ электролита работающей кислотной аккумуляторной батареи должен производиться ежегодно по пробам, взятым из контрольных элементов. Количество контрольных элементов устанавливает ответственный за электрохозяйство Потребителя в зависимости от состояния аккумуляторной батареи, но не менее 10 % количества элементов в батарее. Для использования в качестве контрольных каждый год должны назначаться разные элементы.

При контрольном разряде пробы электролита отбираются в конце разряда.

Для доливки аккумуляторов должна применяться дистиллированная вода, проверенная на отсутствие хлора и железа.

В батарее может быть не более 5 % отстающих элементов. Напряжение отстающих элементов в конце разряда должно отличаться от среднего напряжения остальных элементов не более чем на 1,5 %.

. **Осмотр аккумуляторных батарей** должен проводиться по графику, с учетом следующей периодичности:

- дежурным персоналом — 1 раз в сутки;
- специально выделенным работником—2 раза в месяц;
- ответственным за электрохозяйство—1 раз в месяц.

**Во время текущего осмотра проверяется:**

-напряжение, плотность и температура электролита в контрольных элементах (напряжение и плотность электролита во всех и температура электролита в контрольных элементах должны проверяться не реже 1 раза в месяц);

- напряжение и ток подзаряда основных и добавочных аккумуляторов;
  - уровень электролита;
  - правильность положения покровных стекол или фильтр-пробок;
  - целостность аккумуляторов, чистота в помещении;
  - вентиляция и отопление;
  - наличие небольшого выделения пузырьков газа из аккумуляторов;
  - уровень и цвет шлама в аккумуляторах с прозрачными баками.
- Персонал, обслуживающий аккумуляторную установку, должен быть обеспечен;
- технической документацией;
  - приборами для контроля напряжения отдельных элементов батареи, плотности и температуры электролита;
  - специальной одеждой;
  - специальным инвентарём и запасными частями.

Обслуживание и ремонт выпрямительных установок и двигатель-генераторов, входящих в установки постоянного тока с аккумуляторной батареей, должны осуществляться в порядке, установленном для данного вида оборудования.

Для проведения капитального ремонта батареи (замена большого числа аккумуляторов, пластин, сепараторов, разборка всей батареи или значительной ее части) целесообразно приглашать специализированные ремонтные организации.

Необходимость капитального ремонта батареи устанавливает ответственный за электрохозяйство Потребителя.

Капитальный ремонт аккумуляторов типа СК должен производиться, как правило, не ранее чем через 15-20 лет эксплуатации.

Капитальный ремонт аккумуляторов типа СН не производится. Замена аккумуляторов этого типа должна производиться не ранее чем через 10 лет эксплуатации.

Следует отметить, что применение современных необслуживаемых аккумуляторных установок на подстанциях позволяет уменьшить затраты на техническое обслуживание, уменьшить размеры помещений, повысить безопасность.

## 8 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК.

Сварочные трансформаторы представляют собой понижающие однофазные сухие трансформаторы, имеющие вторичное напряжение холостого хода 60—75 В. Такое напряжение необходимо для надежного зажигания электрической дуги. При номинальной нагрузке вторичное напряжение  $U_2$  уменьшается до 30 В. Короткое замыкание ( $U_2=0$ ,  $I_2=I_K$ ) для сварочных трансформаторов является нормальным эксплуатационным режимом, так как сварочный трансформатор имеет крутопадающую зависимость вторичного напряжения от тока:

$$U_2 = f(I_2)$$

Электросварочные установки, их монтаж и расположение должны соответствовать установленным требованиям при проведении электросварочных работ.

Сварочные работы должны выполняться в соответствии с требованиями государственных стандартов, правил пожарной безопасности при проведении сварочных работ, указаний заводов - изготовителей электросварочного оборудования.

Во взрывоопасных и взрывопожароопасных помещениях, в подземных рудниках электросварочные работы необходимо выполнять в соответствии с требованиями государственных стандартов по взрывобезопасности, инструкции по организации безопасного ведения огневых работ на взрывоопасных объектах, а на подземных – в соответствии с требованиями ЕПБ.

Источники сварочного тока могут присоединяться к распределительным электрическим сетям **не выше 660 В**. В качестве источников сварочного тока для всех видов дуговой сварки должны применяться только специально для этого предназначенные и удовлетворяющие требованиям действующих стандартов сварочные трансформаторы или преобразователи, либо с приводом от ДВС.

Схема присоединения нескольких источников сварочного тока при работе их на одну сварочную дугу должна исключать возможность получения между изделием и электродом напряжения, превышающего наибольшее напряжение холостого хода одного из источников сварочного тока.

Для подвода тока от источника сварочного тока к электрододержателю установки ручной дуговой сварки должен использоваться гибкий **сварочный медный кабель с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке**, например КГ. Применение кабелей и проводов с изоляцией или в оболочке из **полимерных материалов, распространяющих горение, не допускается**.

Первичная цепь электросварочной установки должна содержать коммутационный **отключающий и защитный электрические аппараты**.

Электросварочные установки с многопостовым источником сварочного тока должны иметь устройства для защиты источника от перегрузки и КЗ (автоматический выключатель, предохранители), а также коммутационный и защитный электрические аппараты на каждой линии, отходящей к сварочному посту.

Переносная (передвижная) электросварочная установка должна располагаться на таком расстоянии от коммутационного аппарата, чтобы длина соединяющего их гибкого кабеля была не более 15 м.

Данное требование не относится к питанию установок по троллейной системе и к тем случаям, когда иная длина предусмотрена конструкцией в соответствии с техническими условиями на установку. Передвижные электросварочные установки на время их передвижения необходимо отсоединять от сети.

Все электросварочные установки с источниками переменного и постоянного тока, предназначенные для сварки в особоопасных условиях (**внутри металлических ёмкостей, колодцах, туннелях, на понтонах, в котлах, отсеках судов и т.д.**) или для работы в помещениях с повышенной опасностью, должны быть оснащены устройствами автоматического отключения напряжения х.х. при разрыве сварочной цепи или его ограничения до безопасного в данных условиях значения. Устройства должны иметь техническую документацию, утверждённую в установленном порядке, а их параметры соответствовать требованиям стандартов на электросварочные устройства.

При проведении сварочных работ в закрытых помещениях необходимо предусматривать (при необходимости) местные отсосы, обеспечивающие улавливание сварочных аэрозолей непосредственно у места его образования. В вентиляционных устройствах помещений для электросварочных установок должны быть установлены фильтры, исключающие выброс вредных веществ в окружающую среду.

Потребители, строительные и другие организации, создающие сварочные участки, должны иметь приборы, методики и квалифицированный персонал для контроля опасных и вредных производственных факторов, указанных в соответствующих стандартах. Результаты измерений должны регистрироваться. В случае превышения установленных норм должны быть приняты меры для снижения опасных и вредных факторов.

К выполнению электросварочных работ допускаются работники, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний требований безопасности, имеющие группу по электробезопасности не ниже II и соответствующие удостоверения.

Электросварщикам, прошедшим специальное обучение, может присваиваться в установленном порядке группа по электробезопасности III и выше для работы в качестве оперативно-ремонтного персонала с правом присоединения и отсоединения от сети переносных и передвижных электросварочных установок.

Переносное, передвижное электросварочное оборудование закрепляется за электросварщиком, о чём делается запись в журнале регистрации инвентарного учёта, периодической проверки и ремонта переносных и передвижных электроприёмников, вспомогательного оборудования к ним. Незакреплённые за электросварщиками передвижные переносные источники тока для дуговой сварки должны храниться в запираемых на замок помещениях.

При соединении и отсоединении от сети электросварочных установок, а также наблюдение за их исправным состоянием в процессе эксплуатации должен выполнять электротехнический персонал данного потребителя с группой по электробезопасности не ниже III.

При выполнении сварочных работ в помещениях повышенной опасности, особо опасных помещениях и в особо неблагоприятных условиях сварщик кроме спецодежды обязан дополнительно пользоваться диэлектрическими перчатками, галошами и ковриками.

При работе в замкнутых или труднодоступных пространствах необходимо также одевать защитные (полиэтиленовые, текстолитовые или винипластовые) каски, пользоваться металлическими щитками в этом случае не допускается.

Работы в замкнутых или труднодоступных пространствах должен выполнять сварщик под контролем двух наблюдающих, один из которых должен иметь группу по электробезопасности не ниже III. Наблюдающие должны находиться снаружи для контроля за безопасным проведением работ сварщиком. Сварщик должен иметь ляточный предохранительный пояс с канатом, конец которого находится у наблюдающего. Электросварочные работы в этих условиях должны производиться только на установке, удовлетворяющей требованиям безопасности.

На закрытых сосудах, находящихся под давлением (котлы, баллоны, трубопроводы и т.п.), и сосудах, содержащих воспламеняющиеся или взрывоопасные вещества, производить сварочные работы не допускается. Электросварка и резка цистерн, баков, бочек, резервуаров и др. ёмкостей из-под горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, а также горючих и взрывоопасных газов без тщательной предварительной очистки и пропаривания этих ёмкостей и удаления газов вентилированием не допускается.

Выполнение сварочных работ в указанных ёмкостях разрешает работник, ответственный за безопасность проведения сварочных работ, после проверки ёмкости.

Система технического обслуживания и ремонта электросварочных установок разрабатывается и осуществляется в соответствии с принятой у потребителя схемой с учётом требований инструкций по эксплуатации этих установок, указаний завода-изготовителя, норм испытания электрооборудования и местных условий.

Проведение испытаний и измерений на электросварочных установках осуществляется в соответствии с нормами испытания электрооборудования, инструкциями заводоизготовителей. Кроме того, измерение сопротивления изоляции этих установок проводится после длительного перерыва в их работе, при наличии видимых механических повреждений, но не реже одного раза в шесть месяцев.

Ответственность за эксплуатацию сварочного оборудования, выполнение годового графика технического обслуживания и ремонта, безопасное проведение сварочных работ определяется должностными инструкциями, утверждёнными в установленном порядке руководителем потребителя. При наличии у потребителя должности главного сварщика или работника, выполняющего его функции (например, главного механика), указанная ответственность возлагается на него.

## 9 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕРЕНОСНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ.

Здесь рассматриваются требования к эксплуатации переносных и передвижных электроприемники напряжением до 1000 В, конструкция которых предусматривает возможность их перемещения к месту применения по назначению вручную (без применения транспортных средств), а также вспомогательное оборудование к ним, используемые в производственной деятельности.

При организации эксплуатации конкретного вида переносных, передвижных электроприемников (электроинструмент, электрические машины, светильники, сварочные установки, насосы, печи, компрессоры), вспомогательного оборудования к ним (переносные: разделительные и понижающие трансформаторы, преобразователи частоты, устройства защитного отключения, кабели – удлинители и т.п.) необходимо учитывать дополнительные

требования к ним, изложенные в документации завода – изготовителя, государственных стандартах, правилах безопасности.

Переносные и передвижные электроприемники, вспомогательное оборудование к ним должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

Переносные и передвижные электроприемники, вспомогательное оборудование к ним, в том числе зарубежного производства, должны иметь российские сертификаты соответствия.

Применять переносные и передвижные электроприемники допускается только в соответствии с их назначением, указанным в паспорте.

Каждый переносной, передвижной электроприемник, элементы вспомогательного оборудования к ним должны иметь инвентарные номера.

К работе с использованием переносного или передвижного электроприемника, требующего наличия у персонала групп по электробезопасности, допускаются работники, прошедшие инструктаж по охране труда и имеющие группу по электробезопасности.

Подключение (отключение) к (от) электрической сети переносных и передвижных электроприемников при помощи втычных соединителей или штепсельных соединений, удовлетворяющих требованиям электробезопасности, разрешается выполнять персоналу, допущенному к работе с ними.

Присоединение переносных, передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним к электрической сети с помощью разборных контактных соединений и отсоединение его от сети должен выполнять электротехнический персонал, имеющий группу Ш, эксплуатирующий эту электрическую сеть.

Для поддержания исправного состояния, проведения периодических проверок переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним распоряжением руководителя Потребителя должен быть назначен ответственный работник или работники, имеющие группу Ш. Данные работники обязаны вести Журнал регистрации инвентарного учета, периодической проверки и ремонта переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним.

Переносные и передвижные электроприемники, вспомогательное оборудование к ним, должны подвергаться периодической проверке не реже одного раза в 6 месяцев. Результаты проверки работники, отображают в Журнале регистрации инвентарного учета, периодической проверки и ремонта переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним.

В объем периодической проверки переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним входят:

- внешний осмотр;
- проверка работы на холостом ходу в течении не менее 5 минут;
- измерение сопротивления изоляции;
- проверка исправности цепи заземления электроприемников и вспомогательного оборудования классов 0I и I.

В процессе эксплуатации переносные, передвижные электроприемники, вспомогательное оборудование к ним должны подвергаться техническому обслуживанию, испытаниям и измерениям, планово – предупредительным ремонтам в соответствии с указаниями заводов – изготовителей, приведенными в документации на эти электроприемники и вспомогательное оборудование к ним.

Ремонт переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним должен производиться специализированной организацией (подразделением). После ремонта каждый переносной и передвижной электроприемник, вспомогательное оборудование должны быть подвергнуты испытаниям в соответствии с государственными стандартами, указаниями завода – изготовителя, нормами испытаний электрооборудования.

Не разрешается эксплуатировать переносные и передвижные электроприемники класса 0 в особо неблагоприятных условиях, особо опасных помещениях и в помещениях с повышенной опасностью.

## 10 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.

На предприятиях могут эксплуатироваться термические установки: дуговые электропечи, печи сопротивления, электронно – лучевые установки, индукционные плавильные и нагревательные приборы, электродные котлы, установки высокой частоты. Устройство и расположение электромеханических установок должны соответствовать требованиям государственных стандартов и правил устройства электроустановок.

При эксплуатации электромеханических установок руководствоваться технологическими инструкциями и режимными картами.

Электромеханические установки должен обслуживать электротехнологический персонал. Обязанности электротехнического персонала, обслуживающего электротехническое оборудование, должны периодически контролироваться в сроки, обусловленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в год. Температуру нагрева следует измерять в летнее время.

Сопротивление изоляции вторичных токопроводов и рабочих токоведущих элементов электропечей и электротермических устройств (электронагревателей сопротивления, индукторов и др.) должно измеряться при каждом включении электротермической установки после ремонта и других случаях, предусмотренных местными инструкциями.

Качество охлаждающей воды должно систематически контролироваться в соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации оборудования.

Сопротивление электрической изоляции изолирующих прокладок, предотвращающих соединение с землей через крюк или трос кранов и талей, обслуживающих установки электронагревательных устройств сопротивления прямого действия, а также ферросплавных печей с перепуском самоспекающихся электродов без отключения установок, должно периодически проверяться в сроки, устанавливаемые ответственным за электрохозяйство Потребителя в зависимости от местных условий, но не реже 1 раза в год.

Оперативное обслуживание оборудования электротермических установок на высоте более 2,0 метров от уровня пола помещения должно производиться со стационарных рабочих площадок.

Приемка электротермической установки после ее монтажа должна осуществляться на основании результатов пробной эксплуатации и горячих испытаний, проводимых в соответствии с программой, входящей в техническую документацию электротермической установки.

### **Дуговые электропечи.**

Особенностью эксплуатации электрооборудования дуговых печей является неравномерное потребление ими электрической энергии. Максимальное потребление энергии дуговой электрической печью и полная нагрузка трансформатора имеют место в начале процесса, т. е. в период расплавления металла. В остальной период, который длится почти половину полного цикла, потребление электроэнергии электропечью значительно уменьшается и трансформатор, питающий печь, работает с недогрузкой.

Важную роль при эксплуатации дуговых электрических печей играет также затрата времени, требуемого для переключения ступеней вторичного напряжения трансформатора, не имеющего переключателя напряжения (РПН), которым можно оперировать под нагрузкой.

К числу вопросов, представляющих интерес для промышленных предприятий, имеющих дуговые электрические печи, следует отнести также вопросы экономии электроэнергии. Показателем в этом отношении является расход электроэнергии на единицу выплавленного металла (удельный расход).

В процессе эксплуатации дуговых электрических печей ведется систематический надзор за их техническим состоянием и соответствующий уход за ними. Электрододержатели и

электроды электропечей подвергаются ежедневному осмотру. При ухудшении контактов между электрододержателями и электродами в ниппельном контакте электрода или выявлении каких-либо иных недостатков производится требуемый ремонт. Периодическая очистка контактных поверхностей электрододержателей от окалины в дуговых печах без водяного охлаждения осуществляется не реже одного раза в неделю, а при наличии водяного охлаждения не реже одного раза в месяц.

При надзоре за работой печного трансформатора контролируют температуру находящегося в нем масла и периодически испытывают его электрическую прочность.

Масло из трансформатора испытывается один раз в 6 месяцев, а из баков переключателя ступеней напряжения—один раз в 2 месяца.

В переключателях ступеней напряжения тщательно осматривают контакты как на контакторе, так и на переключателе отводов. В трансформаторах, в которых переключение ступеней напряжения производится под нагрузкой, осмотр контактов производят после 5000 переключений. В трансформаторах, в которых переключение ступеней напряжения производят при снятой нагрузке, контакты осматривают после 10 000 переключений.

Замена обгоревших контактов в контакторе мощности и их регулировка, очистка бачков от грязи и замена в них масла производится после 20 000 переключений, а в переключателе отводов — после 10 000 переключений.

В силовых выключателях контролируют уровень масла, температуру кожуха и состояние контактов. Качество масла на содержание углерода проверяют не реже одного раза в 2—3 месяца.

Состояние электромашинных регуляторов электродов систематически контролируют и при необходимости подвергают проверкам в сроки, утвержденные техническим руководством предприятия. Периодическая проверка оборудования регулятора включает внешний осмотр всех его элементов и опробование их действия.

При эксплуатации дуговых электрических печей рекомендуется так организовать график их работы, чтобы периоды расплавления очередных партий металла имели сдвиг во времени. При наличии нескольких дуговых электропечей это позволяет уменьшить неравномерность потребления электроэнергии из сети.

На снижение удельных расходов электроэнергии при эксплуатации дуговых электрических печей оказывают влияние следующие факторы:

- 1) применение печных трансформаторов, в которых переключение ступеней напряжения можно производить под нагрузкой;
- 2) сокращение времени, в течение которого рабочие проемы электрических печей остаются открытыми;
- 3) контроль за качеством торцов электродов и ниппельных соединений, а также обеспечение плотного соединения электродов.

Из факторов, способствующих повышению производительности дуговых электрических печей, можно отметить следующие:

- 1) применение кислорода для выплавки электростали;
- 2) повышение мощности печного трансформатора, поскольку это сокращает период расплавления металла.

На дуговой печи опытным путем должны быть сняты рабочие характеристики для всех ступеней вторичного напряжения и ступеней реактивного сопротивления дросселя. При наличии в цехе нескольких электропечей с одинаковыми параметрами характеристики определяются на одной из них.

В период загрузки электропечей необходимо следить, чтобы раскаленные концы электродов находились под сводом электропечи.

На установках дуговых сталеплавильных печей настройка токовой защиты от перегрузки должна согласовываться с действием автоматического регулятора электрического режима. В процессе эксплуатации короткие замыкания должны ликвидироваться автоматиче-

ским регулятором, и только в случаях, когда перемещением электродов не удастся быстро устранить короткое замыкание должна работать защита от перегрузки.

Настройка автоматического регулятора электрического режима должна обеспечивать оптимальный режим работы дуговой электропечи. Параметры настройки регуляторов должны периодически контролироваться.

Объемы и сроки проверок автоматических регуляторов определяются местными инструкциями, составленными с учетом инструкции по эксплуатации завода-изготовителя и местных условий. Полные проверки автоматических регуляторов должны проводиться не реже одного раза в год.

Контактные соединения короткой сети токопровода и электрододержателей должны подвергаться периодическому осмотру не реже одного раза в шесть месяцев.

В целях сокращения потерь электроэнергии в контактах электродов необходимо обеспечивать высокое качество их торцов и ниппельных соединений и плотное свертывание электродов.

Контроль качества масла в трансформаторе и масляных выключателях, испытание масла на электрическую прочность, проверка контактов в переключателях, трансформаторах и масляных выключателях производится в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство Потребителя, но не реже, чем это предусмотрено настоящими Правилами для общих электроустановок.

Все работы по подготовке к плавке на установках электрошлакового переплава производятся только при отключенном трансформаторе. В случаях, если один трансформатор питает попеременно две электрошлаковые установки, должна быть разработана специальная инструкция по безопасной подготовке второй установки, когда включена первая. Перечень этих электроустановок должен быть утвержден руководителем Потребителя, а инструкция доведена до сведения персонала.

Дуговые электропечи должны быть оснащены устройствами, не позволяющими ухудшать качество электроэнергии на границе, определенной договором энергоснабжения.

Работа дуговых электропечей без фильтрокомпенсирующих устройств не допускается.

Работы по перепуску, наращиванию и замене электродов на дуговой сталеплавильной печи, а также по уплотнению электродных отверстий должны проводиться на отключенной электропечи.

Перепуск и наращивание набивных самоспекающихся электродов руднотермических печей, приварку тормозной ленты и загрузку электродной массой можно производить без снятия напряжения в электроустановках до 1000 В. Эти работы должны выполняться с изолированных рабочих (перепускных) площадок, имеющих междуфазные разделительные изоляционные перегородки.

#### **Плазменно – дуговые и электронно – лучевые установки.**

Плазменно – дуговые и электронно – лучевые установки должен обслуживать персонал, специально подготовленный для работы на данных установках.

На основании инструкции по эксплуатации завода – изготовителя должна быть составлена и утверждена единая местная инструкция для электротехнического и электротехнологического персонала по обслуживанию плазменно– дуговых и электронно – лучевых установок ( в дальнейшем плазменно – дуговые и электронно – лучевые установки именуется электронно – лучевыми), учитывающая специфику местных условий.

Электронно – лучевые установки должны быть оборудованы следующими блокировками:

- электрической, отключающей силовые выключатели при открывании дверок, ограждений блоков и помещения электрооборудования (замки электрической блокировки);

- механической блокировкой приводов разъединителей, допускающей открывание дверок камер силового выключателя, а также разъединителей выпрямителя и блока накала только при отключенном положении разъединителей.

Открывать двери блока сигнализации, крышку пульта управления и защитные кожухи электрооборудования при включенной установке не допускается.

Ремонтные работы в зоне лучевого нагревателя электронно – лучевой установки проводятся только после ее отключения и наложения заземления.

Уровень рентгеновского излучения электронно – лучевых установок должен быть не выше значений, допускаемых действующими санитарными нормами. В процессе эксплуатации установок должен периодически проводиться дозиметрический контроль.

#### **Электродпечи сопротивления.**

Температура наружной поверхности кожуха электродпечи должна быть не выше значений, установленных инструкцией по эксплуатации завода – изготовителя.

Состояние нагревательных элементов должно проверяться в соответствии с инструкцией по эксплуатации завода – изготовителя с учетом местных условий.

#### **Индукционные плавильные и нагревательные приборы.**

Используются электротермические индукционные установки промышленной (50 Гц), повышенной (до 30 кГц) и высокой (свыше 30 кГц) частоты.

Приемка индукционных установок в эксплуатацию производится при выполнении требований, государственных стандартов и правил устройства электроустановок, санитарных норм по уровню электромагнитного поля на рабочих местах и норм по радиопомехам, проведении испытаний в соответствии с технической документацией завода – изготовителя и регистрации диапазона радиочастот в органах радиоинспекции.

Для снижения электрокоррозии от токов утечки металлические трубы системы водоохлаждения должны быть заземлены в самом начале перехода их в изолированные шланги, присоединенные к находящимся под напряжением водоохлаждаемым деталям.

Водоохлаждение должно осуществляться непрерывно с момента включения установки до полного охлаждения деталей после отключения. Наличие блокировки водоохлаждения с включающим устройством установки обязательно.

Персонал, обслуживающий индукционные плавильные печи и нагревательные установки, обязан систематически вести наблюдение за степенью нагрева ее конструктивных элементов от токов, наводимых электромагнитными полями рассеяния. В зависимости от полученных результатов должны приниматься меры по снижению потерь.

Осмотр установок проводит электротехнический персонал в соответствии с утвержденным в организации графиком. Результаты осмотра и принятые меры по ликвидации неисправностей заносятся в журнал работы установки. При осмотре следует обращать внимание на следующее:

- безотказность работы всех блокирующих устройств, обеспечивающих безопасные условия труда персонала и необходимую четкость и очередность включения всех технологических и электрических элементов установки;

- надежность экранирования и заземления отдельных блоков;

- чистоту контактов пускорегулирующей аппаратуры, имеющей наибольшее количество включений и отключений;

- правильность работы контактов с гашением дуги;

- отсутствие накипи на водоохлаждаемых поверхностях деталей установки;

- отсутствие пыли на частях установки.

Осмотр индукционных установок и ремонтные работы на них производятся после их отключения от источников питания.

Система охлаждения индуктора индукционных плавильных печей должна иметь блокировку, обеспечивающую снятие напряжения с индуктора при прекращении подачи воды.

При проведении плавок в индукционных плавильных печах допускается касаться шихты инструментом с изолированными ручками. Чтобы избежать ожогов, следует работать в рукавицах.

Включение контурных конденсаторов под напряжением для подстройки колебательного контура в процессе плавки индукционных плавильных печей разрешается при наличии

разъединителей с дистанционным приводом. Отключение контурных конденсаторов под напряжением не допускается.

Нагревательные посты, на которых выполняются операции термообработки и которые являются частью специализированных агрегатов (кузнечно – прессовых и прокатных станов, трубосварочных станков и др.), встраиваются в виде отдельных узлов в агрегат.

При работе на нагревательном посту с открытыми нагревательными индукторами, включенными через понижающий согласующий высокочастотный трансформатор, должны быть предусмотрены следующие защитные мероприятия:

- кнопки управления нагревом и отключением нагревательного поста должны быть размещены в непосредственной близости от нагревательного индуктора в удобном для оператора – термиста месте;

- одна точка вторичной обмотки согласующего высокочастотного трансформатора должна быть заземлена в любом месте;

- оператор – термист должен иметь индивидуальные защитные средства;

- должен быть вывешен плакат «Установка деталей и касание рукой индуктора при включенном напряжении не допускается».

#### **Установки высокой частоты.**

К установкам ультразвуковой и радиочастотной относятся электроустановки, используемые для термообработки материалов (металлов – при индукционном нагреве, непроводящих материалов – в электрическом поле конденсаторов) и ультразвуковой их обработки.

Частота генерирующих колебаний должна периодически, а также после каждого ремонта, связанного с демонтажом колебательного контура или заменой его деталей, проверяться на соответствие паспортным данным.

Эксплуатация неэкранированных нагревательных постов, рабочих конденсаторов или других технологических устройств, в которых уровень электромагнитного или электрического поля на рабочем месте превышает нормируемые значения, не допускается.

При проведении наладочных или ремонтных работ под напряжением со снятием постоянного ограждения с установки или ее деблокировкой следует убедиться в необходимости снятия ограждения или деблокировки и предусмотреть дополнительные мероприятия для создания безопасных условий работы.

Во время измерений на работающей установке производить какие – либо регулирующие работы, связанные с проникновением за постоянные ограждения и приближением к токоведущим частям, не допускается.

В технологических элементах установок для ультразвуковой обработки должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие отсутствие электрических потенциалов в тех средах и материалах, с которыми приходится соприкасаться обслуживающему персоналу. Все высокочастотные части должны быть экранированы в соответствии с требованиями санитарных норм и правил и допустимыми радиопомехами.

Все работы по замене неисправных деталей установки, предохранителей и т.п. должны производиться после снятия напряжения.

#### **Электродные котлы.**

Данные требования распространяются на электродные водогрейные и паровые котлы независимо от рабочего давления и температуры нагрева воды в них, питающихся от источников тока промышленной частоты напряжением до и выше 1000 В, предназначенные для систем отопления, горячего водо – и пароснабжения жилых, коммунально – бытовых, общественных и производственных зданий, сооружений, промышленных и сельскохозяйственных установок.

В эксплуатацию допускаются только электродные котлы, изготовленные в организациях, имеющих технические средства, обеспечивающие соответствие их качества требованиям государственных стандартов или технических условий, согласованных в установленном порядке.

Электродные котлы и трубопроводы должны иметь тепловую изоляцию из материала, обладающего низкой теплопроводностью. Температура наружной поверхности изоляции должна быть не выше 55<sup>0</sup>С.

Электродные котлы должны устанавливаться в отдельном помещении. В этом же помещении можно располагать технологическое оборудование и устройства защиты и автоматики. Электродные котлы напряжением до 1000 В допускается устанавливать в производственных помещениях совместно с другим оборудованием. В помещении котельной должны быть предусмотрены дренажные устройства, обеспечивающие аварийный и ремонтный сброс воды из системы отопления или горячего водоснабжения.

В электрочотельной напряжением выше 1000 В должно быть предусмотрено отдельное помещение для электротехнического персонала. В этом же помещении могут устанавливаться пульт телеуправления и телеизмерения, а также устройства защиты и автоматики.

Исходя из необходимости выравнивания графика энергопотребления, эксплуатировать электродные котлы в теплофикационных системах, не имеющих пускорегулирующих устройств, не допускается. Электродные котлы должны быть оснащены устройствами автоматики, отключающими их в соответствии с заданным графиком работы.

Электродные паровые котлы напряжением выше 1000 В допускаются в эксплуатацию после регистрации, проверки и испытаний их в установленном порядке.

Электродные котлы могут работать без постоянного персонала при наличии устройств автоматического и дистанционного управления, обеспечивающих ведение нормального режима работы электродных котлов автоматически или с пульта управления, а также при наличии защиты, обеспечивающей остановку котла при нарушении режимов работы с подачей сигнала на пульт управления. При этом должна быть предусмотрена возможность остановки котла с пульта управления.

Регулирование мощности электродных котлов под напряжением не допускается.

Электродный котел должен быть немедленно отключен при:

- несчастном случае;
- исчезновении напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления и на всех контрольно – измерительных приборах;
- повышении давления в котле выше разрешенного на 10% и продолжении его роста;
- прекращении или снижении расхода воды через водогрейный котел ниже минимально допустимого, а также в других случаях, предусмотренных производственной инструкцией. В местной производственной инструкции должен быть также указан порядок устранения аварийного состояния и пуска электродных котлов.

На каждый котел напряжением выше 1000 В, установленный в котельной, должен быть заведен журнал, в который заносятся дата, вид ремонта, результаты осмотра, сведения о замене деталей, данные об аварийных ситуациях и т.д.

Осмотр электродных котлов напряжением до 1000 В выполняется перед каждым отопительным сезоном, а напряжением выше 1000 В – с определенной периодичностью, устанавливаемой графиком, но не реже 1 раза в месяц. Осмотр осуществляется согласно требованиям местной производственной инструкции, утвержденной ответственным за электрохозяйство Потребителя.

Результаты осмотра и меры по устранению неисправностей заносятся в журнал за подписью работника, проводившего осмотр.

Планово – предупредительный ремонт производится с периодичностью, устанавливаемой для котлов напряжением выше 1000 В специальным графиком, но не реже 1 раза в 6 месяцев. Для котлов напряжением до 1000 В необходимость планово – предупредительного ремонта определяет технический руководитель Потребителя организации, проводящая ремонт.

Профилактические испытания и измерения на электродных котлах должны проводиться в соответствии с нормами испытаний электрооборудования.

**Приёмка в эксплуатацию электрооборудования электропечных установок.**

При осмотре электрооборудования вводимых в эксплуатацию электропечных установок приемочная комиссия обращает внимание на следующие факторы:

- они должны быть снабжены блокировками, обеспечивающими безопасность их обслуживания и препятствующими производству оперативных действий в неправильной последовательности;
- на щитах управления была предусмотрена сигнализация включенного и отключенного положения электрической печи;
- были предусмотрены соответствующие приборы для контроля за протеканием технологического процесса электропечных установок;
- в высокочастотных электропечных установках с ламповыми генераторами были выполнены требования санитарных норм по уровню электромагнитного поля на рабочих местах, а также требования по радиопомехам;
- машинные преобразователи, применяемые для питания высокочастотных электропечных установок, создающие шум, превышающий 80 дб, были установлены в изолированных помещениях;
- при каждой электропечной установке находилась соответствующая техдокументация (чертежи, электрические схемы и паспорт установки).

Приемо-сдаточные испытания отдельных элементов электрооборудования электропечных установок (электрические машины, выключатели, защитные устройства, электроаппаратура) производят на основе указаний, в которых рассматриваются приемо-сдаточные испытания аналогичного электрооборудования. При приемке электропечной установки в эксплуатацию производится ее опробование. Объем и содержание работ, выполняемых при опробовании, устанавливаются по согласованию с поставщиком электропечи.

#### **Эксплуатация высокочастотных электропечных установок (ВЧУ).**

Одним из главных достоинств высокочастотного нагрева металлов является быстрота технологических процессов, в связи с чем значительно повышаются производственные возможности предприятия.

ВЧУ являются для обслуживающего персонала источником повышенной опасности, что выдвигает ряд требований по охране труда. Важнейшим из этих требований можно считать необходимость строго следить за правильным содержанием следующих элементов:

- экранирования ВЧУ с ламповыми генераторами;
- звуковой изоляции ВЧУ с вращающимися преобразователями, создающими шум, превышающий 80 дб,
- блокировки, препятствующей проникновению обслуживающего персонала за ограждение установки, когда она находится под напряжением;
- разрядных устройств, снимающих остаточный заряд с конденсаторов при открывании дверей, ведущих за ограждение установки. В связи с этим обслуживание ВЧУ поручают персоналу, получившему специальную подготовку.

Особую опасность при эксплуатации ВЧУ представляет перерыв в подаче воды к охлаждаемым элементам установки (катушки анодных контуров, индукторы печи, высоковольтный генератор) во время технологического процесса. Отсутствие воды приводит к расплавлению анода генераторной лампы, индуктора и к чрезмерному нагреву других элементов установки, что может вывести установку из строя. Поэтому в процессе эксплуатации печной высокочастотной установки ведут тщательный контроль за исправностью блокировки водоохлаждения с включающим устройством установки.

Предприятия, в которых эксплуатируются печные ВЧУ, разрабатывают инструкции по их обслуживанию применительно к местным условиям.

Перед каждым включением печную ВЧУ внимательно осматривают. Особое внимание обращают на исправность блокировочных устройств, чистоту (сроки очистки установок определяются графиком, разработанным на предприятии), на состояние заземления металлических конструктивных частей установки, включая кожухи ограждения. Для того чтобы обслуживающий персонал мог технически грамотно вести эксплуатацию ВЧУ, при ней должен

находиться комплект технической документации. Перечень этой документации приводится в правилах ПТЭ.

Индуктор печной ВЧУ при нормальной частоте генератора должен обеспечить передачу нагреваемому изделию необходимой энергии в заданное время. Это условие будет выполнено в том случае, когда к нагрузке (индуктор с нагреваемой деталью) будет подведено высокочастотное напряжение требуемой величины. Таким образом, возникает задача согласования напряжения генератора с требуемым напряжением на индукторе. Это и является основным содержанием работы по настройке печной ВЧУ.

Надобность в регулировке технологических режимов печной ВЧУ возникает, как правило, в тех случаях, когда приходится переходить на термообработку нового изделия. Задачей для регулировки режимов являются данные, разрабатываемые технологами, в том числе требуемая глубина нагрева изделия, продолжительность нагрева и т. п. Осуществляется регулировка технологических режимов с помощью соответствующих устройств, выведенных на панель органов управления, а также изменением установки реле времени.

Работы по настройке печной ВЧУ и регулировке технологических режимов поручают лишь лицам, имеющим специальные знания и навыки, хорошо знакомым с устройством отдельных элементов установки и с заводскими инструкциями по их эксплуатации.

Выполнение указанных работ требует большой осторожности, так как исполнитель во время производства работ находится в непосредственной близости к токоведущим частям установки. Работы по настройке ВЧУ и регулировке режимов выполняются по особой инструкции, утвержденной руководством предприятия. Если в процессе выполнения работ возникает надобность в снятии постоянных ограждений ВЧУ, то это может быть выполнено лишь после получения соответствующего разрешения начальника ВЧУ.

ВЧУ с ламповыми генераторами во время работы излучают электромагнитные волны, которые создают радиопомехи, называемые в отличие от атмосферных индустриальными. Если не принимать надлежащих мер по подавлению указанных радиопомех, они ухудшают качество радиовещания и телевидения. Поэтому владельцам ВЧУ с ламповыми генераторами органы государственной радиоинспекции вменяют в обязанность осуществлять необходимые мероприятия, препятствующие распространению создаваемых высокочастотными установками радиопомех. Радиопомехи распространяются непосредственным излучением работающих ВЧУ или по проводам ВЛ и протяженным металлическим сооружениям, например технологическим трубопроводам.

Наиболее эффективным способом борьбы с радиопомехами является подавление их на месте возникновения. Для этого ВЧУ, оборудованные ламповыми генераторами, экранируют. Материалом, используемым для изготовления экранов в ВЧУ, являются металлические листы, обладающие большой магнитной проницаемостью. Свойство экрана ослаблять радиопомехи обуславливается тем, что в экране токами высокой частоты индуцируется вторичное электромагнитное поле, противоположное направлению первичного поля, создающего радиопомехи. Распространение радиопомех по проводам воздушных линий ограничивают с помощью электрических фильтров, устанавливаемых между воздушными проводами и землей. Размещение ВЧУ с ламповыми генераторами вдали от переносчиков радиопомех со своей стороны уменьшает возможность их распространения.

## **11. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КРАНОВ И ЛИФТОВ**

Грузоподъемные устройства регистрируют в местных органах Госгортехнадзора, который осуществляется контроль за их эксплуатацией. Организация эксплуатации возлагается на владельца грузоподъемных машин (грузоподъемников) и организуется в соответствии с правилами, утвержденными Госгортехнадзором.

К персоналу, обслуживающему электрооборудование грузоподъемных машин, относятся электромонтеры, электрослесари, электромеханики и другие лица, производящие ремонт, наладку и испытание электрооборудования, вспомогательных устройств и электропроводки, а также лица, ответственные за их исправное состояние.

Осмотр и ремонт грузоподъемных машин производят в сроки, установленные лицом, ответственным за их исправное состояние, и утвержденные администрацией предприятия, но не реже предусмотренных ПТЭ. Одновременно с ремонтом грузоподъемной машины производится ремонт электрооборудования.

Осмотр и плановый ремонт кранов выполняются на местах их постоянной стоянки. Электрооборудование осматривают при отключенном вводном автомате и полностью снятом с крана напряжении. Для осмотра электрооборудования с него снимают кожухи, крышки и т.п.; проверяют затяжку болтов и винтов; осматривают контакты, натяжение пружин; последовательность включения контакторов, состояние тормозов и т.п. При осмотре устраняют мелкие неисправности и производят несложные регулировки. После осмотра проверяют работу крана и электрооборудования.

В первую очередь проверяют исправность блокировок люков и дверей, концевых выключателей хода моста крана и тележки, ограничителей грузоподъемности и высоты (переподъема и переспуска), блокировочных устройств, сигнализации, ограждения всех доступных для прикосновения токоведущих частей, постоянные средства защиты. Проверки проводят при включенном напряжении следующим образом. При включенном напряжении на кране открывают люк или дверь. При этом должно отключиться напряжение на кране. Напряжение можно включить путем нажатия кнопки включения главного контактора. При проверке концевых выключателей хода моста крана приводят в движение мост крана в одну из сторон. При подходе к концу подкрановых путей лыжи, стоящие на окончании подкрановых путей, нажимают на конечный выключатель и при этом должно отключиться напряжение на кране. Включить напряжение можно только после того, как все контроллеры и контакторы поставлены в нулевое положение. Напряжение включается кнопкой главного контактора. Таким образом, проверяют все конечные выключатели на кране и тележке.

При проверке контроллера убеждаются, что все скорости крана включаются нормально. Проверяется работа тормозов. Мост крана приводят в движение, а затем контроллер устанавливают в нулевое положение и замечают расстояние тормозного пути, которое должно соответствовать паспортным данным. При слишком длинном тормозном пути трудно осуществлять технологический процесс на производстве, так как при работе невозможно точно останавливать кран в нужном месте. При слишком коротком тормозном пути кран останавливается резко, что приводит к раскачиванию груза и повышенному износу тормозов и других элементов.

При каждом ремонте оборудования, но не реже одного раза в год проводят проверку наличия цепи между заземляющим устройством и краном, а также замер сопротивления изоляции электропроводки, троллейных проводов и электроаппаратуры. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

**Эксплуатация электрооборудования лифтов.** В соответствии с «Правилами устройства и безопасности обслуживания лифтов» должны производиться ежедневные осмотры, техническое обслуживание (ТО-1), проводимое не реже одного раза в 15 дней; ежемесячное техническое обслуживание (ТО-2), проводимое не реже одного раза в месяц; полугодовое техническое обслуживание (ТО-3), проводимое не реже одного раза в шесть месяцев.

Ежедневный осмотр может выполнять лифтер, лифтер-диспетчер или электромеханик. При осмотре проверяется исправность освещения шахты, кабины, этажных площадок, световой и звуковой сигнализаций, автоматических и неавтоматических замков, дверных контактов.

При *внутримесячном техническом обслуживании* (ТО-1) проводят все работы, предусмотренные ежедневным осмотром; проверяют тормозное устройство; исправное действие неавтоматических и автоматических замков дверей шахты на всех этажах; исправное действие электрических контактов дверей шахты на всех этажах; осматривают ограждение шахты, освещение и сигнализацию. При проверке тормозного устройства осматривают тормозные колодки, обкладки тормозных колодок и их крепление, ход штока и сердечника якоря, крепление катушек тормозного магнита и проводов. При осмотре необходимо подтянуть крепле-

ние всех деталей, смазать шарниры, проверить работу тормоза при пробном пуске лифта по этажам в оба направления. Точность останова кабины для грузовых лифтов, загружаемых напольным транспортом, а также для больничных лифтов должна быть в пределах + 15 мм, для всех остальных лифтов + 50 мм.

При *ежемесячном техническом обслуживании* (ТО-2) проводят все работы, предусмотренные ТО-1, а также осматривают: панель управления, электродвигатель; концевые выключатели; этажные переключатели; индуктивные датчики; кнопочный аппарат; канатопроводящий шкив; канаты; направляющие кабин; подвеску кабины и противовес; купе кабины; натяжные устройства в приямке. При осмотре проверяют соответствие каждого элемента требованиям технической документации на осматриваемый лифт и выполняют необходимые измерения и проверки.

При полугодовом техническом обслуживании (ТО-3) проводят все работы, предусмотренные ТО-2, а также осматривают: вводное устройство (главный рубильник, автомат); редуктор; ограничитель скорости; ловители; буферные устройства; заземления.

Не реже одного раза в год проводят измерение сопротивления изоляции электродвигателей и аппаратуры и сопротивление защитного заземления корпусов электрооборудования. Сопротивление изоляции обмоток двигателя в холодном состоянии должно быть не менее 1 МОм, а при температуре 60 °С – 0,5 МОм. Сопротивление изоляции электроаппаратуры и проводки должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление защитного заземления корпусов электрооборудования должно быть не более 4 Ом.

## 12. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РУДНИЧНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ И АВТОМАТОВ.

### **Подготовка к эксплуатации и техническое обслуживание пускателей.**

Перед спуском пускателя в шахту производят его проверку **в мастерской на поверхности**. До начала проверки пускателя необходимо тщательно изучить его электрическую схему и конструкцию, проверить наличие технической документации и запасных частей. При осмотре пускателя необходимо проверить: тщательность затяжки всех болтовых соединений и надежность подсоединения токоведущих частей; наличие заглушек и резиновых колец в кабельных вводах; отсутствие затирания в подвижных частях; легкость поворота рукояток разъединителя и рукоятки при закрывании и открывании быстрооткрываемых крышек (для пускателей серии ПВИ) и исправность механических блокировочных устройств; соответствие данных пускателя напряжению сети.

Кроме того, проверяют сопротивление изоляции токоведущих частей пускателя, которое должно быть не менее 10 МОм при  $U_{ном} = 380$  В и  $U_{ном} = 660$  В и не менее 20 МОм при  $U_{ном} = 1140$  В. Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметром на 1000 В при номинальном напряжении 380 и 660 В и - мегомметром на 2500 В при  $U_{ном} = 1140$  В.

При проверке сопротивления изоляции мегомметром блоки управления и максимальной защиты **должны быть сняты во избежание пробоя диодов**.

Перед включением пускателя в сеть следует убедиться в отсутствии повреждений оболочек, блокировок, рукояток и т.п., осмотреть элементы электрической схемы и подтянуть ослабшие при транспортировке контактные и другие соединения. Необходимо убедиться в правильности выбора пускателя по мощности и напряжению подключаемого к нему электродвигателя. Электрические схемы пускателей серии ПВИ и ПВИР рассчитаны на их эксплуатацию в сетях 380 и 660 В без замены втягивающей катушки контактора. У других пускателей в зависимости от напряжения сети (380 или 660 В) должна производиться замена втягивающей катушки контактора на соответствующее напряжение.

На лицевой панели блоков управления пускателей, изготовленных до 1982 г., имеется перемычка установок защиты БРУ, которая в условиях эксплуатации может быть установлена в положение, соответствующее номинальному напряжению сети (380 или 660 В).

Согласно выбранной уставке тока срабатывания максимальной токовой защиты устанавливают рукоятки потенциометров блока УМЗ пускателей серии ПВИ и ПМВИ на нужное деление шкалы в относительных единицах. У пускателей ПМВИ – 61 уставки срабатывания

максимальных реле указаны в амперах, а у пускателей ПР проверяют положение уставок расцепителей перегрузки и расцепителей КЗ.

Для обеспечения надежного заземления электроприемника, подключаемого к пускателью, к заземляющему зажиму вводной коробки двигателя кроме заземляющей жилы подключается одна контрольная жила силового кабеля.

Величина зазора между фланцем и крышкой обслуживаемой полости оболочки не должна превышать 0,2 – 0,4 мм у пускателя серии ПМВИ и 0,5 мм – у пускателей серии ПВИ. Зазоры других плоских соединений не должны превышать 0,2 мм, кроме зазоров между втулкой изолятора проходных зажимов и перегородкой, которые должны быть не более 0,1. После опробования пускателя он должен быть опломбирован.

**При ежесменном техническом обслуживании** проверяют целостность оболочки пускателя, кабелей арматуры, кнопок управления и кнопок проверок, затяжку болтов на крышках, наличие охранных колец, целостность стекол, смотровых окон, надежность крепления кабелей вводных устройств, наличие и надежность заземления корпуса, наличие пломбы и трафаретки назначения пускателя. В ремонтную смену устраняют неисправности по замечаниям обслуживающего персонала.

**Ежеквартальные текущие ремонты** проводятся при полном снятии напряжения. Кроме работ, выполняемых при техническом обслуживании, осуществляют проверку надежности крепления к соответствующим зажимам проводов силовой цепи и цепи управления, исправности и целостности изоляторов проходных зажимов, состояние и одновременность касания стыковых контактов, состояние жгутов проводов, надежность крепления съемных блоков, состояние и надежность действия механических блокировок, состояние рабочих поверхностей силовых контактов и магнитной системы контактора, состояние дугогасительных



**Рисунок 13 – Вид сборки из аппаратов рудничного нормального исполнения.**

#### **Проверка состояния контактора пускателя ПРН-100**

камер, работоспособность (исправность) блока УМЗ косвенным методом, блокировочного реле утечки и всей электрической схемы. Производится замена изношенных элементов.

Все взрывозащитные поверхности и плоскости разъема необходимо содержать в чистоте и предохранять от повреждений. Периодически (**не реже одного раза в месяц**) необходимо их протирать ветошью, смоченной в керосине и покрывать тонким слоем антикоррозийной смазки.

В процессе эксплуатации пускателя необходимо следить за исправностью элементов схем дистанционного управления (блокировочного реле утечки, максимальной токовой за-

щиты, блока контроля заземления) и контакторов. После аварийного отключения пускателя автоматическим выключателем или после срабатывания максимальной токовой защиты пускателя рекомендуется проводить его профилактический осмотр, обращая особое внимание на состояние главных контактов контактора и исправность дугогасительных устройств. Во время эксплуатации **запрещается непосредственно в шахте вскрывать** промежуточное реле, блоки управления и защиты, ремонтировать или регулировать элементы, встроенные в эти блоки, а также реле максимальной токовой защиты.

Эти работы должны проводиться **на поверхности** квалифицированным персоналом на специальных стендах с последующим опломбированием реле и блоков. При неполадках на блоке управления или защиты необходимо заменить их запасными. При значительных неполадках в работе контактора его также следует заменить запасным, а неисправный выдать на поверхность для ремонта.

Для осмотра контактора и других аппаратов, расположенных внутри обслуживаемой полости пускателя серии ПМВИ и ПМВИР, должна соблюдаться следующая очередность операций снятия крышки: **снять напряжение с ввода пускателя**; нажать на толкатель кнопки «Стоп» пускателя и поворотом рукоятки разъединителя отключить его; специальным ключом вернуть блокировочный винт, расположенный на корпусе пускателя; повернуть крышку против часовой стрелки и снять ее на себя.

У пускателей серии ПВИ, ПВИР, ПВ - блокировочный разъединитель смонтирован в отдельной взрывобезопасной камере, поэтому при открывании быстрооткрываемой крышки должна соблюдаться последовательность операций: нажать на толкатель привода кнопки «Стоп» пускателя и повернуть рукоятку привода разъединителя в положение «Отключено»; разблокировать привод замка крышки; с помощью специального ключа повернуть приводной валик замка быстрооткрываемой крышки в направлении «Откр.» и открыть крышку.

Проверка блокировочного реле утечки производится кнопкой «проверка БРУ», на которую воздействуют посредством флажка, имеющегося на корпусе пускателя. При повороте и удерживании флажка в положении «БРУ» и исправном блокировочном реле утечки должна загораться сигнальная лампа с белым светофильтром (у пускателей серии ПВ-1140-250 – с красным). Для **проверки исправности максимальной токовой защиты** пускателя серии ПВИ, ПВИР, ПВ-, ПМВИ,- которые укомплектованы защитой УМЗ, необходимо отключить



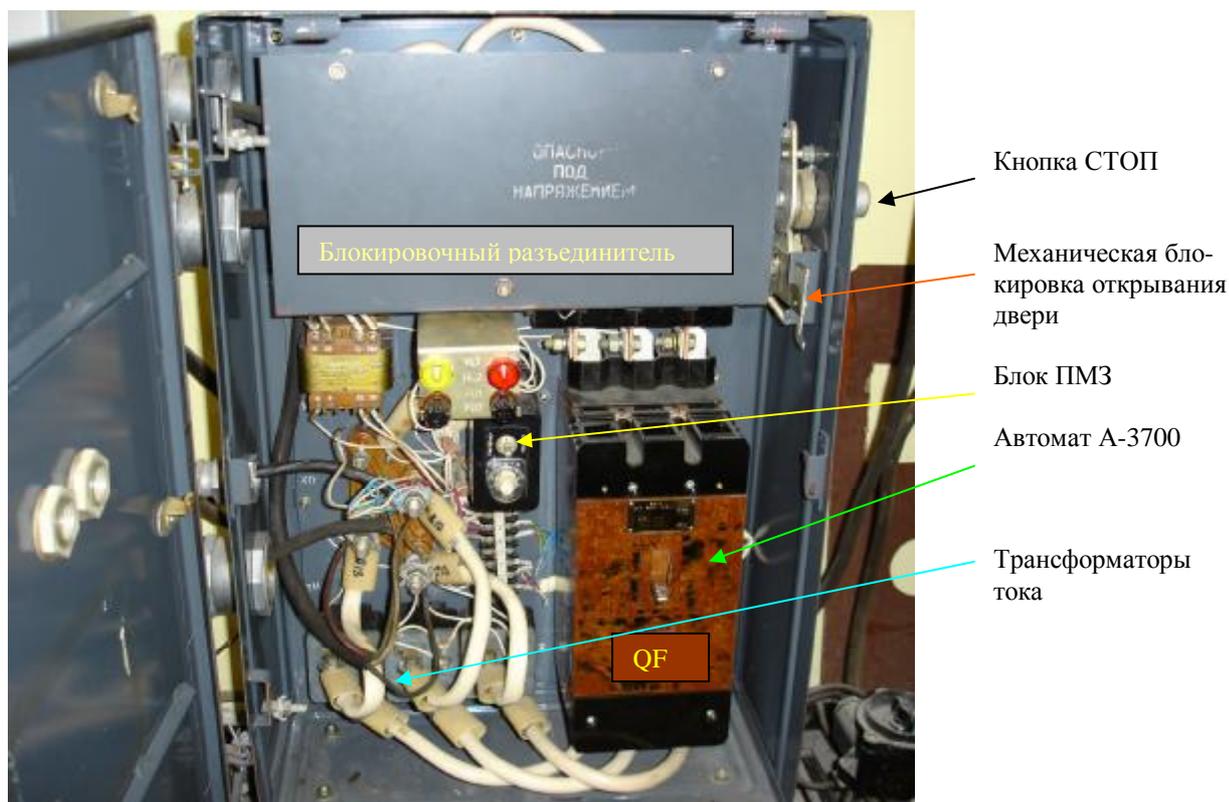
**Рисунок 14 – Осмотр электрооборудования рудничного пускателя ПВИ-125 БТ.**

разъединитель, открыть крышку пускателя, установить рукоятки тумблеров на блоке УМЗ в положение «Проверка», закрыть крышку и включить разъединитель пускателя и нажать на кнопку «Пуск». При исправном блоке УМЗ под действием пускового тока электродвигателя пускатель должен отключиться и при этом загорается сигнальная лампа с красным светофильтром. После проверки защиты снова отключают разъединитель, открывают крышку, осуществляют взвод блока УМЗ путем перестановки тумблеров переключателей в положение «Работа», закрывают крышку и включают разъединитель пускателя.

В системе электроснабжения и управления забойными машинами принципиально важно исключить возможность самопроизвольного включения пускателя при замыкании проводов цепи управления (защита от потери управляемости) и после перерыва в электроснабжении (нулевая защита). Защита от потери управляемости достигается тем, что при замыкании между проводами цепи управления шунтируется диод. Поэтому, если пускатель был отключен, замыкание между проводами управления не приводит к самопроизвольному его включению.

Нулевая защита обеспечивается применением в пускателях электромагнитных контакторов и промежуточных реле, а также соответствующего выполнения схемы управления промежуточным реле.

В двухпроводных схемах управления резистор  $R=47$  Ом, шунтирующий пусковую кнопку, обеспечивает нулевую защиту только при условии, что элементы схемы управления имеют параметры, оговоренные заводом-изготовителем. Если пускатель не включается по причине недопустимого снижения напряжения в шахтной сети (менее  $0,85 U_{ном}$ ) или из-за высокого (более 20 Ом) сопротивления цепи управления вследствие ухудшения переходных контактов, категорически запрещается уменьшать воздушный зазор между сердечником и



**Рисунок 15 – Проверка блока ПМЗ выключателя ВРН – 100.**

якорем магнитной системы или расслаблять пружины промежуточного реле. При уменьшении воздушного зазора на 2 мм возможно самопроизвольное включение пускателя при номинальном напряжении сети, а при пиковом повышении напряжения в сети до  $1,5 U_{ном}$  – при снижении зазора на 1 мм. При отсутствии замыканий между проводами 1 и 2 цепи

управления трехпроводной схемы управления изменение параметров срабатывания промежуточного реле не приводит к его самоотключению. Поэтому, во всех случаях, когда позволяют условия, т.е. при наличии трех свободных жил, дистанционное управление должно осуществляться по трехпроводной схеме. Однако при трехпроводной схеме управления категорически запрещается непосредственно в шахте производить регулировку промежуточного реле, так как при замыкании между проводами 1 и 2 трехпроводная схема управления становится двухпроводной. Следует помнить, что переключение между проводами 1 и 2 может быть в течение длительного времени не обнаружено обслуживающим персоналом, так как оно не сказывается на работоспособности схемы управления.

В процессе эксплуатации не рекомендуется изменять полярность включения концевого диода в цепи управления. При изменении полярности включения диода за счет перемагничивания магнитной системы промежуточного реле снижаются эксплуатационные характеристики схемы управления. В течение 3-5 циклов включения после изменения полярности диода максимальное сопротивление цепи управления, при котором устойчиво срабатывает промежуточное реле, снижается на 5-6 Ом.

Для выполнения схем управления с минимальным числом вспомогательных жил силового кабеля машины иногда применяют спаренные схемы управления неререверсивными пускателями серии ПМВИ (ПВИ). Спаренные схемы управления в ряде случаев не обеспечивают защиту от потери управляемости, так как промежуточные реле питаются от отдельных понижающих трансформаторов. В условиях эксплуатации первичные обмотки этих трансформаторов могут быть подключены к разным фазам шахтной сети. Например, если зажимы А1 и В1 трансформатора ТП1 подключены к фазам А и С, то зажимы А1 и В1 трансформатора ТП могут быть подключены к следующим фазам сети: А и С, С и А, А и В, В и А, С и В или В и С.

При номинальном напряжении цепи управления  $U_2 = 18$  В в зависимости от того, к каким фазам сети подключены понижающие трансформаторы пускателей, напряжение  $U_{1-2}$  между проводами 1 и 2 спаренной схемы управления может составлять 0; 18; 31 и 36 В. Если напряжение  $U_{1-2} = 0$ , то при замыкании между этими проводами работоспособность схемы не нарушается. Однако при нажатии одной из кнопок «Пуск» включаются оба промежуточных реле, т.е. спаренная схема не обладает защитой от потери управляемости. При малом сопротивлении проводов цепи управления защита от потери управляемости отсутствует при  $U_{1-2} = 18$  В. Если напряжение  $U_{1-2}$  составляет 31 или 36 В, то при обрыве проводов 1 и 2 цепи управления и замыкании его с исправным проводом защита от потери управляемости также отсутствует.

При управлении пускателем как по двухпроводной, так и по трехпроводной схеме управления для исключения самоотключения пускателя от замыкания между жилами управления диод должен быть включен в конце линии управления после кнопки «Стоп». При управлении пускателем по трехпроводной схеме резистор R должен быть установлен в кнопочном посту, который не допускает самовключения пускателя при замыкании между проводами цепи управления. Для удобства подключения диода и резистора в кнопочном посту завод-изготовитель вместе с пускателем поставляет концевой блок, состоящий из диода типа Д226Б и резистора (47 Ом; 7,5 Вт), залитых эпоксидным компаундом.

Категорически запрещается осуществлять управление пускателем по двухпроводной схеме с использованием только кнопок «Пуск» или «Стоп» с фиксатором, так как в этом случае отсутствует нулевая защита.

Как правило, цепи управления пускателя выполняют с использованием заземляющей жилы кабеля, в этом случае обеспечивается автоматический контроль цепи заземления, так как параметры схем управления обеспечивают автоматическое отключение промежуточного реле при увеличении сопротивления цепи управления свыше 100 Ом, а также в случае обрыва заземляющей жилы.

**2. Подготовка к эксплуатации и техническое обслуживание автоматических выключателей.**

Перед спуском автомата в шахту необходимо изучить его конструкцию, электрическую схему и произвести его проверку.

С помощью мегаомметра проверяют сопротивление изоляции силовых цепей автоматов. Сопротивление изоляции каждой фазы силовой цепи нового автомата относительно корпуса должно быть не менее 3 МОм. У автоматов серии АВ перед проверкой сопротивления изоляции мегаомметром блок БРУ **должен быть снят**.

У автоматов серии АФВ проверяют: отсутствие затираний в шарнирных соединениях механизма свободного расцепления и других трущихся частях автоматического выключателя, наличие и крепление дугогасительных камер в каждой фазе, тщательность затяжки болтовых соединений.

Зазоры в местах сопряжения оболочки и крышки корпуса должны быть не более 0,2 мм у автоматов серии АФВ и не более 0,5 мм у автоматов серии АВ. Зазоры плоских соединений автоматов не должны превышать 0,2 мм. Зазор контролируют шупом не менее чем в четырех точках соединения, расположенных равномерно по периметру при нормальной затяжке крепежа.

Косвенным методом проверяют действие механизма свободного расцепления и максимальной токовой защиты автоматов серии АФВ. Для этого у автоматов АФВ-1А, АФВ-2А и АФВ-3 поворотом рукоятки флажкового типа замыкается цепь питания контрольной катушки. Если указатели на обоих реле максимального предварительно были установлены против метки 380 или 660 (в зависимости от напряжения питающей сети), то при исправном максимальном реле и механизме свободного расцепления поворот рукоятки флажкового типа как в одну так и в другую сторону вызывает отключение автоматического выключателя. Максимальная токовая защита считается исправной, если ее срабатывание происходит не менее чем при трех поворотах рукоятки флажкового типа в одну сторону, время удержания рукоятки в положении проверки не должно превышать 2с.

Следует учитывать, что контрольные катушки рассчитаны на срабатывание реле максимального тока только при 90% номинального напряжения и выше.

Во время доставки автомата на рабочее место необходимо следить, чтобы он не подвергался значительным ударам и сотрясениям, так как при том могут быть повреждены выступающие части, деформироваться крышки с разрушением взрывозащитных зазоров.

Автомат устанавливается, как правило, на распределительном пункте (РП) участка. Наклон автомата в любую сторону относительно рабочего положения должен быть не более  $15^{\circ}$ .

К внутреннему заземляющему болту коробки вводов подключают жилу заземления гибких кабелей. При применении бронированного кабеля к указанному болту заземления присоединяют свинцовую оболочку кабеля. Наружный заземляющий болт корпуса автомата должен быть подключен к общему контуру заземления.

Перед включением автомата в работу производят осмотр его внутренних частей и устанавливают расчетную установку тока срабатывания максимальной токовой защиты, проверяют наличие и качество заземления, а также величины взрывозащитных зазоров в плоских стыках.

Уставку тока срабатывания у автоматов серии АФВ выбирают путем установки указателей на обоих реле (расцепителях) максимального тока против цифр, соответствующих выбранной уставке тока срабатывания, а в автоматах серии АВ – установкой рукоятки потенциометра блока ПМЗ на соответствующее деление шкалы в относительных единицах.

После подачи напряжения на ввод автомата серии АФВ проверяют четкость включения и отключения автомата с помощью рукоятки и действие максимальной токовой защиты. При подаче напряжения на ввод автоматов серии АВ и включении его блокировочного разъединителя вольтметр должен показывать напряжение сети, а после нажатия на кнопку «Взвод защиты» и установки рукоятки автоматического выключателя в положение «Включено» должна загораться лампа подсветки шкалы вольтметра, имеющая белый светофильтр. При нажатии на кнопку «Стоп» пульта дистанционного отключения или при установке рукоятки

автоматического выключателя в положение «Отключено» лампа подсветки вольтметра должна погаснуть.

Перед включением автомата в работу необходимо проверить целостность заземляющих проводников, непрерывность заземляющей цепи, правильность присоединения заземляющих проводников к наружному заземляющему зажиму автомата и к сборной шине местного заземлителя, состояние заземляющих контактов (их окисление, нагар, обгорание, ослабление). Контакты на болтах должны быть зачищены до блеска и поджаты, а сварные соединения проверены ударами молотка по шинам. Проверяют наличие заглушек и уплотнительных резиновых колец в неиспользованных отверстиях вводных устройств, величины взрывозащитных зазоров в плоских соединениях.

Проверку блокировочного реле утечки в автоматах серии АВ производят нажатием на кнопку «Проверка БРУ». При включенном положении выключателя и исправном блоке БРУ нажатие этой кнопки приводит к загоранию сигнальной лампы с желтым светофильтром. Для проверки максимальной токовой защиты автоматов серии АВ рукоятку привода автоматического выключателя установить в положение «Отключено», открыть быстрооткрываемую крышку и включить автоматический выключатель. При включении наиболее мощного токоприемника участка должна сработать максимальная токовая защита и загореться лампа с красным светофильтром. При наличии присоединенного к автомату реле утечки, нажимая на его кнопку «Проверка», проверяют срабатывание независимого расцепителя автомата.

**Техническое обслуживание (ТО)** автоматов проводят ежемесячно, ежесуточно и еженедельно, а текущий ремонт (ТР) должен проводиться ежеквартально.

**При ежесменном ТО** производят внешний осмотр автомата, проверяют целостность оболочки, наличие и надежность заземления корпуса, наличие пломбы и этикетки назначения. Ремонтные работы по замечаниям обслуживающего персонала и дежурного электрослесаря обычно проводят в ремонтную смену.

**При ежесуточном ТО** кроме работ, предусмотренных ежесменным ТО, проверяют действие блокировочного реле утечки.

**Текущие ремонты** проводят при полном снятии напряжения с автомата.

Кроме работ, выполняемых при техническом обслуживании, при текущем ремонте проверяют: взрывозащитные поверхности фланцев, уплотняющие прокладки, наличие смазки, надежность крепления к соответствующим зажимам проводов силовой цепи и цепей управления и целостность изоляторов проходных зажимов, состояние монтажа внутренней проводки, исправность механических блокировок, качество уплотнения кабелей во вводах, действие максимальной токовой защиты, блокировочного реле утечки и дистанционного отключения автомата, а также устраняют возможные неисправности.

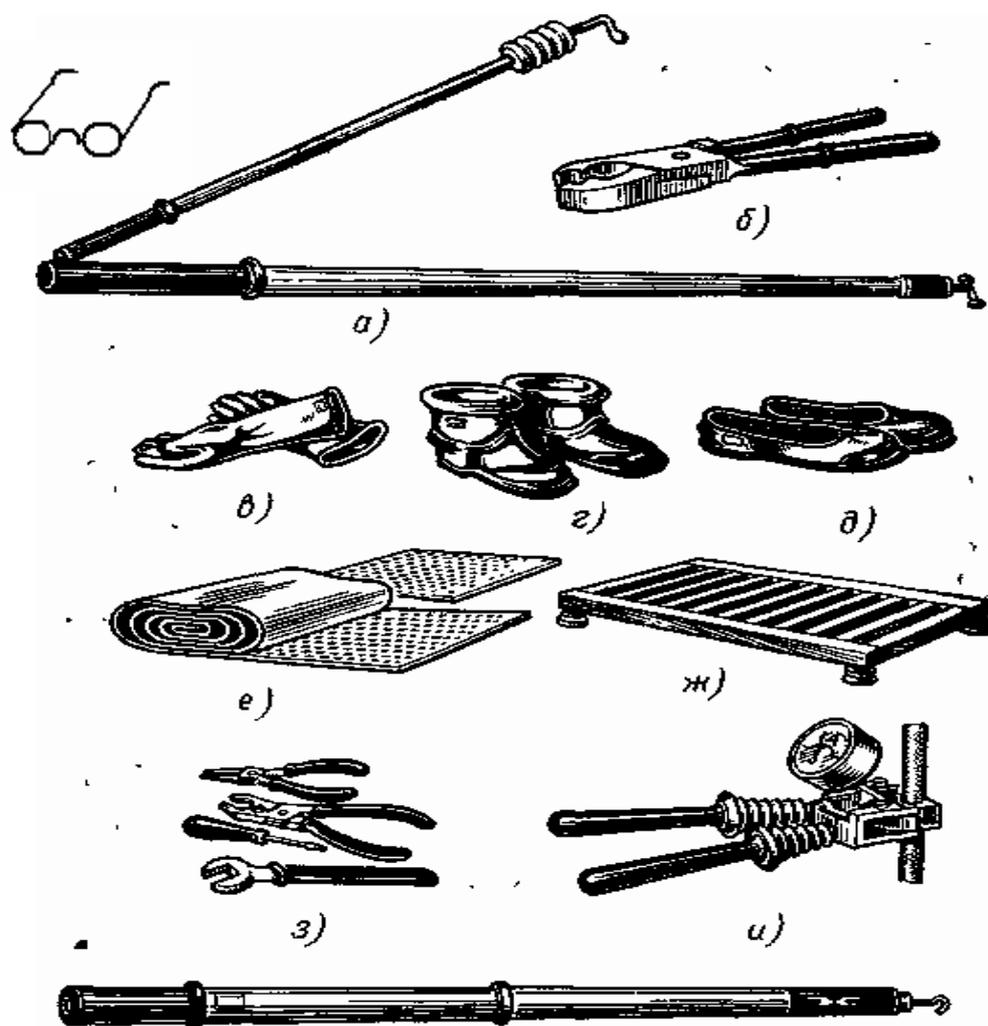
**После отключения автомата АФВ** током к.з его необходимо открыть и разблокировать защелку максимального расцепителя, автоматический выключатель должен быть осмотрен, очищен от копоти и брызг металла. Периодически, но не реже одного раза в квартал у автоматов серии АФВ снимают дугогасительные камеры и производят их осмотр. При осмотре дугогасительных камер нужно следить за тем, чтобы отдельные пластинки деионных решеток не касались друг друга, чтобы контакты не задевали за стенки камер и не касались стальных пластин решетки. Поврежденные камеры подлежат замене. Подлежат замене также гибкие токоведущие связи при потере их сечения более чем на 25%. При образовании на контактах капелек металла или при их обгорании зачищают рабочую поверхность контактов. Главные контакты должны соприкасаться по плоскости, разрывные – по линии не менее чем на 75% ширины контактов. Относительное смещение подвижных и неподвижных контактов по ширине допускаются не более 1 мм. Раствор у основных контактов должен быть не менее 60 мм, зазор между главными контактами в момент соприкосновения разрывных контактов – не менее 2,5 мм..

В процессе эксплуатации периодически проводят проверку действия блокировочного реле утечки (не реже одного раза в неделю) и максимальной токовой защиты косвенными

методами (не реже одного раза в месяц), а также проверяют сопротивление изоляции силовой цепи, которое должно быть не менее 1 МОм для каждой фазы. Проверка максимальной токовой защиты методом первичного тока производится на всех уставках реле перед спуском автомата в шахту и в период эксплуатации не реже одного раза в шесть месяцев. **Никогда нельзя в шахте включать и отключать автомат при открытой крышке – это может привести к взрыву метана.**

### 13. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ.

Техническое обслуживание представляет собой комплекс работ, проводимых для поддержания в исправности электроустановок при использовании их по назначению, а также при хранении и транспортировке.



*а – изолирующие штанги, б – изолирующие <sup>к)</sup> клещи, в – диэлектрические перчатки, г – диэлектрические боты, д – диэлектрические галоши, е – резиновые коврики и дорожки, ж – изолирующие подставки, з – монтерский инструмент с изолирующими ручками, и – токоизмерительные клещи, к – указатель напряжения, л – защитные очки.*

#### Рисунок 16 - Защитные средства, применяемые в электроустановках.

Оно состоит: из повседневного ухода за электроустановками; контроля режимов их работы; наблюдение за исправным состоянием; проведение осмотров; контроль за соблюдением правил технической эксплуатации, инструкций завод- изготовителей и местных инструкций.

В обязанности электротехнического персонала по обслуживанию электрооборудования в цехах промышленных предприятий входят:

- Профилактический осмотр электрооборудования.
- Осмотр защитных средств, креплений, постов и кнопок управления.
- Регулировка пускателей, реле, приборов и другого электрооборудования.
- Контроль за соблюдением правил технической эксплуатации электроустановок
- Работы по устранению неисправности электрооборудования.
- Проверка и устранения неисправностей в устройстве заземления
- Оформление технической документации по учёту работы электрооборудования, регистрация неисправностей.

### 1. Защита от поражения электрическим током в электроустановках.

Безопасность труда при использовании электроэнергии на предприятиях обеспечивается выполнением технических и организационных мероприятий и применением:

- защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям (монтаж открытых токоведущих частей электроустановок на высоте; помещение электроаппаратов в закрытом корпусе; применение специальных блокировочных устройств);
- пониженного напряжения для ручных электроаппаратов и машин (12, 24, 36, 65 В).
- Устройств защитного отключения типа УЗО, УАКИ, АЗАК, АБК, АРГУС и др.
- Защитных заземлений.
- Систем электроснабжения с изолированной нейтралью трансформатора.
- Индивидуальных средств защиты.

Для предотвращения случайного прикосновения разъединители, шинные коробки, муфты монтируются на определённой высоте. В закрытых корпусах ограничивается или затрудняется доступ к кабельным вводам, шинам, шпилькам и другим токоведущим частям, а иногда он вообще невозможен без применения специальных приспособлений и инструмента. Различные блокировочные устройства препятствуют доступу к токоведущим частям до снятия с них напряжения (например, крышку пускателя невозможно открыть, пока не будет отключено напряжение).

При аварийном снижении сопротивлении изоляции сети и появлении утечки тока, а также короткого замыкания применяются защитные отключения. Запрещается эксплуатация подземных электросетей без использования реле утечки. При отключении электроэнергии посредством реле необходимо найти и устранить причину, прежде чем в сеть будет подано напряжение.

Одной из наиболее действенных мер защиты от поражения электрическим током является устройство защитного заземления.

### 2. Индивидуальные защитные средства.

Индивидуальные защитные средства делятся на основные и дополнительные. **Основными** называются защитные средства, изоляция которых способна выдержать рабочее напряжение установки; применяя их, можно прикасаться к токоведущим частям, находящимся по напряжением. **Дополнительными** называются защитные средства, которые не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от поражения электрическим током, но усиливают действие основного защитного средства.

*Основные и дополнительные защитные средства при напряжении свыше 1000 В*

К **основным** защитным средствам, применяемым в электроустановках напряжением **свыше 1000 В**, относятся:

- оперативные и измерительные штанги;
- изолирующие и токоизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ (изолирующие лестницы, площадка и др.).

К **дополнительным** защитным изолирующим средствам, применяемых в электроустановках напряжением **выше 1000 В**, относятся:

- диэлектрические перчатки;
- боты;
- резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

*Основные и дополнительные защитные средства при напряжении до 1000 В.*

К основным защитным изолирующим средствам, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относятся:

- диэлектрические перчатки;
- инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

К дополнительным защитным изолирующим средствам, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относятся:

- диэлектрические галоши;
- резиновые коврики; изолирующие подставки.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен быть снабжён всеми необходимыми защитными средствами, обеспечивающими безопасность труда.

Центральные и участковые подстанции, насосные камеры, электровозное депо, лебёдочные камеры и др. должны быть укомплектованы дополнительными защитными изолирующими средствами.

Изолирующие штанги различной длины применяются при обслуживании разъединителей. Для смены предохранителей используются клещи или штанги с винтовыми зажимами.

Резиновые коврики или дорожки расстилаются на полу около распределительных щитов и других электрических установок. Они имеют верхнюю шероховатую (рифлёную или бугорчатую) и нижнюю гладкую поверхность. Размер ковриков рассчитывается таким образом, чтобы рабочий при обслуживании установки не сходил с них (75x75 см).

Изолирующие подставки представляют собой деревянный щиток – площадку на 4 фарфоровых изоляторах, высота которых достигает 10 см. Для подставок используют сухое дерево, окрашенное масляной краской. Защитное свойство подставок выше защитных свойств ковриков.

Для предотвращения ожогов глаз электрической дугой применяются защитные очки. Монтерский изолирующий инструмент (ключи, отвёртки, плоскогубцы и др.) имеет ручки, покрытые изолирующим составом (резиной, пластмассой, эбонитом).

## **2 Испытание защитных средств.**

Защитные средства и изолирующий инструмент периодически испытываются в установленные сроки. Перед использованием диэлектрические резиновые перчатки необходимо тщательно осмотреть и удостовериться в отсутствии проколов, порезов, пузырей трещин, для чего их от отверстия к пальцам. Перчатки, пропускающие воздух, бракуются. Кроме внешнего осмотра они подвергаются электрическим испытаниям (рис. 17) 1 раз в полгода. Для этого они погружаются в бак с недисциплированной окисленной водой и наполняются ею. Их электрическое сопротивление испытывают посредством погружения в воду двух полюсов – один снаружи испытуемого предмета, а другого – внутри. Находясь под напряжением 6 кВ в течение 1 минуты, они не должны давать ток утечки более 7 мА, а при напряжении 2,5 кВ - более 2,5 мА.

Диэлектрические резиновые боты испытываются так же, как и перчатки, но под напряжением 15 кВ. Находясь под напряжением в течение 1 минуты, они не должны давать ток утечки более 7,5 мА.

Резиновые коврики и дорожки испытываются 1 раз в год на пробой и утечку тока. При электрическом испытании коврик протягивается со скоростью 2 – 3 см/с между двумя металлическими валами, к которым подводится напряжение от 5 до 15 кВ (в зависимости от на-

пряжения установки, у которой будет положен коврик). Токоизмерительные клещи подвергаются испытанию 1 раз в год напряжением 40 кВ в течение 1 минуты.

Изолирующие штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи для электроустановок напряжением от 1 до 110 кВ должны испытываться напряжением, равным трёхкратному линейному напряжению электроустановки, но не ниже 40 кВ. Испытательное напряжение поддерживается в течение 5 минут, а при наличии фарфоровой изоляции - 1 минута. Испытание измерительных клещей для напряжения до 600 В производится под напряжением 2 кВ в течение 5 минут. Периодичность испытаний зависит от напряжения электроустановок – ежегодно или 1 раз в 2 года. На каждом защитном средстве должны быть ясно нанесены несмываемой краской порядковый номер и клеймо о прохождении испытания.

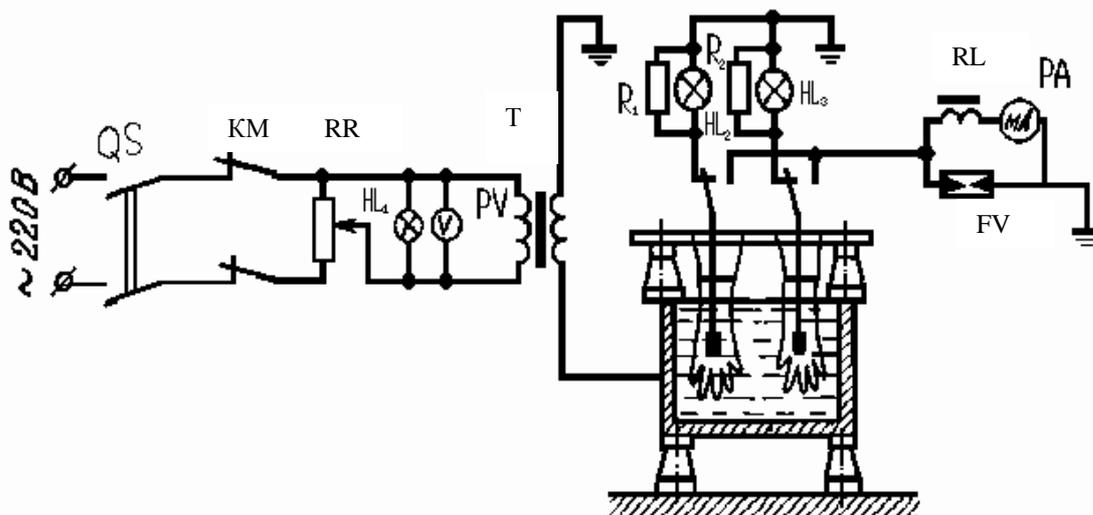
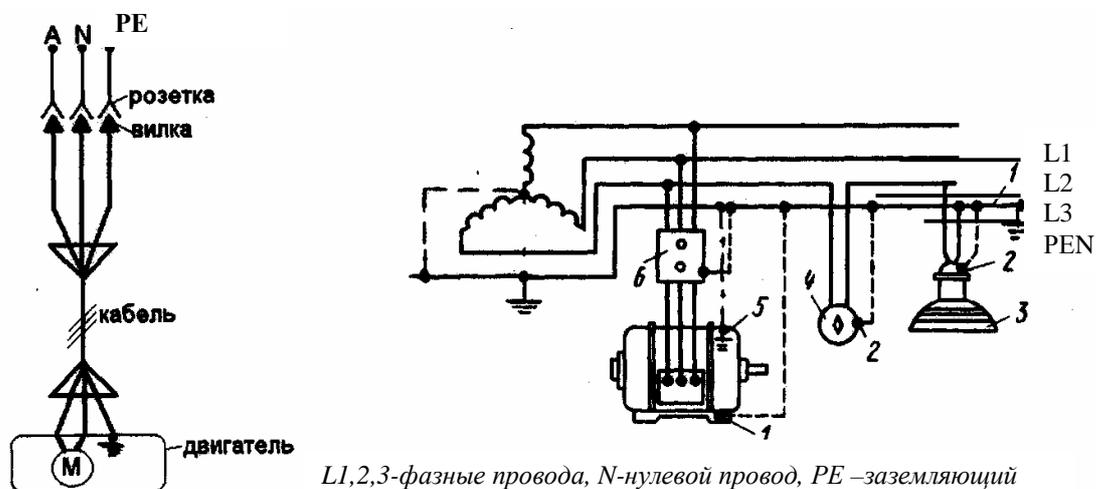


Рисунок 17 – Схема испытания диэлектрических перчаток

#### 14. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ.

Заземляющие устройства на горных предприятиях должны соответствовать требованиям ПУЭ и ЕПБ. Они должны обеспечивать безопасность людей и защиту электроустановок. Корпуса оборудования, которые могут оказаться под напряжением в случае нарушения изоляции, должны быть надежно соединены с заземляющим устройством, либо с заземленными конструкциями, на которых оно установлено.

При сдаче в эксплуатацию заземления монтажная организация передает документацию и протоколы испытаний заземления.



L1,2,3-фазные провода, N-нулевой провод, PE – заземляющий проводник, 1-соединение с нулевым проводом, 2-корпус, 3-светильник, 4-выключатель, 5-двигатель, 6-пускатель

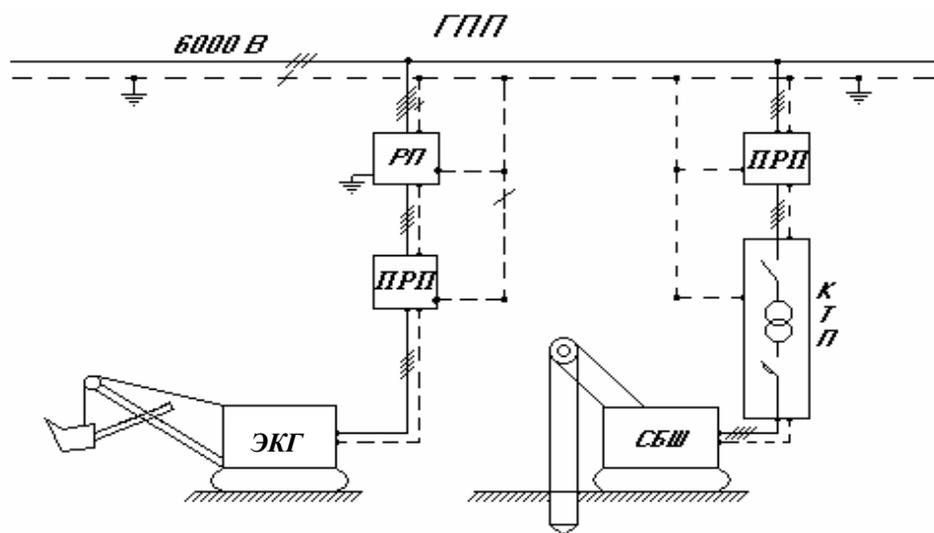
Рисунок 18 – Пример заземления и зануления электрооборудования

В качестве заземляющих проводников для главных заземлителей служит медный провод сечением не менее  $50 \text{ мм}^2$  или стальная полоса сечением не менее  $100$  квадратных мм, для местных - стальные проводники сечением не менее  $50$  квадратных мм. Для соединения местных и главных заземлителей используется металлическая полоса или прутки сечением  $100 \text{ мм}^2$ . Каждый заземляемый объект присоединяется к сборным заземляющим проводникам или к заземлителю с применением отдельного ответвления из стали сечением не менее  $50$  квадратных мм или меди сечением не менее  $25$  квадратных мм. Соединение производится с помощью болтов или сварки.

Электрическое сопротивление заземляющего провода между машиной и местом его присоединения к общей заземляющей сети или местному заземлению не должно превышать  $1$  Ом, а общее переходное сопротивление заземляющего устройства, измеренное как у наиболее удаленных от заземлителей, так и у любых других, не должно превышать в подземных рудниках  $2$  Ом. Все присоединения заземляющих проводников к корпусам машин, электрооборудованию и аппаратам, а также соединение отдельных заземлителей и контуров между собой должны производиться сваркой или надежным болтовым соединением.

**В карьере главные заземлители** устанавливаются внутри карьера или на поверхности. Наиболее часто применяется схема с расположением главного заземлителя на ГПП карьера. Заземляющий контур может являться общим для ГПП и для карьера при напряжении питающей сети ГПП до  $35$  кВ. Магистраль заземления идет вдоль всех кабельных и воздушных линий до всех РП, КТП и стационарных потребителей. Магистраль заземления - сталь сечением не менее  $100$  квадратных мм. При необходимости внутри карьера могут устраиваться дополнительные заземлители. Передвижные установки заземляются с помощью четвертой жилы гибкого кабеля.

**В подземных рудниках** применяются *главные заземлители*: один в зумпфе ствола, другой – в водосборнике, и *местные заземлители*, которые устанавливаются непосредственно у электроприемников. Все они изготавливаются в соответствии с требованиями единых правил безопасности (ЕПБ). Главные заземлители изготавливаются из стальных листов, а местные –



**Рисунок 19 - Заземление экскаватора и самоходного бурового станка в карьере.**

из стальных листов или из стальных труб. **В общепромышленных установках, на обогатительных фабриках и гражданских объектах** заземлению подлежат все металлические корпуса оборудования, трубопроводы и др. В квартирах заземляются электроплиты, стиральные машины, холодильники и корпуса ванн. Заземлители изготавливаются из стальных труб или профилей и размещаются в земле на глубине не менее глубины промерзания грунта. Все здания (в т.ч. жилые), сооружения, в том числе подстанции, должны иметь заземляющий кон-

тур. Величина сопротивления заземления нормируется и не может превышать следующих значений:

В подземных рудниках-	--2 Ом,		
В карьерах	---4 Ом при напряжении до	1000 В,	
	-10 Ом	свыше	1000 В,
На поверхности	--2 Ом	до	660 В,
	--4 Ом	до	380 В,
	-- 8 Ом	до	220 В.

Все элементы заземляющей сети периодически осматриваются специальным персоналом, кроме этого производятся измерения сопротивления заземления с помощью приборов - измерителей сопротивления заземления.

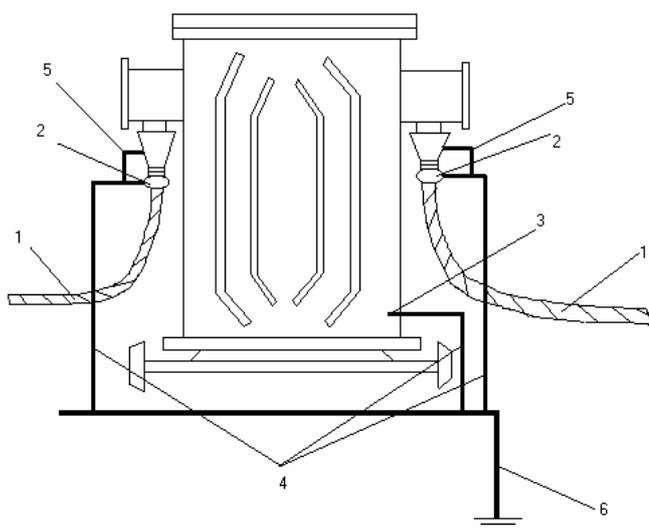
Соединение элементов заземляющей сети производится только сваркой или болтами. Открытые заземляющие проводники должны иметь отличительную окраску. Заземляющие проводники не должны иметь изоляцию. Использовать землю (грунт) в качестве фазного или нулевого провода запрещается. Материал проводников для заземления: медь, сталь; алюминий - только в качестве оболочки бронированного или негибкого кабеля.

В период эксплуатации проводятся периодические проверки заземления, в т.ч.: осмотр проводников, зажимов, контактов болтовых соединений; измерение сопротивления петли фаза-ноль; проверка цепи между заземлителями и проводниками; проверка пробивных предохранителей в трансформаторах; измерение сопротивления заземляющего устройства; выборочные вскрытие грунта для осмотра невидимых ( в земле) элементов; измерение удельного сопротивления грунта.

На каждое заземляющее устройство должен иметься паспорт, содержащий схему заземления, основные технические данные, результаты измерений, проверок и внесенных изменений.

Осмотр заземления проводится вместе с осмотром работающего оборудования подстанций, РУ, РП. В подземных рудниках осмотр проводится ежемесячно обслуживающим персоналом и мастером. При осмотрах проверяется целостность заземляющих проводников, правильность присоединения их к заземляющему контуру и к заземлителям, соответствие сечения этих проводников, ослабление или окисление контактов. Контакты на болтах должны быть зачищены до блеска, поджаты и покрыты защитной смазкой.

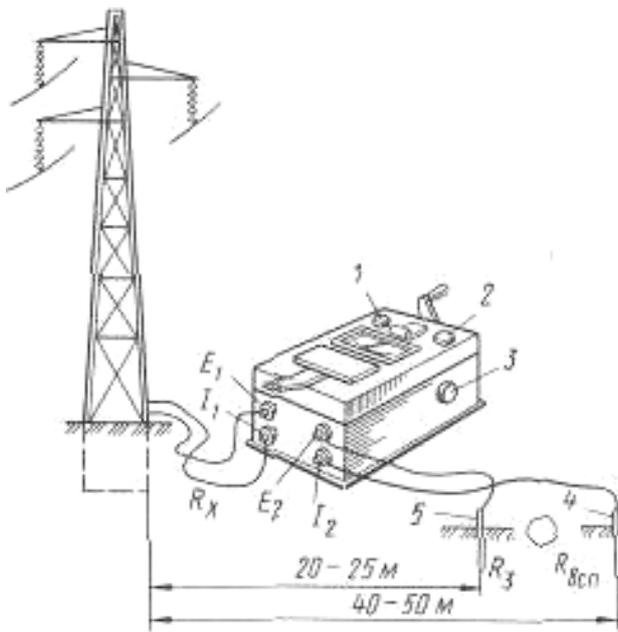
Если при осмотре, или измерении обнаружены какие-либо неисправности в любом месте заземляющей сети, то необходимо их устранить, а при невозможности устранения электроустановки необходимо отключить.



1-кабели питающий и отходящий, 2- концевая заделка кабеля, 3, 4, 5-заземляющие проводники бака (корпуса) трансформатора, оболочки и брони кабеля и концевой заделки, 6 -заземляющий контур (магистраль заземления) и местный заземлитель

**Рисунок 20 - Заземление силового трансформатора.**

Схема измерения сопротивления заземления опор показана на рисунке. Испытуемое заземление опоры  $R$  соединяют с зажимами -



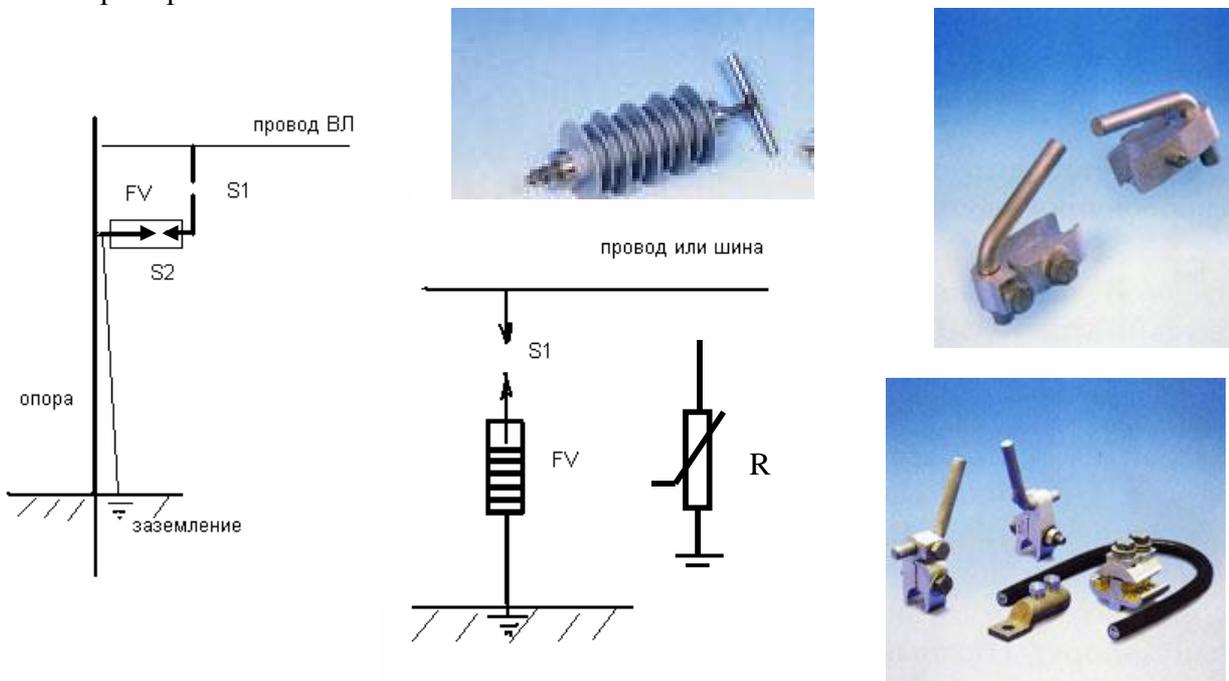
приборов 1 и  $E_1$  двумя проводами сечением 4—6 мм<sup>2</sup>, что исключает погрешности, вносимые сопротивлениями соединительных проводов и контактов. Измеритель заземления располагают в непосредственной близости от испытуемого заземлителя и устанавливают горизонтально на твердом основании. В качестве зонда  $-R_3$  и вспомогательного заземлителя  $R_{сп.}$ , подключаемых к прибору зажимами  $E_2$  и  $I_2$ , используют стальные стержни или трубы диаметром до 50 мм, погруженные в грунт на глубину не менее 0,5м. Вспомогательный электрод забивают на расстоянии 40—50 м от испытуемого заземления.

1—переключатель пределов; 2—переключатель регулировки; 3—ручка

реостата; 4—вспомогательный заземлитель; 5—зонд

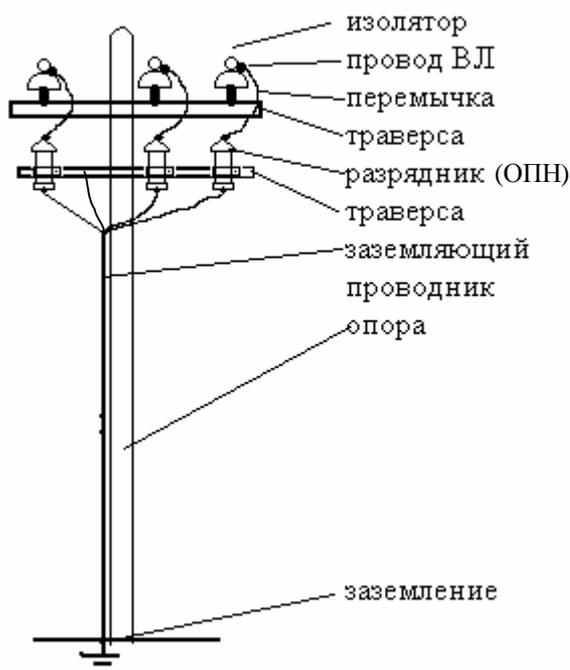
**Рисунок 21 – Схема измерения сопротивления заземления опоры ВЛ**

**Измерения сопротивления заземления.** Эти измерения производятся специальным прибором—измерителем заземления типов МС-07, МС-08. Принцип действия прибора основан на сравнении падения напряжения на испытуемом заземлении  $R$  с падением напряжения на регулируемом известном сопротивлении  $R$ , которое отградуировано в омах и нанесено на шкале прибора.



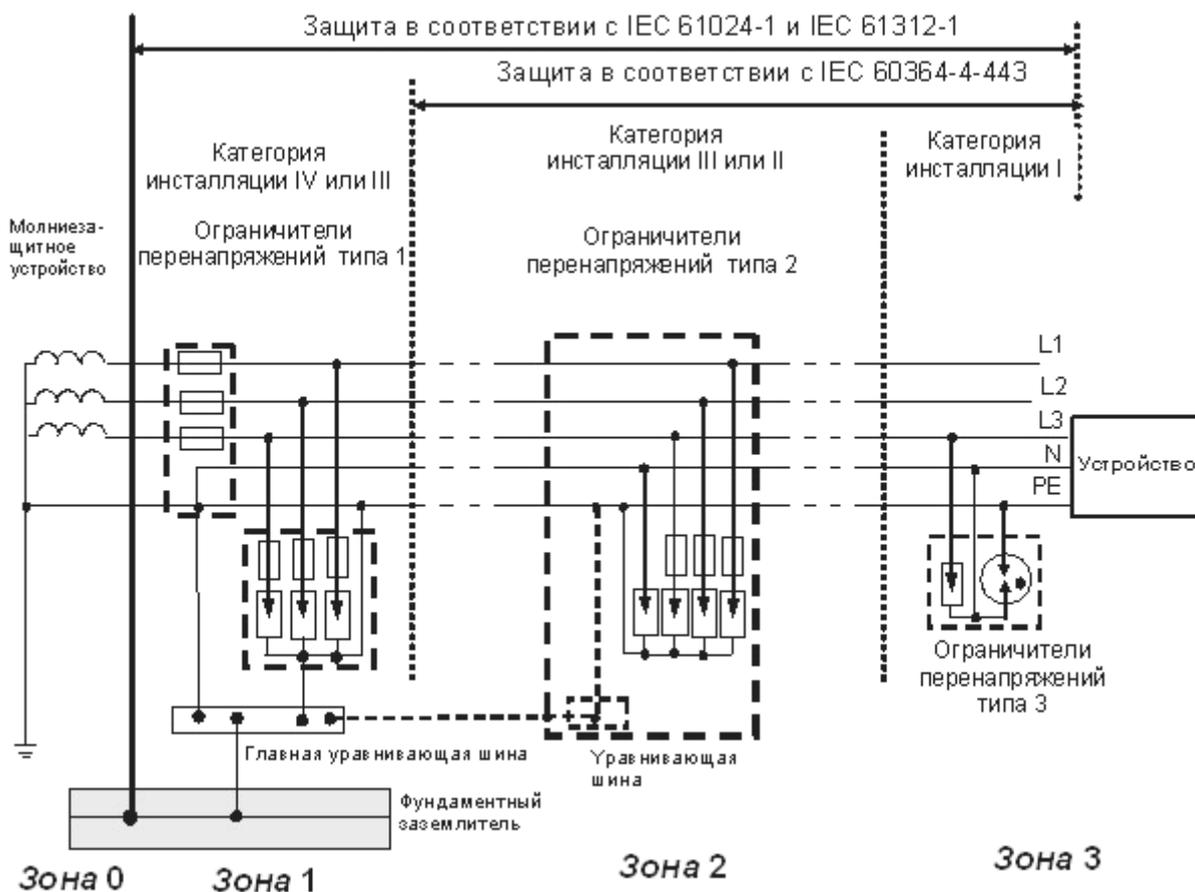
$FV$  – разрядник или ОПН,  $S1$  и  $S2$  – воздушные промежутки

**Рисунок 22 – Схема защиты проводов ВЛ и шин РП от атмосферных перенапряжений с помощью разрядников или ОПН. Элементы грозозащитной арматуры.**



На опорах ВЛ для защиты от атмосферных перенапряжений устанавливаются разрядники или ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН). Они устанавливаются в начале и в конце линии и за 150 – 200 м до конца ВЛ. Разрядники крепятся на отдельной стальной траверсе и соединяются перемычками с проводами ВЛ. Нижний зажим разрядника соединяется с заземляющим проводником и заземлением.

**Рисунок 23 – Установка разрядников (ОПН) на опоре ВЛ напряжением 6 кВ**



**Рисунок 24 - Пример многоступенчатой системы ограничения перенапряжений в электроустановке на строительном объекте**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беккер Р.Г., Дегтярев Б.В. и др. Электрооборудование и электроснабжение участка шахты. Справочник – М.: Недра, 1983.
2. Груба В.И., Калинин В.В., Макаров М.И. Монтаж и эксплуатация электроустановок – М.: Недра, 1991.
3. Гурин Н.А., Янукович Г.И. "Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Пособие по дипломному проектированию", Минск, Высшая школа; 1990.
4. Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К. Справочник энергетика угольной шахты – М.: Недра, 1983.
5. Дзюбан В.С. Пархоменко А.И. и др. Справочник по взрывозащитному оборудованию. – К.: Техника, 1990.
6. Колосюк В.П. Техника безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок – М.: Недра, 1987.
7. Конюхова Е.С. Электроснабжение объектов. М, Энергоатомиздат, 2001
8. Костин В.В. Монтаж и эксплуатация оборудования систем электроснабжения, С-Пб, СЗТУ, 2004, 184 с.
9. Липкин Б.Ю. " Электроснабжение промышленных предприятий и установок", М. Высшая школа; 1990.
10. Медведев Г.Д. "Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий", М. Недра; 1988.
11. Назаров А.И. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий, Кировск, 2006, 286с
12. Пантелеев Л.А. Монтаж и ремонт кабельных линий, М., Высшая школа, 1991, 224 с.
13. Правила устройства электроустановок, М., Энергоатомиздат, 2002 и позже.
14. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, М., Энергоатомиздат, 2003.
15. Пивняк Г.Г., Шкрабец Ф.П., Горбунов Я.С. Релейная защита электроустановок на открытых горных работах. — М.: Недра, 1992.
16. Сибикин Ю.Д. "Справочник молодого рабочего по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий", М. Высшая школа; 1992.
17. Сибикин Ю.Д., Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок, М., Высшая школа, 2003, 462 с
18. Цапенко Е.Ф., Мирский М.И., Сухарев О.В. Горная электротехника – М.: Недра, 1986.
19. Шеметов А.Н. Надежность электроснабжения: учебное пособие - Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова, 2006, 141 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### 29. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИЙ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКОВ (выдержка из ) ЕТКС выпуск 3.

Раздел: Строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы  
Утв. 6 апр. 2007 г. приказом № 243 Минздравсоцразвития РФ

**ЕТКС предусматривает несколько видов профессий, связанных с выполнением электромонтажных работ. Они различаются характеристикой работ, требованиям к квалификации и уровню знаний и к уровню образования.**

Слесарь-электромонтажник (2-6 разряды)

Электромонтажник по освещению и осветительным сетям (2-6 разряды)

Электромонтажник по СЦБ - сигнализации, централизации и блокировке (2-6 разряды)

Электромонтажник по силовым сетям и электрооборудованию (2-6 р)

Электромонтажник по электрическим машинам (2-6 р)

Э по аккумуляторным батареям (2-6 р)

Электромонтажник по распределительным устройствам и вторичным цепям (2-7 р)

Электромонтажник-наладчик (4-7 р)

Как видно из этого списка самую высокую квалификацию имеет профессия электромонтажник-наладчик (с 4 по 7 разряды). Для получения рабочего разряда, начиная с 6-го, требуется среднее профессиональное образование (техникум или колледж). Далее приводятся некоторые квалификационные характеристики профессий.

#### **Слесарь-электромонтажник**

##### **3-й разряд**

*Характеристика работ.* Монтаж, сборка, испытание и сдача электрических машин постоянного и переменного тока мощностью свыше 50 до 100 кВт, электроприборов средней сложности и узлов к ним с применением универсальных приспособлений. Сборка и установка сложных электроприборов и электромашин с применением специальных приспособлений и шаблонов. Выявление при монтаже повреждений в электрооборудовании и устранение их. Монтаж и установка распределительных щитов свыше восьми групп и шинных сборок, а также электрооборудования кранов грузоподъемностью до 20 т, сварочных аппаратов мощностью свыше 300 кВт и ртутных выпрямителей мощностью до 500 кВт. Вязка электросхем из проводников различного сечения и полный монтаж в корпусах. Работа по коммутации распределительных щитов для силовых электроустановок. Установка аппаратуры и полная коммутация станций питания на силу тока до 1000 А. Прокладка фидерной и распределительной сети. Сборка и установка сложного электрооборудования и изделий под руководством слесаря-электромонтажника более высокой квалификации.

*Должен знать:* основы электротехники в объеме выполняемой работы; устройство и принцип работы машин постоянного и переменного тока мощностью свыше 50 до 100 кВт; пускорегулирующую аппаратуру средней сложности; допустимые нагрузки при работе электромашин; способы наладки щеточного механизма электродвигателя; способ обработки нави-вочно-уплотнительных материалов (пропитка, смазка, сварка, плетение и т. д.); систему допусков и посадок; устройство и назначение контрольно-измерительных и монтажного инструментов, специальных приспособлений и оборудования, применяемых при электромонтаже; технические условия на испытание электрооборудования; схемы собираемых и монтируемых аппаратов, приборов и электрокранов с контрольным управлением.

##### **4-й разряд**

*Характеристика работ.* Монтаж, сборка, регулирование и сдача сложных узлов электрических машин и электроприборов на различных станках и машинах, а также электрических машинах постоянного и переменного тока мощностью свыше 100 кВт в производственных цехах и на электростанциях. Замер мощности, напряжения, силы тока и сопротивления проводов в отдельных цепях и различных видах соединений. Выявление дефектов, возникающих при сборке, установке и испытании электроаппаратуры, а также крупных электромоторов постоянного и переменного тока и устранение их. Монтаж и демонтаж высоковольтного оборудования и сетей (распределительных устройств и высоковольтного электрооборудования с пусковой и регулирующей аппаратурой) напряжением до 35 кВ. Прокладка кабеля в траншеях, туннелях, каналах и блоках на тросах, с разделкой, сращиванием и монтажом линейных и концевых муфт и испытанием кабеля. Разметка мест установки аппаратуры. Полная коммутация станции питания с силой тока свыше 1000 А. Оборудование ячеек масляных выключателей. Монтаж высокочастотных установок мощностью до 700 кВт, ртутных выпрямителей мощностью свыше 500 кВт, электрооборудования кранов грузоподъемностью свыше 20 т и крупных универсальных металлообрабатывающих станков.

*Должен знать:* устройство и назначение собираемых и устанавливаемых сложных машин, высокочастотных установок, преобразователей, силовых трансформаторов и высоковольтной аппаратуры к ним; технологическую последовательность монтажа электрооборудования, сборки и установки машин, агрегатов, аппаратов и электроприборов; принцип работы синхронных и асинхронных мощных машин, преобразователей, силовых трансформаторов и высоковольтной аппаратуры; оборудование подстанций, электрооборудование кранов большой грузоподъемности и сложных станков; технические условия на монтаж машин; схемы электрооборудования, дефекты, возникающие при сборке и монтаже машин, и способы их устранения.

## **6-й разряд**

*Характеристика работ.* Монтаж, полная разборка, сборка, ремонт, наладка, регулировка, испытание и сдача сложных экспериментальных электрических машин и приборов, сложного специального нестандартного оборудования при совмещении механических и электрических цепей, установок автоматического питания и регулирования пультов управления на крупных судах, самолетах, уникальном и прецизионном металлообрабатывающем оборудовании, электростанциях, а также электрических систем автоматических линий металлообрабатывающих станков и агрегатов по обработке сложных деталей. Наладка наиболее сложной защитной и коммутационной аппаратуры и электромеханизмов уникального и прецизионного оборудования. Слесарная обработка собираемого оборудования при соблюдении связи механических и электрических параметров. Выполнение монтажно-стыковочных отладочных и доводочных работ и испытаний электрических систем дистанционного управления. Выявление повреждений и поломок в процессе монтажа и устранение их. Проверка режимов работы монтируемого оборудования, приборов, механизмов и установок и загрузка в соответствии с проектом их мощности. Выполнение доводочных работ по электромонтажу судового оборудования на крупных судах во время швартовых и ходовых испытаний.

*Должен знать:* конструктивные особенности и принцип работы монтируемых электрических машин, механизмов приборов и сложного оборудования и установок на самолетах в соответствии с техническими условиями, а на судах согласно правилам морского и речного регистров; системы электрических приводов дистанционного управления постоянного и переменного тока, их устройство и принцип работы; системы механических передач, редукторные и фрикционные устройства; способы проверки режимов работы и нагрузок, проверочных расчетов и снятия диаграмм в процессе испытания монтируемых электромеханизмов, приборов, работающих на холостом ходу и под нагрузкой; способы монтажа и демонтажа сложных электромеханизмов и всевозможных электросхем.

Требуется среднее профессиональное образование.

## **Электромонтажник по кабельным сетям**

### **3-й разряд**

*Характеристика работ.* Резка кабеля напряжением до 10 кВ с временной заделкой концов. Заделка проходов для всех видов кабельных проводок через стены и перекрытия. Выполнение вспомогательных работ при прокладке кабелей. Вырезка муфт и концевых заделок кабелей. Пробивка гнезд, отверстий и борозд механизированным инструментом по готовой разметке. Установка ответвительных коробок для кабелей. Комплектование материалов и оборудования для выполнения электромонтажных работ в жилых, культурно-бытовых и административных зданиях.

*Должен знать:* основные виды крепежных деталей; устройство применяемых приборов, электроаппаратов, электрифицированного и пневматического инструмента, сварочного оборудования, такелажных средств и правила пользования ими при прокладке кабелей; простые электрические монтажные схемы; правила комплектования материалов и оборудования для выполнения электромонтажных работ в жилых, культурно-бытовых и административных зданиях.

### **4-й разряд**

*Характеристика работ.* Соединение, оконцевание и присоединение жил кабелей всех марок сечением до 70 мм<sup>2</sup> различными способами, кроме сварки. Установка защитных устройств, кожухов и ограждений. Маркировка проложенных труб и кабелей. Крепление конструкций и аппаратов при помощи механизированного инструмента. Припайка или опрессовка наконечников к жилам кабелей. Установка скоб и металлических опорных конструкций. Крепление конструкций приклеиванием. Прокладка стальных и пластмассовых труб в бороздах, по полу, стенам, фермам и колоннам. Прокладка кабельных лотков, перфорированных монтажных профилей и стальных коробов. Комплектование материалов и оборудования для выполнения электромонтажных работ в промышленных зданиях и на инженерных сооружениях. Монтаж концевых заделок и соединительных муфт различных видов на кабелях напряжением до 10 кВ. Резка кабелей напряжением свыше 10 кВ и маслonaполненных кабелей. Крепление кабельных муфт и воронок. Заделка концов кабелей свинцовыми наконечниками. Подготовка прошпарочной массы и припоев. Закрепление брони маслonaполненных кабелей в колодцах. Наматывание экрана. Устройство вводов (кроме взрывоопасных зон). Измерение сопротивления изоляции. Отбор проб масла. Наложение антикоррозионного покрытия на поврежденные поверхности труб маслonaполненных кабелей.

*Должен знать:* способы измерения сопротивления изоляции; электрические монтажные схемы прокладываемых кабелей; способы соединения, оконцевания и присоединения жил кабелей различных марок сечением до 70 мм<sup>2</sup>; способы монтажа концевых заделок и соединительных муфт на кабелях напряжением до 10 кВ; способы маркировки стальных и пластмассовых труб, кабелей; правила строповки и перемещения грузов; устройство и способы применения механизированного такелажного оборудования; устройство и правила пользования применяемым механизированным инструментом; устройство аппаратуры для сушки кабелей и заливки масла; правила комплектования материалов и оборудования для выполнения электромонтажных работ в промышленных зданиях и на инженерных сооружениях.

### **5-й разряд**

*Характеристика работ.* Монтаж концевых заделок и соединительных муфт различных видов на кабелях напряжением до 35 кВ. Соединение, оконцевание и присоединение кабелей сечением более 70 мм<sup>2</sup>. Изготовление свинцовых соединительных муфт. Монтаж силовых и контрольных кабелей (кроме маслonaполненных) в траншеях, каналах, тоннелях и внутри зданий (кроме взрывоопасных зон) различными способами без применения кабелеукладчиков. Маркировка кабелей. Разметка мест установки опорных конструкций. Проведение замеров и составление эскизов кабельных проводок. Фазировка и подготовка кабелей к включе-

нию. Замер давления масла. Монтаж маслоподпитывающих агрегатов для маслonaполненных кабельных линий. Заготовка и сборка тройниковых разветвлений.

*Должен знать:* правила разметки мест установки опорных конструкций и трасс прокладки кабелей; правила проведения замеров и составления эскизов кабельных проводок для изготовления на стендах и в мастерских; методы проверки выполненных монтажных схем; порядок фазировки выполненной проводки; способы монтажа концевых заделок и соединительных муфт на кабелях напряжением до 35 кВ.

### **6-й разряд**

*Характеристика работ.* Разметка трасс прокладки кабелей. Прокладка кабелей во взрывоопасных зонах. Укладка силовых и контрольных кабелей различных типов в водоемах. Укладка кабелей различных типов при помощи кабелеукладчиков. Монтаж концевых заделок и соединительных муфт различных видов на кабелях напряжением до 110 кВ. Производство проколов в грунте. Сушка, вакуумирование и заполнение азотом муфт и трубопроводов. Заполнение муфт и трубопроводов маслом. Дегазирование масла в установках. Подпитывание баков давления и переключение их. Испытание маслоподпитывающей системы. Установка передатчиков давления. Монтаж приставных линейных кабельных вводов трансформаторов, вакуумирование и заполнение их маслом. Прогрев кабелей при отрицательных температурах.

*Должен знать:* способы монтажа концевых заделок и соединительных муфт на кабелях напряжением до 110 кВ; устройство электротехнических установок; правила выполнения работ во взрывоопасных зонах и водоемах; методы монтажа, проверки и регулирования монтируемого оборудования.

Требуется среднее профессиональное образование.

### **Электромонтажник-наладчик**

#### **7-й разряд**

*Характеристика работ.* Наладка оборудования напряжением свыше 10 кВ со сложными схемами защиты, управления и регулирования. Наладка электроприводов с элементами электроники, автоматики, со сложной электроникой и релейно-контактной схемой управления и регулирования. Наладка сложной дифференциальной и направленной защиты силовых трансформаторов и двигателей. Наладка сложных схем оперативного управления постоянного тока. Наладка преобразовательных агрегатов мощностью свыше 500 кВт.

*Должен знать:* устройство, принцип действия и методы наладки сложных видов схем защиты; методы наладки сложных схем оперативного управления постоянного тока, преобразовательных агрегатов.

Требуется среднее профессиональное образование.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Пределы огнестойкости

*Огнестойкость зданий и сооружений*

При проектировании и строительстве зданий и сооружений необходимо учитывать степень пожарной опасности. Применяемые строительные материалы должны отвечать требованиям в отношении их возгораемости и огнестойкости. Строительные материалы и конструкции по возгораемости подразделяются на негоряемые, трудногоряемые и горяемые. Некоторые технические данные и характеристики строительных материалов и конструкций представлены в следующей таблице.

Группа возгораемости	Характеристики по возгораемости	
	материалов	конструкций
Негоряемые	Под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не обугливаются	Выполненные из негоряемых материалов
Трудногоряемые	Под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, обугливаются и продолжают гореть только при наличии источника огня, а после удаления источника огня горение прекращается	Выполненные из трудногоряемых материалов, а также из горяемых материалов, защищенных от огня и высоких температур несгораемыми материалами
Горяемые	Под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются и продолжают гореть после удаления источника огня	Выполненные из горяемых материалов и не защищенных от огня или высоких температур

#### *Группы возгораемости и минимальные пределы огнестойкости основных строительных конструкций*

Степень огнестойкости зданий или сооружений	Основные строительные конструкции					
	Несущие стены, стеновые лестничных клеток колонны	Наружные стены из навесных панелей и наружные факховые стены	Плиты, настилы и другие несущие конструкции междуэтажных перекрытий	Плиты, настилы и другие несущие конструкции покрытий	Внутренние несущие стены (перегородки)	Противопожарные стены
<b>Негоряемые</b>						
I	2,5	0,5	1,0	0,5	0,5	2,5
II	Негоряемые 2	Негоряемые 0,25	Негоряемые 0,75	Негоряемые 0,25	Трудногоряемые 0,25	Негоряемые 2,5
		Трудногоряемые 0,5				
III	Негоряемые 2	Негоряемые 0,25	Трудногоряемые 0,75	Горяемые	Трудногоряемые 0,25	Негоряемые 2,5
		Трудногоряемые 0,5				
IV	<b>Трудногоряемые</b>			Горяемые	Трудногоряемые 0,25	Негоряемые 2,5
	0,5	0,25	0,25	-		
V	<b>Горяемые</b>					
	-	-	-	-	-	Негоряемые 2,5

Сопротивление строительных конструкций воздействию огня характеризуется пределом огнестойкости. Пределом огнестойкости строительных конструкций называется время (в часах), определяемое от начала испытания строительной конструкции на огнестойкость до возникновения одного из следующих признаков: образование в конструкции сквозных трещин; повышение температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140°C или в любой точке этой поверхности более чем на 180°C по сравнению с температурой конструкции до испытания, или более 210°C независимо от температуры конструкции до испытания; потери конструкцией несущей способности (обрушения). Сопротивляемость зданий и сооружений воздействию огня зависит от группы возгораемости и пределов огнестойкости основных конструктивных элементов этих зданий и сооружений и называется сте-

пенью огнестойкости. Как видно из табл. 45, здания и сооружения по степени огнестойкости делятся на пять степеней, начиная от самых сложных (I степень), у которых все элементы выполнены из несгораемых материалов с максимальным пределом огнестойкости от 1 до 2,5 ч, и кончая самыми простыми, например деревянными зданиями V степени, все элементы которых являются сгораемыми (кроме брандмауэра, т.е. глухой несгораемой стены).

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Классификация взрывоопасных зон

Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно со специалистами проектной или эксплуатирующей организации.

Согласно российским нормативным документам выделяют следующие классы взрывоопасных зон:

- зоны класса В-1 – расположены в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ (Легко Воспламеняющаяся Жидкость) таком количестве и с такими свойствами, что могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;
- зоны класса В-1а – расположены в помещениях, в которых взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются при нормальной эксплуатации, а только в результате аварий или неисправностей;
- зоны класса В-1б – аналогичны В-1а, но отличаются от них тем, что при авариях горючие газы обладают высоким нижним пределом воспламенения (15% и выше), а также при опасных концентрациях резким запахом. В этот класс входят зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в малых концентрациях, недостаточных для создания взрывоопасной смеси и где работа производится без применения открытого пламени. Зоны не относятся к взрывоопасным, если работы с опасными веществами производятся в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтиками;
- зоны класса В-1г – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, открытых нефтеловушек, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеров), эстакад для слива и налива ЛВЖ, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.
- зоны класса В-2 – расположены в помещениях, где выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что могут создавать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы;
- зоны класса В-2а – такие, где опасные условия при нормальной работе не возникают, но могут возникнуть в результате аварий или неисправностей.

Нормативные документы содержат определение геометрических размеров каждого класса зон. Взрывозащищенное оборудование, предназначенное для работы в пределах зоны того или иного класса, должно иметь соответствующий уровень взрывозащиты.