

Ю.Д. СИБИКИН М.Ю. СИБИКИН

# **Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок**

*Рекомендовано Экспертным советом  
по профессиональному образованию  
Министерства образования Российской Федерации  
в качестве учебного пособия для учащихся  
начального профессионального образования*



Москва  
«Высшая школа» 2003

УДК 621.31  
ББК 31.16  
С 34

Рецензенты:

инженер *Е.Ф. Мельниченко*, канд. техн. наук *О.Д. Вельк*

**Сибикин, Ю.Д.**  
С 34 **Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений/Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин.— М.: «Высшая школа», 2003.— 462 с.: ил.**

ISBN 5-06-004084-4

В книге приведены общие сведения о материалах, инструменте, приспособлениях и механизмах, используемых электромонтажником и электромонтерами в процессе работ. Даны некоторые технические характеристики важнейших электроустановок. Рассмотрены способы и приемы монтажа эксплуатации, ремонта электрооборудования и электрических сетей промышленных предприятий.

*Может быть полезна мастерам производственного обучения, при подготовке рабочих на производстве и студентам техникумов по специальности «Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий и установок».*

УДК 621.31  
ББК 31.16

ISBN 5-06-004084-4

© ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2003

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещено.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Структурные преобразования в экономике России, планируемые правительством в долгосрочной концепции, предусматривают до 2020 г. не только ее стабилизацию, но и существенное развитие, в первую очередь, за счет производства новых видов материалов, комплектующих изделий, высокопроизводительного специального технологического оборудования для выпуска конкурентноспособной продукции.

Реализация намеченных правительством программ возможна только при условии технического перевооружения предприятий, успешного проведения конверсии оборонно-промышленного комплекса, восстановления научно-технического и технологического паритета России на мировом рынке достижений науки и техники. Все это позволит преодолеть кризисные явления и дополнительно в указанный период создать более 2500 тыс. новых рабочих мест.

В этих условиях большое значение приобретает выпуск технической литературы, освещающей основные вопросы монтажа, эксплуатации и ремонта современных электроустановок. В такой комплексности заключается основное отличие данной книги от других известных трудов в этой области, что расширяет круг ее возможных читателей.

В настоящем пособии обобщены нормативные материалы и практические рекомендации по прогрессивным технологиям электромонтажных работ, обслуживанию и ремонту основных видов электротехнических установок, используемых в схемах электроснабжения, силовом и осветительном электрооборудовании.

Материал книги поможет электромонтерам повысить квалификацию без отрыва от производства, а учащимся технических училищ и техникумов приобрести глубокие знания по широкому кругу технологических вопросов ведения монтажных работ, техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования. Состав и объем сведений, сконцентрированный в данном пособии, соответствует требованиям подготовки электромонтеров по монтажу электрооборудования и сетей промышленных предприятий, а также программе слушателей электротехнических техникумов по специальности «Электрооборудование промышленных предприятий и установок».

*Авторы*

# РАЗДЕЛ I. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ

## ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### § 1. РОЛЬ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ В РАЗВИТИИ РОССИИ

Важную роль в развитии отечественной электротехники сыграли труды русских ученых и изобретателей П.Н. Яблочкова, А.Н. Лодыгина, М.О. Доливо-Добровольского и др. Приоритет в создании и применении трехфазной системы переменного тока принадлежит М.О. Доливо-Добровольскому, который в 1891 г. осуществил передачу электрической энергии мощностью около 150 кВт при напряжении 15 кВ на расстоянии 175 км. Им же были созданы синхронный генератор, трехфазный трансформатор и асинхронный двигатель.

Электрификация является стержнем строительства экономики нашей страны. В 1920 г. Всероссийский съезд Советов утвердил Государственный план электрификации России (ГОЭЛРО), который предусматривал в течение 10—15 лет строительство тридцати новых районных электростанций, производящих до 8,8 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Этот план был выполнен за 10 лет. С 1930 г. крупные городские районные тепловые электростанции (ГРЭС) стали постепенно объединять в энергетические системы, которые и в настоящее время остаются главными производителями электроэнергии для подавляющего большинства предприятий.

Принципом развития энергосистемы РФ является производство электроэнергии на крупных электростанциях, объединяемых в Единую энергосистему страны общей высоковольтной сетью 500—1150 кВ.

Единая энергетическая система России представляет собой уникальный электроэнергетический комплекс, объединяющий 65 энергосистем (всего их в стране 75) около 450 электростанций (из 700 по стране) с суммарной установленной мощностью примерно 194 млн кВт (из 216 млн кВт), а также более 2,2 млн км электрических сетей всех классов напряжения (из 2,5 млн км), в том числе около 400 тыс. км (из 440 тыс. км) линий электропередачи напряжением 110, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ, трансформаторные подстанции общей мощностью почти 470 млн кВА (из 530 млн кВА). В составе генерирующих мощностей тепловые электростанции (ТЭС) составляют примерно 70 %, доля гидроэлектростанций (ГЭС) — 20 % и атомных электростанций (АЭС) — около 10 %.

До 1960 г. мощность крупных генераторов тепловых электро-

станций (ТЭС) составляла 100 МВт. На одной электростанции устанавливали шесть — восемь генераторов. Поэтому мощность крупных ТЭС составляла 600—800 МВт. После освоения блоков 150—200 МВт мощность крупнейших электростанций повысилась до 1200 МВт, а после освоения блоков 300 МВт — до 2400 МВт.

В настоящее время вводят тепловые электростанции мощностью 6000 МВт с блоками 500—800 МВт.

Эффективность объединения энергосистем обусловлена экономией суммарной установленной мощности генераторов за счет совмещения максимумов нагрузки энергосистем, сдвинутых во времени в различных географических поясах; уменьшения необходимой мощности аварийного и ремонтного резерва в энергообъединении по сравнению с разрозненными системами; укрупнения электростанций и улучшения режима их работы благодаря взаимопомощи объединенных общей сетью энергосистем при отклонениях от плановых балансов выработки и потребления электроэнергии.

Получаемый эффект существенно превышает затраты на строительство и эксплуатацию межсистемных линий электропередачи. В 2020 г. производство электроэнергии в РФ приблизится к 1240 млрд кВт · ч., а в 2000 г. оно составило 879 млрд кВт · ч.

Из общего количества вырабатываемой в стране электроэнергии более 50% преобразуется в механическую энергию с помощью электропривода.

Электропривод является наиболее энергоемким потребителем электроэнергии, определяющим экономическую эффективность производственных процессов и темпы повышения производительности труда.

Основной технико-экономической тенденцией развития электропривода до 2020 г. является расширение областей применения *электроприводов переменного тока. Отсутствие коллектора, присущего двигателям постоянного тока, снимает ограничения по мощности привода и позволяет повышать его перегрузочную способность. Реальными стали разработки регулируемых электроприводов практически неограниченной мощности. В настоящее время выполняют заказы на такие электроприводы мощностью до 100 МВт. Освоение производства силовых транзисторов обеспечивает возможность создания высокодинамичных глубокорегулируемых электроприводов для станкостроения и робототехники.*

Увеличение электропотребления на душу населения все более остро ставит задачу необходимости создания принципиально новых эффективных методов потребления огромных количеств электроэнергии. Достижения физики твердого тела, улучшение характеристики магнитных металлов, исследование сверхпроводимости, достижения химии и т. д. позволят в ближайшие годы существенно изменить конструкции двигателей, преобразователей, высоко- и

низковольтной аппаратуры, электронного оборудования и информационной техники.

Электротехнической промышленностью России освоена широкая номенклатура электрифицированных товаров народного потребления, в том числе кухонных процессоров, гладильных автоматов, микроволновых печей, многофункциональных пылесосов, посудомоечных и бельесушильных машин холодильников и др.

Электрификация прочно вошла во все сферы народного хозяйства. От ее успешного развития во многом зависят экономика страны и благополучие народа.

## § 2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКА

*Нормативные документы* устанавливают правила, обязательные при проектировании, инженерных изысканиях, выполнении строительных и монтажных работ при строительстве новых, реконструкции, расширении и техническом перевооружении действующих предприятий, зданий и сооружений, а также при производстве строительных конструкций, изделий и материалов. Соблюдение требований правил и норм обеспечивает технический уровень, качество, экономичность, надежность, долговечность и удобство в эксплуатации сооружений и способствует сокращению сроков строительства. Нарушение правил и норм может привести к поражению электрическим током людей, авариям, пожарам, взрывам.

Документация на строительство предприятий, зданий и сооружений разрабатывается в соответствии с требованиями СНиП 11-01—95 и СП 11-101—95.

Электромонтажники особенно хорошо должны знать и соблюдать правила организации и производства работ по монтажу и наладке электротехнических устройств СНиП 3.05.06—85 «Электротехнические устройства», правила устройства электроустановок (ПУЭ) 1998 г. издания.

Нормативные документы СН и ПУЭ являются общероссийскими. Они обязательны для исполнения всеми министерствами и ведомствами, а также организациями, учреждениями и предприятиями независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

Обозначение СНиП 3.05.06—85 расшифровывается так: СНиП — строительные нормы и правила; цифра 3— часть 3 СНиП «Организация, производство и приемка работ»; цифра 05— группа 5-й части 3 СНиП; цифра 06— порядковый номер данного документа в группе 5-й части 3 СНиП; цифры 85, последние цифры года утверждения документа — 1985.

При производстве работ электромонтажники должны также соблюдать требования ведомственных (отраслевых) строительных норм по монтажу отдельных видов электроустановок и требования, приведенные в технической документации предприятий — изготовителей электрооборудования.

Безопасность труда электромонтажника во многом зависит от соблюдения им требований, изложенных в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок» и ГОСТ 12.3.032—84 «Работы электромонтажные. Общие требования безопасности». В данном случае 12— шифр системы стандартов безопасности труда (ССБТ); 3— шифр подсистемы; 032— порядковый номер в подсистеме; 84— год утверждения стандарта.

### § 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с помещениями и сооружениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения электроэнергии или преобразования ее в другой вид энергии, называют *электроустановкой*.

По условиям электробезопасности электроустановки в соответствии с ПУЭ разделяют на электроустановки напряжением до 1 и выше 1 кВ.

*Электropомещениями* называют помещения или ограждаемые, например, сетками части помещений, доступные только для обслуживающего персонала, в которых эксплуатируемое оборудование установлено для производства, преобразования или распределения электроэнергии.

Все помещения в зависимости от условий окружающей среды, проводимости полов, а также размещения электрооборудования и соединенных с землей металлических конструкций делят по степени опасности поражения током на три класса: с повышенной опасностью, особо опасные и без повышенной опасности.

При определении класса помещения в зависимости от наличия признака опасности в нем следует руководствоваться указаниями, приведенными в табл. 1 и 2.

Выпускаемые электротехнической промышленностью России изделия и оборудование, согласно требованиям системы стандартов безопасности труда (ССБТ), относят к различным классам по способу защиты человека от поражения электрическим током и различным степеням защиты от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями и от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел и воды. Характеристики изделий, степеней защиты и их условные обозначения, нанесенные на таблички с паспортными данными, приведены в табл. 3—5:

**Т а б л и ц а 1. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током**

Класс	Характеристика
С повышенной опасностью	Характеризуются наличием в помещениях одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырости; токопроводящей пыли; токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.д.); высокой температуры; возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, — с другой
Особо опасные	Характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости; химически активной среды; одновременно двух или более условий повышенной опасности
Без повышенной опасности	Характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность

**Т а б л и ц а 2. Классификация помещений по характеру окружающей среды**

Класс	Характеристика (признаки)
Нормальное	Сухое помещение, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой
Сухое	Относительная влажность воздуха в помещении не превышает 60 %
Влажное	Пары или конденсирующаяся влага выделяются в помещении временно и в небольших количествах; относительная влажность воздуха в нем более 60, но не более 75 %
Сырое	Относительная влажность воздуха в помещении длительное время превышает 75 %
Особо сырое	То же, около 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой)
Жаркое	Температура воздуха в помещении длительное время превышает 30°С
Пыльное	По условиям производства технологическая пыль в помещении выделяется в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.д. Пыльные помещения подразделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью
С химически активной средой	По условиям производства в помещении содержатся (постоянно или длительно) пары или образуются отложения, разрушающе действующие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования

**Т а б л и ц а 3. Классы электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током**

№ п/п	Класс	Характеристика
1	0	Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классам II и III
2	0, I	Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию, элементы для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания
3	I	Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и элемент заземления
4	II	Изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления
5	III	Изделия, не имеющие ни внутренних, ни внешних электрических цепей с напряжением свыше 42 В**

\* В случае, если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

\*\* Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III в том случае, если они предназначены для присоединения непосредственно к источнику питания напряжением не выше 42 В. При использовании в качестве источника питания трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны; между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

**Т а б л и ц а 4. Характеристика степеней защиты персонала и электрооборудования**

Условное обозначение	Степень защиты	
0	Персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями оборудования от попадания внутрь оболочки посторонних твердых тел Защита отсутствует	Оборудования от проникновения воды внутрь оболочки Защита отсутствует
1	Защита от случайного соприкосновения большого участка поверхности тела человека с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки. Отсутствует защита от преднамеренного доступа к этим частям. Защита оборудования от попадания посторонних крупных твердых тел диаметром не менее 50,0 мм	Защита от капель сконденсированной воды. Капли сконденсированной воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать воздействия на оборудование, помещенное в оболочку

Условное обозначение	Степень защиты	
2	Защита от возможности соприкосновения пальцев с токоведущими или движущимися внутри оболочки частями. Защита оборудования от попадания посторонних твердых тел диаметром не менее 12,0 мм	Защита от капель воды. Капли воды, падающие на оболочку, наклоненную под углом не более 15° к вертикали, не должны оказывать воздействия на оборудование, помещенное в оболочку
3	Защита от соприкосновения инструмента, проволоки или других подобных предметов, толщина которых превышает 2,5 мм, с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки. Защита оборудования от попадания посторонних тел диаметром не менее 2,5 мм	Защита от дождя. Дождь, падающий на оболочку, наклоненную под углом не более 60° к вертикали, не должен воздействовать на оборудование, помещенное в оболочку
4	То же, толщина которых превышает 1 мм, с токоведущими частями внутри оболочки. Защита оборудования от попадания посторонних мелких твердых тел толщиной не менее 1 мм	Защита от брызг. Брызги воды любого направления, попадающие на оболочку, не должны воздействовать на оборудование, помещенное в оболочку
5	Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки. Защита оборудования от вредных отложений пыли	Защита от воздушных струй. Вода, выбрасываемая через наконечник на оболочку в любом направлении при условиях, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования, не должна оказывать воздействие на оборудование, помещенное в оболочку
6	То же, полная защита оборудования от попадания пыли	Защита от воздействий, характерных для палубы корабля (включая оборудование). При захлестывании морской волной не должна попадать в оболочку при условиях, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования
7	—	Защита при погружении в воду. Вода не должна проникать в оболочку при давлении в течение времени, указанного в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования
8	—	Защита при неограниченно длительном погружении в воду при давлении, указанном в стандарте или ТУ на отдельные виды электрооборудования. Вода не должна проникать внутрь оболочки

Требования, указанные в табл. 4, не распространяются на оболочки электрического оборудования, работающего во взрывоопасной среде, тропиках, а также на оболочки электробытовых приборов, провода, кабели и другие монтажные материалы, не относящиеся к оборудованию.

Т а б л и ц а 5. Условные обозначения степеней защиты оболочек электрического оборудования напряжением до 1 кВ

Степень защиты от проникновения воды внутрь оболочки	Степень защиты от соприкосновения с движущимися частицами и попадания посторонних тел						
	0	1	2	3	4	5	6
0	IP 00	IP 10	IP 20	IP 30	IP 40	IP 50	IP 60
1	IP 01	IP 11	IP 21	IP 31	IP 41	IP 51	—
2	—	IP 12	IP 22	IP 32	IP 42	—	—
3	—	IP 13	IP 23	IP 33	IP 43	—	—
4	—	—	—	IP 34	IP 44	IP 54	—
5	—	—	—	—	—	IP 55	IP 65
6	—	—	—	—	—	IP 56	IP 66
7	—	—	—	—	—	—	IP 67
8	—	—	—	—	—	—	IP 68

Условное обозначение степени защиты следующее: IP (International Protection); цифры — степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися частями оборудования и от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел; 1—8 — степень защиты оборудования от проникновения внутрь оболочки воды (см. табл. 4).

Например, условное обозначение IP23 расшифровывается так: оболочка электрического оборудования, предохраняющая персонал от возможности прикосновения пальцами к токоведущим или движущимся частям оборудования, предохраняющая оборудование от попадания твердых тел диаметром не менее 12,0 мм и от дождя, падающего на оболочку под углом не более 60° к вертикали.

Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, в условном обозначении допускается проставлять знак X вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется или испытание которого не производится, например, IPX2.

Условные обозначения степеней защиты наносят на оболочку изделия, или на табличку с паспортными данными, или в местах, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования. Если изделие состоит из электрооборудования, заключенного в различные оболочки, условные обозначения степеней защиты должны быть нанесены на каждую из них.

#### § 4. РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКА

Работы по строительству зданий и сооружений, монтажу технологического, санитарно-технического, электротехнического оборудования, автоматике и слаботочным устройствам выполняют в соответствии со специально разрабатываемой на каждый объект проектно-сметной документацией. При строительстве промышленных объектов рабочие чертежи должны содержать комплекты архитектурно-строительной, санитарно-технической, электротехнической и технологической документации.

При электромонтажных работах используют рабочие чертежи электротехнической части проекта, включающие техническую документацию на внешние и внутренние электрические сети, подстанции и другие устройства электроснабжения, силового и осветительного электрооборудования. Как правило, при разработке рабочих чертежей электротехнической части проекта предусматривается электромонтаж, основанный на комплектно-блочном методе с установкой электрооборудования укрупненными узлами. При этом методе не нужно при установке выполнять операции правки, сверления, регулировки, резки и др. Поэтому, принимая рабочую документацию, нужно обращать внимание на учет в ней требований индустриализации монтажных работ, а также механизации работ по прокладке кабелей, такелажу узлов и блоков электрооборудования и их установке.

При разработке проектной документации учитывают требования технологии электромонтажного производства организации, которая будет вести монтаж. В монтажной зоне (непосредственно на месте установки оборудования и прокладки электросетей в цехах, зданиях) монтажные работы заключаются в установке крупных блоков электротехнических устройств, сборке узлов и прокладке сетей. Поэтому рабочие чертежи комплектуют по их назначению: для заготовительных работ, т.е. для заказа блоков и узлов на предприятиях-изготовителях или в *мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ)*, и для монтажа электротехнических устройств в *монтажной зоне*.

Дыропробивные работы в процессе монтажа должны быть сведены проектом к минимуму. Проемы, ниши, отверстия для электромонтажа необходимо учитывать в чертежах архитектурно-строительной части проекта. Каналы или трубы для прокладки проводов, ниши, гнезда с закладными деталями для установки распределительных шкафов, штепсельных розеток, выключателей, звонков и звонковых кнопок следует предусматривать в рабочих чертежах строительных конструкций (железобетонных, гипсобетонных, керамзитобетонных панелях перекрытия, стеновых панелях и

перегородках, железобетонных колоннах и ригелях заводского изготовления).

Места установки электрооборудования и трассы прокладки электрических сетей должны быть увязаны с местами установки технологического и сантехнического оборудования и трассами других инженерных сетей. Монтаж внецеховых кабельных и воздушных линий осуществляют по чертежам прокладки указанных трасс линий с привязкой их к координатным сеткам здания и сооружения. Как правило, опоры ВЛ, их фундаменты, пересечения кабельных линий и кабельных сооружений выполняют по типовым чертежам.

Для монтажа силового электрооборудования разрабатывают поэтажные планы здания и цехов с указанием и координацией на них трасс прокладки питающих и распределительных силовых сетей и размещения шинопроводов, силовых питающих пунктов и шкафов, электроприемников и пускорегулирующих аппаратов, для монтажа электрического освещения — с указанием и координацией на них питающих и групповых сетей, светильников, осветительных пунктов и щитков.

При необходимости разрабатывают чертежи разрезов, узлов силовых и осветительных сетей и оборудования. Для производственных помещений со сложными коммуникациями при открытой или скрытой прокладке больших потоков труб для электропроводок разрабатывают план разводки труб с маркировкой, привязкой и отметкой их выходов, а также мест заложения по трассе.

Чертежи машинных залов и распределительных устройств, подстанций содержат план и разрезы объекта с указанием размещения узлов и блоков электрооборудования, прокладки сетей заземления, принципиальные и монтажные схемы главных и вторичных цепей, кабельные журналы.

Электромонтажное подразделение получает от заказчика проектно документацию и заказывает изготовление блоков и узлов электроустановок на предприятиях-изготовителях и на базах монтажных организаций.

На рабочих чертежах, передаваемых монтажной организации, ставят штамп или надпись: «Разрешен к производству» за подписью ответственного представителя заказчика. Заказчик передает монтажной организации также схемы и инструкции по монтажу, поступающие от предприятий-изготовителей оборудования.

Электромонтажные работы выполняют в соответствии с *проектом производства работ (ППР)*, включающем в себя:

проверку технологичности устанавливаемых в проектное положение электромонтажных и электротехнических конструкций;

отбор существующих приспособлений и устройств для безопасного выполнения работ.

Технологичность конструкций монтируемых элементов рассматривают с точки зрения удобств, безопасности их монтажа и возможностей применения необходимых средств механизации.

Далее выбирают грузоподъемные краны и другие машины для работы монтажников, определяют места их размещения и схемы движения на строительной площадке. В зоне работы машин определяют места установки знаков безопасности и предупредительных надписей.

Во избежание падения работающих монтажников с высоты в проекте производства работ предусматривают: максимально возможное сокращение объемов верхолазных работ за счет конвейерной или укрупненной сборки конструкции и крупноблочного монтажа; устройство постоянных ограждающих конструкций (ограждений, лестничных маршей и балконов); применение надежных временных ограждающих устройств, удовлетворяющих требованиям техники безопасности, определяют работы, которые могут быть выполнены на земле.

## **§ 5. БУКВЕННЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ**

Схемой электрической цепи называют ее графическое изображение с условными обозначениями элементов и их соединений.

В соответствии с ГОСТ 2.701—68 «Схемы виды и типы. Общие требования к выполнению» шифры схем (входящих в состав ЕСКД) состоят из буквы, определяющей виды схемы, и цифры, обозначающей тип схемы.

Электрическую схему обозначают буквой Э, а тип ее — цифрами:

1 — структурная; 2 — функциональная; 3 — принципиальная; 4 — соединений (монтажная); 5 — подключения; 6 — общая; 7 — расположения.

Структурная схема представляет основные функциональные части установки, их назначение и взаимосвязь с помощью простых геометрических фигур (прямоугольников) и линий (рис. 1.1). Графическое построение и компоновка схемы должны обеспечить наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в установке. Схему используют для общего ознакомления с установкой.

Функциональная схема разъясняет процессы, происходящие в отдельных функциональных частях или во всей установке. Функциональные части и связи между ними представляют,



Рис. 1.1. Структурная схема электрооборудования компрессорной станции

как правило, в виде условных графических обозначений, причем отдельные устройства и функциональные группы могут изображаться в виде квадратов и прямоугольников (рис. 1.2). На схеме помещают надписи, диаграммы, или таблицы, поясняющие последовательности процессов во времени, а также указывают параметры в характерных точках: величины токов, напряжений, формы и амплитуды импульсов. Функциональные схемы используют для изучения принципов работы установки, а также при наладке, регулировке, контроле и ремонте.

Принципиальная электрическая схема определяет полный состав элементов и связи между ними, дает подробную информацию о принципе работы установки (рис. 1.3).

Размеры условных графических обозначений табл. 6 на принципиальных электрических схемах определяет ГОСТ 2.747—68.

Правила выполнения электрических схем даются в ГОСТ 2.702—75, а гидравлических и пневматических соответственно в ГОСТ 2.703—68 и 2.704—68.

Нестандартные условные обозначения на чертеже схемы должны быть пояснены.

При изображении на схеме различных функциональных групп (силовые цепи и цепи управления, цепи первичной и вторичной коммутации) их вычерчивают линиями различной толщины. При

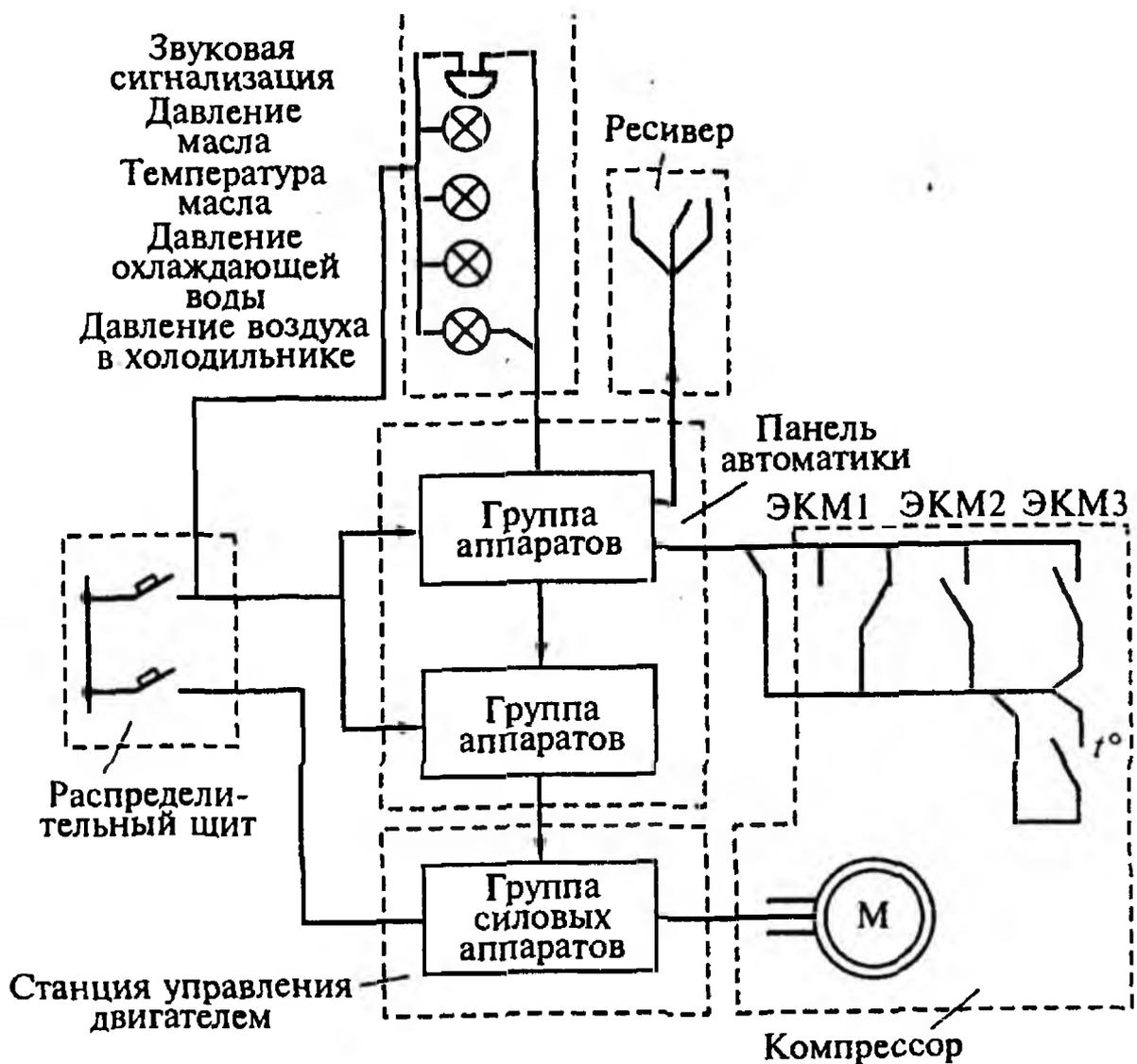


Рис. 1.2. Функциональная схема

выделении цепей можно применять линии толщиной до 1 мм. Все элементы, включенные в одну цепь, вычерчивают линией одной толщины.

Условные обозначения в принципиальных элементных схемах защиты и управления (табл. 7) обычно вычерчивают для отключенного положения, т. е. без напряжения на катушках аппаратов и в цепях управления, и без механических воздействий на аппараты (начальное положение схемы).

Для полного понимания работы схемы допускается в нее вносить позиционное обозначение. Цифровое позиционное обозначение вписывают в окружность и проставляют на схеме рядом с условными обозначениями элементов.

Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме, считая, как правило, сверху вниз в направлении слева направо.

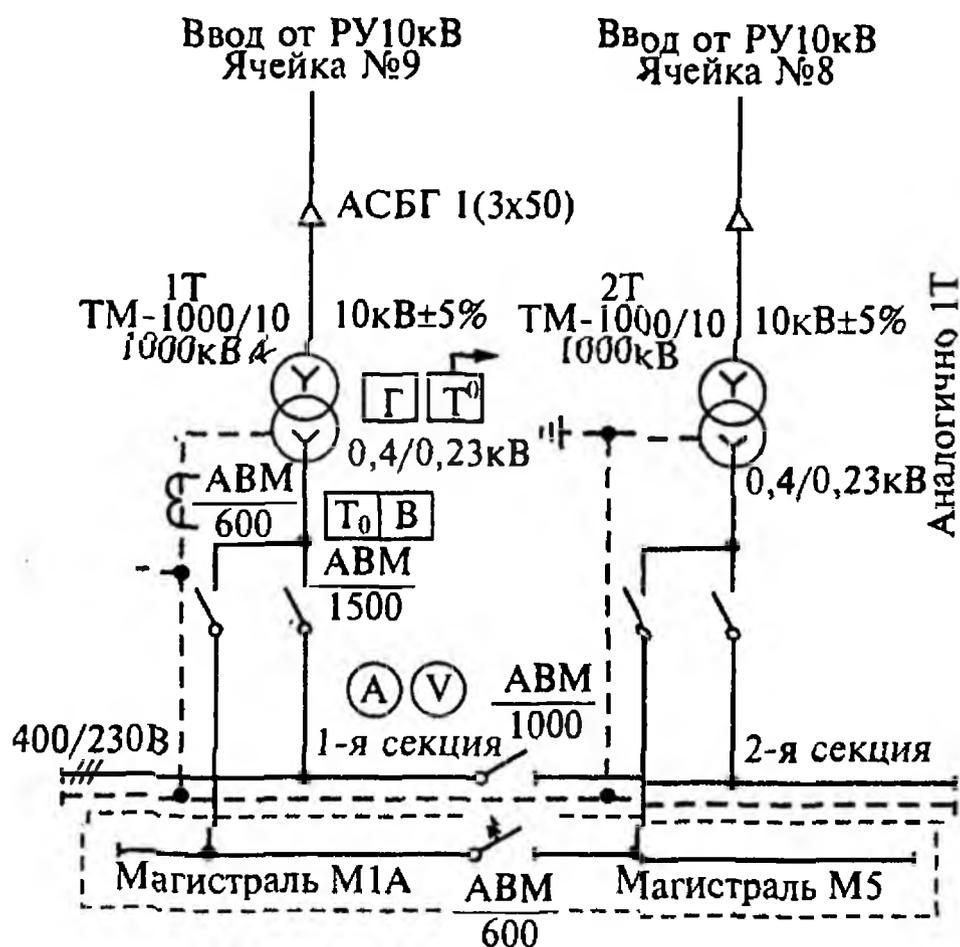


Рис. 1.3. Принципиальная схема внутрицеховой подстанции

Каждый элемент, изображенный на схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, составленное из буквенного обозначения и порядкового номера.

Буквенное обозначение представляет собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например: трансформатор — Тр; разрядник — Рр.

Буквенные позиционные обозначения некоторых элементов приведены на рис. 1.4.

Данные о всех элементах, отображенных на принципиальной схеме, записывают в перечень элементов в виде табл. 8, помещаемой на первом листе схемы или отдельно на формате 11 как самостоятельный конструкторский документ.

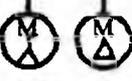
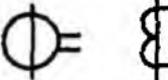
Принципиальные схемы используют для изучения принципа работы электрооборудования, при наладке, контроле и ремонте, а также при разработке схем соединений и монтажных чертежей.

Схема соединений показывает соединения составных частей электроустановки и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляют эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, разъемы и т. п.).

Т а б л и ц а 6. Графические обозначения устройств защиты и автоматики

№ п/п	Наименование	Обозначение
1	Комплект защиты с реле прямого действия Общее обозначение	
2	Комплект защиты с реле косвенного действия. Общее обозначение	
2	Комплект защиты, действующий на сигнал (с реле косвенного действия). Общее обозначение	
3	Комплект защиты, имеющий орган избирательности. Общее обозначение	
4	Защита максимальная токовая без выдержки времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	
6	Токовая отсечка без выдержки времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	
7	Защита максимальная токовая нулевой последовательности без выдержки времени	
8	Токовая отсечка нулевой последовательности без выдержки времени	
9	Защита минимального напряжения без выдержки времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	
10	Защита газовая	
11	Защита от повышения температуры масла с действием на сигнал	
12	Защита максимальная токовая с выдержкой времени: а) с реле прямого действия; б) с реле косвенного действия	
13	Защита максимальная токовая с выдержкой времени, действующая на сигнал	

Т а б л и ц а 7. Условные графические обозначения в электрических схемах

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Машина электрическая (общее обозначение)		Камера выкатного типа с масляным выключателем	
Генератор трехфазный (общее обозначение)			
Двигатель трехфазный (общее обозначение)		Камера стационарная с масляным выключателем	
Машина асинхронная с фазным ротором			
Машина асинхронная с короткозамкнутым ротором		Разрядник. Общее обозначение	
Машина синхронная		Конденсаторная батарея. Общее обозначение	
Трансформатор трехфазный с регулированием под нагрузкой с выведенной нулевой точкой		Реле. Общее обозначение	
Трансформатор тока		Диод полупроводниковый	
Разъединитель		Обмотка теплового реле	
Выключатель нагрузки		Обмотка реле напряжения	
Автоматический выключатель		Обмотка реле токовая	
Короткозамыкатель		Обмотка магнитного пускателя или контактора Общее обозначение	
Отделитель		Предохранитель плавкий. Общее обозначение	
		Контакты реле	

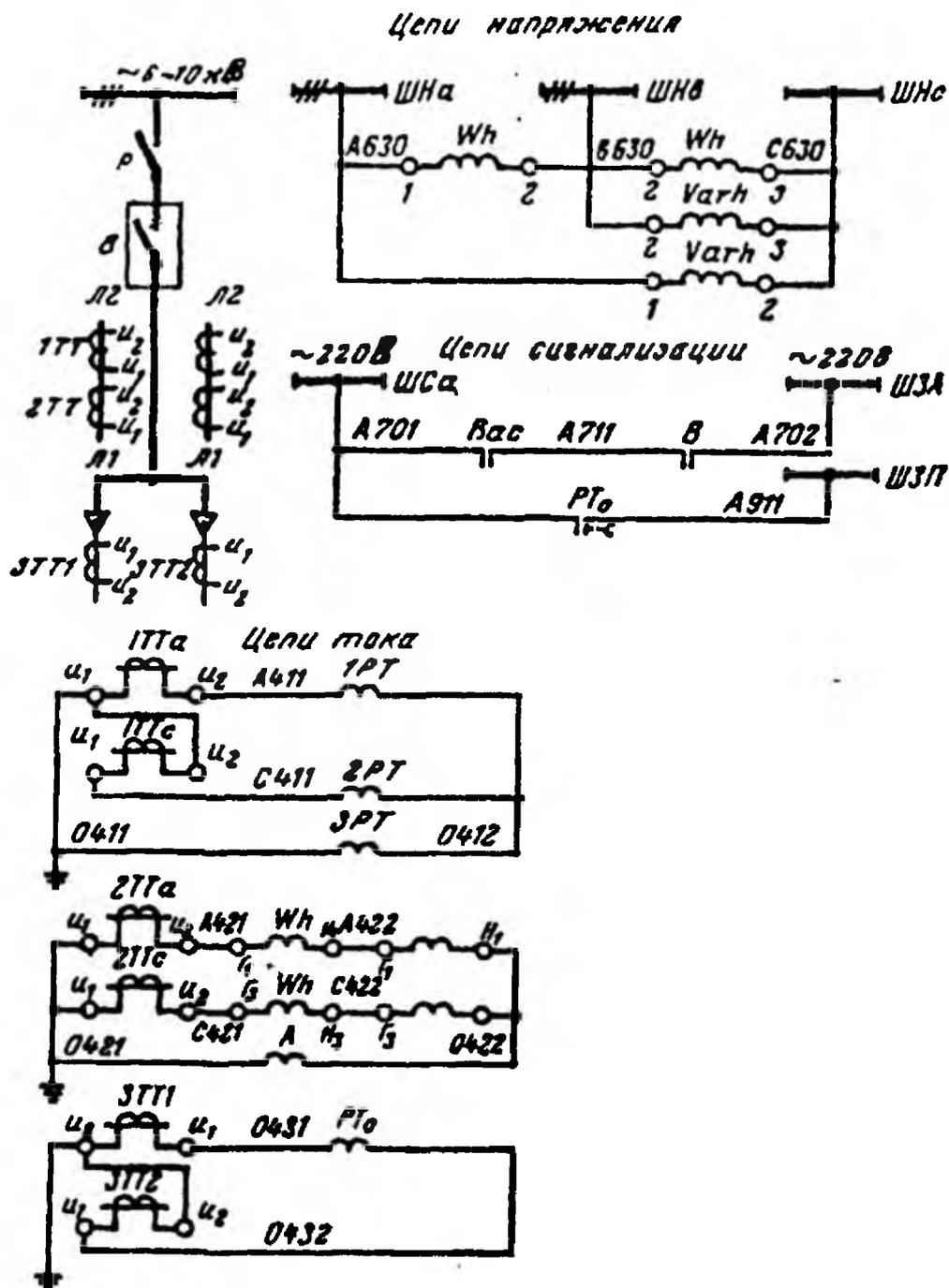


Рис. 1.4. Принципиальная схема управления и защиты присоединения 6—10 кВ

Расположение условных графических обозначений элементов на схеме должно по возможности отражать их действительное расположение.

Элементы, входящие в состав изделия, на схеме изображают в виде условных графических обозначений, а устройства в виде прямоугольников или внешних очертаний.

На схеме около условных графических обозначений элементов указывают обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

Т а б л и ц а 8. Перечень электрооборудования к схеме рис. 1.4.

Обозначение	Наименование	Тип	Технические данные	Количество
PT <sub>0</sub>	Реле тока	РС		1
Varh	Счетчик	СРЧУ	Реактивной энергии	1
Wh	Счетчик	САЗУ	Активной энергии	1
A	Амперметр	ЭЗО	Шкала	1
3ТТ, 2ТТ	Трансформатор тока		100/5	2
1ТТ, 2ТТ	Трансформатор тока		100/5	2
P	Разъединитель			1
3РТ	Реле тока	РТВ	С зависимой характеристикой 5—15 А 1—5	1
1РТ, 2РТ	Реле тока	РТМ	Мгновенное 5—15 А	2
Вас	Контакт аварийной сигнализации	КСА-2	2РЩ	1
В	Блок-контакт выключателя	КСА-8	4 Н. О., 4Н. З.	1
В	Выключатель			1

Около условных графических обозначений допускается указывать номинальные величины основных параметров (сопротивление, емкость и т. п.) или тип элемента.

Для упрощения изображения можно вычерчивать отдельные провода, идущие на схеме в одном направлении в виде общей линии. При подходе к контактам каждый провод изображают отдельной линией (рис. 1.5).

Схему соединений можно выполнять по адресной системе (рис. 1.6). Адреса помещают у одной и другой клемм.

Данные о проводах и кабелях на схеме соединений указывают непосредственно около изображений соединений. При применении условных обозначений кабелей и проводов, на поле схемы помещают их расшифровку.

При большом количестве электрических соединений данные о проводах и кабелях, а также адреса их присоединений сводят в табл. 9

Т а б л и ц а 9

Номер провода	Откуда идет			Куда поступает			Данные провода	Примечания
	Устройство	Элемент	Контакт	Устройство	Элемент	Контакт		

Схемы соединений используют при монтаже, наладке, контроле, ремонте и эксплуатации.

На схемах подключений показывают полный объем и характеристики электрических и трубных проводок, прокладываемых вне

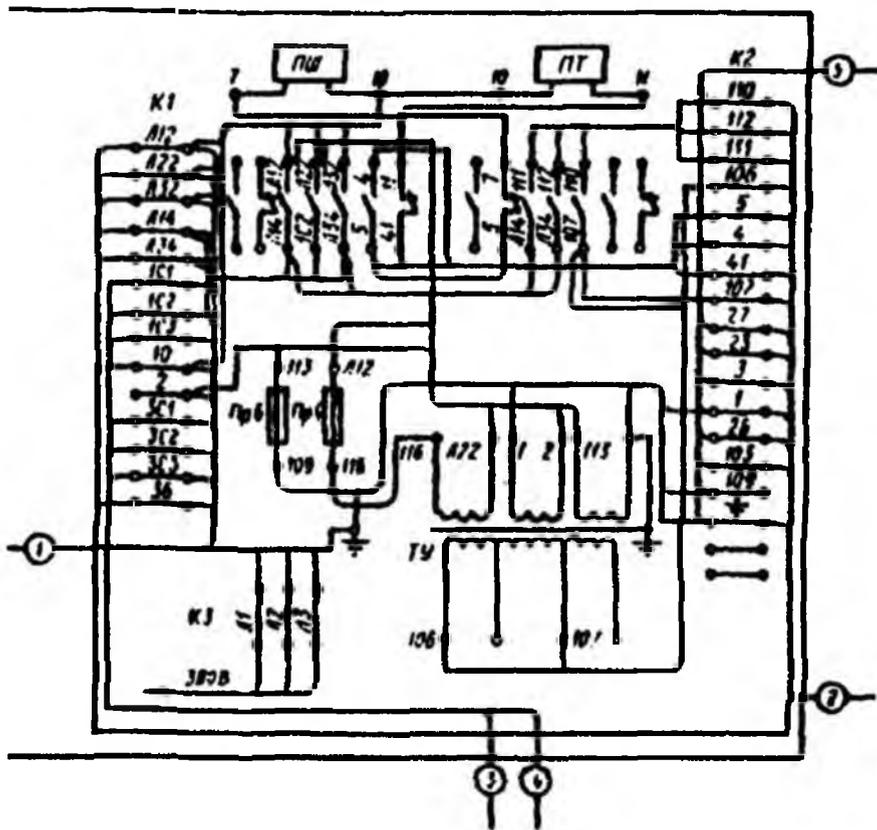


Рис. 1.5. Монтажная схема с указанием направлений прокладки проводов

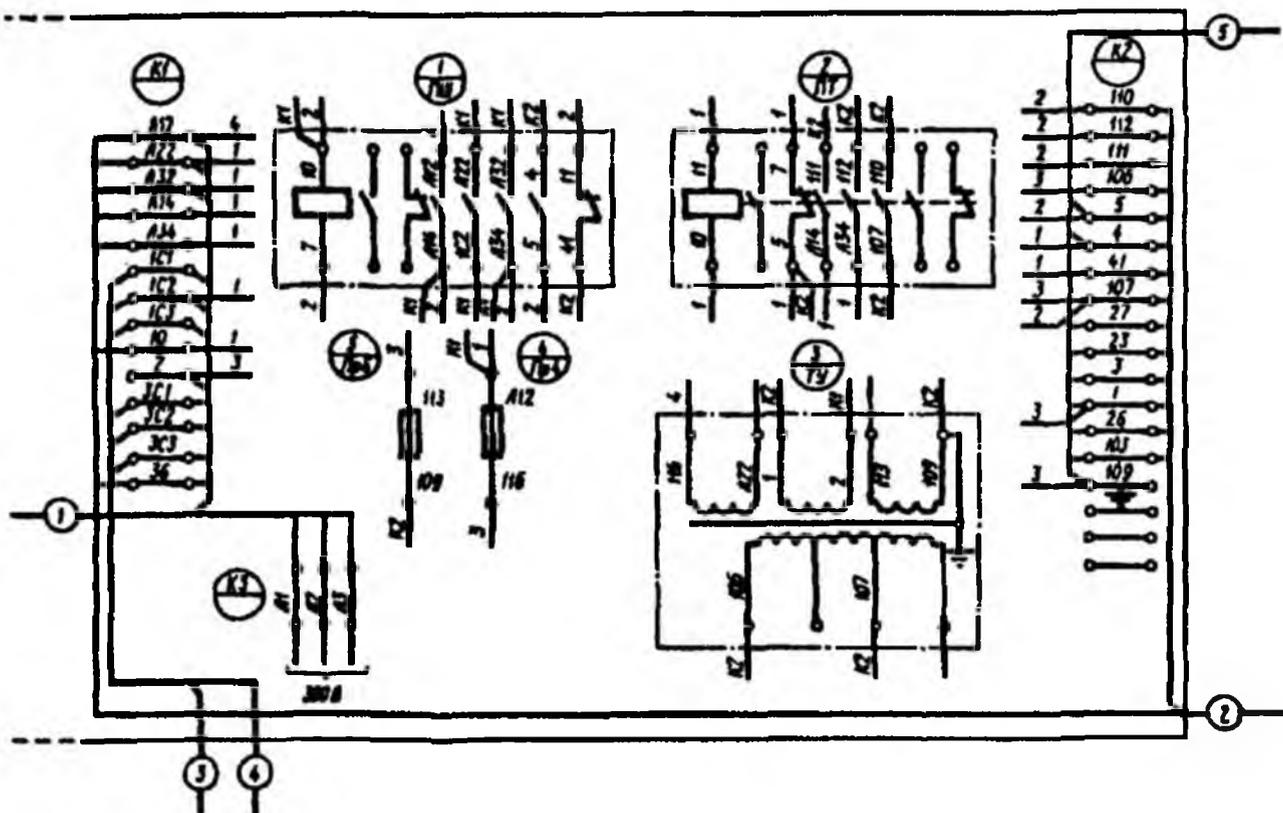


Рис. 1.6. Схема соединений, выполненная по адресной системе

щитов, шкафов и пультов (рис. 1.7). В условных обозначениях изображают устанавливаемые вне шкафов приводы, исполнительные механизмы, сенсорные устройства (датчики), источники снабжения воздухом, электроэнергией, маслом и пр., соединительные и проходные коробки, к которым подводят трубы, кабели или провода. На каждый элемент дают ссылки на позицию по принципиальной схеме.

Электрооборудование и проводки на планах обозначаются по ГОСТ 2.754—72.

В зависимости от насыщенности оборудованием и от величины объекта планы изображают в различных масштабах. Возможно совмещение планов силовой и осветительной сетей.

При разработке схем — необходимо прежде всего знать проектируемый объект (конструкцию, технологическое оборудование, характеристику помещений). Это позволяет правильно расставить электрооборудование, расположить трассы сетей и уточнить способ их прокладки.

Строительную часть здания и оборудование на планах показывают тонкими линиями.

Сети (силовые и осветительные) при вычерчивании должны выделяться на плане.

Сеть, идущую в трубах в полу, показывают по кратчайшим расстояниям.

Трассу линий показывают с указанием способа прокладки, над линией (или на выноске) силовой сети пишется марка кабеля (провода) и род прокладки.

В соответствии с ГОСТ 2.754—72 прокладки проводов и кабелей обозначают:

в металлических трубах	— Т
в пластмассовых	— П
в металлорукавах	— Мр
на изоляторах	— И
на клицах	— К
на тросе	— Тс

На планах освещения для каждого помещения указывают: нормируемую освещенность (200 лк), мощность ламп светильника записывают в числителе, высоту подвеса светильника над полом — в знаменателе, например

$$\text{ЛДОР } \frac{2 \times 80}{4,5}$$

У каждого, указанного на плане электроприемника (ЭП) ставят цифровое обозначение. В числителе указывают номер ЭП, а в знаменателе — номинальную мощность.

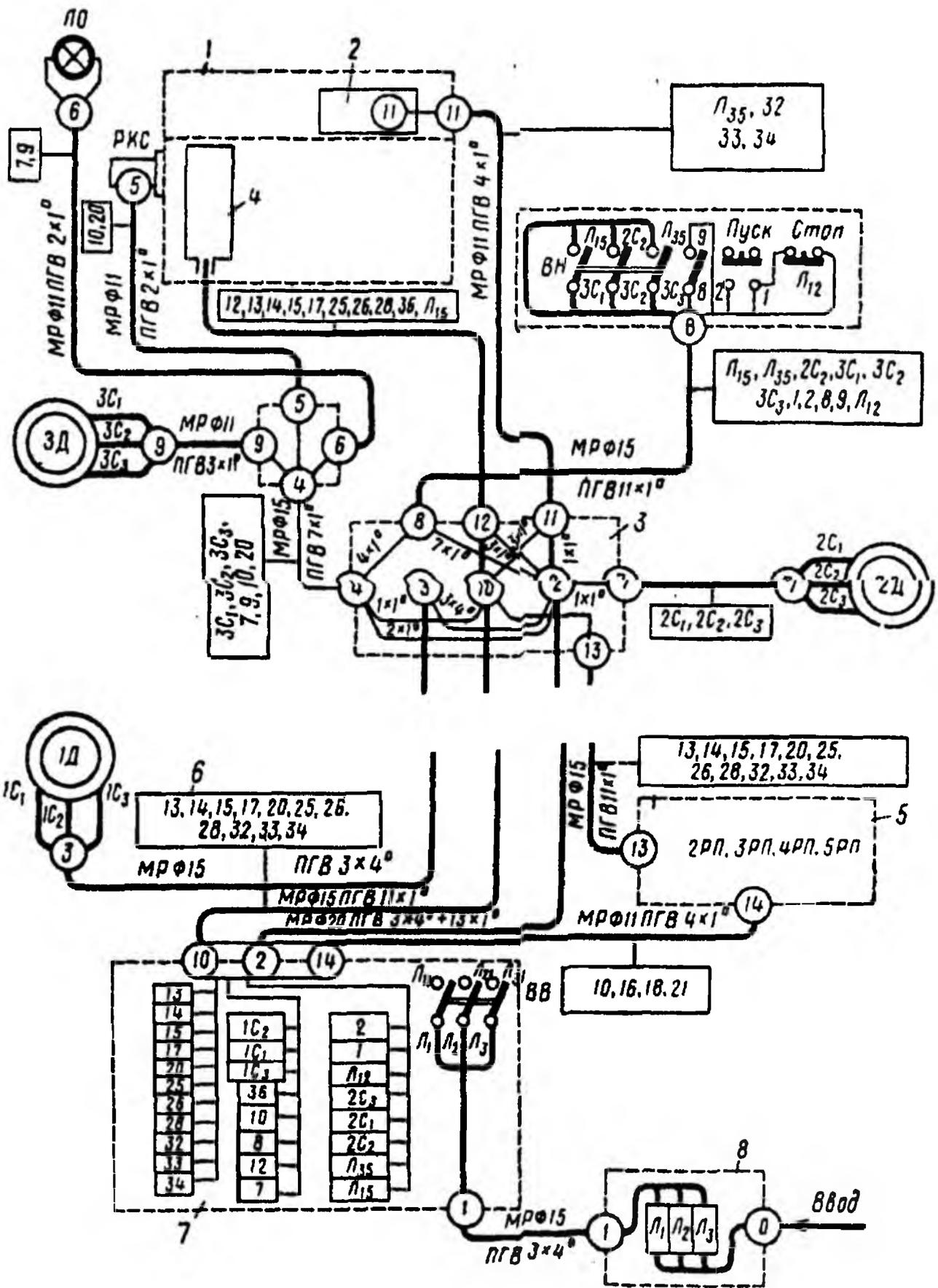


Рис. 1.7. Схема присоединений электрооборудования станка:

1 — коробка скоростей; 2 — электрозолотниковый блок; 3, 8 — разветвительная коробка;  
 4 — пульт управления шпинделем станка; 5 — блок реле; 6 — бирка; 7 — электрошкаф  
 (пристроенный); 8 — вводная коробка

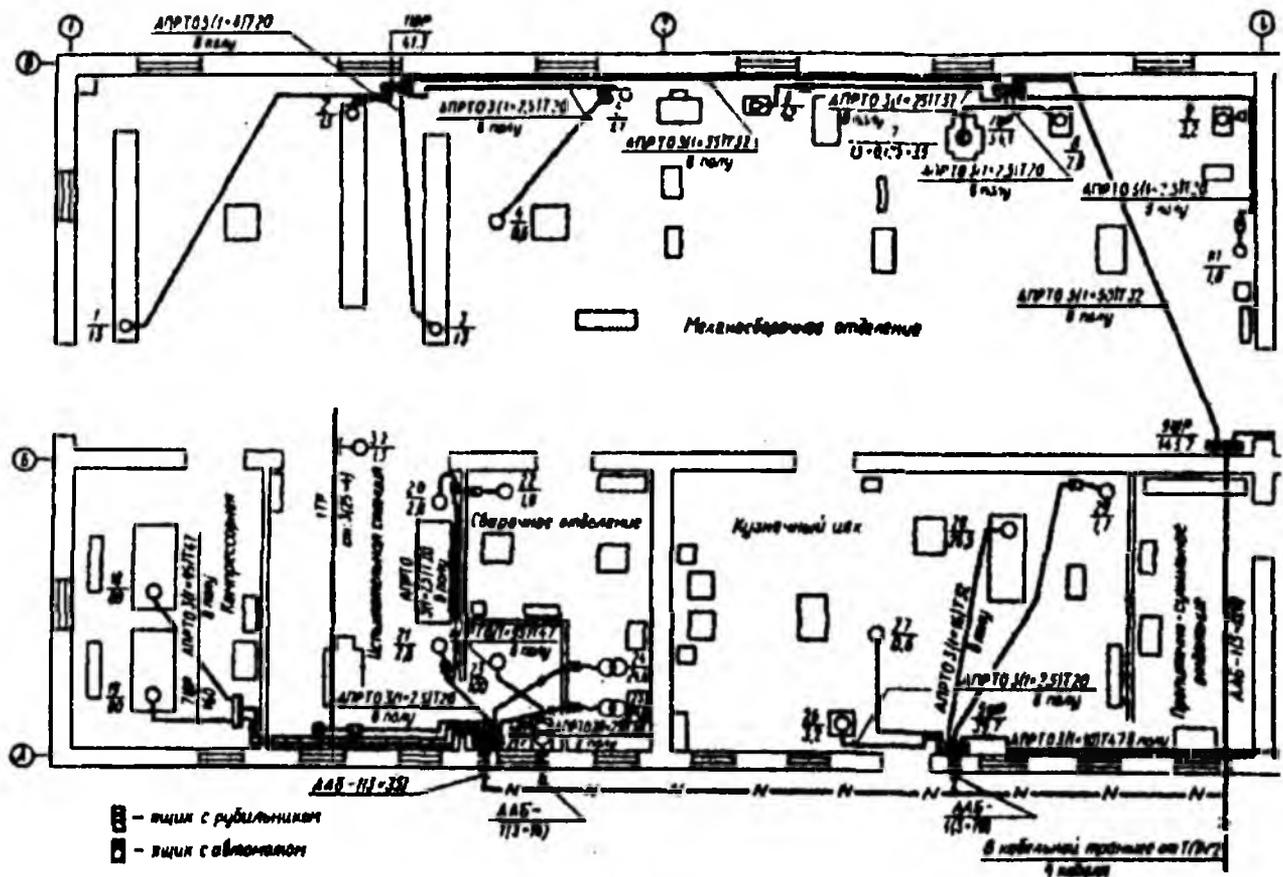


Рис. 1.8. План силовой сети

Пример выполнения плана силовой сети приведен на рис. 1.8.

Питание шкафа распределительного (ШР) осуществляется кабелями ААБ от ТП № 2. При наличии в цехе КТП вместо питающих кабелей могут быть применены шинопроводы.

Нестандартизованные обозначения (ящик с рубильником и ящик с автоматом) расшифровывают на свободном поле чертежа.

План сети освещения представлен на рис. 1.9.

Надписи у групповых щитков составляют с помощью условных обозначений и означают, например, для щитка рабочего освещения:

- 1 — номер щитка по плану;
- 8,7 — установленная мощность, кВт;
- 2,1 — потеря напряжения до щитка, %;
- ПР 9232—308 — тип щитка.

На одном листе с планом сети помещают перечни элементов освещения (табл. 10) и щитков (табл. 11).

Штрихи на линиях групповой сети означают количество проводов в линии. При двух проводах в линии черточки не наносят.

На поле чертежа плана сети могут быть даны дополнительные пояснения к чертежу, не отраженные непосредственно на плане.

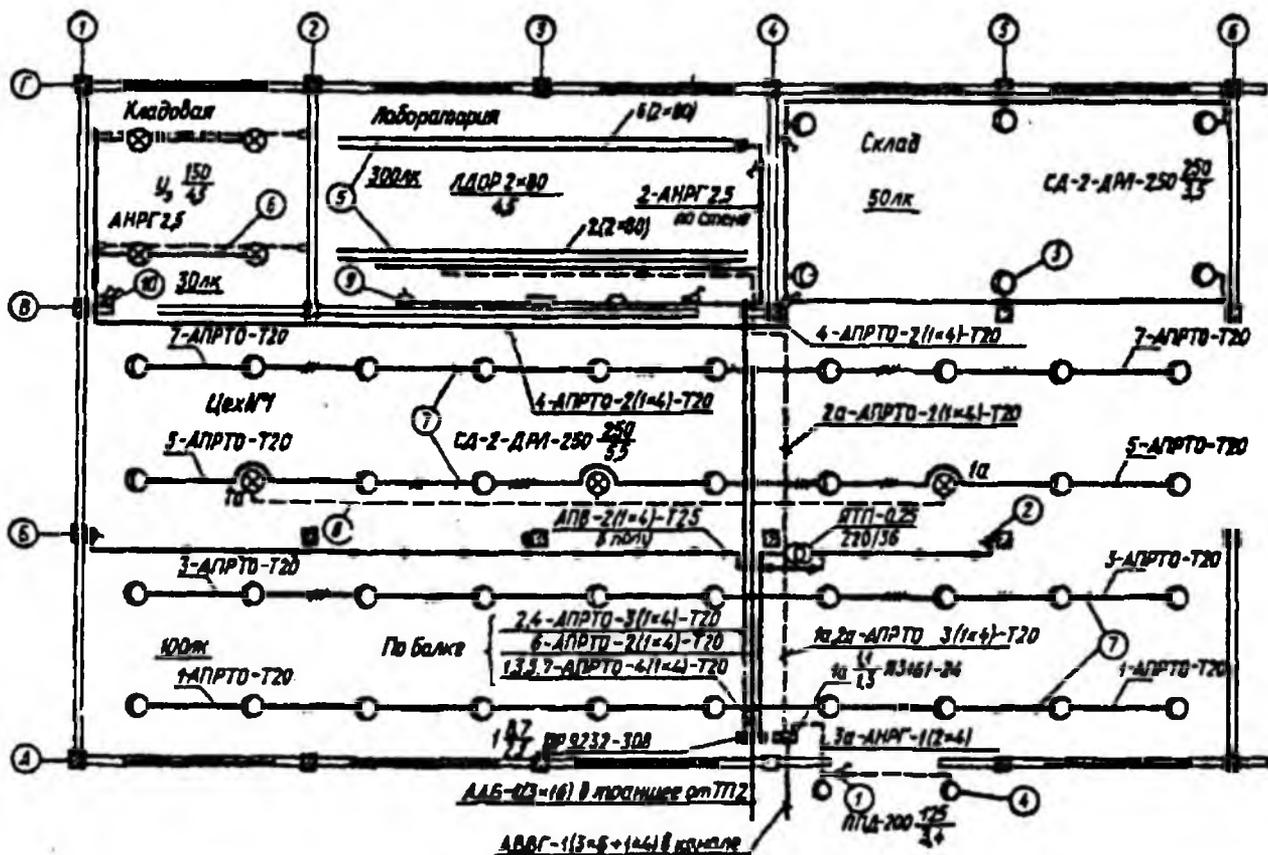


Рис. 1.9. План сети освещения

Таблица 10. Перечень элементов (к рис. 1.9)

Позиц. обознач.	Обознач.	Наименование	Количество	Примечания
1	000	Коробка с герметичным выключателем 250 В, 6 А	3	
2	050	Коробка с двухполюсной штепсельной розеткой 36 В У-86-Р6	3	
3	000	Светильник СД-2-ДРЛ-250-2 на кронштейне У114	6	
4	000	Светильник ПЛД-ДРЛ-125 на кронштейне КР-7 м	2	
5	000	Линия с шестью светильниками ЛДОР 2 x 80 на коробе	2	
6	000	Линия с двумя светильниками Уз-200 (кабель на тросе)	2	
7	000	Линия с десятью светильниками СД-2-ДРЛ-250-2 (провода в трубе)	4	
8	000	Линия с тремя светильниками У-200 (провода в трубе)	1	
9	000	Штепсельная розетка защищенная	2	
10	000	Выключатель защищенный	6	

Т а б л и ц а 11. Таблица щитков (к рис. 1.9)

Распределительный пункт			№ автоматов				Установка расцепи- теля авто- мата, А
№	Тип	Установ- ленная мощность, кВт	занятых		резервных		
			однопо- люсных	трехпо- люсных	однопо- люсных	трехпо- люсных	
1	ПР9232-308	8,7	1—7	—	8—12	—	20
1 а	ЯЗ161-24	1,1	1, 2, 3	—	—	—	20

Расчетная схема является дополнением к плану сети. Ее составляют, как правило, для силовой сети. На схеме указывают тип и номер шкафа по плану, расчетные длительные и пиковые токи участков, длины, марки и сечения проводов (кабелей) участков, номера механизмов по плану, их наименование и установленную

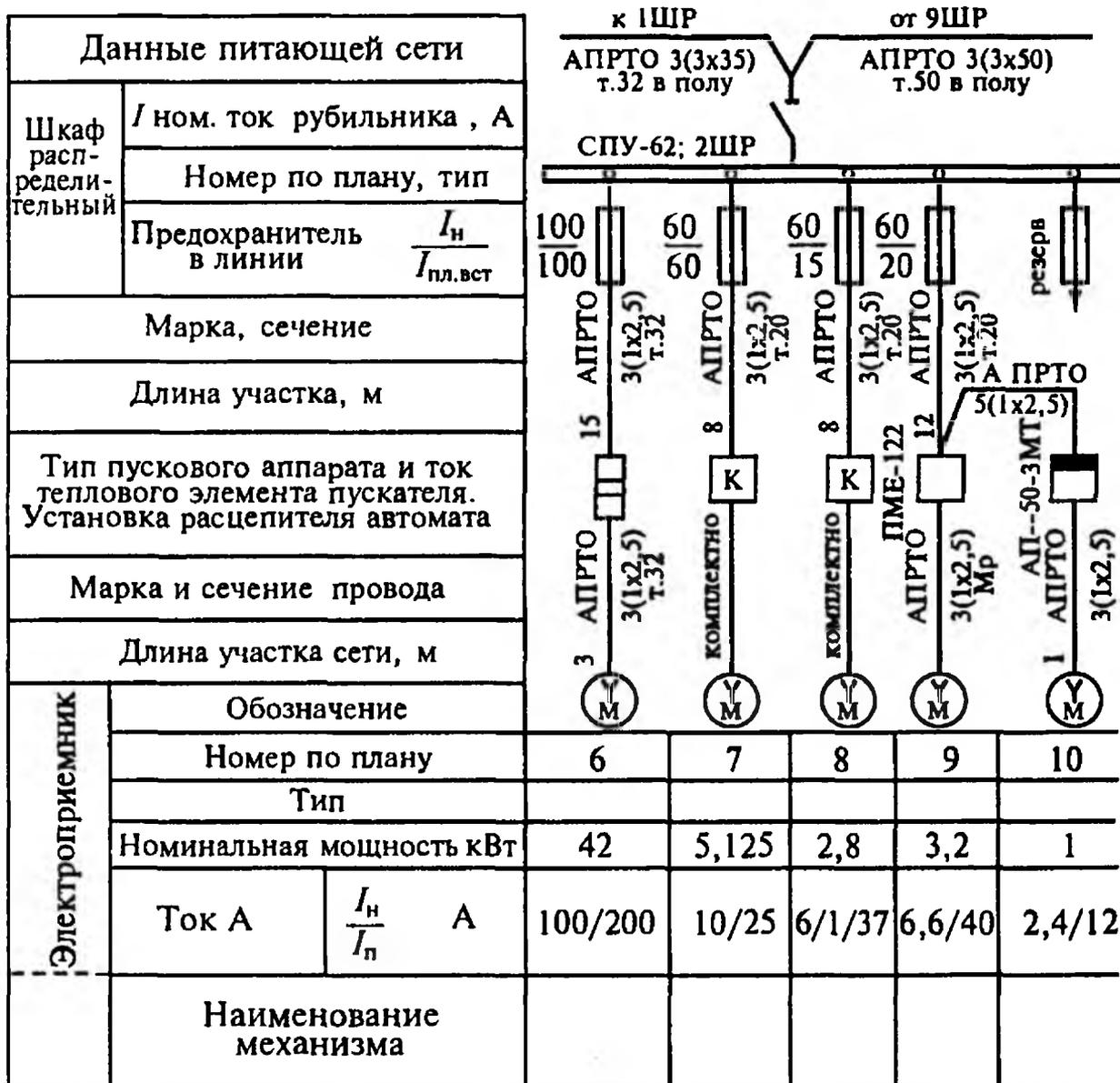


Рис. 1.10. Пример расчетной схемы распределительного шкафа

мощность. Пусковые аппараты, шины, тип которых не указан, поставляют комплектно. Пример расчетной схемы для шкафа 2ШР приведен на рис. 1.10.

## § 6. ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Технология производства монтажных работ — это последовательный и неразрывный комплекс организационно-технических и инженерных мероприятий, обеспечивающих ввод в действие вновь строящихся и реконструируемых объектов. Монтажные работы выполняют специализированные организации на основании договоров с заказчиками — предприятиями и организациями, имеющими бизнес-план, утвержденную и согласованную проектно-сметную документацию и соответствующие инвестиции. Заказчик заключает договор с подрядной организацией — генеральным подрядчиком, который несет полную ответственность за монтаж оборудования в установленные сроки. При необходимости генподрядчик на договорных началах может привлекать к выполнению определенных видов работ специализированные организации, выступающие в роли субподрядных.

Для производства монтажных работ заказчик передает генподрядчику в установленные сроки техническую документацию и сметы на объект в целом или на этапы работ. Если в переданную проектно-сметную документацию заказчик вносит в установленном порядке изменения, то он обязан не позднее чем за 15 дней до начала производства работ дополнительно передать необходимое число экземпляров измененной документации и перечень аннулированных чертежей. Заказчик обязан возместить подрядчику все затраты и убытки, связанные с изменением ранее выданной проектно-сметной документации.

Одним из важнейших направлений технического прогресса в монтажном производстве является *индустриализация*. Она предусматривает две основные цели:

1. Перенос максимальных объемов монтажных работ из монтажной зоны на заводы и производственные базы монтажных организаций. Здесь могут быть обеспечены наиболее производительные методы работ с применением совершенных станков и приспособлений.

2. Параллельно с производством строительных работ готовить электрооборудование, электроконструкции и электропроводки, скомплектованные в укрупненные блоки и узлы.

Индустриализация обеспечивает ускорение темпов производства монтажных работ и снижение их стоимости. Кроме того, массовое заводское производство комплектных крупноблочных устройств и

узлов улучшает качество электроустановок по сравнению с монтажом оборудования и устройством проводок на месте монтажа из оборудования и материалов, поставляемых россыпью в монтажную зону.

Применение крупноблочных устройств и монтажных узлов также облегчает эксплуатацию электрохозяйства предприятий. Наконец, крупноблочные комплектные устройства сокращают объем строительных работ, так как они во многих случаях могут быть установлены непосредственно в цехах, без постройки специальных помещений.

Заводы электротехнической промышленности и специализированных электромонтажных организаций выпускают в настоящее время широкий ассортимент крупноблочных комплектных устройств:

комплектные распределительные устройства (КРУ), комплектные трансформаторные подстанции (КТП), комплектные преобразовательные подстанции (КПП), комплектные выпрямительные подстанции на полупроводниках (КВП), комплектные конденсаторные установки (ККУ), комплектные щиты управления механизмами с магнитными станциями, скомплектованными с сопротивлениями в стальных шкафах, распределительные силовые и осветительные пункты, распределительные и магистральные токопроводы и пр.

Если такие типовые крупноблочные устройства, как КРУ, КТП, щиты и пр., могут быть предусмотрены в проекте, то укрупнение узлов силовых и осветительных сетей применительно к специфике данного производства осуществляется путем разработки чертежей группами подготовки производства и выполняется в монтажных организациях.

В последнее время крупные проектные институты разрабатывают типовые монтажные узлы различных видов электропроводок с применением заводских монтажных изделий. Выпущено большое количество таких альбомов, которые не только сокращают объем проектных работ, но и значительно облегчают работу групп подготовки производства и предварительную сборку укрупненных монтажных узлов в мастерских монтажных организаций.

Одним из основных принципов внедрения индустриальных методов работ является организация монтажа в две стадии.

**П е р в а я с т а д и я** предусматривает производство всех подготовительных и заготовительных работ. На этой стадии внутри сооружений и зданий выполняют монтаж опорных конструкций для установки электрооборудования, прокладки кабелей, проводов, шиннопроводов, троллеев, монтаж стальных и пластмассовых труб для электропроводок, прокладку проводов скрытой проводки до штукатурных и отделочных работ, а вне зданий и сооружений — монтаж

кабельных сетей и сетей заземления. Перечисленные работы выполняют в сооружениях и зданиях по совмещенному графику — совместно с проведением основных строительных работ. На этой же стадии в мастерских заготавливают узлы и пакеты силовых и осветительных электропроводок; собирают блоки электрооборудования, производят предварительную регулировку электрооборудования, проверяют и испытывают аппаратуру и машины на стендах и т.п.

На второй стадии монтируют электрооборудование (укрупненные узлы и блоки), прокладывают кабели и провода (узлы и пакеты), шинопроводы и подключают кабели и провода к выводам электрооборудования. В электротехнических помещениях (ЗРУ, машинных залах, помещениях распределительных щитов, постов и станций управления, камерах трансформаторов, кабельных поэтажах, туннелях и каналах) работы второй стадии выполняют после завершения комплекса общестроительных, отделочных работ и монтажа санитарно-технических устройств.

В других (производственных неэлектротехнических) помещениях и зонах, в том числе пролетах цехов, ЭМР второй стадии выполняют после установки технологического оборудования, монтажа технологических, санитарно-технических трубопроводов и вентиляционных коробов. Электромонтажные работы второй стадии, выполняемые одновременно с работами смежных специализированных организаций, осуществляют в последовательности, установленной сводным сетевым графиком, в котором отражены вопросы техники безопасности при совместном выполнении работ разными организациями. Эти меры предусматривают защитные устройства при необходимости одновременного производства работ на разных отметках в одном помещении.

## **§ 7. ПРОЕКТ ПОДГОТОВКИ И ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ (ППР)**

Проект подготовки и производства электромонтажных работ (ППР) в большинстве случаев разрабатывают группы подготовки производства монтажных организаций. По отдельным крупным и сложным объектам ППР разрабатывают проектные организации.

На первом этапе составления ППР тщательно изучают техническую документацию. Иногда между выпуском проектной организацией рабочих чертежей и началом монтажных работ проходит значительное время, в течение которого могут появиться новые типы оборудования, заводские монтажные изделия, более передовые приемы монтажной технологии. В этих случаях при разработке ППР в проект вносят необходимую корректировку соответственно достигнутому на данный момент техническому уровню проектиро-

вания и монтажной технологии. Однако первой и главной задачей ППР является тщательная разработка промышленных методов монтажа, механизации и внедрения наиболее рациональных форм организации труда.

Основными разделами ППР являются:

- краткая характеристика монтажного объекта с приведением физических и объемных показателей;
- перечень вносимых в проект изменений и дополнений с приложением документов об их согласовании;
- расчеты трудозатрат, численности и фондов заработной платы;
- эскизы или чертежи укрупненных блоков и узлов с указаниями (в случае необходимости) способов такелажа, транспортировки и монтажа блоков;
- ведомости закладных деталей, которые необходимо изготовить и установить в процессе строительных работ;
- ведомости заказов на заводские монтажные изделия и на конструкции, подлежащие изготовлению в мастерских монтажно-заготовительного участка (МЗУ);
- комплектные ведомости на электрооборудование отдельно: а) для поставки в МЗУ и б) для доставки непосредственно в монтажную зону;
- спецификации на кабельную продукцию, трубы и металл с разбивкой по отдельным зонам монтажа;
- калькуляции и наряды для предварительной выдачи их рабочим МЗУ и монтажных участков;
- указания по монтажной технологии и механизации работ;
- указания по технике безопасности с приложением эскизов ограждений, подмостей и т.п.;
- указания о порядке сдачи работ в эксплуатацию с приложением форм технической документации;
- графики производства работ, увязанные с общим графиком строительства объекта.

В зависимости от объема и сложности монтируемого объекта ППР могут быть полные и сокращенные.

Логическим развитием ППР является автоматизированная система планирования и управления строительно-монтажными работами (АСУ). Она широко внедряется на крупных стройках. Основным элементом АСУ служит *сетевой график*, который устанавливает взаимосвязь и последовательность всех технологических операций по созданию нового объекта, включая поступление проектной документации, поставку материалов, оборудования и завоз необходимых механизмов. Продолжительность работ в сетевом графике определяется по нормативам трудовых затрат и представляет собой трудоемкие расчеты, выполняемые с помощью ЭВМ.

Сетевые графики могут быть комплексными (по всем видам

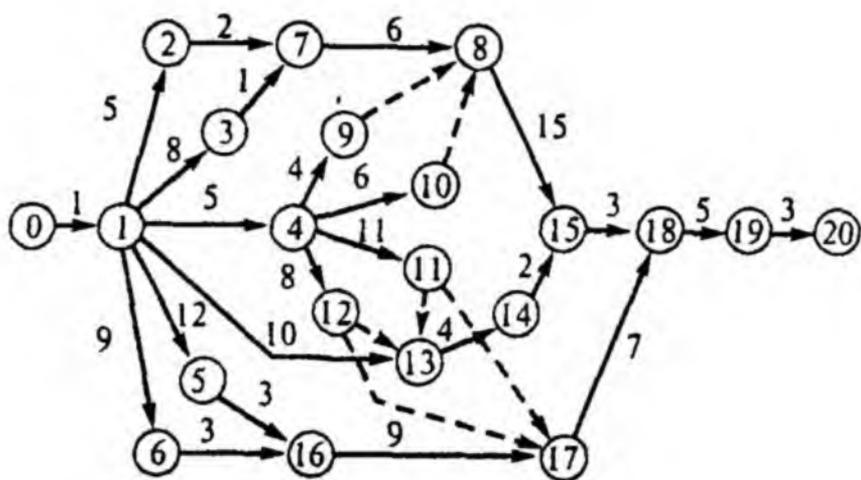


Рис. 1.11. Сетевой график проведения монтажных работ

работ при сооружении объекта) и локальными (по отдельным видам работ, в том числе по электромонтажным). Пример локального сетевого графика электромонтажа компрессорного агрегата (КА) с общей продолжительностью работ 40 дней приведен на рис. 1.11.

Основными составляющими сетевого графика являются «события» и «работы».

**С о б ы т и е** — факт окончания одной или нескольких предшествующих ему работ. Событие, не имеющее предшествующих работ, называют начальным, а последующих работ — конечным. На сетевом графике события обозначают в виде круга, в котором указывают номер.

**Р а б о т а** — производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов. Работу обозначают безмасштабной сплошной линией со стрелкой, на которой проставляют продолжительность работы (в часах, сменах, днях). Каждую работу сетевого графика ограничивают два события — предшествующее и последующее. Никакая работа не может быть начата, пока не выполнены все предшествующие ей работы.

**З а в и с и м о с т ь**, или фиктивная работа, отражает технологическую зависимость между событиями, не требует затрат времени и ресурсов. Обозначают зависимость на сетевом графике штриховой линией со стрелкой.

**П у т ь** — непрерывная последовательность событий, продолжительность которых определяется суммой продолжительностей составляющих работ.

**К р и т и ч е с к и й п у т ь** — путь, имеющий наибольшую продолжительность между начальным и конечным событиями. Определяет максимальный срок выполнения всех монтажных работ; обозначают на сетевом графике сплошной жирной линией.

На сетевом графике зашифрованы следующие работы: 0 — 1 — выдача задания монтажно-заготовительным мастерским и смежным

организациям; 1 — 2 — изготовление монтажных конструкций под защитные трубы, соединительные коробки и кабели; 1 — 3 — изготовление блоков защитных труб; 1 — 4 — доставка в монтажную зону электродвигателя, пультов управления, компрессора; 1 — 5 — изготовление монтажных конструкций под трубные проводки КА; 1 — 6 — изготовление блоков трубных проводок; 1 — 13 — изготовление монтажных конструкций крепления датчиков информационной системы; 2 — 7 — установка монтажных конструкций под защитные трубы, соединительные коробки и кабели; 3 — 7 — доставка блоков защитных труб в монтажную зону; 4 — 9 — монтаж; 4 — 10 — монтаж пульта управления электродвигателем; 4 — 11 — монтаж околокомпрессорного оборудования; 4 — 12 — монтаж компрессора; 5 — 16 — установка монтажных конструкций под трубные проводки; 6 — 16 — доставка блоков трубных проводок в монтажную зону; 7 — 8 — монтаж защитных труб и соединительных коробок; 8 — 15 — затяжка проводов в защитные трубы и подключение их к соединительным коробкам; 13 — 14 — монтаж датчиков системы автоматизации на околокомпрессорном оборудовании; 14 — 15 — монтаж защитных труб системы автоматизации; 15 — 18 — затяжка проводов в защитные трубы и подключение датчиков контроля к пульту управления; 16 — 17 — монтаж блоков трубных проводок КА; 17 — 18 — испытание трубных проводок и подключение их к исполнительным механизмам компрессора; 18 — 19 — индивидуальное опробование систем КА; 19 — 20 — сдача КА в наладку.

Штриховые линии 11 — 13, 12 — 13, а также 11 — 17, 12 — 17 показывают, что до начала работ 13 — 14 и 17 — 18 должны быть завершены работы 4 — 11 и 4 — 12. Аналогично, до начала работы 8 — 15 необходимо завершить работы 4 — 9 и 4 — 10. Общая продолжительность монтажа КА определяется длиной критического пути (работы 0 — 1 — 5 — 16 — 17 — 18 — 19 — 20). Работы, лежащие на критическом пути, не имеют резерва времени и на их своевременное выполнение следует обращать особое внимание.

## § 8. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКОВ

Зону трудовых действий одного или группы электромонтажников (звена, бригады) при монтаже электроконструкций и электрооборудования называют *рабочим местом*. В этой зоне находятся и перемещаются участвующие в технологическом процессе рабочие, инструмент, приспособления, инвентарь, механизмы, а также материалы и оборудование (рис. 1.12).

При организации рабочего места важно правильно определить рабочую зону — пространство (площадь), в которой должны нахо-

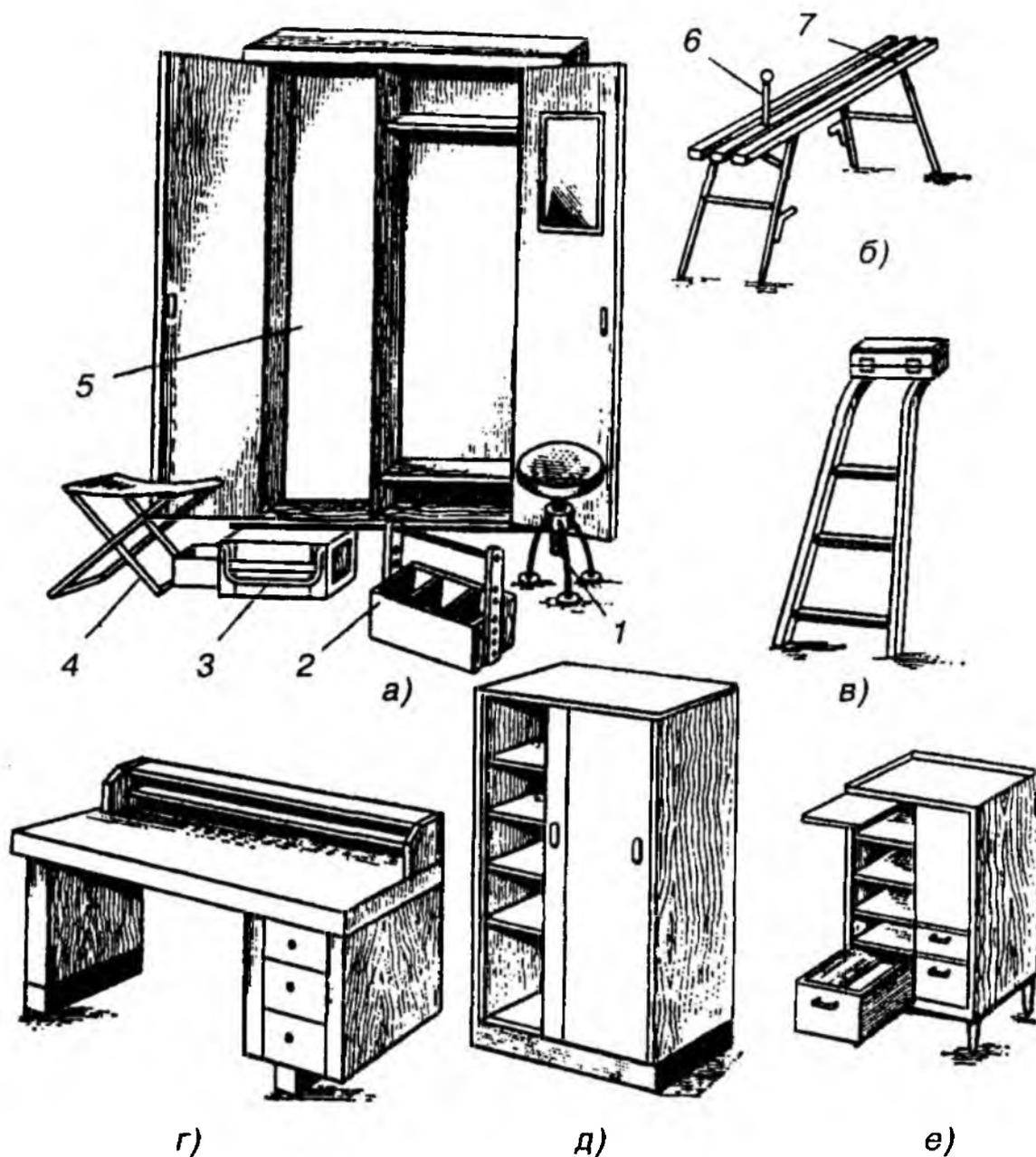


Рис. 1.12. Образцы инвентаря для электромонтажных работ:

*а* — набор инвентаря для монтажа проводов вторичной коммутации; *б* — столик подмости для работы на высоте; *в* — лестница с ящиком для инструмента; *г* — верстак; *д* — шкаф с раздвижными дверками, полками и отделением для одежды; *е* — тумбочка; *1, 4* — стулья; *2* — ящик для хранения инструмента; *3* — ящик-сиденье для хранения вспомогательных материалов и инструмента; *5* — шкаф; *6* — кронштейн для бухт проводов; *7* — скоба для крепления молотка

даться предметы и орудия труда, а также электромонтажники, участвующие в осуществлении трудового процесса.

Рабочие места укомплектовывают грузоподъемными машинами и механизмами (гусеничными, пневмоколесными или автомобильными кранами, автопогрузчиками и т.д.). Чаще всего при монтаже электрооборудования применяют легкие автомобильные краны грузоподъемностью до 4 т или средние — до 10 т. Работой грузоподъемных механизмов руководят с мест, обеспечивающих наиболее

рациональную видимость в рабочей зоне. Для установки шкафов, щитов распределительных пунктов на закладные конструкции можно применять и другие передвижные механизмы или подъемники.

В комплект инвентарных приспособлений рабочих мест труднодоступных для универсальных механизмов в закрытых помещениях входят: катки, на которые устанавливаются транспортируемые блоки электрооборудования; колея, набираемая из швеллеров №№ 8—12, скрепленных между собой шпильками и накладками, рольганги. Ролики катков регулируют по ширине швеллеров с помощью втулок, расположенных на осях катков. Для перемещения электрооборудования в направлении, перпендикулярном укладке колеи, служат рольганги.

*Научной (НОТ)* называют такую организацию труда электромонтажников, которая основана на современных достижениях науки и передовом опыте, обеспечивающих эффективное использование материальных и трудовых ресурсов, непрерывное повышение производительности труда, сохранение здоровья человека.

В сфере задач, решаемых НОТ, находятся вопросы внедрения современных средств связи (телефон, радио, промышленное телевидение) и диспетчеризации управления отдельными системами и предприятием в целом.

Все большее значение для НОТ приобретает *эргономика* — наука, изучающая влияние различных физических факторов (состава воздуха, шумов, вибрации, освещения) и различных элементов труда на работоспособность человека.

Большое значение для сохранения здоровья человека и повышения производительности его труда имеет освещение рабочих мест.

Кроме того, задачей НОТ является определение *комфортной зоны* рабочего места, т.е. зоны, в которой при оптимальных санитарно-гигиенических параметрах может быть достигнута наивысшая производительность труда. Условия комфортной зоны изучаются и определяются творческими группами не только по профессиям, но и по характеру выполняемых работ.

Научная организация труда охватывает также вопросы *культуры производства и промышленной эстетики*.

## § 9. СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Для крепления оборудования, аппаратов и приборов к поддерживающим конструкциям применяют стандартные болты, гайки, обычные и пружинные шайбы, винты с полукруглой, потайной и цилиндрической головками для металла, шурупы и глухари по дереву.

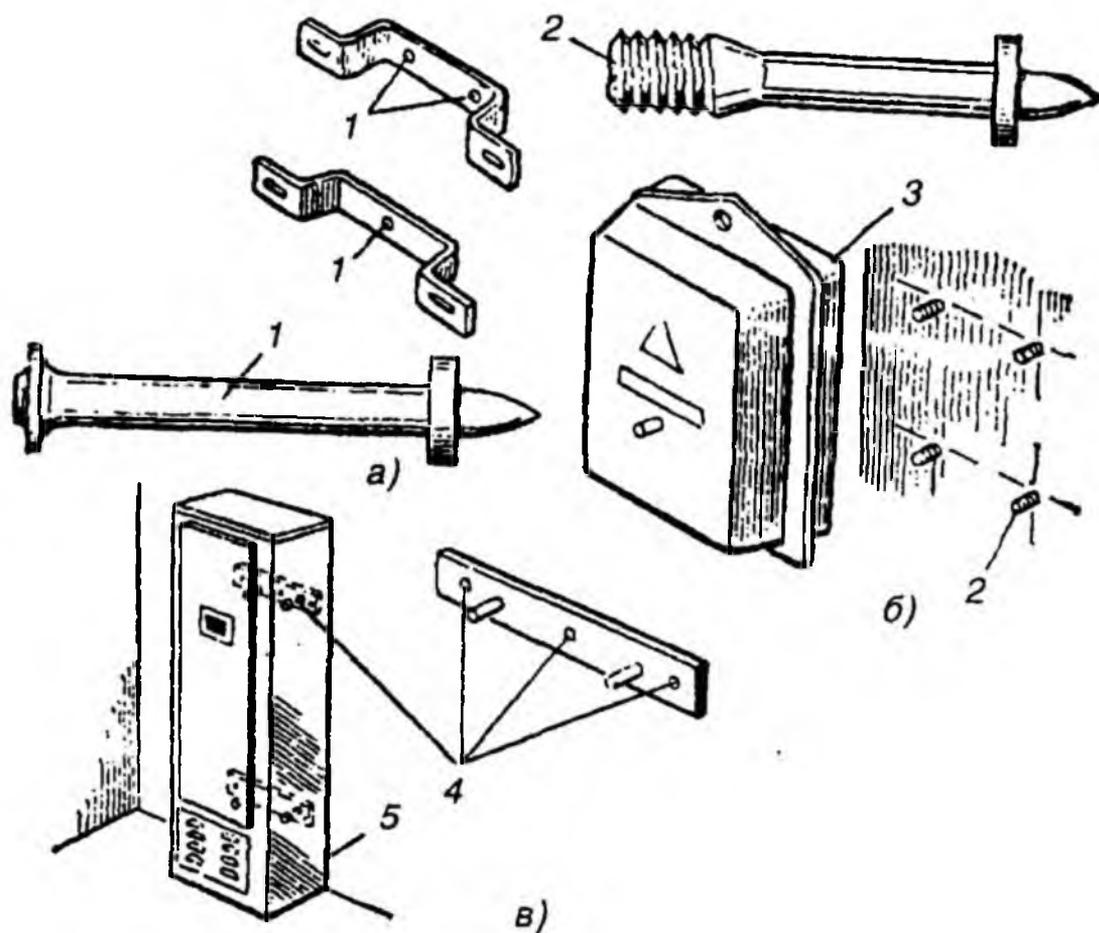


Рис. 1.13. Крепление дюбелями:

*а* — несъемное крепление; *б* — съемное крепление; *в* — комбинированное крепление; 1 — дюбель-гвоздь; 2 — дюбель-винт; 3 — аппарат; 4 — места пристрелки деталей крепления дюбель-гвоздями; 5 — шкаф распределительный

В электроустановках для закрепления как отдельных легких деталей, так и громоздких тяжелых конструкций, аппаратов и машин широко используют крепежные изделия и способы крепления, не требующие применения мокрых процессов. Это значительно ускоряет и упрощает монтаж, в особенности в зимних условиях, и позволяет загружать конструкции и оборудование немедленно после их закрепления.

Промышленность изготавливает различного вида и назначения дюбеля, дюбель-гвозди и дюбель-винты.

К бетонным и кирпичным стенам и перекрытиям электроустановочные изделия, скобы и конструкции крепят капроновыми и металлическими дюбелями, которые вставляют в высверленное или аккуратно пробитое отверстие соответствующего диаметра. При ввертывании шурупов в дюбеля они расширяются и прочно закрепляются в отверстии.

Пластмассовые дюбеля выпускают под шурупы диаметром 4; 5; 8 и 12 мм длиной соответственно 30; 40; 85 и 100 мм, а стальные с распорной гайкой и болтами (винтами) — размером от М4 × 30 до

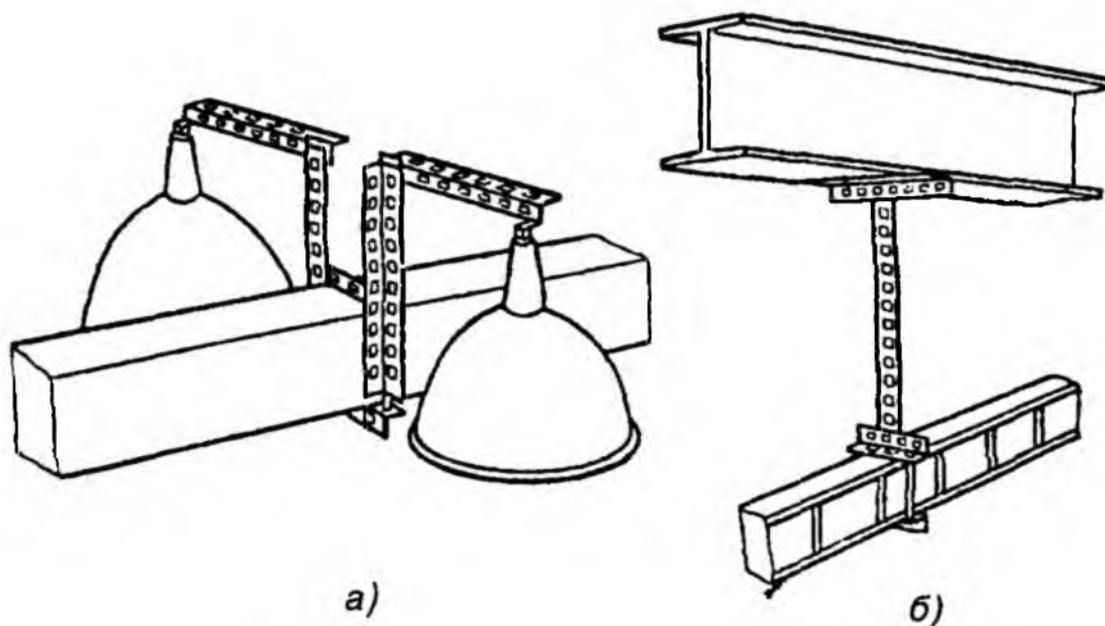


Рис. 1.14. Применение УСЭК для подвески светильников (а) и шинопроводов (б)

М16 × 120. Допустимое усилие выдергивания дюбеля с шурупом М4 × 30 при глубине заделки дюбеля в стене 25 мм составляет в бетонной стене 0,9 в кирпичной 0,7 кН.

Крепление дюбель-винтами широко используют при установке люминесцентных светильников, силовых ящиков, осветительных и распределительных пунктов и других электротехнических изделий (рис. 1.13).

Универсальные сборные электромонтажные конструкции (УСЭК) применяют в мастерских или непосредственно на объектах. Без сварки и сверления из них собирают кронштейны, подвесы, закрепы и т. п. для установки или прокладки различных по назначению электротехнических устройств и коммуникаций: шинопроводов, лотков, коробов, осветительной арматуры и др. Металлоконструкции собирают на обычных металлических крепежных изделиях или клиновых соединениях. Номенклатура изделий УСЭК включает 35 типоразмеров деталей: скобы, уголки, основания, патрубки, профили, полосы, шарниры, прижимы и др.

Электромонтажные конструкции изготавливают из элементов УСЭК по типовым альбомам. При этом сокращается до минимума механическая обработка, исключаются сварка и нанесение покрытий, а наличие в номенклатуре клиновых соединителей облегчает выполнение соединений.

Благодаря универсальности УСЭК значительно упрощается процесс электромонтажных работ, сокращаются сроки их проведения, повышается производительность труда. Применение УСЭК для крепления светильников и подвески шинопроводов показано на рис. 1.14.

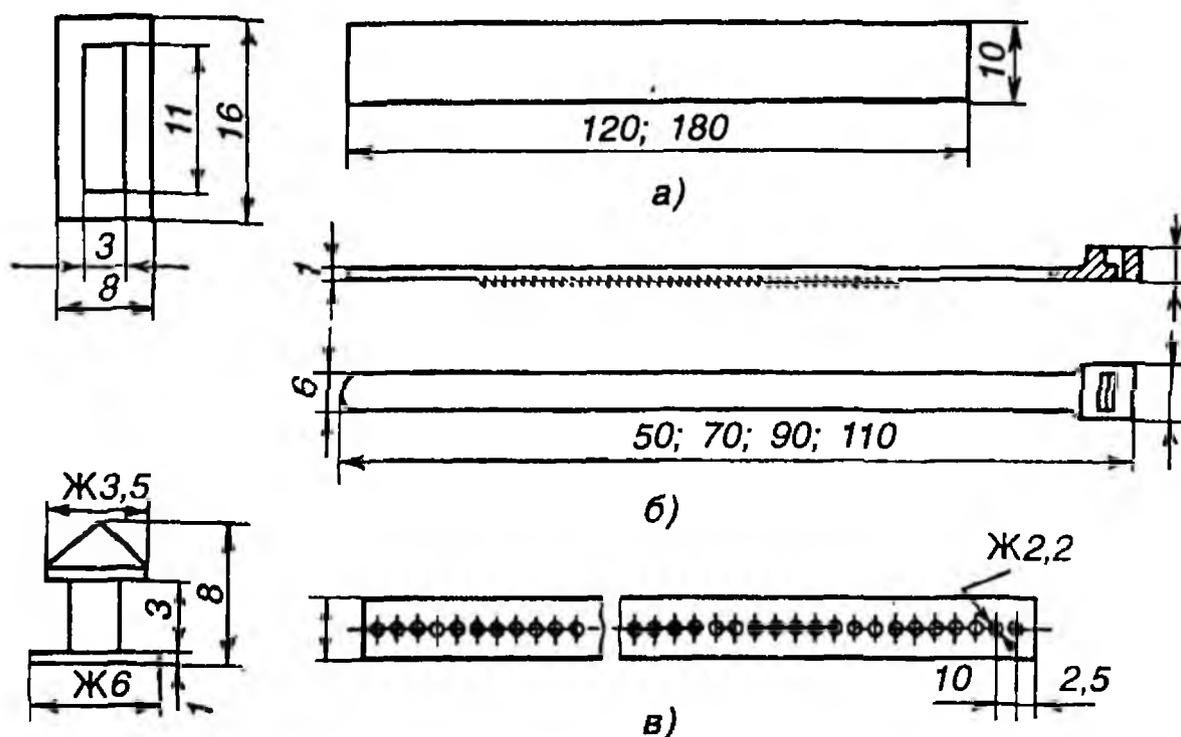


Рис. 1.15. Изделия для крепления проводов, труб и кабелей:

*а* — пряжка и алюминиевая полоска для крепления труб и кабелей на перфорированной конструкции; *б* — полоска — полиэтиленовая, зубчатая для бандажирования проводов; *в* — полиэтиленовая кнопка и лента для бандажирования проводов

Для крепления кабелей, труб и пучков проводов на перфорированных профилях и полосах, а также для стягивания в пакет нескольких изолированных проводов применяют различные пряжки, полоски и ленты (рис. 1.15).

Монтажную ленту ЛМ изготавливают шириной 10 и 15 мм с расстояниями между отверстиями 10 и 15 мм. Диаметр отверстий — соответственно 2,2 и 3 мм, диаметр кнопки — 6/3,5 и 12/6 мм. Лента выдерживает растягивающую силу 120 Н, направленную вдоль ее оси. Ленту поставляют в виде комплекта — 1000 м ленты и 1500 кнопок (ГОСТ 17563—80).

Кроме того, изготавливают стяжные зубчатые ленты из термопластичных материалов (ГОСТ 22612.1—77 и ГОСТ 22612.2—77) для формирования жгутов из проводов, маркировки и крепления на конструкции.

Крепление проводов, кабелей и труб различных диаметров непосредственно на строительных и электроконструкциях выполняют также с помощью скоб, хомутов и накладок, изготавливаемых из стали и пластмассы.

Примеры формирования и маркировки жгутов приведены на рис. 1.16.

На рис. 1.17—1.26 изображены различные детали, используемые для маркировки, заземления, крепления сопротивлений, установки штепсельных розеток.

Для присоединения алюминиевых проводов к аппаратам применяют стальные ограничивающие шайбы типа ШО, для сохранения формы алюминиевых проводов, изогнутых в кольца, для присоединения к контактным зажимам — шайбы-звездочки латунного типа ШЗ (рис. 1.17).

Колодки маркировочные типа КМ для маркировки и закрепления рядов зажимов на рейке устанавливают в начале и в конце каждого ряда (рис. 1.18).

Для обозначения приборов и аппаратов, устанавливаемых на щитах, пультах и шкафах, применяют рамки для надписей типа РМ и РБ (табл. 12; рис. 1.19).

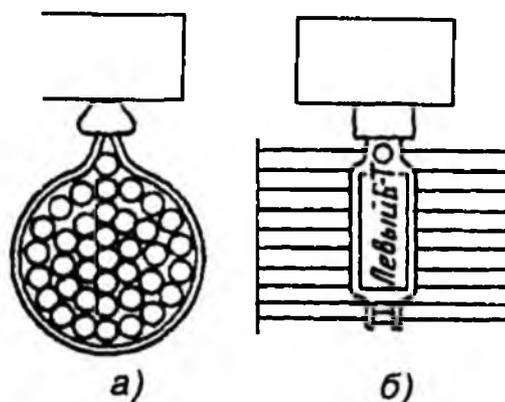


Рис. 1.16. Применение стяжных лент для бандажирования (а) и маркировки жгута (б)

Таблица 12

Тип	Размеры, мм			Масса 1000 шт., кг
	L	H	A	
РМ	61	17	55	2
РБ	81	32	73	4

Таблица 13

Тип	Сечение провода до мм <sup>2</sup>	Масса 1000 шт., кг
БМП-2,5	2,5	0,9
БМП-4	4	2,0

Таблица 14

Тип	Резьба трубная, дюйм	Масса 1000 шт., кг
ГЗ-1	1 1/2	40
ГЗ-2	1	15
ГЗ-3	3/4	12
ГЗ-4	1/2	7,2

Бирки маркировочные типа БМП (табл. 13) применяют для оконцевания и маркировки цепей вторичных соединений, выполненных контрольным кабелем или проводами (рис. 1.20; 1.21).

Для установки на заземленных металлических частях зданий, сооружений или технологического оборудования применяют зажим типа ЗЗ (рис. 1.22).

Гайки заземления типа ГЗ (табл. 14) применяют для создания электрического кон-

Таблица 15

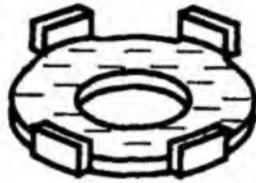
Наименование детали	Тип сопро- тивления	L, мм	Масса 1000 шт., кг
Шайба		—	7,0
Втулка		—	1,5
	ПЭ-25	85	13,0
Шпилька	ПЭ-50	125	19,0
	ПЭ-75	195	30,0
Скоба		—	14,0

Таблица 16

Тип	Сечение провода, мм <sup>2</sup>	L, мм
I	16	250
II	16	400
III	25	500



а)



б)

Рис. 1.17. Шайбы ограничивающие стальные:  
а — типа ШО-4; б — типа ШЗ-3 — ШЗ-8

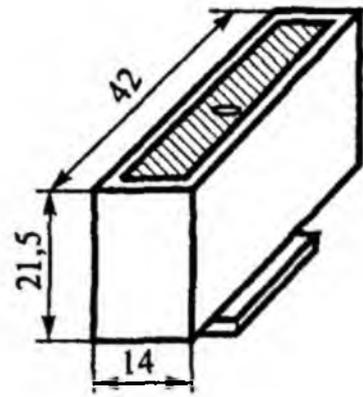


Рис. 1.18. Колодки маркировочные типа КМ

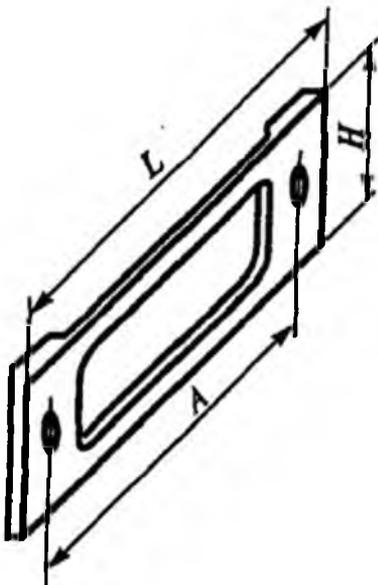


Рис. 1.19. Рамки для надписей типа РМ и РБ

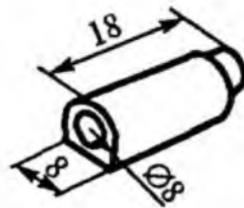


Рис. 1.20. Бирки маркировочные БМП-2,5

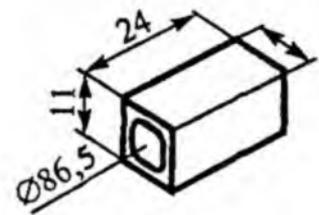


Рис. 1.21. Бирки маркировочные БМП-4

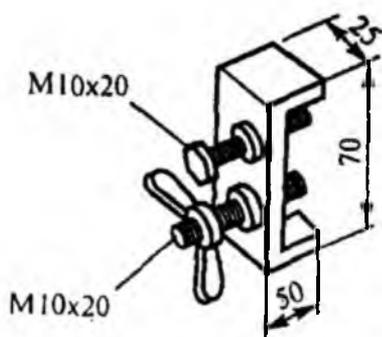


Рис. 1.22. Зажим для заземления типа ЗЗ

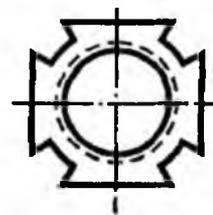


Рис. 1.23. Гайки заземления типа ГЗ

такта между корпусом электроустройства и стальными трубами (рис. 1.23). Детали типа ДС для крепления сопротивления (табл. 15) применяют при установке сопротивлений типа ПЭ в шкафах (рис. 1.24).

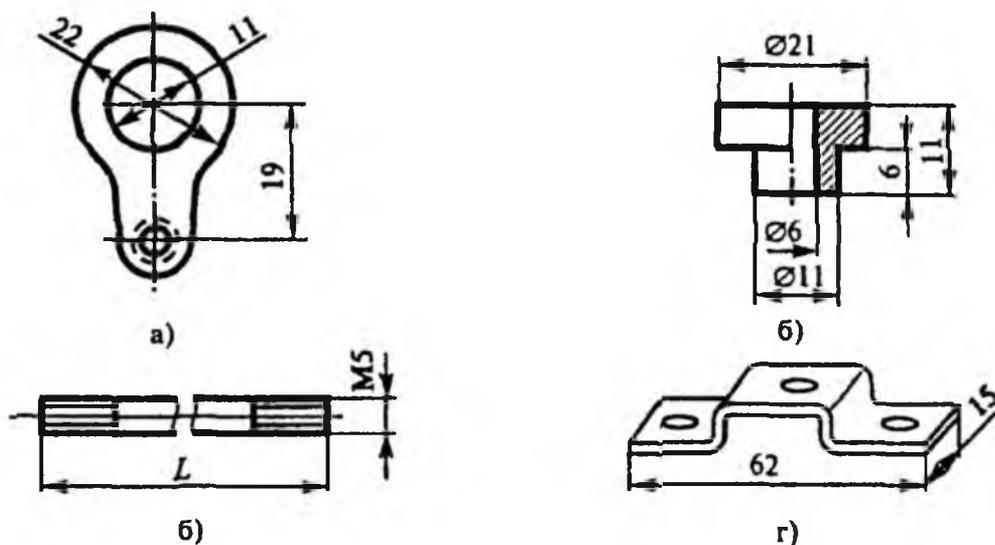


Рис. 1.24. Детали для крепления сопротивлений:

*a* — шайба; *б* — втулка; *в* — шпилька; *д* — скоба



Рис. 1.25. Перемычки гибкие типа ПГМ

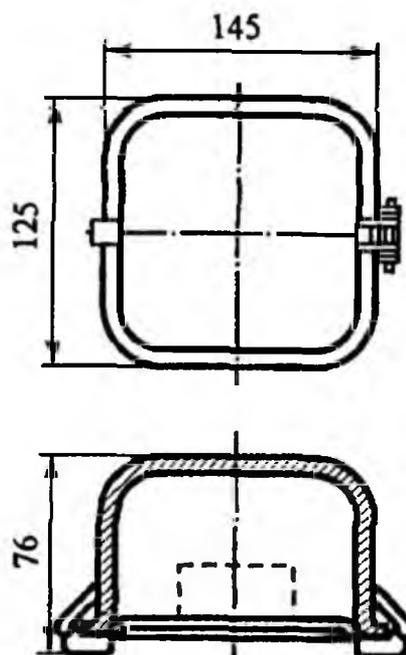


Рис. 1.26. Коробки для штепсельных розеток

Перемычки гибкие типа ПГМ (табл. 16) применяют для заземления кабельных заделок (рис. 1.25).

Коробки типа К-1 применяют для установки штепсельных розеток (рис. 1.26).

## § 10. ИНСТРУМЕНТ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНИКАМИ

Основные работы по сооружению подстанций, монтажу электродвигателей, обработке и заготовке узлов электропроводок и комплектных линий в мастерских, а также прокладке и креплению их

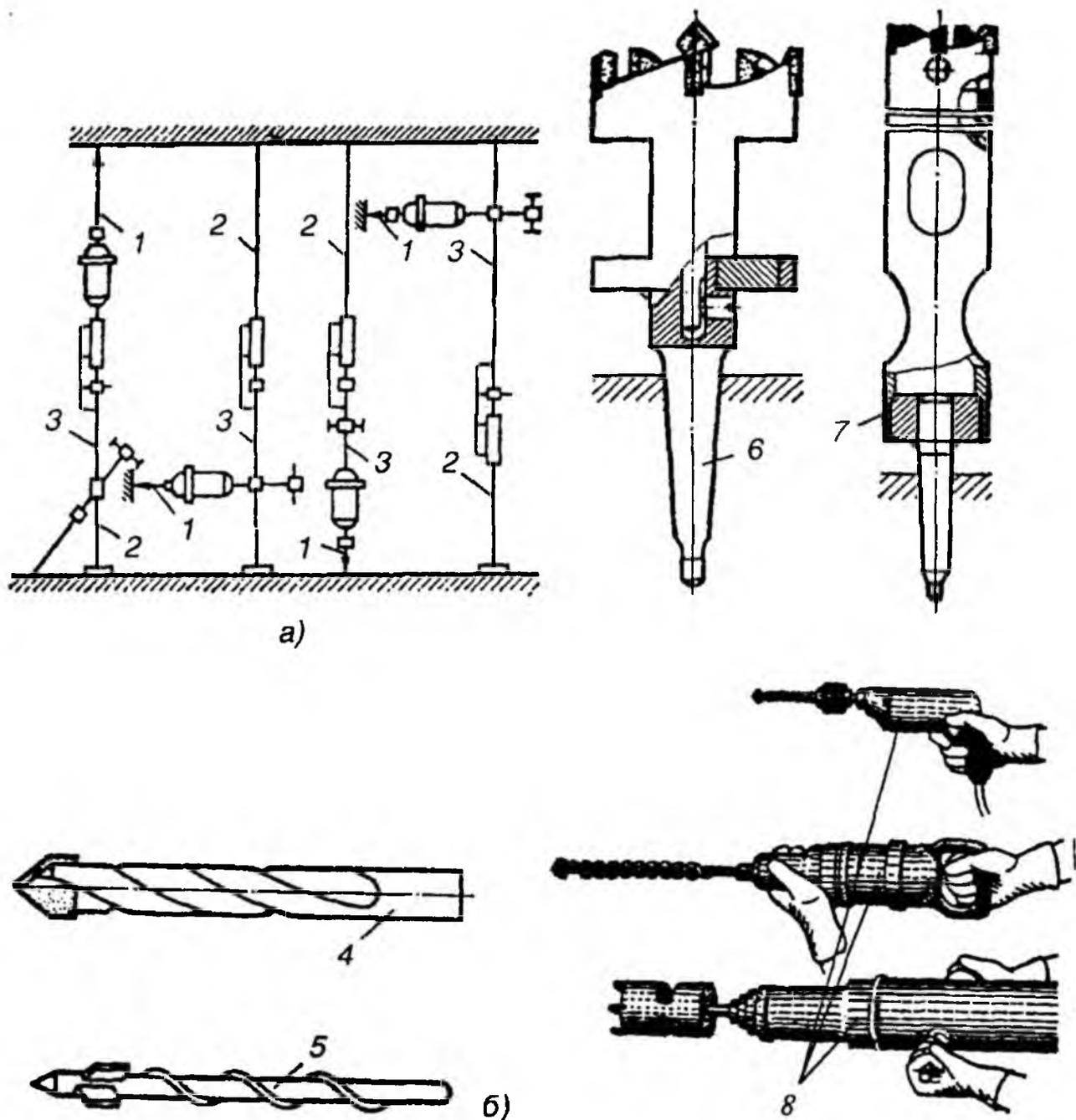


Рис. 1.27. Инструмент для сверления отверстий:

- а* — приспособление для создания давления на сверло; *б* — рабочий инструмент; 1 — сверло; 2 — упор; 3 — направляющие стойки; 4 — цилиндрическое сверло; 5 — спиральное сверло; 6 — коронка для сверления гнезд; 7 — шлямбур для электросверлильной машины; 8 — электросверлильная машина

на месте монтажа электромонтажники выполняют, применяя различные инструменты, приспособления и средства механизации.

Для сверления гнезд в кирпичных и гипсолитовых основаниях под коробки скрытой проводки применяют коронки КГС, для сверления отверстий — спиральные сверла с твердосплавными напайками, для глубоких отверстий — кольцевое сверло СК со штангой, переходным хвостовиком и втулкой, бурилки и т. п.

При изготовлении отверстий в строительных основаниях из

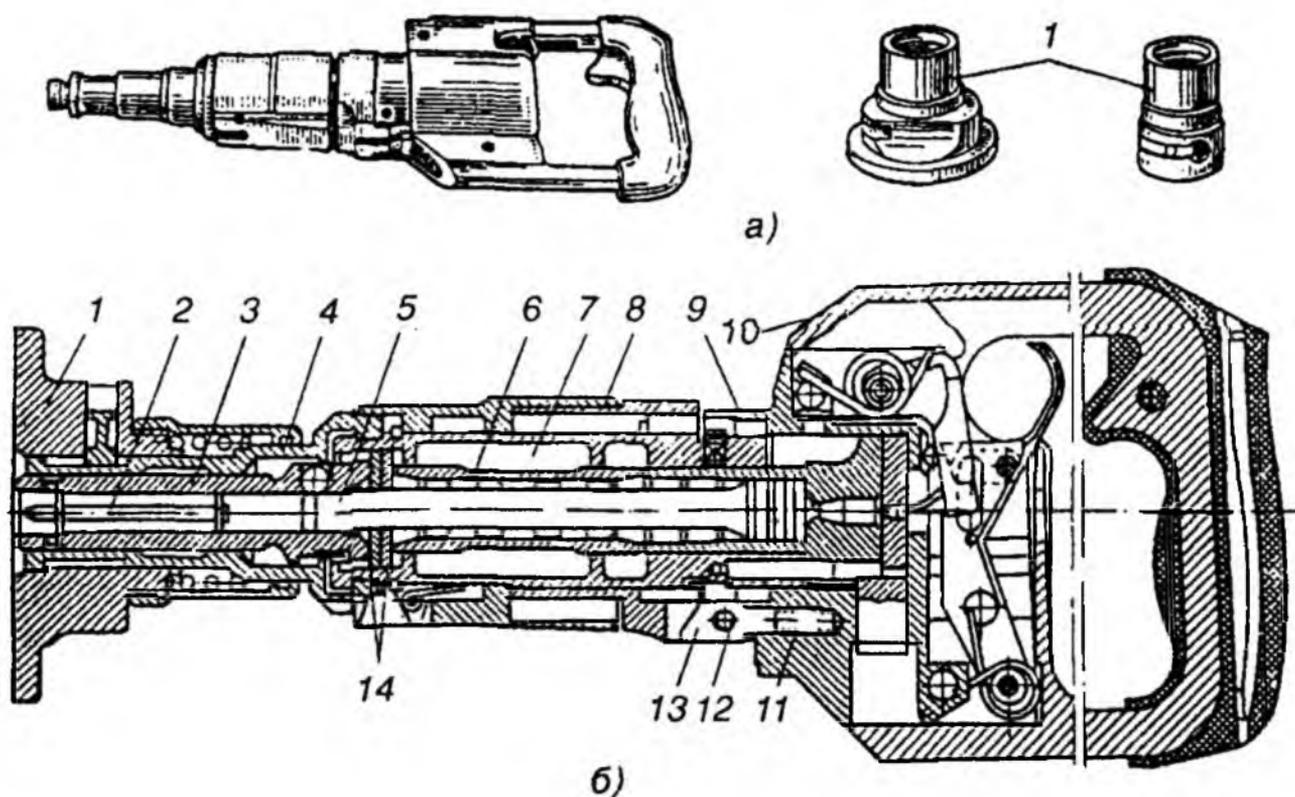


Рис. 1.28. Поршневой монтажный пистолет ПЦ52 с прижимами (а) — его устройство (б):

1 — прижим; 2 — дюбель; 3 — направлятель; 4 — наконечник; 5 — поршень; 6 — рассекатель; 7 — полость муфты; 8 — кожух муфты; 9 — ствол; 10 — рукоятка; 11 — пружина упора; 12 — ось упора; 13 — упор; 14 — амортизатор

бетона, кирпича и других материалов применяют электросверлильные ручные машины на напряжение 220 В с *двойной изоляцией*, либо на 36 В в комплекте со специальным преобразователем, который не только снижает напряжение, но и повышает частоту до 200 Гц.

Дополнительной изоляцией является пластмассовый корпус машины, изолирующая втулка и т. п. Электросверлильные машины с двойной изоляцией не заземляют.

Электросверлильные ручные машины по конструкции разделяют на три группы: с *одной рукояткой* пистолетного типа — для сверл диаметром до 9 мм; с *двумя рукоятками* — центральной (закрытой) и боковой — для сверл диаметром 10—16 мм; с *двумя боковыми рукоятками* и грудным упором — для сверл диаметром более 16 мм (рис. 1.27, а—б).

Для пробивных работ электромонтажники используют также *механические* и *электрофугальные молотки* (ударные), например, ИЭ4207 с двойной изоляцией и ручные электрические перфораторы (ударно-вращательные), например, ИЭ4709 или ИЭ4713, предназначенные для пробивки отверстий в бетоне и железобетоне.

С помощью электрических молотков и перфораторов можно выполнять различные монтажные операции: сверление отверстий

по металлу; ударно-вращательное бурение отверстий в бетоне, кирпиче и др.; забивку дюбелей; заворачивание самонарезающих винтов.

Для крепления конструкций, изделий и деталей часто применяют поршневой пиротехнический монтажный пистолет ПЦ 52 (рис. 1.28, а, б).

Забивку дюбеля он осуществляет ударом поршня перемещающегося в стволе пистолета за счет давления пороховых газов. Благодаря относительно большой массе поршня скорость забиваемого дюбеля сравнительно невелика — 60—80 м/с (из пистолета прямого действия скорость дюбеля достигает 500 м/с). При выстреле в малопрочное основание или ошибочном применении слишком сильного патрона поршень останавливается специальным упором-амортизатором, исключая опасный вылет его из пистолета. Производительность пистолета не менее 50 выстрелов в час, масса 3,6 кг.

Основными показателями, определяющими состояние электро-монтажного производства, являются уровень механизации работ, механо-и энерговооруженность каждого электромонтажника. Средства механизации, а также набор инструментов, наиболее часто используемых при монтаже, приведены в табл. 17 и табл. 18.

Средства механизации работ, связанные с монтажом, подразделяют на три группы: *механизированный инструмент, средства малой и большой механизации.*

Монтажные приспособления, электрифицированный и пневматический инструменты индивидуального пользования с электродвигателем мощностью до 1 кВт (электрические сверлилки, перфораторы, гайковерты и др.) относят к *механизированному инструменту.*

Монтажные приспособления свыше 1 кВт, непосредственно обслуживаемые рабочими (лебедки, домкраты, опрессовочные агрегаты, пресс-ножницы, передвижные компрессоры и др.), относят к средствам *малой механизации.*

Монтажные механизмы и машины, требующие для своего обслуживания специально прикрепленного к ним персонала и используемые при выполнении транспортных, такелажных, погрузочно-разгрузочных и других работ (трейлеры, тракторы, автомобильные краны, автовышки), относят к средствам *большой механизации.*

Высшей формой механизации работ является комплексная, т. е. замена ручного труда механизированным на всех операциях соответствующего технологического процесса.

Механизация работ, при которой монтажные технологические процессы выполняют комплексом механизмов, называется *комплексной механизацией.* При разработке схем комплексной механизации

ции особое внимание обращают на выбор наиболее рациональных методов производства работ, способов механизации и эффективных механизмов.

При наличии нескольких различных комплексов механизмов их выбор определяется технико-экономическими показателями.

Т а б л и ц а 17. Наборы инструментов общего назначения для выполнения электромонтажных работ

Инструмент	Число инструментов набора	
	ИН-3	ИН-15
Плоскогубцы комбинированные ПГИ-200 с изолирующими чехлами	1	1
Острогубцы (кусачки) 150 с изолирующими чехлами	1	1
Клещи универсальные КУ-1	—	1
Молоток слесарный с деревянной ручкой	1	1
Нож монтерский	1	—
Отвертка:		
В100 × 0,3	1	—
В150 × 0,5	1	1
В175 × 0,7	—	1
В200 × 1	1	1
Метр:		
стальной	1	1
деревянный	—	1
Шило монтерское	1	1
Ключ разводной 30	—	1
Отвес 0—200	1	1
Шпатель стальной	1	1
Гипсовка резиновая	1	—
Указатель напряжения И—192	1	—
Пробник	—	1
Очки защитные светлые	1	1
Шнур разметочный длиной 15 м	1	1

Т а б л и ц а 18. Изделия и инструменты

Изделие, инструмент	Тип	Количество
Аппарат для сварки одножильных проводов	ВКЗ-1	1 шт.
Аппарат резонансный	РА-2М	1 шт.
Буры для мерзлого грунта	БМГ-400/80, БМГ-600/80	2 шт.
Вальцы для правки шин	ВПШ-140М	1 шт.
Выпрямитель высоковольтный кремниевый	ВВК-0,5/200	1 шт.
Генератор: импульсов	ГИ-ИДС-2	

Изделие, инструмент	Тип	Количество
технической частоты	ГТЧ-Т50	3 шт.
звуковой частоты	ГЗЧ-Т2	
Горелки газовоздушные	ГПВМ-1	1 шт.
Домкраты кабельные	ДК-3	1 шт.
Зажим для затягивания кабелей в трубы	ЗК-1	1 шт.
Зубило монтажное	ЗМ	2 шт.
Измеритель петли заземления	ИПЗТ	1 компл.
Инструменты для опрессовки алюминиевых наконечников и гильз вдавливанием:		
однозубые	УНИ-1А, 1УСА	2 компл.
двухзубые	УНИ-2А, 2УСА	2 компл.
Инструменты для опрессовки медных наконечников и гильз	УНИ-1М	1 компл.
Источник тиристорный переносной постоянного тока	ПТИ-1	1 шт.
Инструменты для скругления комбинированных секторных жил	КС120. 150.185	3 компл.
Искатель арматуры	ИА-25	1 шт.
Обогревательная камера	ОК-1	1 шт.
Клещи:		
для снятия изоляции	КСИ-1	2 шт.
для термитной сварки проводов	АТСП50-185	1 шт.
универсальные	КУ-1	1 шт.
гидравлические монтажные	ГКМ	1 шт.
Ключ:		
для завинчивания крышек фитингов	КФ	1 компл.
для установочных заземляющих гаек	КГЛ	1 компл.
Колонка ударная пиротехническая	УК-2М	1 шт.
Контейнеры стеллажные	КС	2 шт.
Коронки для сверления гнезд	КГС-78	1 шт.
Кран штабеллер опорный	КШО-0,25	1 шт.
Кувалда	К-10	1 шт.
Набор инвентаря	НИРМ	1 компл.
Набор инструментов:		
коммутатчика	ИН-4, НИК-4	2 компл.
линейщика	ИН-8МА	1 компл.
электромотажника	ИН-3, ИН-15	2 компл.
для опрессовки овальных соединителей	НИОС-2	1 компл.
для скругления секторных алюминиевых жил кабеля к прессу ПГР-20М1	НИСШО	1 компл.
Набор инструментов и приспособлений:		
для кабельных работ	НКИ-3	1 компл.

Изделие, инструмент	Тип	Количество
для термитной сварки	НТС-2	1 компл.
для стержневого оконцевания	НСО	1 компл.
для замерщика	НИЗ	1 компл.
Набор принадлежностей:		
для пропано-воздушной пайки	НСП-1	1 компл.
для пропано-воздушной сварки	НСП-2М	1 компл.
для прочистки трубных каналов	НПТК-1	1 компл.
Набор приспособлений для сварки гибкой ошиновки ОРУ	НГО	2 компл.
Нож:		
для надрезания алюминиевой оболочки ка- беля	НКА-1М	2 шт.
монтерский	НМ-2	2 шт.
Ножницы секторные	НУСК-120, НБК-3	2 шт.
Оправка:		
для забивки дюбелей	ОД-6	2 шт.
с клином к пробойникам серии ПО	ОПКМ	2 шт.
пиротехническая	ОДП-4М	2 шт.
Отвертки слесарно-монтажные с пластмассо- вой ручкой, ГОСТ 17199-71	7810-0306 7810- 0312 7810-0318 7803-3030	2 компл.
Пила ломик	ПЛ-1	1 шт.
Пила дисковая	ПД-500В	1 шт.
Пистолет для точечной сварки	ПТЛ-2	1 шт.
Платформы монтажные	ПМ-800, ПМ- 600	2 шт.
Пресс-клещи	ПК-1м, ПК-2 м	2 шт.
Прессы:		
гидравлический ручной	ПГР-20М1	
гидравлический стационарный	ПС-25	
гидравлический с электроприводом	ПГПЭ-2	
пиротехнический	ППО-95	6 шт.
ручной	ПРК-8	
ручной механический	РМП-7	
Прибор для отыскания тождественных жил кабеля	ПЖ-30	1 шт.
Приспособление:		
для линейной раскатки кабеля	УРК	1 шт.
для ввертывания электропроводов заземле- ния	ПВЭ, ПЗД-12	2 шт.

Изделие, инструмент	Тип	Количество
для термитно-тигельной сварки стальных полос и стержней заземления	ПТТС	1 шт.
для испытания трубопроводов на герметичность	ПИТ-20	1 шт.
Пробойник:		
трубчатый	ПТ-28	1 шт.
ручной для пробивки отверстий под дюбеля	ПО-1, ПО-2	2 шт.
усовершенствованный	УП-71	1 шт.
Электрифицированный разогреватель кабельной массы	ЭРКМ-2	1 шт.
Райберы	Р-1, Р-2	2 шт.
Ролик кабельный:		
линейный	РРК-Л	1 компл.
угловой	РРК-У	1 компл.
Ролик монтажный	МР-250	1 компл.
Тепловоздуходувка	ТВ-3	1 шт.
Термоклещи	ТК-1	1 шт.
Трансформатор нагрузочный	ТН-10	1 шт.
Трубогиб ручной	ТРТ-24	1 шт.
Устройство:		
для питания электромагнитобура	УПЭБ	1 компл.
переговорное	ПУ-71	2 компл.
Хвостовики к райберам	ХФ, ХК	2 компл.
Универсальный шинотрубогиб	УШТМ-2	1 компл.
Электромагнитобур	СЦ-2	1 шт.
Ящик для мелких деталей и инструментов	ЯМД	2 шт.
Ящик-сиденье для коммутатчика	ЯСК	1 шт.

### Контрольные вопросы

1. Какие материалы широко применяют в электромонтажном производстве?
2. Что характеризует марка провода?
3. Чем отличается провод от кабеля?
4. Какие схемы электрических соединений наиболее часто применяют при электромонтажных работах?
5. Каково назначение электромонтажных изделий?
6. Какие инструменты и механизмы широко используют в электромонтажном производстве?
7. Что называется уровнем механизации электромонтажного производства?
8. Какой инструмент называют механизированным?

## ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

### § 11. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОСВАРКОЙ

Процесс получения неразъемного соединения твердых металлов, осуществляемый при использовании междуатомных сил сцепления, называют *сваркой*. Она является одним из самых высокопроизводительных и экономичных видов механизации электромонтажных операций.

Междуатомное сцепление происходит при расплавлении металлов и последующем остывании (сварка плавлением), а также при сдавливании свариваемых элементов (сварка давлением).

Сварка плавлением имеет универсальное применение, а сварка давлением используется для соединения пластичных металлов — алюминия, меди и др.

При электромонтажных работах и изготовлении конструкций для крепления электрооборудования и прокладки сетей заземления, проводов и кабелей широко используется ручная электродуговая сварка.

В монтажной зоне *сварку* стали производят *вручную* на переменном токе штучными электродами марок УОНИ; МР-3; АНО-8; ОММ-5; ЦМ-5 и др.

Питание сварочной цепи осуществляют от передвижных сварочных трансформаторов, которые подключают к сети напряжением 380/220 В. В зависимости от типа трансформатора рабочее напряжение сварочной цепи равно 25—35 В, напряжение холостого хода — 60—79 В, пределы регулировки сварочного тока — от 55—60 до 400—700 А.

При сварке на постоянном токе питание сварочной цепи осуществляется от вращающегося преобразователя.

Для работ в монтажной зоне часто применяют сварочный комплект «Малютка», состоящий из сварочного трансформатора СА65 м и выпрямителя ВП-1 на ток 350 А. Масса комплекта — 43 кг.

В электромонтажном производстве при изготовлении в МЭЗ тонколистовых конструкций (лист толщиной 2—3 мм) широкое распространение получила *полуавтоматическая электросварка* стали в среде защитного углекислого газа (рис. 2.1). По сравнению с ручной сваркой она обеспечивает высокую производительность, хорошее качество швов, небольшое количество шлака. В связи с этим нет необходимости в зачистке швов. Для сварки применяют электродную проволоку марки Св-08ГС или Св-08Г2С диаметром 1; 1,2 и 1,6 мм, поставляемую в мотках.

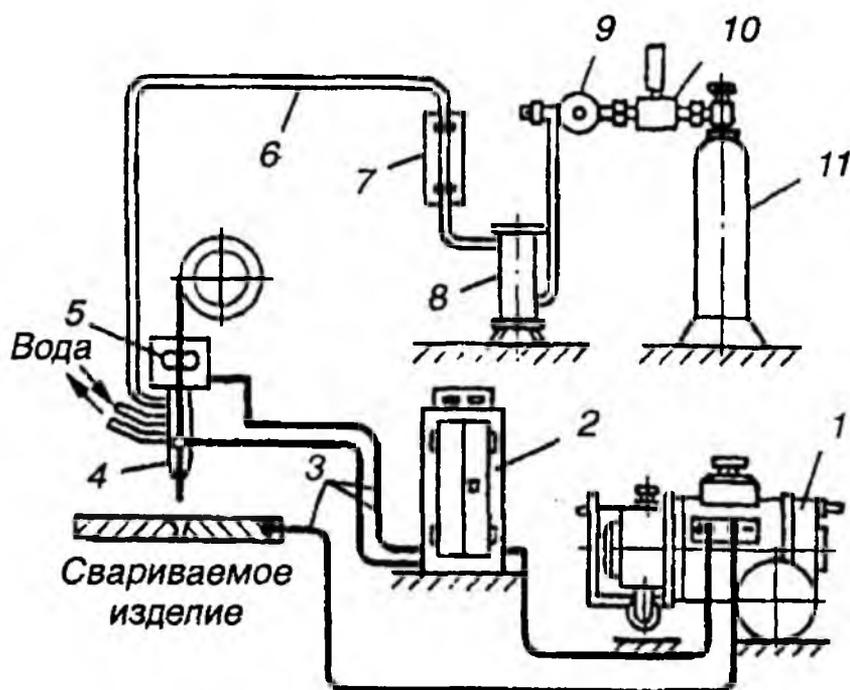


Рис. 2.1. Пост полуавтоматической сварки электродом (в среде защитного газа):

1 — источник тока; 2 — шкаф; 3 — кабель; 4 — горелка; 5 — механизм подачи электродной проволоки; 6 — шланг для газа; 7 — ротаметр; 8 — осушитель газа; 9 — газовый редуктор; 10 — подогреватель газа; 11 — баллон с защитным газом

Сварку алюминия в среде аргона производят алюминиевым плавящимся электродом, сварку меди — медным.

Сварку неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона применяют для соединения алюминия и меди.

Флюс не применяют, так как электрическая дуга горит в среде нейтрального газа, который защищает место сварки от окисления атмосферным воздухом. Технологическая схема показана на рис. 2.1.

Сварка металлов в среде защитного газа обеспечивает высокую коррозионную стойкость сварных соединений. Полуавтоматическую аргонно-дуговую электросварку плавящимся электродом применяют, например, при изготовлении и монтаже поддерживающих конструкций из алюминиевых немагнитных сплавов для крепления токопроводов, рассчитанных на большие токи.

Этот способ контактных соединений в монтажной зоне выполняют монтажными ранцевыми полуавтоматами ПРМ. Сварку производят на постоянном токе от сварочных вращающихся или статических преобразователей. Кассета со сварочной проволокой и подающий механизм смонтированы в ранце, закрепляемом плечевыми ремнями (масса ранца с катушкой проволоки — 9 кг). Проволока подается к сварочному пистолету через резиновый шланг (масса пистолета — 0,6 кг). При нажатии кнопки на пистолете сначала открывается клапан подачи аргона, затем включается цепь сварочного тока и пускается механизм подачи проволоки.

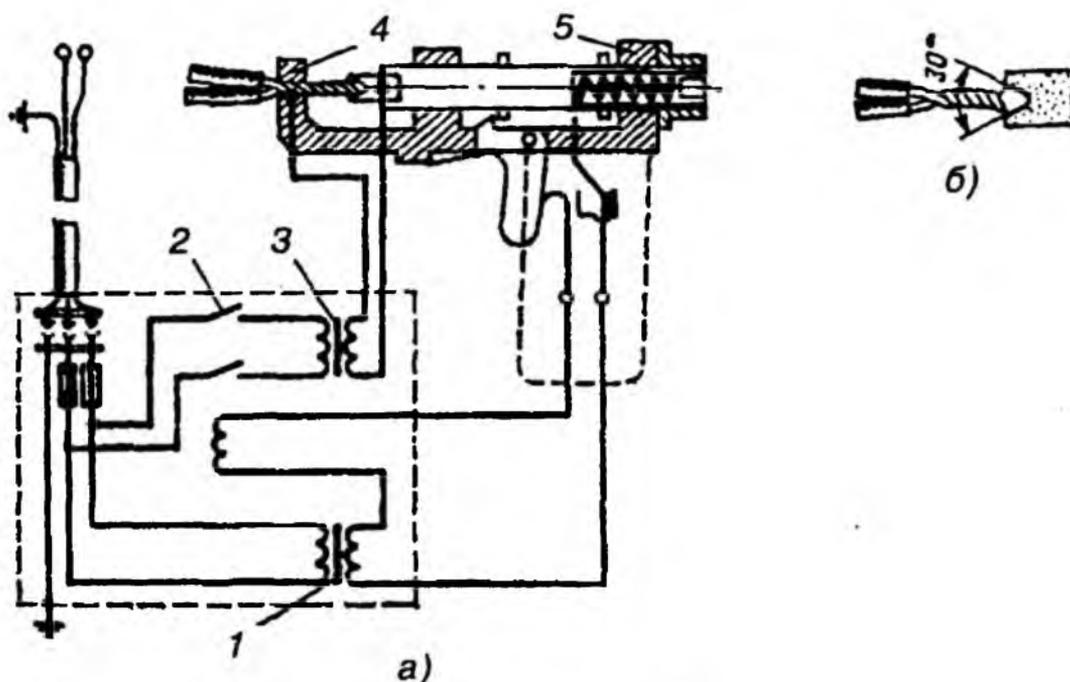


Рис. 2.2. Схема автоматической сварки контактным разогревом алюминиевых жил с применением аппарата ВКЗ:

*а* — аппарат; *б* — положение свариваемых жил в угольном электроде; 1 — трансформатор управления; 2 — реле включения; 3 — сварочный трансформатор; 4 — держатель свариваемых проводов; 5 — сварочный пистолет

*Ручную аргоно-дуговую сварку неплавящимся вольфрамовым электродом осуществляют на переменном токе.*

При оконцевании и соединении алюминиевых жил проводов и кабелей широко используют *электросварку контактным разогревом*. Электросварку соединений и ответвлений алюминиевых однопроволочных жил суммарным сечением в скрутке до  $12,5 \text{ мм}^2$  выполняют аппаратом ВКЗ без флюса.

Клещами МБ-1 или КУ-1 с концов жил снимают изоляцию на длине 35—40 мм (пластмассовую изоляцию снимают клещами ТК-1), зачищают их до металлического блеска щеткой из кардоленты или наждачной бумагой и скручивают вместе. Далее аппарат ВКЗ готовят к сварке (рис. 2.2). Для этого угольный электрод отводят назад и скрученные жилы зажимают губками держателя так, чтобы их торцы упирались в лунку угольного электрода. После этого включают прибор, нажимая на спусковой крючок. Под действием пружины и по мере расплавления торцов жил угольный электрод продвигается вперед и сваривает их.

Сварка автоматически прекращается в момент оплавления соединяемых жил на заданную длину. Место соединения изолируют лентой или полиэтиленовым колпачком.

В монтажной зоне сварку алюминиевых однопроволочных жил контактным разогревом производят клещами с двумя угольными электродами, подключенными к полюсам обмотки трансформатора

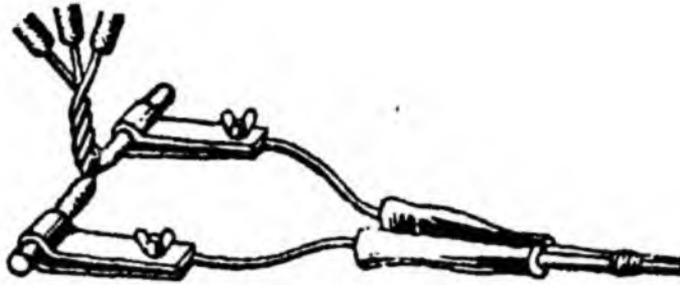


Рис. 2.3. Схема электросварки контактным разогревом алюминиевых жил в клещах с двумя угольными электродами

с вторичным напряжением 9—12 В (рис. 2.3). Мощность трансформатора  $0,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ . Изоляцию предварительно снимают с концов жил на длину 25—30 мм, скрученные жилы располагают вертикально торцами вниз, подводят электроды, сближая их до соприкосновения между собой и скруткой. Расплавленный алюминий на конце скрутки должен образовывать шарик. После остывания места сварных соединений стальной щеткой или наждачной бумагой очищают от шлака и остатков флюса и изолируют описанным выше способом.

Соединение и ответвление многопроволочных жил суммарным сечением  $35\text{—}240 \text{ мм}^2$  осуществляют сплавлением их в монолитный стержень. Для сварки используют трансформатор мощностью до  $2 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , с вторичным напряжением 8—9 В. К трансформатору подключают электродержатель с угольным электродом и охладитель; по сечению подбирают соответствующие цилиндрические формы; из алюминиевого прутка сечением  $2,5 \div 4 \text{ мм}^2$  заготавливают присадочный пруток. Поверхности соединения тщательно очищают наждачной бумагой и обезжиривают их тряпкой, смоченной в бензине.

Присадочные прутки перед сваркой покрывают слоем флюса. С концов жил снимают изоляцию на длине: 60 мм — при суммарном сечении жил до  $50 \text{ мм}^2$ ; 65 мм — при  $75 \text{ мм}^2$ ; 72 мм — при  $150 \text{ мм}^2$ ; 75 мм — при  $240 \text{ мм}^2$ .

Если к сварке готовят жилы кабеля с бумажной пропитанной изоляцией, на изоляцию у ее обреза накладывают нитяной бандаж, затем плоскогубцами ослабляют повив проволок жилы и с их поверхности удаляют маслоканифольный состав тканью, смоченной в бензине. Обработанные жилы располагают вертикально торцами вверх. На жилы надевают разъемную цилиндрическую форму, которую подбирают по суммарному сечению соединяемых жил, но для ближайшего большего сечения. На жилах делают подмотку асбестовым шнуром толщиной 1—1,5 мм так, чтобы сплавляемый конец жил выступал из асбестового бандажа и торец его был вровень с верхним краем формы. Обе половинки формы скрепляют проволочным бандажом или хомутом из тонкой жести. На жилу ставят охладитель между формой и обрезом изоляции.

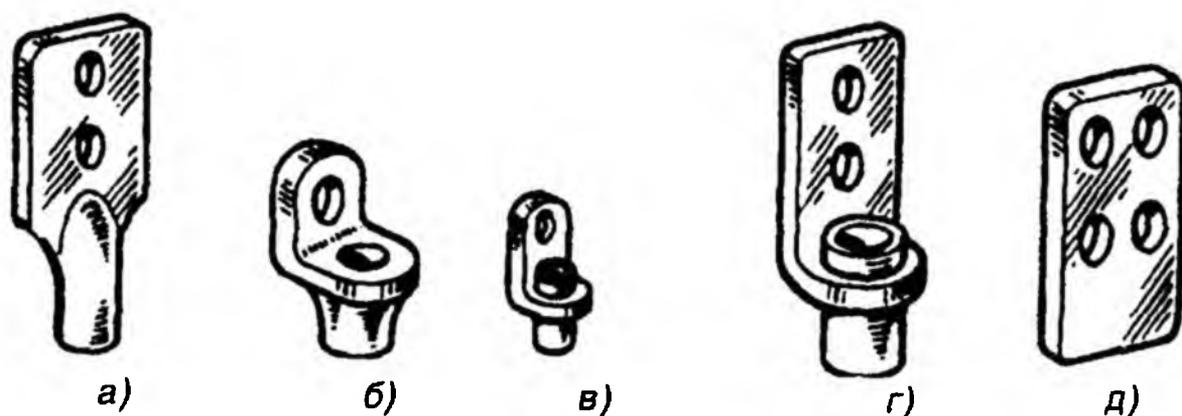


Рис. 2.4. Типы наконечников из алюминиевого сплава:

а — ЛС; б — А; в, г — Л; д — пластина из сплава АДЗ1Т1

Торцы жил обмазывают тонким слоем флюса. После этого производят сварку.

При электродуговой сварке в среде защитного газа (аргон) полуавтоматом ПРМ (подача сварочной проволоки автоматизирована, а сварочный пистолет перемещается вручную) используют источник постоянного тока. Обратный сварочный провод (минус) от источника питания присоединяют к контактной лапке охладителя. Режим сварки (напряжение источника питания, время сварки, скорость подачи проволоки) выбирают в зависимости от сечения свариваемых жил.

При сварке кабельный наконечник А (для жил сечением 16—240 мм<sup>2</sup>) надевают на жилу и закрепляют его в вертикальном положении. Горелку полуавтомата закрепляют так, чтобы сопло находилось над жилой кабеля. Сварку выполняют нажатием пусковой кнопки на рукоятке горелки. При правильно выбранном режиме зачистка окончевания после сварки не требуется.

Наконечник А к алюминиевой жиле приваривают также неплавящимся (вольфрамовым) электродом в режиме ручной сварки. Сварочный ток подводят к электрододержателю.

При окончевании алюминиевых жил сечением 300—1500 мм<sup>2</sup> наконечниками ЛА (рис. 2.4) применяют полуавтоматическую аргоно-дуговую сварку или ручную дуговую сварку неплавящимся угольным электродом. Для образования сварочной ванны используют угольную формующую втулку, которую надевают после установки наконечника на конец жилы.

При всех видах сварки применяют охладители (для предохранения изоляции жил от перегрева), асбестовые экраны (для защиты изоляции от непосредственного действия пламени), флюсы (для удаления пленки оксида алюминия с поверхности свариваемых жил и предохранения алюминия от окисления в процессе сварки). Для сварки используют присадочный металл (сварочную проволоку СВАК5 или СВА5С) или проволоки из повивов жил.

## § 12. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕРМИТНОЙ И ПРОПАНО-КИСЛОРОДНОЙ СВАРКОЙ

При *термитной сварке* используют патроны различных конструкций. Соединения алюминиевых жил сечением 16—800 мм<sup>2</sup> встык и приварку наконечников ЛС на жилах сечением 300—800 мм<sup>2</sup> производят термитными патронами ПА (рис. 2.5).

Термитные патроны подбирают в зависимости от сечения свариваемых жил, перед сваркой снимают на необходимую длину изоляцию с жил. Жилы зачищают, обезжиривают и покрывают тонким слоем флюса ВАМИ (хлористый калий — 50%, хлористый натрий — 30%, криолит — 20% по массе). На концы жил насаживают алюминиевые колпачки или секторные втулки (предохраняют поверхность жил от непосредственного соприкосновения с кокилем патрона). Затем мелом покрывают внутреннюю поверхность кокиля, устанавливают охладители и экраны, выполняют уплотнения асбестовым шнуром. Для поджигания термитных патронов используют специальные спички.

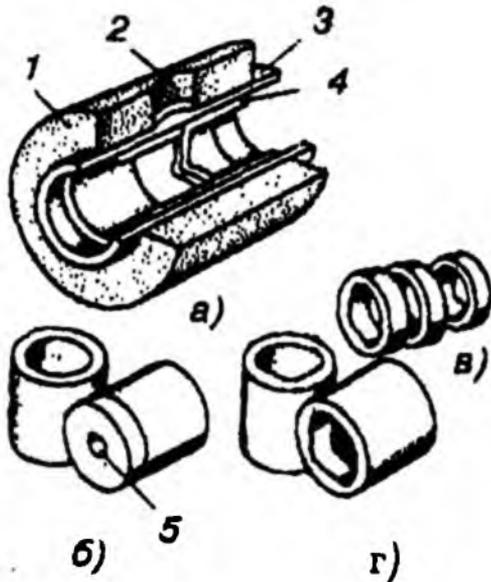


Рис. 2.5. Патрон ПА для термитной сварки:

- а — патрон; б — алюминиевые колпачки к патрону; в — алюминиевые шайбы г — втулки; 1 — термитный муфель; 2 — лючковое отверстие; 3 — стальной кокиль; 4 — втулка; 5 — отверстие в доннышке втулки для контроля глубины вхождения в него жил

По мере горения муфеля в кокиль сплавляют присадочный пруток, а образовавшуюся сварочную массу тщательно перемешивают. После кристаллизации расплавленного металла удаляют литниковую прибыль и закругляют кромки монолитной цилиндрической части сварного соединения.

Место соединения зачищают стальной щеткой, протирают салфеткой, смоченной в бензине или ацетоне, до полного удаления шлаков и опилок.

Технологические операции, выполняемые при термитной сварке, показаны на рис. 2.6.

Газовую сварку проводят в пропано-, ацетилено- или бензино-кислородном пламени. Подготовку жил, сварку и обработку мест соединений выполняют во многом так же, как и при электросварке. При ацетилено-кислородной сварке выбирают наконечник для горелки, а при бензино-кислородной — мундштук. При пропано-кислородной сварке применяют то же оборудование и приспособления, что и при ацетилено-кислородной сварке. Для пропан-бутана используют специальные баллоны.

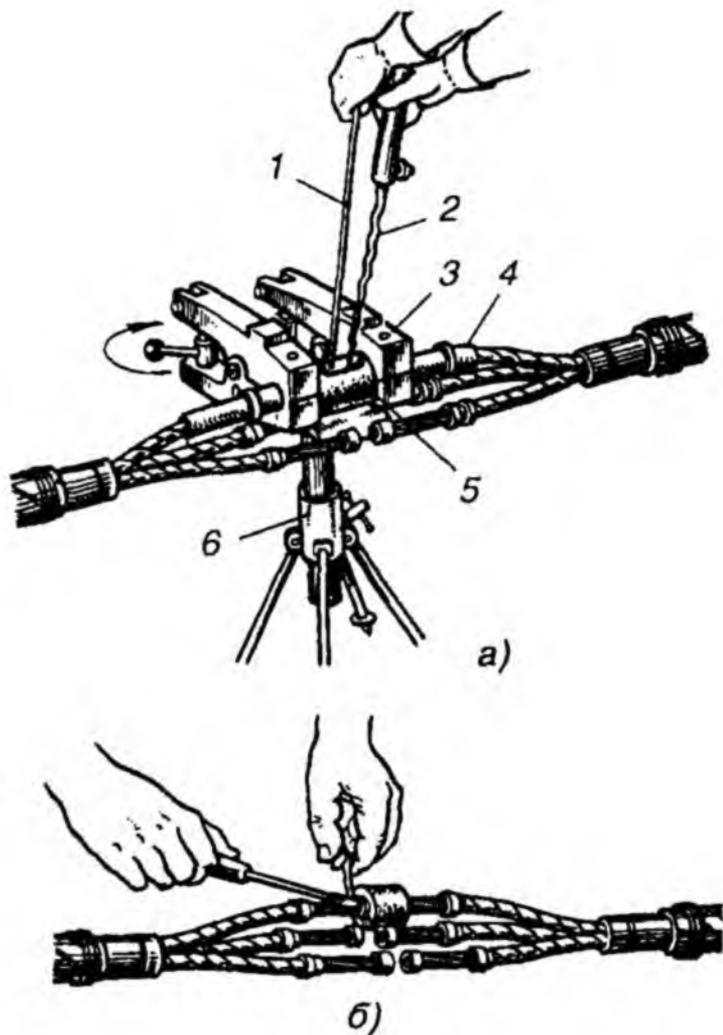


Рис. 2.6. Термитная сварка жил:

*а* — ввод присадочного прутка и перемешивание расплава; *б* — уплотнение кокилей шнуровым асбестом; 1 — мешалка; 2 — присадочный пруток; 3 — охладитель; 4 — экран для тепловой защиты жил; 5 — термитный патрон; 6 — штатив

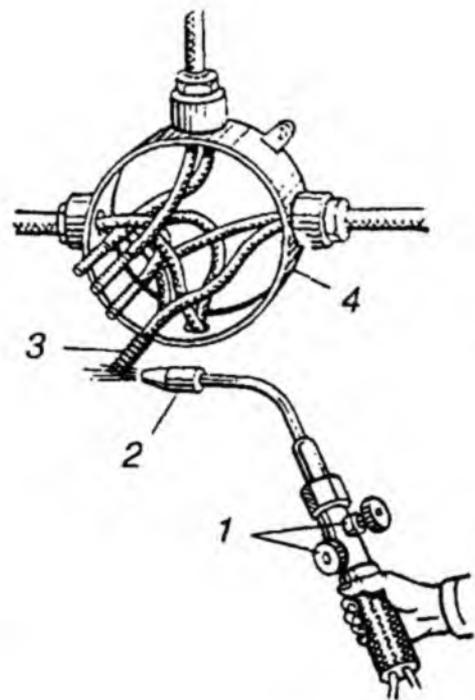


Рис. 2.7. Пропано-кислородная сварка алюминиевых жил суммарным сечением до  $35 \text{ мм}^2$ :

1 — вентили на горелке; 2 — горелка; 3 — скрутка проводов; 4 — ответвительная коробка

В последние годы широко используют для соединения алюминиевых жил пропано-кислородную сварку. Соединение однопроводных жил суммарным сечением до  $35 \text{ мм}^2$  в скрутке пропано-кислородной сваркой показано на рис. 2.7. Технологическая последовательность выполнения операций такова: сначала ножом или инструментом с концов свариваемых жил снимают изоляцию на длине 30—40 мм, концы жил зачищают стальной щеткой и скручивают их вместе. Концы скрутки покрывают тонким слоем флюса ВАМИ, предварительно разведя его в воде до пастообразного состояния. Далее открывают вентили на баллоне с пропаном, затем на баллоне с кислородом и регулируют рабочее давление кислорода до  $0,15 \text{ МПа}$  ( $1,5 \text{ кгс/см}^2$ ). На горелке открывают вентиль пропана (на вентиле надпись «ацетилен») и зажигают горелку.

После этого на горелке открывают вентиль кислорода и регули-

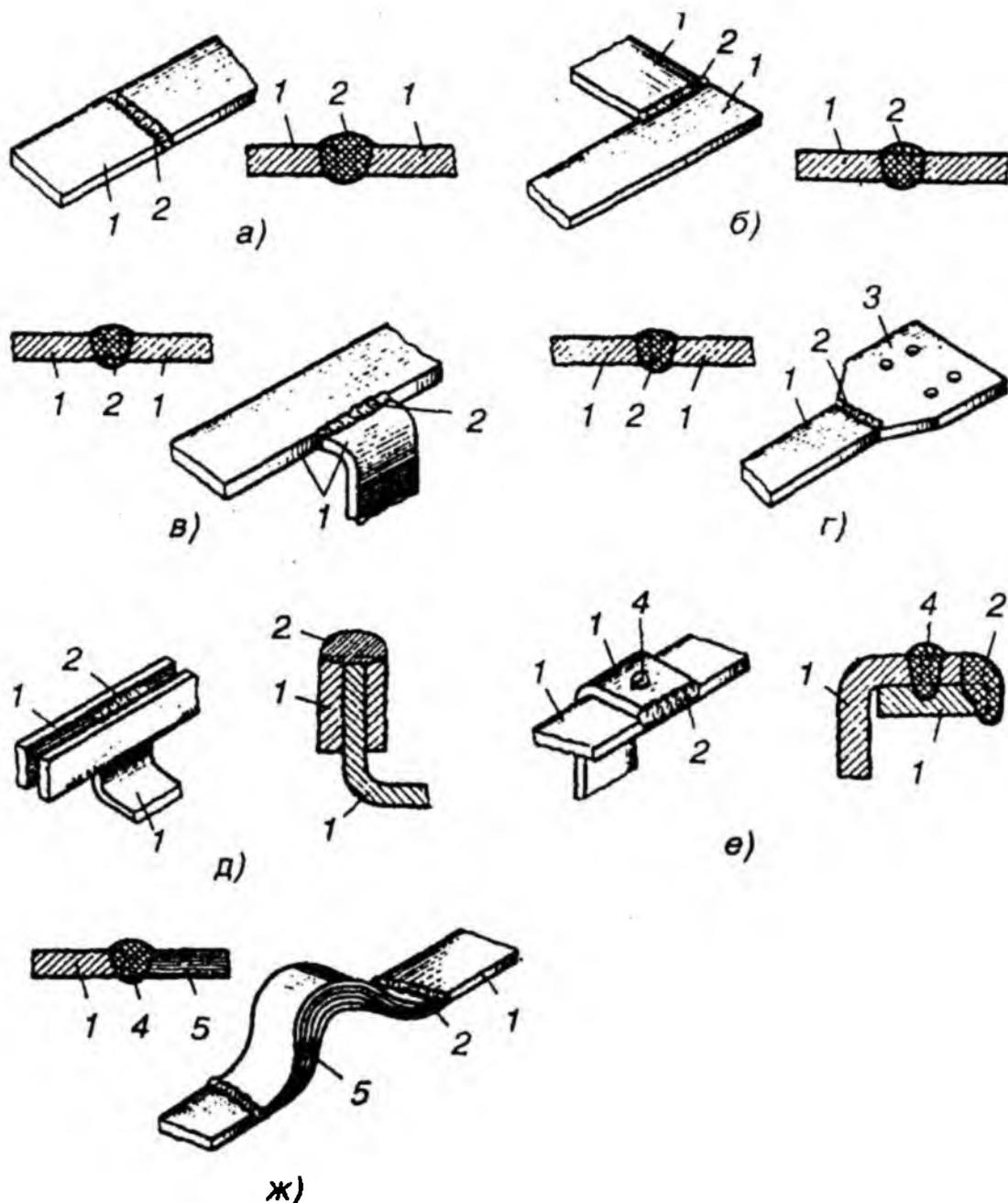


Рис. 2.8. Варианты сварных соединений прямоугольных шин и ответвлений:

*а* — соединение встык; *б* — то же, под углом; *в* — ответвление; *г* — присоединение к аппарату; *д*, *е* — ответвление от шин, расположенных плашмя; *ж* — температурный компенсатор; 1 — шина; 2 — шов; 3 — косынка; 4 — заклепка; 5 — пакет гибких лент

руют пропано-кислородное пламя до нормального. К концу скрутки подводят ядро пламени и нагревают его до расплавления. Появление на конце скрутки капли жидкого металла в виде шарика свидетельствует об окончании сварки. Закрывая вентиля пропана и кислорода гасят горелку. Остатки флюса с места сварки удаляют стальной щеткой, соединение протирают чистой ветошью и изолируют скрутки изолирующими колпачками или изоляционной лентой.

Виды сварных соединений и ответвлений для прямоугольных шин показаны на рис. 2.8 (*а* — *ж*).

Оконцевание, соединение и ответвление медных жил проводов и кабелей электросваркой, термитной или газовой сваркой не выполняют.

### § 13. СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ ПРОВОДНИКОВ

Стальные проводники сетей заземления сваривают в основном электродуговой сваркой. Термитно-тигельную сварку применяют в полевых условиях, используя обычный алюминиевый термит в виде

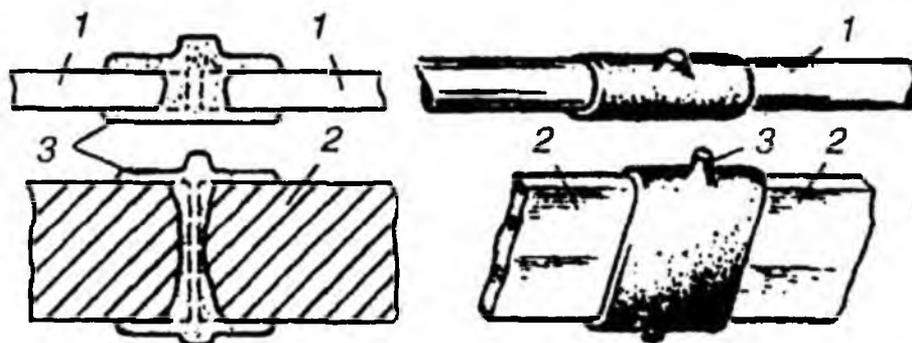


Рис. 2.9. Примеры соединения заземляющих проводников термитно-тигельной сваркой:

1 — стержень; 2 — полоса; 3 — наплавленный металл

порошкообразной смеси стальной окалины (79% по массе) и алюминиевого порошка (21% по массе). Размер частиц в смеси должен быть 0,1—1,5 мм. Для сварки используют корковые песчано-смоляные или оболочковые формы, которые изготовляют из кварцевого песка и пулвербакелита. Формы запекают на специальной установке. Для сварки полос и стержней заземления применяют девять типоразмеров форм. Термитную порошковую смесь перед сваркой засыпают в форму, установленную на место соединения, и проверяют ее заполнение. Далее специальной спичкой воспламеняют термит. Некоторые виды готовых стальных соединений показаны на рис. 2.9.

### § 14. ТЕХНОЛОГИЯ СОЕДИНЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ОБОЛОЧЕК КАБЕЛЕЙ

Пластмассовые оболочки кабелей при монтаже сваривают с пластмассовой соединительной трубой (муфтой) с помощью присадочного пластмассового прутка в струе горячего воздуха, который подают специальной пропано-воздушной горелкой (рис. 2.10). Разогревать пластмассу непосредственно пламенем горелки нельзя, так как высокая температура приводит к разложению пластмассы.

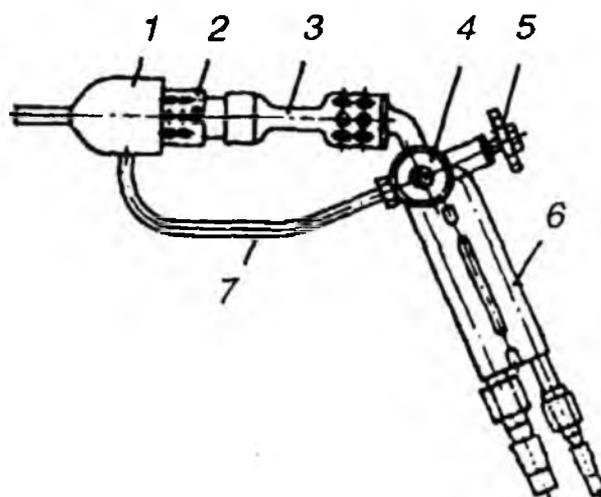


Рис. 2.10. Пропано-воздушная горелка для сварки пластмассовых оболочек:  
 1 — кожух горелки; 2 — нагревательная головка; 3 — диффузор; 4 — вентиль для воздуха; 5 — вентиль для пропан-бутана; 6 — рукоятка; 7 — соединительная труба

Допускается нагрев воздуха для полистирола до 120—160°C, полиэтилена — до 140—180°C, поливинилхлорида — до 160—200°C, винипласта — до 220—240°C. Температуру воздуха регулируют вентилями горелки. В процессе сварки присадочный пруток, изготовленный из отходов оболочки кабеля, и свариваемый участок кабеля нагревают одновременно. После размягчения свариваемых поверхностей необходимо слегка прижать к ним присадочной пруток. Свариваемую поверхность сварщик формирует резиновой пластиной размером 80 × 80 × 5 мм. Шов после сварки должен остыть без принудительного охлаждения. Поры и неровности, обнаруженные после охлаждения, заваривают с применением присадочного прутка.

## § 15. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОПРЕССОВАНИЕМ

Оконцевание и соединение жил алюминиевых и медных изолированных проводов и кабелей методом *опрессования* выполняют ручными клещами, механическим, пиротехническим или гидравлическим прессом с помощью сменных пуансонов и матриц. Пуансоны и матрицы подбирают по диаметру трубчатой части наконечника или соединительной гильзы. Существующие способы опрессования показаны на рис. 2.11.

Максимальную контактную поверхность между проволоками жил и внутренней поверхностью наконечников получают при твердости жилы, превышающей твердость наконечников, что имеет место при опрессовке наконечников, изготовленных из трубки, на многопроволочных секторных жилах типа С кабеля. Оптимальный способ опрессовки в этом случае — комбинированное обжатие. Если твердость жил равна твердости наконечников (при опрессовке

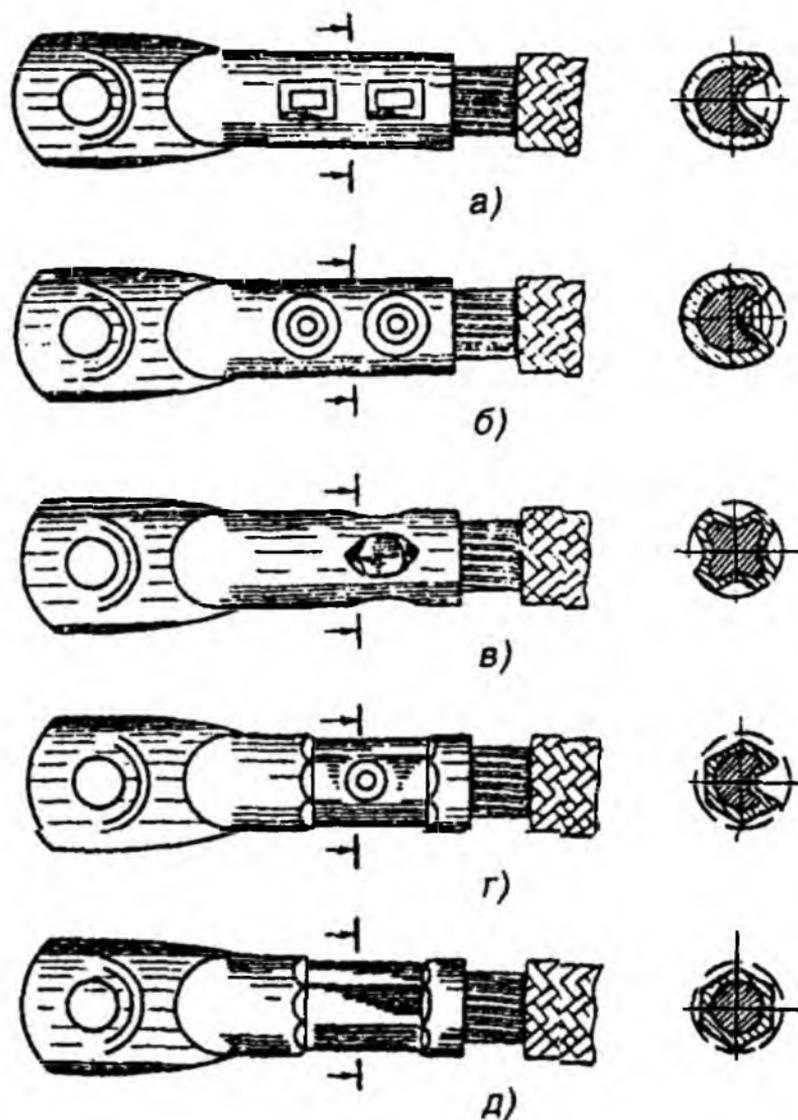


Рис. 2.11. Общий вид контактных соединений, выполненных различными способами опрессовки:

*а* — местным вдавливанием инструментом УНИ-2А; *б* — местным вдавливанием инструментом УСА; *в* — многоместным вдавливанием; *г* — комбинированным обжатием; *д* — сплошным шестигранным обжатием

наконечников, изготовленных из прутка, на жилах типа С или наконечников, изготовленных из трубки, на жилах типа Н), то оптимальные результаты получают при местном вдавливании. При твердости жил, меньшей твердости наконечников (при опрессовке наконечников, изготовленных из прутка, на жилах типа Н), оптимальным является местное вдавливание.

Чем выше коэффициент заполнения, тем меньше начальное электрическое сопротивление соединения.

С уменьшением толщины стенки наконечников увеличивается начальное сопротивление (это объясняется повышенным нагревом их за счет уменьшения сечения); уменьшение толщины стенки наконечников недопустимо еще и потому, что при местном вдавливании образуются прорывы стенки, а при сплошном обжатии

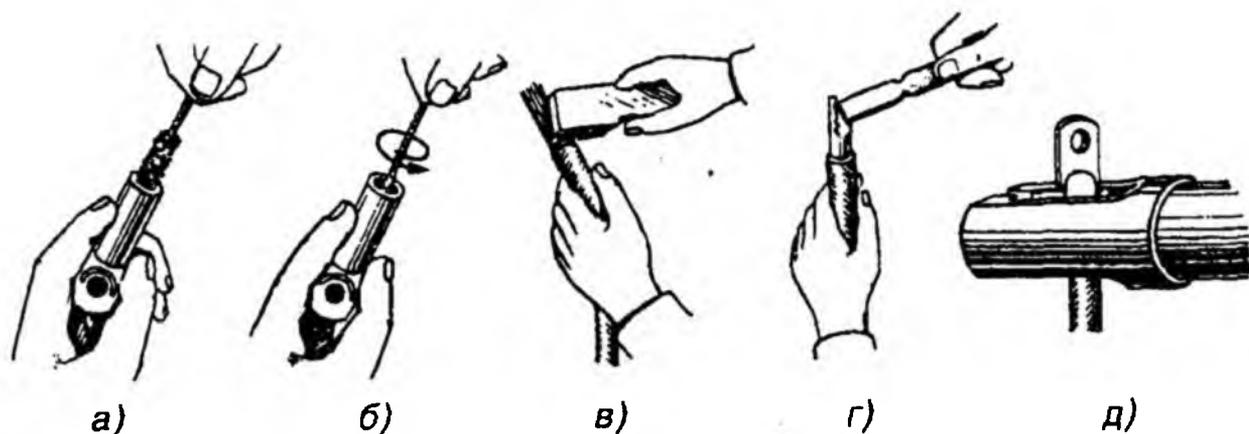


Рис. 2.12. Технология оконцевания алюминиевых жил опрессованием:

*а* — зачистка наконечника; *б* — смазка внутри наконечника кварцевовазелиновой пастой; *в* — зачистка жил; *г* — смазка жил кварцевовазелиновой пастой; *д* — опрессование

из-за снижения их жесткости наблюдается резкое увеличение сопротивления.

При местном вдавливании следят за тем, чтобы лунки были расположены соосно опрессовываемой жиле и друг другу. При оконцевании лунки делают на лицевой стороне наконечника. Для контроля качества глубину вдавливания (лунки) при местном вдавливании или степень сплошного обжатия проверяют выборочно не менее, чем у 1% наконечников и гильз.

При применении гидропресса с автоматическим контролем глубины вдавливания или обжатия выборочный контроль качества опрессования не проводят.

Рассмотрим технологическую последовательность операций опрессования. Однопроволочные алюминиевые жилы 2,5—10 мм<sup>2</sup> опрессовывают в гильзах ГАО. Гильзу выбирают в соответствии с количеством и сечением соединяемых жил, инструмент, механизмы, пуансоны и матрицы — по инструкции или справочнику. Концы жил зачищают на длине 20, 25 и 30 мм для гильз ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 и ГАО-8, внутреннюю поверхность гильз зачищают до металлического блеска и смазывают их кварцевовазелиновой пастой. Зачистку и смазку гильз выполняют в случае, если это не было выполнено на заводе-изготовителе. Затем жилы вставляют в гильзу. При суммарном сечении соединяемых жил меньше диаметра внутреннего отверстия гильзы вводят дополнительные проволоки жил для уплотнения места соединения. Опрессование производят до соприкосновения пуансона с матрицей. После опрессования остаточная толщина материала в гильзах ГАО-4 должна быть 3,5 мм; ГАО-5 и ГАО-6—4,5 мм; ГАО-8—6,5 мм. Перед изолированием выполненное контактное соединение протирают ветошью, смоченной в бензине. Место опрессования изолируют изоляционной лентой. Опрессование оконцеваний одно- и многопроволочных жил

сечением 16—240 мм<sup>2</sup> производят в алюминиевых и медно-алюминиевых наконечниках (ГОСТ 9581—80<sup>x</sup>) и штифтовых наконечниках (ГОСТ 23598—79<sup>x</sup>).

Для опрессования соединений используют алюминиевые гильзы (ГОСТ 23469 2—79<sup>x</sup>). Последовательность операций опрессования показана на рис. 2.12.

Т а б л и ц а 19. Механизм и инструмент опрессования жил

Механизм, инструмент	Тип	Область применения
Пресс-клещи	ПК-2	Соединение и ответвление алюминиевых жил площадью сечения 2,5—10 мм <sup>2</sup> в гильзах ГАО Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения до 10 мм <sup>2</sup> в гильзах и наконечниках
Пресс-клещи	ПК-2М	Соединение и ответвление алюминиевых жил в гильзах ГАО-4 и ГАО-5
	ПК-3	Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения 1,5—2,5 мм <sup>2</sup> в кабельных кольцевых наконечниках П
	ПК-4	
Пресс-клещи	ПК-1	Соединение и оконцевание жил площадью сечения 16—50 мм <sup>2</sup>
Пресс-клещи	ПК-1м	Соединение, оконцевание и ответвление алюминиевых жил площадью сечения 16—35 мм <sup>2</sup> в гильзах ГАО-5—ГАО-8, ГА и наконечниках ТА и ТАМ
Гидравлические и монтажные клещи	ГКМ	Соединение, ответвление и оконцевание алюминиевых жил площадью сечения до 15 мм <sup>2</sup> в гильзах ГАО и ГА и наконечниках ТА и ТАМ
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения до 10 мм <sup>2</sup> в гильзах ГМ и наконечниках Т, обжатие в кольцевых наконечниках П
Ручной механический пресс	РМП-7	Соединение и оконцевание алюминиевых жил при опрессовании вдавливанием: двузубым для площади сечения 16—120 мм <sup>2</sup> и однозубым для площади сечения 16—240 мм <sup>2</sup>
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения 16—240 мм <sup>2</sup> при опрессовании однозубым вдавливанием
Механический пресс	ПМ-7	Соединение и оконцевание алюминиевых и медных жил площадью сечения 16—240 мм <sup>2</sup>
Гидравлический пресс	РПГ-7М	Соединение и оконцевание алюминиевых жил при опрессовании вдавливанием: двузубым для площади сечения 16—120 мм <sup>2</sup> и однозубым для площади сечения 16—240 мм <sup>2</sup>
		Соединение и оконцевание медных жил площадью сечения 16—120 мм <sup>2</sup> при опрессовании однозубым вдавливанием
Гидравлический пресс	МИ-2	Соединение и оконцевание алюминиевых жил площадью сечения до 300 мм <sup>2</sup> , медных — до 240 мм <sup>2</sup>

Механизм, инструмент	Тип	Область применения
Гидравлический пресс с электроприводом	ПГЭЛ	Соединение и оконцевание алюминиевых и медных жил площадью сечения 16—240 мм <sup>2</sup>  Опрессование овальных соединений на медных и алюминиевых проводах площадью сечения 16—185 мм <sup>2</sup> и сталеалюминиевых проводах воздушных линий электропередачи площадью сечения 35—185 мм <sup>2</sup>
Пресс гидравлический	ПГР-20	Соединение и оконцевание алюминиевых жил изолированных проводов и кабелей площадью сечения 16—240 мм <sup>2</sup> способом комбинированного обжатия

Механизм и инструмент для опрессования выбирают по табл. 18 и 19. При оконцевании подготовленную жилу вводят в наконечник до упора, а при соединении — так, чтобы торцы соединяемых жил соприкасались в середине гильзы. При опрессовании однозубым пуансоном на наконечнике делают два вдавливания, а на гильзе — четыре. Если для опрессования используют двузубый пуансон, то на наконечнике делают одно вдавливание, а на гильзе — два. После опрессования контролируют остаточную толщину материала. Она должна быть: при сечении жил 16—35 мм<sup>2</sup> — 5,5 мм; при сечении 50 мм<sup>2</sup> — 7,5 мм; при сечении 70 и 95 мм<sup>2</sup> — 9,5 мм; при сечении 240 мм<sup>2</sup> — 14 мм.

Оконцевание однопроволочных жил сечением 25—240 мм<sup>2</sup> часто производят штамповкой наконечника на жиле.

Опрессование многопроволочных медных жил сечением 1—2,5 мм<sup>2</sup> выполняют пресс-клещами ПК-3 или ПК-4 в кольцевых медных наконечниках, обжимаемых специальными пуансонами и матрицами (рис. 2.13).

Оконцевание медных однопроволочных и многопроволочных проводов и кабелей сечением 4—240 мм<sup>2</sup> выполняют в медных наконечниках, а соединения жил 16—240 мм<sup>2</sup> — в гильзах. Опрес-

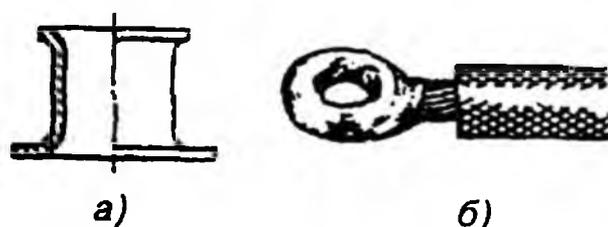


Рис. 2.13. Опрессование многопроволочной медной жилы в кольцевом медном наконечнике:

*a* — кольцевой наконечник; *b* — конец жилы после опрессования кольцевым наконечником

сование медных наконечников и гильз выполняют пуансоном и матрицей с одним зубом, на наконечнике делают одно вдавливание, на гильзе — два, по одному на каждый конец соединяемых жил. Последовательность операций опрессования та же, что алюминиевых жил, но смазку кварцевовазелиновой пастой не производят.

## § 16. ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАЙКОЙ

В случаях отсутствия возможности применения сварки и опрессования для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей применяют *пайку*. Для пайки алюминиевых жил используют припой и флюсы (табл. 20, 21) и паяльник (для однопроволочных жил 2,5—10 мм<sup>2</sup>) или пропано-кислородную горелку (для больших сечений). Пайку соединений и ответвлений однопроволочных алюминиевых жил сечений 2,5—10 мм<sup>2</sup> выполняют двойной скруткой с желобком (рис. 2.14). С жил снимают изоляцию, зачищают до металлического блеска, нагревают пламенем пропан-кислородной горелки до начала плавления припоя. Потирая желобок палочкой припоя А, введенной в пламя, лудят жилы и заполняют желобок припоем, сначала с одной, а затем с другой стороны. После остывания место соединения изолируют.

Соединение и ответвление одно-и многопроволочных медных жил до 10 мм<sup>2</sup> выполняют пропаянной скруткой без желобка. С жилы удаляют изоляцию на длину до 35 мм, зачищают ее наждачной бумагой, пропаивают паяльником в ванночке с расплавленным припоем ПОССу 40-0,5. После остывания место пайки изолируют. Соединение и ответвление медных одно- и многопроволочных жил 4—240 мм<sup>2</sup> выполняют в гильзах пайкой способом полива: ответвления — в гильзах ГПО, соединения — в гильзах ГМ. После подготовки жил полив припоя производят в течение 1,5 мин. (рис. 2.15). В течение этого времени гильза должна быть полностью *облужена*.

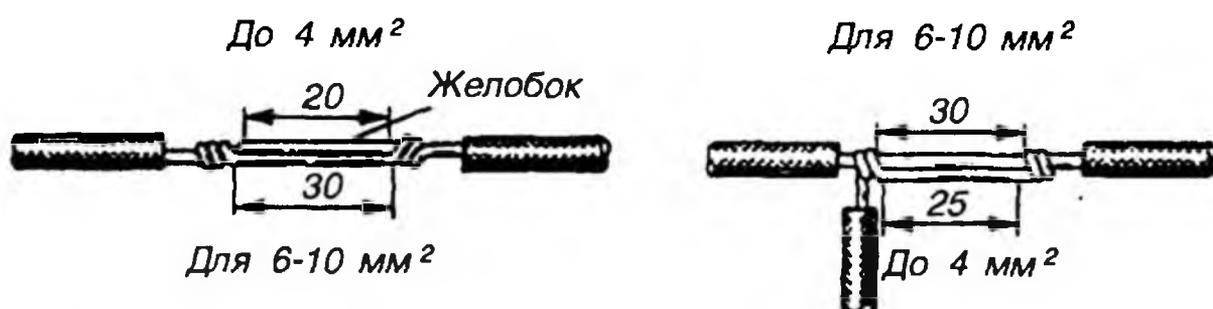


Рис. 2.14. Соединение и ответвление алюминиевых проводов пайкой способом двойной скрутки с желобком

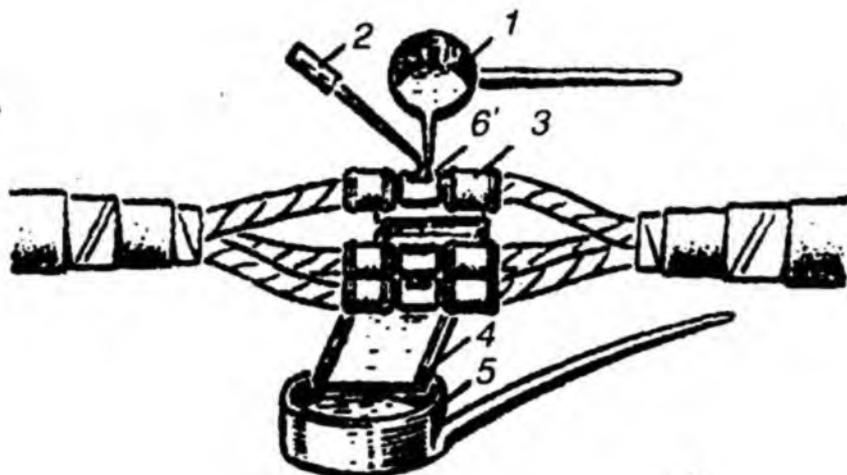


Рис. 2.15. Соединение жил способом полива расплавленным припоем:  
1 — паяльная ложка; 2 — крючок; 3 — подмотка асбестом; 4 — лоток; 5 — тигель; 6 — форма

Т а б л и ц а 20. Припой для пайки алюминия и его сплавов

Марка	Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Область применения
П250А	250	300	Лужение и пайка концов алюминиевых проводов
П300А	310	360	Пайка соединений, сращивание алюминиевых проводов круглой и прямоугольной площадей сечения при намотке обмоток трансформаторов
П300Б	410	750	Пайка заливкой алюминиевых проводов
31А	525	650	Пайка изделий из алюминия и его сплавов

Т а б л и ц а 21. Флюсы для пайки мягкими припоями

Марка флюса	Область применения	Химический состав, %
КЭ	Пайка токопроводящих частей из меди, латуни и бронзы	Канифоль — 30, спирт этиловый — 70
ВТС	Пайка проводниковых изделий из меди, латуни, алюминия, бронзы, константана, манганина, серебра	Вазелин — 63, триэтанолламин — 6,5, кислота салициловая — 6,3, спирт этиловый — 24,2
ФВ-3	Пайка изделий из алюминия и его сплавов цинковыми и алюминиевыми припоями	Фтористый натрий — 8, хлористый литий — 36, хлористый цинк — 16, хлористый калий — 40
Водный раствор хлористого цинка	Пайка изделий из стали, меди, латуни, бронзы	Хлористый цинк — 40, вода — 60
ФТКА	Пайка алюминиевых проводов с медными	Фтороборат кадмия — 10, фтороборат аммония — 8, триэтанолламин — 82

Соединение и ответвление алюминиевых жил сечением 16—240 мм<sup>2</sup> с медными жилами выполняют так же, как соединение пайкой двух алюминиевых жил. При этом алюминиевую жилу разделяют ступенчато или со скосом под углом 55° к горизонтали. Концы алюминиевых жил сначала лудят припоем А, а затем припоем ПОССу, а концы медных жил и медные соединительные гильзы — припоем ПОССу. При ступенчатой разделке конца алюминиевой жилы пайку соединения производят непосредственным сплавлением припоя А в форму или способом полива припоем, при разделке алюминиевой жилы со скосом 55° — только способом полива припоем.

Т а б л и ц а 22. Припой оловянно-свинцовые

Марка	Температура плавления, °С	Температура пайки, °С	Область применения
ПОС-40	238	290	Пайка и лужение токопроводящих частей из меди, латуни, бронзы
ПОСК-5018	145	185	Пайка деталей из меди и ее сплавов
ПОС-61	190	240	Лужение, пайка меди и ее сплавов токопроводящих частей машин и аппаратов
ПОС-61М	192	240	То же
ПОССу95-5	240	290	Пайка коллекторов, якорных секций, бандажей, токопроводящих соединений электрических машин и деталей электрооборудования
ПОССу40-05	235	285	Пайка бандажей коллекторов и секций электрических машин, приборов
ПОССу30-05	255	305	Пайка меди и ее сплавов, проводов, кабелей, бандажей и деталей аппаратов

Оконцевание алюминиевых жил медными наконечниками выполняют так же, как и оконцевание алюминиевыми наконечниками. Медный наконечник предварительно лудят припоем ПОССу (табл. 22). Оконцевание производят также с подготовкой конца алюминиевой жилы со скосом под углом 55°. В этом случае конец подготовленной алюминиевой жилы вводят в гильзу наконечника скосом в сторону его контактной части так, чтобы жила была утоплена в гильзе наконечника на 2 мм. Зазоры уплотняют непосредственным сплавлением припоя на скошенную поверхность жилы. Оксидную пленку с торца жилы удаляют скребком под слоем припоя.

Соединение и ответвление алюминиевых жил в медных луженых гильзах выполняют припоем ПОССу 40. При этом концы провода предварительно лудят припоем марки А.

## Контрольные вопросы

1. Какие виды сварок часто применяют при монтаже?
2. Как осуществляют сварку стали в среде защитного углекислого газа?
3. В каких случаях применяют сварку давлением?
4. Как осуществляют сварку проводов суммарным сечением до 12,5 мм<sup>2</sup>?
5. Какова технология термитной сварки?
6. Как производят сварку жил в пропано-кислородном пламени?
7. Как производят сварку пластмассовых оболочек кабелей?
8. Как осуществляют оконцевание и соединение жил медных и алюминиевых проводов методом опрессования?
9. В каких случаях для соединения и оконцевания жил проводов и кабелей применяют пайку?
10. Какие припои используют при пайке алюминия и меди?

## ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА УСТРОЙСТВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

### § 17. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

*Замыканием на землю* называют случайное электрическое соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли или с землей непосредственно.

Замыкание, возникшее в машинах, аппаратах, линиях, на заземленные конструктивные части электроустановки, называют *замыканием на корпус*.

*Заземляющее устройство* — это совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

*Заземлитель* — представляет собой металлический проводник или группу проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

*Заземляющими проводниками* являются металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

*Заземлением* какой-либо части электроустановки называют преднамеренное электрическое соединение ее с заземляющим устройством.

*Напряжением относительно земли* при замыкании на корпус называют напряжение между этим корпусом и точками земли, находящимися вне зоны токов в земле, но не ближе 20 м.

*Сопротивление заземляющего устройства* — это сумма сопротивлений, слагающаяся из сопротивления заземлителя относительно земли и сопротивления заземляющих проводников.

*Сопротивление заземлителя* — отношение напряжения на заземлителе относительно земли к току, проходящему через заземлитель в землю.

*Током замыкания на землю* считается ток, проходящий через землю в месте замыкания.

*Электроустановками с большими токами замыкания на землю* называют электроустановки напряжением выше 1кВ, в которых однофазный ток замыкания на землю более 500 А.

*Электроустановками с малыми токами замыкания на землю* считают электроустановки напряжением выше 1кВ, в которых однофазный ток замыкания на землю равен или менее 500 А.

*Глухозаземленной нейтралью* называют нейтраль трансформатора или генератора, присоединенную к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (трансформаторы тока и др.).

*Изолированной нейтралью* называют нейтраль, не присоединенную к заземляющему устройству или присоединенную через аппараты, компенсирующие емкостный ток в сети, трансформаторы напряжения и другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

*Нулевой провод* — это провод сети, соединенный с глухозаземленной нейтралью трансформатора или генератора, или — средний заземленный провод в сети постоянного тока, служащий обратным проводом при неравномерной нагрузке фаз или полюсов.

В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью источника питания основной мерой защиты от поражения электрическим током в случае прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования и металлическим конструкциям, оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции сети или электроприемников, является *зануление*.

*Зануление* — преднамеренное электрическое соединение металлических частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью источника питания посредством нулевых защитных проводников.

Надежное электрическое соединение металлических элементов электроустановки с глухозаземленной нейтралью источника питания превращает всякое замыкание токоведущих частей на эти элементы в *однофазное короткое замыкание*, в результате чего происходит отключение аварийного участка сети зануленным аппаратом.

Предусматривать дополнительно заземление зануленных элементов электроустановок не требуется.

В качестве нулевых защитных проводников могут быть использованы:

1. Нулевые рабочие проводники.
2. Специально предусмотренные проводники (четвертая или

третья жила кабеля, четвертый или третий провод, стальные полосы и т.п.).

3. Стальные трубы электропроводки.

4. Алюминиевые оболочки кабелей.

5. Металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т.п.).

6. Металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамление каналов и т.п.).

7. Металлические кожухи шинопроводов, металлические короба и лотки, предназначенные для прокладки проводов и кабелей.

8. Металлические стационарно открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации, центрального отопления и бытового водопровода.

Перечисленные выше проводники, конструкции и другие элементы могут служить единственными нулевыми защитными проводниками только в том случае, если они по проводимости (сопротивлению) удовлетворяют требованиям ПУЭ. При этом прокладка дополнительных стальных полос по периметру помещений (часто называемая «внутренний контур») не требуется.

При использовании нулевых рабочих проводников в качестве нулевых защитных проводников установка разъединяющих приспособлений в цепях нулевых рабочих проводников запрещается. В этом случае допускается применение выключателей, которые одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают все провода, находящиеся под напряжением.

Каждая часть электроустановки, подлежащая занулению, должна быть присоединена при помощи отдельного ответвления к нулевому рабочему проводнику, если он используется в виде нулевого защитного проводника, или к магистрали зануления.

В качестве ответвления могут быть использованы специальная жила кабеля, специальный провод, алюминиевая оболочка кабеля, специальный проводник, присоединяемые к нулевому рабочему проводнику или магистрали зануления на ближайшем распределительном щите, сборке, щитке, в ответвительной коробке или на другой неподвижной жесткой конструкции (опоре).

При прокладке проводов в стальных трубах для ответвления может быть использована стальная труба.

Магистрали зануления и ответвления от них должны быть доступны для осмотра. Требования о доступности для осмотра не распространяются на нулевые жилы и оболочки кабелей, а также на нулевые защитные проводники, проложенные в трубах и коробах.

Допускается ответвления от магистралей зануления к зануляемой части электроустановки прокладывать скрыто, непосредствен-

но в стене, под чистым полом и т.п. с предварительной защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь промежуточных соединений.

Зануление переносных электроприемников осуществляют специальной защитной жилой кабеля или провода, расположенной в общей оболочке с фазными жилами, третьей — для электроприемников однофазного тока и четвертой — для электроприемников трехфазного тока.

Указанную специальную жилу кабеля или провода присоединяют к защитному контакту штепсельного соединения с одной стороны и к корпусу электроприемника — с другой. Сечение этой жилы должно быть равно сечению фазных жил.

В связи с тем, что ГОСТ на некоторые марки кабелей предусматривает уменьшенное сечение четвертой жилы, разрешается для трехфазных переносных электроприемников применение таких кабелей впредь до соответствующего изменения ГОСТ.

При вводе в светильник кабеля, защищенного провода, незащищенных проводов в трубе, металлорукаве или при скрытой электропроводке, т.е. при наличии защиты вводимой в светильник электропроводки от механических повреждений, ответвление от нулевого рабочего проводника производится внутри светильника.

При вводе в светильник открытых незащищенных проводов зануление корпуса светильника осуществляют гибким проводом (ответвлением), присоединяемым с одной стороны к заземляющему винту корпуса светильника, а с другой — к нулевому рабочему проводнику на ближайшей к светильнику неподвижной опоре или в коробке.

Эти требования распространяются также на подводку кабелей и проводов к защитным контактам штепсельных соединений.

Зануление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными лампами с вынесенным пускорегулирующим устройством можно осуществлять при помощи перемычки между заземляющими контактами пускорегулирующего аппарата и светильника.

При питании электроприемников по воздушным линиям зануление коммутационных аппаратов, устанавливаемых снаружи зданий (животноводческих помещений, складов и пр.), следует осуществлять перемычкой между нулевым рабочим проводником к заземляющему болту на корпусе аппарата (ответвлением от нулевого рабочего проводника).

В сетях с изолированной нейтралью, при нарушении изоляции одной фазы в какой-либо точке сети возникает однофазное замыкание на землю. В этом случае напряжение этой фазы относительно земли становится равным нулю, напряжение двух других фаз относительно земли — междуфазному напряжению, а силы заряд-

ных токов этих двух фаз увеличиваются соответственно в 3 раза. Сила тока замыкания на землю в 3 раза превышает силу зарядного тока одной фазы в нормальном режиме работы. Из-за малой силы тока замыкания он практически не влияет на систему междуфазных напряжений и режим работы приемников электроэнергии. Поэтому замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью допускается не отключать в течение 2 ч, необходимых для отыскания места повреждения. Поскольку однофазные замыкания на землю — наиболее вероятный вид повреждений (составляют 75—90% всех коротких замыканий), это существенно для обеспечения надежности электроснабжения потребителей.

Применение изолированной нейтрали снижает стоимость заземляющих устройств, что очень важно по экономическим соображениям из-за большого числа установок напряжением до 35 кВ.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью сила тока однофазного короткого замыкания велика. Это удорожает и усложняет стоимость заземляющих устройств, но затраты компенсируются снижением стоимости изоляции фазных проводов. Эта изоляция, особенно в сетях 110 кВ и выше, рассчитывается на фазное, а не на междуфазное напряжение.

Прикосновение человека к токоведущим или металлическим частям, которые могут оказаться под напряжением из-за неисправности изоляции, вызывает поражение электрическим током, следствием которого могут быть прекращение деятельности органов дыхания, потеря сознания, нарушение кровообращения.

Поражение электрическим током проявляется также в виде электрических ожогов и других травм.

Степень поражения электрическим током определяется силой тока, его длительностью и путем прохождения через тело человека. Сила тока зависит от напряжения прикосновения и от сопротивления всей электрической цепи, в которую последовательно «включается» человек.

Напряжение прикосновения  $U_{пр}$  (рис. 3.1) определяется разностью потенциалов в двух точках прикосновения тела человека к цепи замыкания, а сопротивление человека  $R_{ч}$  зависит от площади прикосновения, состояния кожи, длительности воздействия и колеблется в пределах от нескольких сот до десятков тысяч Ом.

Ток, проходящий через тело человека, определяется по закону Ома:

$$I_{ч} = U_{пр} / R_{ч} .$$

При наличии заземлителя и замыкании на землю заземлитель получит потенциал  $U_3 = I_3 R_3$

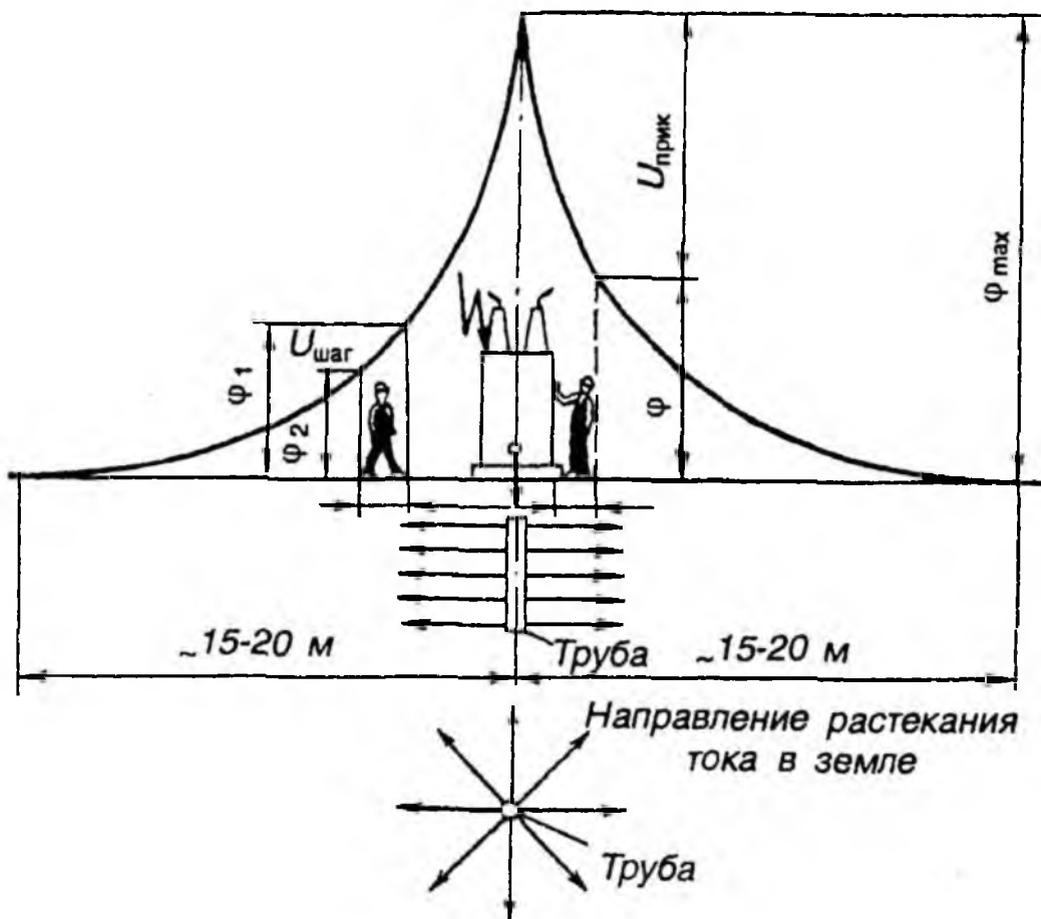


Рис. 3.1. Распределение потенциалов при растекании тока в земле с одиночного вертикального заземлителя

Приняв  $U_3 \approx U_{пр}$ , получим силу тока, проходящего через тело человека:

$$I_ч = I_3 \frac{R_3}{R_ч} .$$

Следовательно, чем меньше сопротивление заземлителя, тем меньше сила тока, проходящего через тело человека. Человек, находящийся в зоне растекания тока, оказывается под воздействием разности потенциалов, значение которой зависит от длины шага (0,8 м) и расстояния человека от заземлителя.

Разность потенциалов, определяемая шагом человека, называется *напряжением шага*. Наибольшее напряжение шага вблизи заземлителя. Чем меньше напряжение прикосновения и напряжение шага, определяемые силой тока замыкания на землю  $I_3$  и сопротивлением заземляющего устройства  $R_3$ , тем безопаснее обслуживание электроустановки.

ПУЭ регламентируют следующие значения сопротивлений заземляющих устройств в электроустановках: напряжением до 1000 В  $R_3 \leq 10$  Ом; выше 1000 В с большими силами токов замыкания на землю (глухозаземленная нейтраль)  $R_3 \leq 0,5$  Ом; выше 1000 В с

малыми силами токов замыкания на землю (изолированная нейтраль)  $R_3 \leq 250/I_3$ .

Если устройство одновременно используется для заземления и зануления установок до 1 кВ, его сопротивление не должно превышать  $125/I_3$  и должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к заземлению (занулению) электроустановок до 1 кВ.

Заземляющие устройства (заземление и зануление) в электроустановках выполняют при 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока — во всех случаях; при напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока — в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках. Заземление или зануление во взрывоопасных установках выполняют при любых напряжениях.

### § 18. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

В случаях, когда естественные заземлители не удовлетворяют требованиям ПУЭ, применяют искусственные заземлители, которые в зависимости от формы и расположения в грунте делят на три группы:

углубленные — из полосовой или круглой стали, укладываемые горизонтально на дно котлованов зданий по периметру фундаментов;

горизонтальные — из круглой или полосовой стали, уложенные в траншею;

вертикальные — из стальных вертикально ввинченных или вдавленных в грунт стержней из круглой стали.

Для заземлителей обычно применяют круглую сталь диаметром 10—16 мм, полосовую сталь сечением  $40 \times 4$  мм, отрезки угловой стали  $50 \times 50 \times 5$  мм. Длина вертикальных ввинчиваемых и вдавливаемых заземлителей — 4,5—5 м; забиваемых — 2,5—3 м. В производственных помещениях с электроустановками напряжением до 1 кВ применяют магистрали заземления из стальной полосы сечением не менее  $100 \text{ мм}^2$ , а напряжением выше 1 кВ — не менее  $120 \text{ мм}^2$ . Наименьшие допустимые размеры стальных заземлителей заземляющих и нулевых защитных проводников приведены в табл. 23, сечения алюминиевых и медных — в табл. 24.

Искусственные углубленные заземлители (рис. 3.2), заранее заготовленные в мастерских, укладывают на дно котлованов под фундаменты строящихся зданий и сооружений. Вертикальные заземлители из круглой стали диаметром 16 мм ввертывают в грунт или вдавливают. Для этих целей используют различные передвижные механизмы (копры, автотямбуры, вибраторы, гидропрессы,

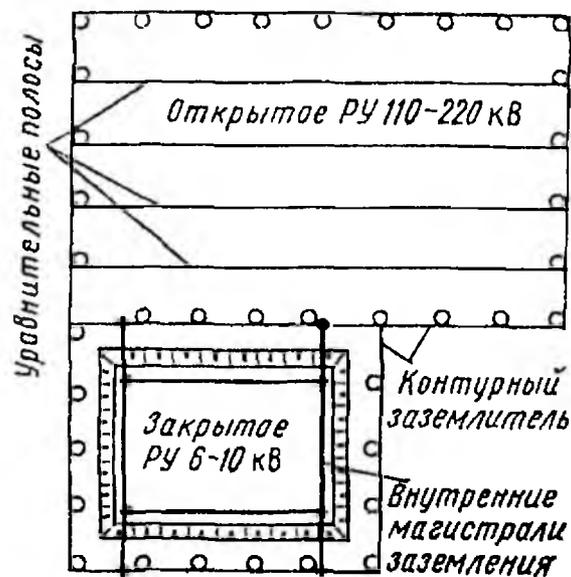


Рис. 3.2. Контур заземления подстанции

бурильно-крановые машины) и ручные приспособления. Рытье траншей производят землеройными машинами.

Т а б л и ц а 23. **Наименьшие допустимые размеры стальных заземлителей, заземляющих и нулевых защитных проводников**

Заземлители, заземляющие и нулевые защитные проводники	Прокладка		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые проводники диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные проводники:			
сечением, мм <sup>2</sup>	24	48	48
толщиной, мм	3	4	4
Угловая сталь (толщина полок), мм	2	2,5	4

Т а б л и ц а 24. **Наименьшие сечения алюминиевых, медных заземляющих и нулевых защитных проводников в электроустановках до 1 кВ**

Заземляющие и нулевые защитные проводники	Алюминий, мм <sup>2</sup>	Медь, мм <sup>2</sup>
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	2,5	1
Изолированные провода	2,5	1,5
Неизолированные проводники при открытой прокладке	6	4

Верх вертикальных заземлителей заглубляют на 0,6—0,7 м от уровня планировочной отметки земли. Над дном траншеи заземлители должны выступать на 0,1—0,2 м для удобства приварки к ним

соединительных горизонтальных круглых стержней (сталь круглого сечения более устойчива против коррозии, чем полосовая). Горизонтальные заземлители укладывают в траншеи глубиной 0,6—0,7 м от уровня планировочной отметки земли.

Все соединения в цепях заземлителей выполняют сваркой внахлестку. Качество сварных швов проверяют осмотром, а прочность — ударом молотка массой 1 кг. Места сварки во избежание коррозии покрывают битумным лаком.

У мест ввода заземляющих проводников в здания устанавливают опознавательные знаки заземлителя. Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не окрашивают. Если в грунте содержатся примеси, вызывающие повышенную коррозию, применяют заземлители увеличенного сечения, круглую сталь диаметром 16 мм, оцинкованные или омедненные заземлители или осуществляют электрическую защиту от коррозии.

Горизонтальные заземлители в местах пересечения с подземными сооружениями (кабелями, трубопроводами), с железнодорожными путями и автомобильными дорогами, а также в местах возможных механических повреждений защищают асбестоцементными трубами. По окончании монтажа заземлителей перед засыпкой траншей составляют акт освидетельствования скрытых работ.

**Монтаж заземляющих и нулевых защитных проводников.** Заземляющие проводники прокладывают горизонтально и вертикально или параллельно наклонным конструкциям зданий.

В сухих помещениях заземляющие проводники укладывают непосредственно по бетонным и кирпичным основаниям с креплением полос дюбель-гвоздями (рис. 3.3, а), а в сырых, особо сырых помещениях и помещениях с едкими парами — на подкладках (рис. 3.3, б) или опорах (держателях) на расстоянии не менее 10 мм от основания (рис. 3.3, в, г).

Проводники крепят на расстояниях 600—1000 мм на прямых участках, 100 мм на поворотах от вершин углов, 100 мм от мест ответвлений, 400—600 мм от уровня пола помещений и не менее 50 мм от нижней поверхности съемных перекрытий каналов. Соединение заземляющих проводников и присоединение их к металлическим конструкциям зданий выполняют сваркой внахлестку, за исключением разъемных мест, предназначенных для измерений. При соединениях проводников длину нахлестки для сварки принимают равной ширине полосы при прямоугольном сечении и шести диаметрам — при круглом сечении.

Заземляющие проводники к корпусам машин и аппаратов присоединяют под заземляющий болт на их корпусах. Если машины установлены на салазках, их заземляют присоединением салазок к заземляющему проводнику. Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники имеют отличительную окраску — по зеленому фону прокрашивают желтую полосу вдоль проводника.

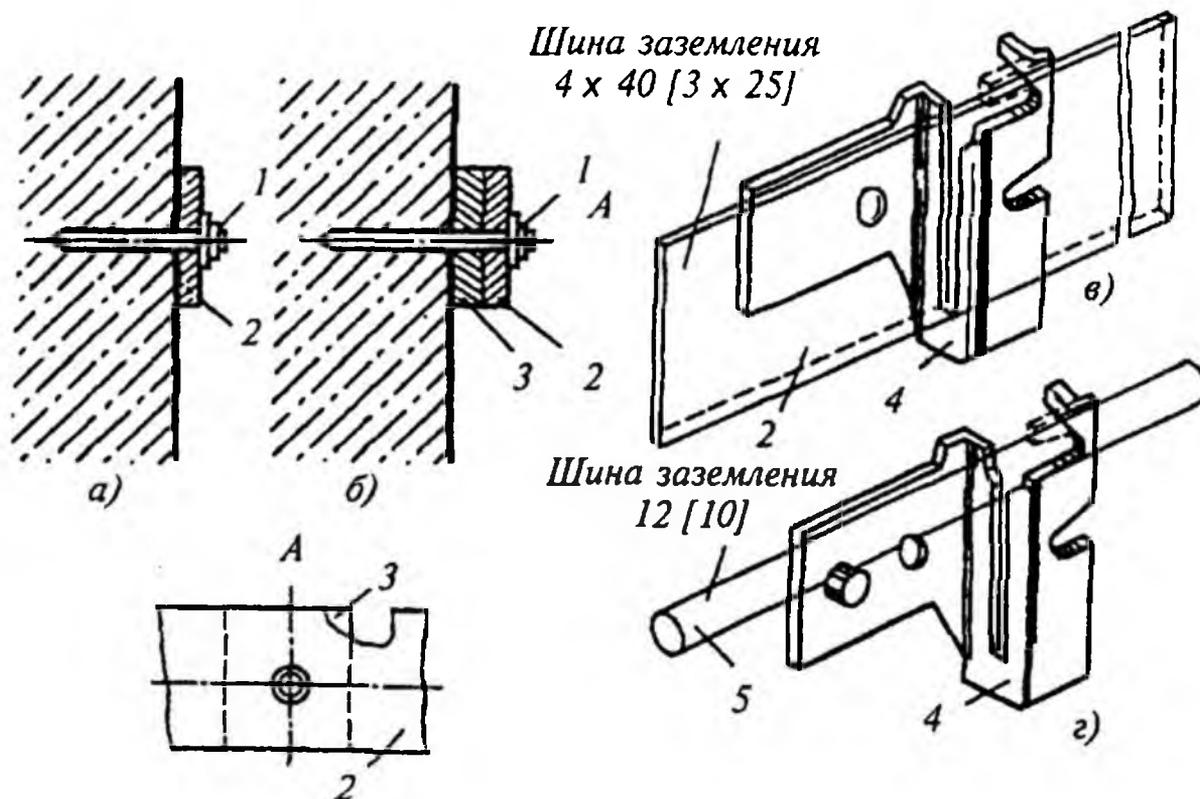


Рис. 3.3. Виды крепления заземляющих проводников:

*а* — к стене; *б* — на подкладках; *в*, *г* — на держателях для полосовой и круглой стали; *1* — дюбель; *2* — полоса; *3* — подкладка; *4* — держатель; *5* — круглая сталь

Места, предназначенные для подсоединения инвентарных переносных заземлителей, не окрашивают.

**Технология монтажа устройств молниезащиты зданий и сооружений.** Устройства молниезащиты (молниеотводы) состоят из молниеприемников, непосредственно воспринимающих на себя удар молнии, токоотводов и заземлителей. Для монтажа молниеприемников стержни из круглой, полосовой, угловой, трубчатой стали сечением не менее  $100 \text{ мм}^2$ , длиной не менее 200 мм устанавливают вертикально, укрепляя их на опоре или непосредственно на самом защищаемом здании или сооружении;

*тросовые* — из стального многопроволочного оцинкованного троса не менее  $35 \text{ мм}^2$  (диаметр около 7 мм), укрепляют на опорах над защищаемыми зданиями или сооружениями;

*молниеприемную сетку* — из стальной проволоки диаметром 6 мм укладывают непосредственно на неметаллическую кровлю здания или под несгораемый утеплитель. В зависимости от категории здания по устройству молниезащиты сетки применяют с ячейками размерами  $6 \times 6$ ;  $3 \times 12$ ;  $12 \times 12$ ;  $6 \times 24$  м.

Молниеприемником могут служить также металлические кровля и другие металлические части, возвышающиеся над зданием (сооружением). Конструкции токоотводов и заземлителей в устройствах

молниезащиты подобны конструкциям заземляющих проводников и заземлителей в устройствах защитного заземления электроустановок, поэтому требования к их устройству и прокладке, а также методы производства монтажных работ аналогичны описанным выше.

Для защиты подземных металлических сооружений от коррозии, вызываемой блуждающими токами, применяют поляризованный дренаж. Защита обеспечивает отвод блуждающих токов от подземных металлических сооружений через дренажное устройство в рельсовую сеть или отрицательную шину тяговой подстанции.

Поляризованный электрический дренаж УЭДЗ-2 используют, если потенциал подземного металлического сооружения по отношению к рельсовой сети или к земле положительный либо знакопеременный и когда разность потенциалов «подземное сооружение — рельс» больше разности потенциалов «подземное сооружение — земля».

УЭДЗ-2 устанавливают на стене здания, на столбе, на металлических опорах или специальной стойке на высоте 1—1,5 м от земли. К дренажу должен быть обеспечен доступ в любое время года. Дренажные кабели подводят через отверстия на дне корпуса.

Сечение дренажного кабеля ( $\text{мм}^2$ ) определяют по формуле:

$$S = \rho L j / (2 \cdot U_{\text{защ}} - 0,9 U_p);$$

где  $L$  — длина дренажного кабеля, м;  $\rho$  — удельное электрическое сопротивление токопроводящего материала кабеля (для меди  $0,0175 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$ ; для алюминия  $0,032 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$ );  $j$  — максимальный дренажный ток, А;  $U_p$  — потенциал рельсов в точке дренажа до включения дренажа, В;  $U_{\text{защ}}$  — защитный потенциал подземного сооружения в точке дренажа, В.

Кабель, идущий к защищаемому металлическому сооружению, подключают к клемме со знаком (-). Дренажный кабель прокладывают в земле на глубину 0,5—0,7 м, в соответствии с типовой документацией, серия 5.905-6 «Узлы и детали электрозащиты подземных инженерных сетей от коррозии».

### Контрольные вопросы

1. Какое заземление называют защитным?
2. Какие электроустановки называют с глухозаземленной, а какие с изолированной нейтралью?
3. Какое напряжение называют шаговым?
4. В каких случаях применяют защитное отключающее устройство?
5. Как используют железобетонные фундаменты в качестве заземлителей?
6. Как выполняется монтаж заземляющих и нулевых защитных проводников?
7. Как осуществляют молниезащиту зданий и сооружений?

## ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

### § 19. ВИДЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

Совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплением, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями называют *электропроводкой*. Согласно ПУЭ, это определение распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполненные внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях микрорайонов, учреждений, предприятий, дворов, на строительных площадках, с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей в резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм<sup>2</sup> (при сечении более 16 мм<sup>2</sup> — кабельные линии).

Электропроводку, проложенную по поверхности стен, потолков, ферм и другим строительным элементам зданий и сооружений, опорам и т.п., называют *открытой*.

Электропроводку, проложенную внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т.п., называют *скрытой*.

Электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т.п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.п., называют *наружной*. Она может быть открытой и скрытой.

Стальную проволоку, натянутую вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют *струной*.

Металлическую полосу, закрепленную вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют *полосой*.

*Тросом* (несущий элемент электропроводки) называют проволоку или стальной канат, натянутый в воздухе, который используют для подвески к нему проводов, кабелей или их пучков.

Полую закрытую конструкцию прямоугольного или другого сечения, предназначенную для прокладки в ней проводов и кабелей, называют *коробом*. Он служит защитой от механических повреждений проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба имеют только сплошные стенки со всех сторон. Короба можно применять в помещениях и наружных установках.

Открытую конструкцию, предназначенную для прокладки на ней проводов и кабелей, называют *лотком*. Лоток не является защитой от внешних механических повреждений, проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки изготовляют из несгораемых материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми; их применяют в помещениях и наружных установках.

Электропроводки осветительных и силовых сетей выполняют незащищенными изолированными проводами, защищенными проводами и кабелями (см. табл. 25).

Т а б л и ц а 25. Основные технические данные установочных проводов

Марка, число жил	Сечение жилы, мм	Характеристика конструкции	Область применения
<i>На переменное напряжение 660 В или постоянное напряжение 1000 В</i>			
ПРТО 1 2,3 7 10 14	0,75—120 1—120 1,5—10 1,5—2,5	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в несгораемых трубах
АПРТО 1,2 3,7 10 14	2,5—120 2,5—10 2,5	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРН 1	1,5—120	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в несгораемой резиновой оболочке	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах несгораемых конструкций, а также на открытом воздухе
АПРН 1	2,5—120	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГН 1	1,5—120	То же, с медной жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе
ПРИ 1	0,75—120	С медной жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	Для прокладки в сухих и сырых помещениях
АПРИ 1	2,5—120	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГИ 1	0,75—120	То же, с медной жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях

Марка, число жил	Сечение жилы, мм	Характеристика конструкции	Область применения
АППР 2,4 3	2,5—10 2,5	С алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых и производственных помещений, включая животноводческие и птицеводческие помещения
РКГМПТ 1	0,75—120	Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины повышенной теплостойкости в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью или лаком	Для работы на номинальное переменное напряжение 660 В частоты до 400 Гц, при отсутствии воздействия агрессивных сред и масел. Класс нагревостойкости Н
АПВ 1	2,5—120	Провод с алюминиевой жилой с поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа вторичных цепей прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтажа силовых и осветительных цепей. Номинальное напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц
ПВ1 1	0,5—95	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией	То же
ПВ2 1	2,5—95	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией, гибкий	Для монтажа вторичных цепей, для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках
ПВ3 1	0,5—95	То же, с повышенной гибкостью	То же
ПВ4 1	0,5—6	То же, особо гибкий	Для особо гибкого монтажа вторичных цепей при скрытой и открытой прокладках. Номинальное напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц
АППВ 2; 3	2,5—6	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией плоский с разделительным основанием	Для монтажа силовых, осветительных цепей в машинах и станках и для неподвижной открытой прокладки. Напряжение 380 В
ППВ 2; 3	0,75—4	То же, но с медными жилами	То же
АППВС 2; 3	2,5—6	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией без разделительного основания	Для неподвижной скрытой прокладки под штукатуркой, для прокладки в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций. Номинальное напряжение 380 В
ППВС 2; 3	0,75—4	То же, но с медными жилами	То же

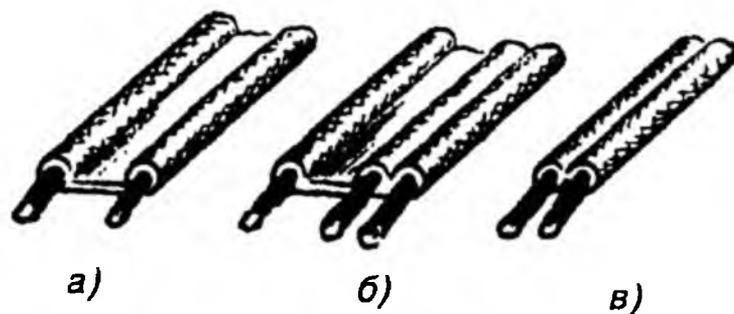


Рис. 4.1. Виды плоских проводов:

*a* — двухжильные типов АППВ, ППВ, АППР; *б* — то же, трехжильные; *в* — двухжильные типов АПЛВС, ППЛВС

Незащищенные изолированные провода, наиболее часто используемые в электропроводках, показаны на рис. 4.1.

Защищенные провода марок АПРН, ПРН, ПРГН, ПРВД, АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ, АПРФ и ПРФ используют в электропроводках с учетом способа прокладки, характера помещений и зон окружающей среды.

## § 20. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОТКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

Монтаж открытых электропроводок, выполняемых плоскими проводами АППР, АППВ, ППВ, проводят в определенной технологической последовательности. Сначала размечают места установки светильников, выключателей и штепсельных розеток, линий электропроводки, крепления провода, т.е. точек забивки гвоздей, установки скоб и мест прохода провода через стены и перекрытия, начиная от группового щитка с постепенным переходом к отдельным помещениям.

Места установки светильников на потолке размечают в зависимости от их числа. Если в центре помещения устанавливают один светильник, то место его положения определяют натягиванием из противоположных углов крест-накрест двух шнуров. Точку их пересечения на полу отмечают мелом, затем со стремянки отвесом эту точку переносят на потолок. Если нужно установить два светильника в помещении на потолке, то на полу отбивают среднюю линию, делят ее на четыре равные части. Разметку переносят на потолок. Светильники устанавливают от стены на расстоянии  $1/4$  длины помещения.

После определения мест установки светильников на стене и потолке с помощью шнура отбивают линию будущих электропроводок. На линии отмечают точки крепления провода, а также точки сквозных отверстий для прохода проводов через стены и перекры-

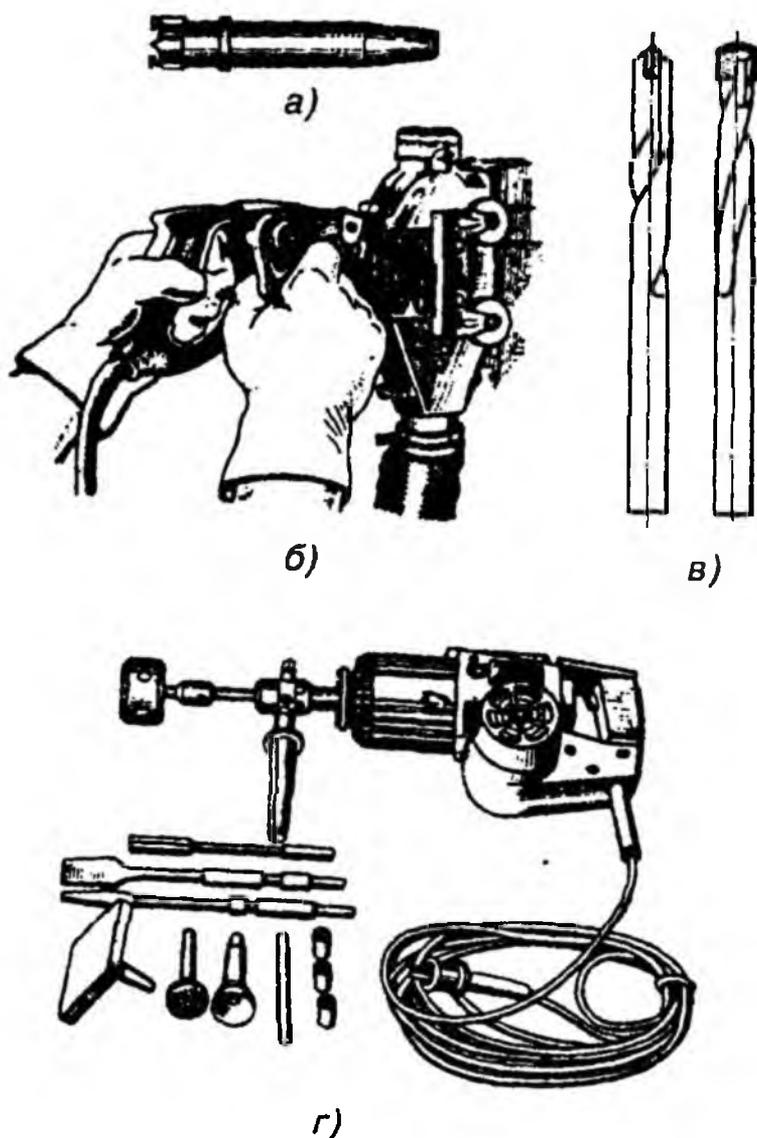


Рис. 4.2. Инструмент, механизмы и приспособления для пробивных работ:  
*а* — шлямбур; *б* — борздорез; *в* — бурик; *г* — фугальный электрический молоток с набором рабочего инструмента

тия. Далее, используя шаблон, намечают места установки ответвительных коробок, штепсельных розеток и выключателей.

Если заранее не были оставлены отверстия в кирпичных, бетонных и железобетонных основаниях, их выполняют электротехническим, пневматическим или пиротехническим инструментом (рис. 4.2). Проходы проводов через несгораемые стены выполняют в резиновых или поливинилхлоридных трубках, а через сгораемые — в отрезках стальных труб, с обоих концов которых надеты изоляционные втулки. Трубку в отверстии заделывают цементным раствором. Изоляционная трубка должна выходить из втулки на 5—10 мм.

В монтажную зону плоские провода поставляют в бухтах. Перед прокладкой их разматывают, нарезают на отрезки и выправляют. Для этого один конец провода закрепляют, а сам провод протягивают через специальное приспособление для правки или рукавицу,

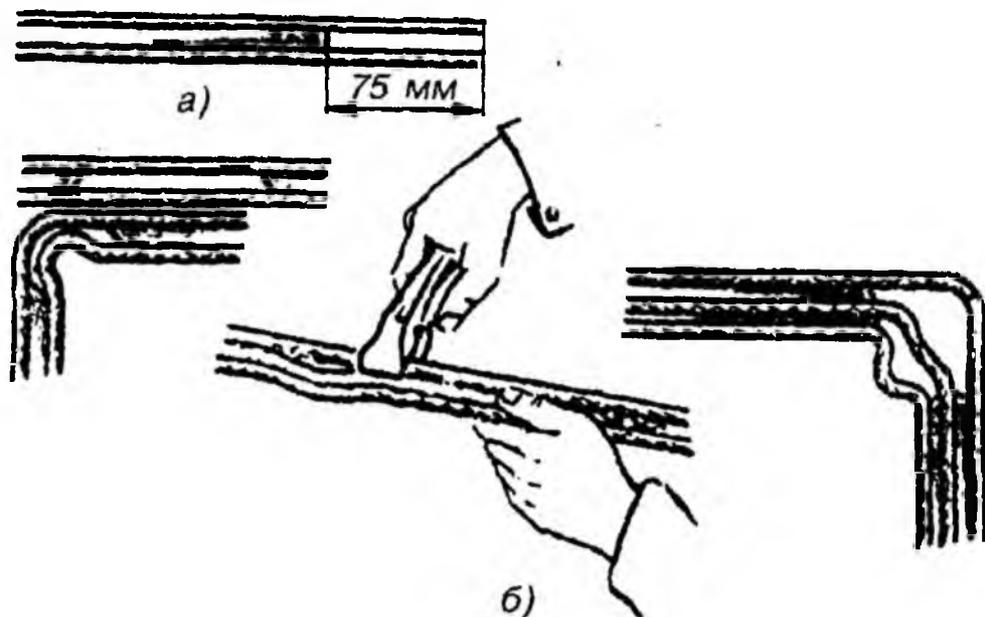


Рис. 4.3. Операции подготовки плоского провода перед монтажом:  
*a* — присоединение; *б* — изгибание на ребро в плоскости стены

надетую на руку. Протягивать провод следует очень аккуратно, чтобы не повредить оболочку. Правку плоских проводов можно производить только при температуре не ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ .

После правки и отрезания проводов их сматывают в бухточки. Прокладку проводов начинают с ближайшей к групповому щитку ответвительной коробки. На концах провода длиной 75 мм вырезают разделительное основание. У трехжильного провода разрезают также перемычку между второй и третьей жилами (рис. 4.3, *a*). Провод укладывают, начиная от коробки, по всему прямолинейному участку до места поворота трассы. При этом провод на другом конце временно закрепляют, тщательно выправляют, укладывают по всей длине участка и окончательно закрепляют на всем протяжении трассы. При прокладке плоских проводов с разделительной перегородкой (кроме проводов АППР) по сгораемым основаниям под них по всей длине прокладывают асбест толщиной не менее 3 мм с выступом от края провода не менее 10 мм.

Плоские провода с разделительным основанием крепят гвоздями, защищая провода от повреждения. Под шляпки гвоздей во влажных неотопливаемых помещениях нужно подкладывать пластмассовые, резиновые или эбонитовые шайбы. Провода без разделительного основания крепят скобами с помощью дюбелей или гвоздей, с расстоянием между точками крепления не более 400 мм. У плоских проводов с разделительным основанием при изгибе их на ребро (при повороте трассы на  $90^{\circ}$ ) в месте изгиба вырезают основание на длине 40—60 мм (рис. 4.3, *б*).

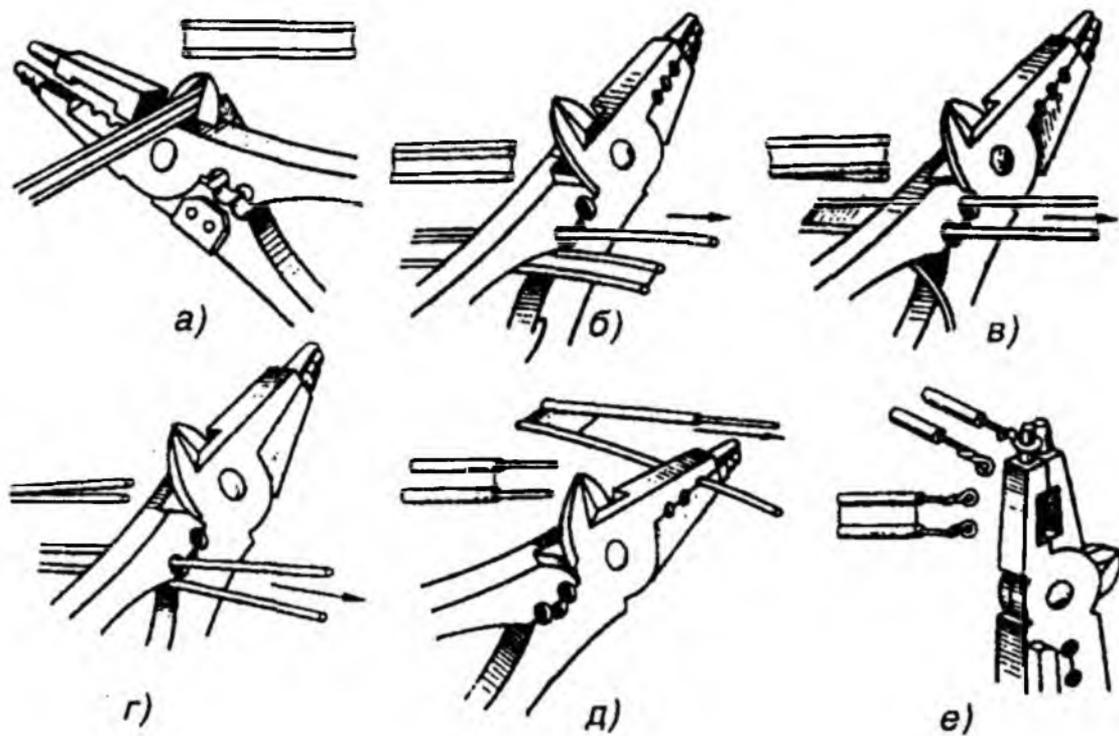


Рис. 4.4. Универсальные клещи КУ-1 и выполняемые с их помощью монтажные операции:

*a* — отрезание провода; *б — в* — удаление перемычки; *д* — снятие изоляции; *е* — изготовление колец

При разделке плоских проводов часто используют клещи КУ-1 или МБ-241, с помощью которых можно разрезать пленку, выкусывать ее, снимать изоляцию с концов проводов, зачищать жилы и изгибать колечки на концах проводов для подсоединения их под контактный винт (рис. 4.4, *a—e*).

Следующими операциями электромонтажа являются соединение и ответвление плоских проводов в ответвительных коробках. Эти операции выполняют сваркой, опрессованием или пайкой с последующей изоляцией полиэтиленовыми колпачками или изолирующей лентой. Провода в цепях штепсельных розеток соединяют непосредственно на контактах розеток.

Прокладку незащищенными проводами на изоляторах применяют в производственных и складских помещениях по стенам, потолкам и нижнему поясу ферм в сухих, влажных, сырых и особо сырых помещениях, а также снаружи (рис. 4.5, *a—в*).

Детали и конструкции для крепления изоляторов и проводов изготовляют на заводах. Каждая конструкция представляет собой металлическое основание с изоляторами, на которых специальными держателями закрепляют провода. Опорные металлические конструкции (траверсы) изготовляют для крепления к фермам и стенам сваркой, хомутами для двух-, трех- и четырехпроводных линий.

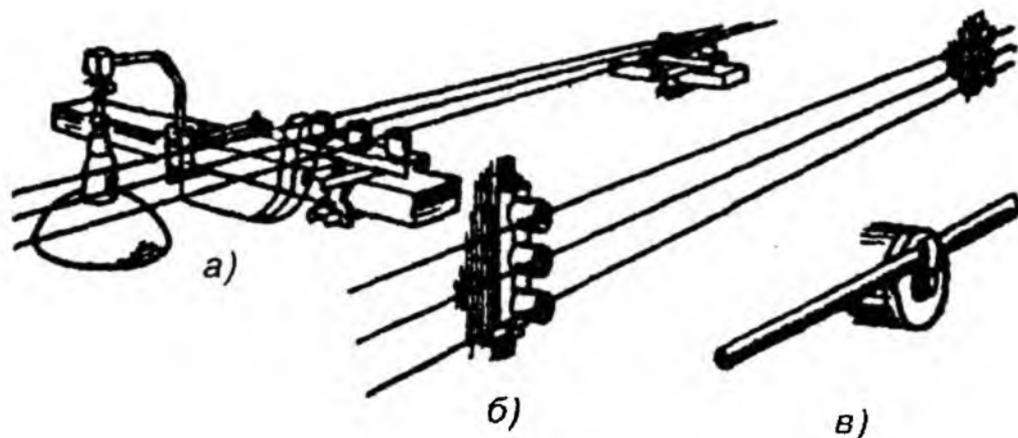


Рис. 4.5. Примеры выполнения электропроводки на изоляторах:

*a* — по фермам; *б* — по стенам; *в* — держателями

Как правило, при монтаже электропроводок на изоляторах разметку электропроводки делают так же, как и при проводке плоскими проводами.

Изоляторы устанавливают «юбкой» вниз при всех способах их крепления. Далее устанавливают концевые изоляторы у проходов через стены и при переходе проводов с одной смежной стены на другую. Крюки и якоря с изоляторами закрепляют вмазкой. Проходы проводов через стены и перекрытия выполняют в изоляционных трубках, оконцованных втулками. В каждой трубке размещают один провод.

На месте монтажа или в МЭЗ заготавливают провода и прокладывают их по подготовленным трассам, причем от проводов до поверхности стен и перекрытий минимальное расстояние должно быть не менее 10 мм.

Спуски проводов от механических повреждений защищают на высоте от пола или площадки обслуживания не менее 1,5 м, закрывая их угловой сталью или прокладывая в трубах.

Провода закрепляют на штыревых изоляторах вязальной оцинкованной проволокой, на троллейбусных — промежуточными и концевыми держателями.

Электропроводки, выполненные изолированными и защищенными проводами и кабелями, подвешенными к стальному тросу диаметром 3—8 мм или специальными проводами АВТ; АВТУ; АВТВ; АВТВУ, которые имеют между тремя или четырьмя свитыми жилами собственный несущий оцинкованный трос, называют *тросовыми электропроводками*.

Этот вид электропроводок является наилучшим для промышленного монтажа. Его применяют в любых условиях среды, включая взрывоопасные зоны отдельных классов. При пролетах между

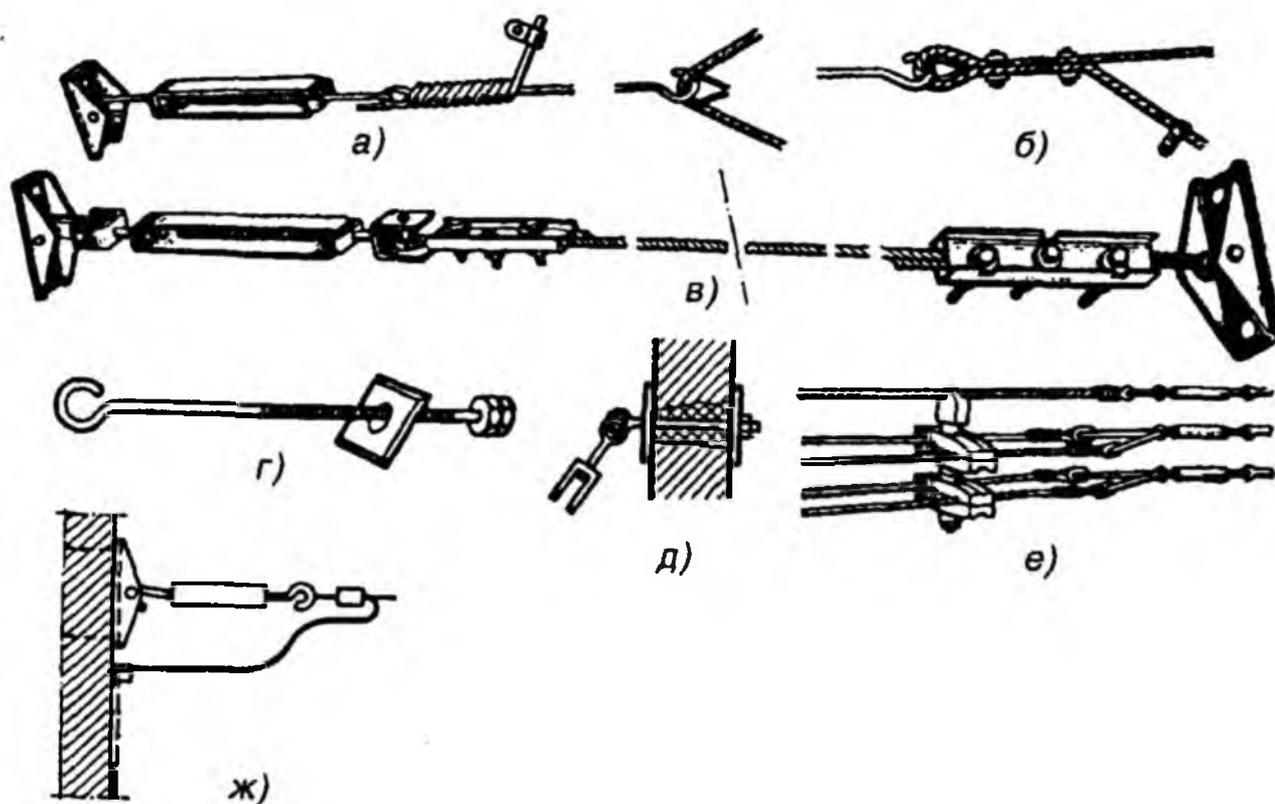


Рис. 4.6. Монтаж элементов тросовых электропроводок:

*а* — анкер с натяжной муфтой; *б* — концевая заделка троса с помощью коуша и плащечных зажимов; *в* — несущий трос; *г* — натяжной сквозной болт с крюком; *д* — натяжной сквозной болт с кольцом; *е* — прокладка изолированных проводов на тросовых подвесках с заглушкой проводов на изоляторах орешкового типа; *ж* — заземление троса провода АРТ с помощью свободного конца петлн

подвесками троса 6 и 12 м стрелы провеса троса должны быть соответственно 100—150 и 200—250 мм.

В тросовой проводке в основном применяют элементы, изготовляемые на заводах. К торцовым стенам тросы крепят на проходных анкерах или анкерах, прикрепляемых к сквозным штырям, болтам или дюбелям (рис. 4.6).

На конце троса делают петлю и устанавливают тросовый зажим и муфты, позволяющие регулировать натяжение троса. При электропроводках тросовыми проводами применяют специальные ответвительные коробки, которые одновременно используют для подвески тросового провода и светильников (рис. 4.7). Внутри коробки имеется устройство для крепления троса. Ответвления выполняют без разрезания провода с помощью сжимов в пластмассовом кожухе. Узлы тросовой проводки заготавливают на заводах или в МЭЗ на технологических линиях и поставляют на место монтажа в контейнерах.

Для монтажа тросовых электропроводок сначала размечают места крепления анкерных и промежуточных конструкций вдоль помещения по линии расположения светильников или силовых

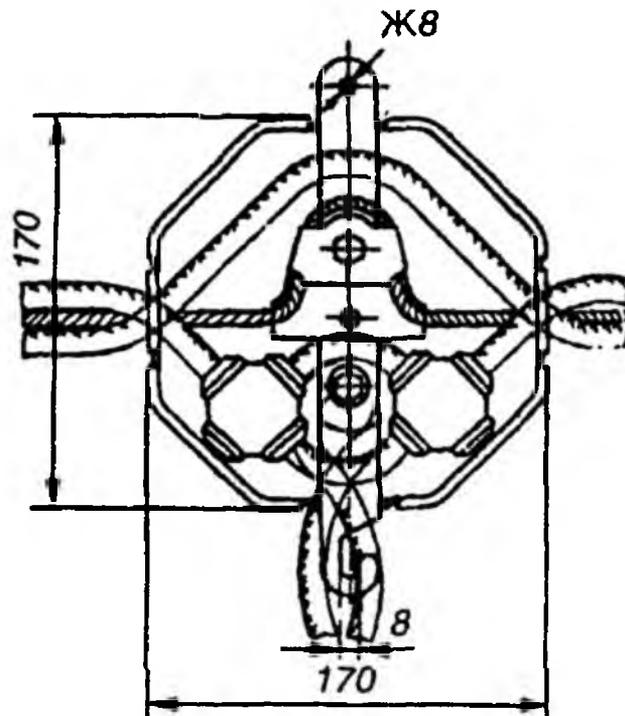


Рис. 4.7. Тросовая ответвительная коробка с крюком для подвески светильников

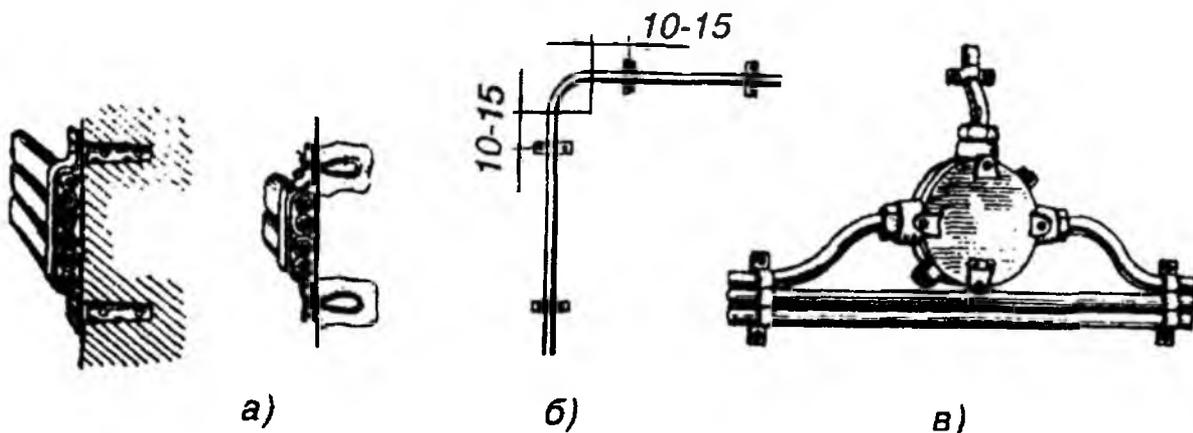


Рис. 4.8. Монтаж электропроводок легкими кабелями с резиновой и пластмассовой изоляцией:

*а* — способы крепления кабеля; *б* — устройство поворота под углом  $90^\circ$ ; *в* — устройство ответвления при нескольких параллельно проложенных кабелях

электроприемников, выдерживая расстояния между подвесками, ответвительными коробками и светильниками по проекту и эскизам замеров на месте монтажа. Далее крепят анкерные и натяжные устройства к основным строительным элементам здания (стенам, фермам и др.), устанавливают подвески для промежуточных креплений и крепят их к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям, в щелях между уголками ферм или плит перекрытия. Затем заготавливают отрезки несущего троса, струны и оттяжки, оконцовывают их петлями с использованием гильз и обойм, собирают конечное

крепление и заготавливают мерные отрезки проводов для линий электропроводки и питающей магистрали (по чертежам или эскизам замеров). После этого вводят провода в коробки, соединяют концы проводов в коробках или сжимах, крепят их к тросу (при незащищенных проводах) полосками через 0,3—0,35 м, перфорированной поливинилхлоридной лентой через 0,5 м, подвесками через 1,5 м с пластмассовыми клицами на два или четыре провода и обоймами для подвески светильников.

При применении защищенных проводов крепление полосками осуществляют через 0,5 м. Полоски — мягкие прокладки, должны выступать на 1,5—2 мм с обеих сторон троса. Далее прозванивают и маркируют провода. Если для тросовой проводки применяют специальные провода, то ввод и ответвление осуществляют сжимами У245 и У246 без разрезания фазных проводов.

Для прокладки заготовленных линий провода разматывают по полу с помощью специальных крестовин и поднимают их на высоту 1,3—1,5 м для выпрямления и подвески светильников. Далее провода поднимают на проектную высоту и закрепляют на анкерной конструкции один конец троса. Соединяют линию с ранее установленными промежуточными подвесками и оттяжками. Регулируют стрелу провеса и надевают трос на противоположное анкерное устройство. В местах соприкосновения оголенных участков троса и анкерного устройства их смазывают вазелином. Трос на конце линии заземляют в двух точках, присоединяя медные перемычки сечением 2,5 мм<sup>2</sup> к нулевому проводу или шине, соединенной с контуром заземления. Несущий трос в качестве заземляющего проводника использовать нельзя. Далее мегаомметром на напряжение до 1000 В измеряют сопротивление изоляции электропроводки. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Электропроводки небронированными защищенными проводами и кабелями сечением до 16 мм<sup>2</sup> с резиновой и пластмассовой изоляцией прокладывают непосредственно по поверхности стен. Такие электропроводки крепят скобами, пряжками (рис. 4.8) или на полосах, лентах и струнах (рис. 4.9), что резко уменьшает трудоемкость дыропробивных работ.

Монтажные перфорированные полосы и ленты шириной 16 и толщиной 0,8 мм холодно- или горячекатаную ленту шириной 20—30 и толщиной 1—1,5 мм используют в качестве несущих конструкций. Ленты и полосы крепят непосредственно к основанию с расстоянием между точками крепления 0,8—1 м, а от конца полосы — не более 70 мм. Оцинкованную проволоку диаметром 3—4 мм, натянутую вплотную к основанию и закрепленную на концах натяжными устройствами, используют в качестве несущей струны.

Защищенные провода АПРФ (ПРФ, ПРФл) выпрямляют на верстаке или вручную.

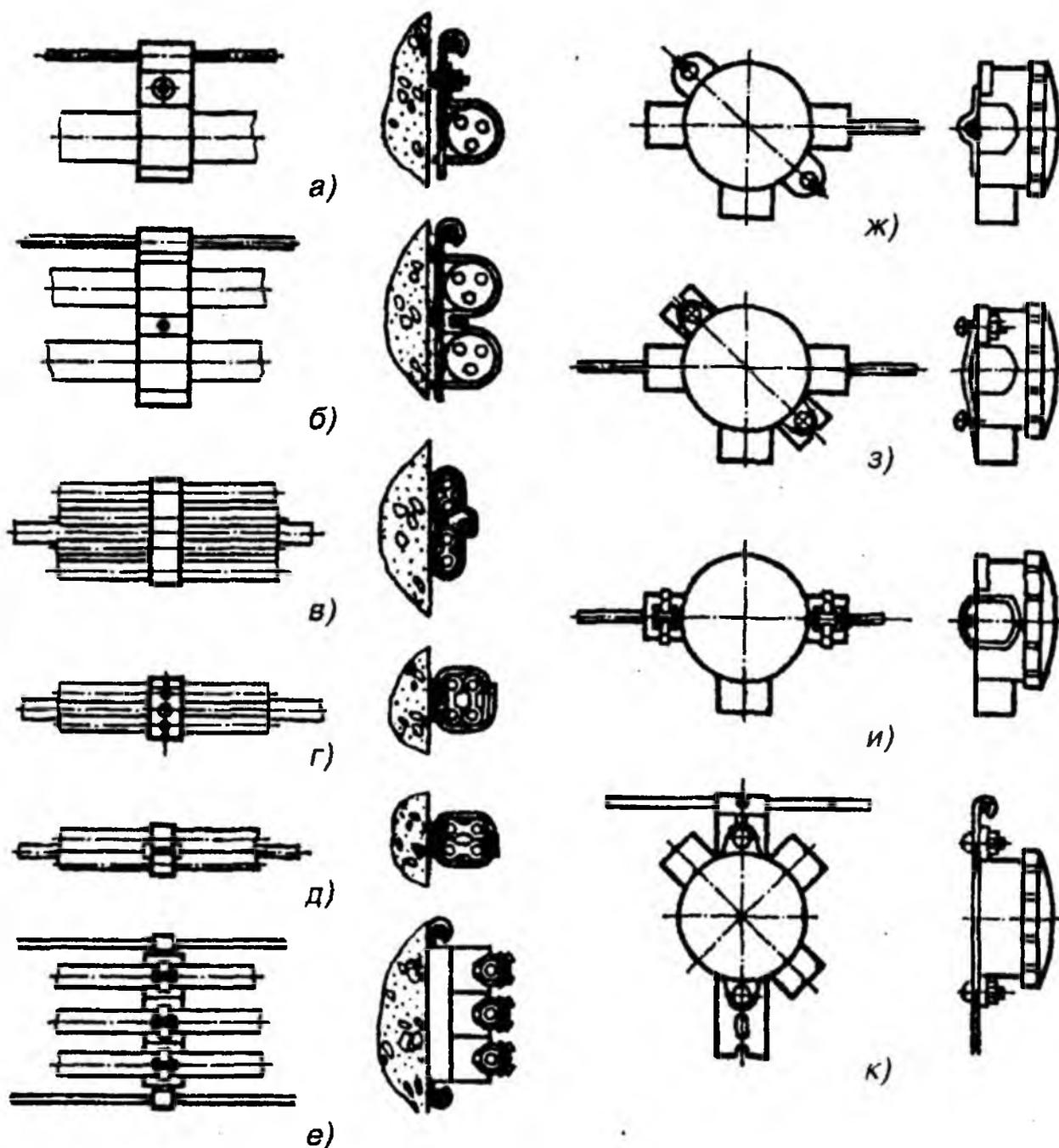


Рис. 4.9. Прокладка кабеля и проводов по стене с креплением к струнам:  
*а* — подвеской У954; *б* — подвеской У957; *в* — полоской Лоскутова; *г* — лентой К226;  
*д* — полоской с пряжкой ПИ; *е, и* — полоской ПЛ с пряжкой; *ж* — полоской 20 × 1 с «усами»;  
*з, к* — монтажной полоской К-200

Провода и кабели крепят металлическими или пластмассовыми бандажами на расстоянии 10—15 мм от мест изгиба трассы и 100 мм — от их ввода в ответвительные коробки. Расстояние между точками крепления 500 мм. Несущие полосы, ленты и струны заземляют так же, как и тросовые проводки. Металлические оболочки проводов АПРФ, ПРФ, ПРФл заземляют у питающих щитков или пунктов гибкой медной перемычкой, припаянной к металлической оболочке кабеля, провода.

## § 21. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

В практике электромонтажных работ широкое распространение получили беструбные скрытые электропроводки, выполняемые проводами АППВС и АПВ с прокладкой их непосредственно в толще строительных конструкций: в гипсолитовых, бетонных перегородках, под штукатуркой, в пустотах и каналах перекрытий и стен, с замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении на заводах железобетонных изделий.

*Скрытую прокладку* проводов выполняют, соблюдая следующие требования: провода в тонкостенных перегородках до 80 мм или под слоем штукатурки прокладывают параллельно архитектурно-строительным линиям; между горизонтально проложенными проводами и плитами перекрытия расстояние не должно превышать 150 мм; в строительных конструкциях толщиной более 80 мм провода прокладывают по кратчайшим трассам.

В помещениях кирпичных зданий, а также в крупноблочных зданиях с перегородками, изготовленными из плит небольших размеров, скрытые электропроводки плоскими проводами выполняют так: в кирпичных и шлакобетонных оштукатуренных стенах — непосредственно под слоем штукатурки; в стенах из крупных бетонных блоков — в швах между блоками, а отдельные участки — в штробах; в гипсобетонных перегородках из отдельных плит — в бороздах, в перекрытиях из сборных многопустотных плит — в пустотах плит или в неметаллических трубах, уложенных поверх плит перекрытия в подготовке пола.

К монтажу электропроводок приступают после окончания строительных работ и работ по укладке чистого пола.

Технологические операции монтажа скрытых электропроводок выполняют в определенной последовательности. Сначала размечают трассу электропроводки, места установки ответвительных коробов под выключатели и штепсельные розетки, крюки под светильники. Разметку начинают с мест установки по проекту щитков, светильников, выключателей и штепсельных розеток. Далее размечают трассы прокладки проводов. Плоские провода в горизонтальном направлении прокладывают на расстоянии 100—150 мм от потолка или 50—100 мм от балки или карниза. Провода можно укладывать в щели между перегородкой и перекрытием или балкой. Линии к штепсельным розеткам прокладывают на высоте их установки (800 или 300 мм от пола) или в углу между перегородкой и верхом плиты перекрытий. Спуски и подъемы к выключателям, светильникам выполняют вертикально. Разметку мест установки светильников выполняют аналогично разметке открытых проводок плоскими проводами.

Отверстия в бетоне и кирпиче делают электро- и пневмоинст-

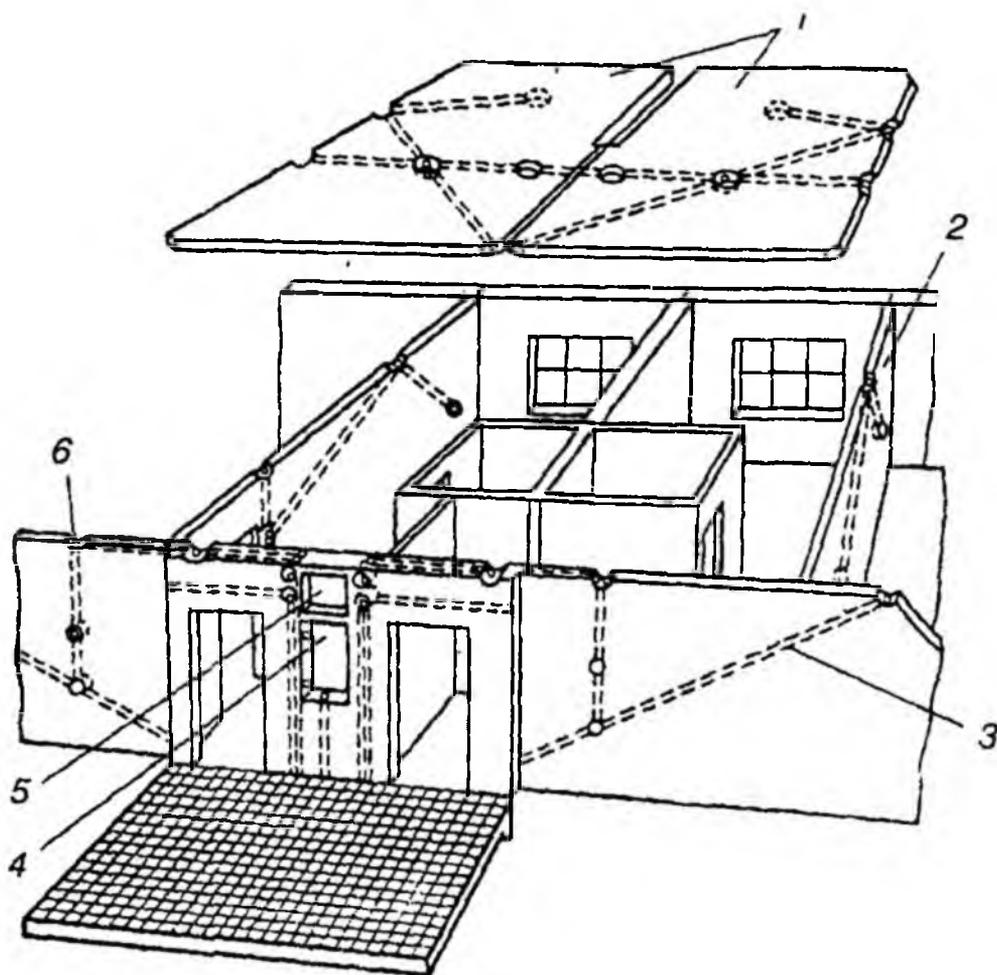


Рис. 4.10. Пример выполнения электропроводок в каналах крупнопанельного административного здания:

1 — панель перекрытия; 2 — стеновая панель; 3 — каналы для проводов; 4 — ниша щитка освещения; 5 — ниша для слаботочных устройств; 6 — углубление в панели для соединения проводов

рументом. В гипсобетонных перегородках и кирпичных стенах борозды изготовляют механизмом МВБ-2МУ1. Пробивные работы по кирпичу и бетону выполняют пневматическими рубильными молотками, а сверления под ответвительные коробки, штепсельные розетки и выключатели — коронками КГС.

Заготовку мерных отрезков плоских проводов производят непосредственно на месте монтажа. На концах проводов вырезают разъединительную пленку длиной 75 мм, а на изгибах — 40—60 мм. У трехжильных проводов после вырезки пленки в местах изгиба одну жилу отводят полупетлей внутрь угла. Гвоздями скрытую проводку крепить нельзя. Крепление проводов осуществляют «примораживанием» алебастровым раствором, пластмассовыми скобами, хлопчатобумажной лентой. Далее провода вводят в коробки, делают соединения, ответвления и изолируют их концы.

При прокладке проводов и кабелей в каналах сборных строительных конструкций разметку трасс и мест установки приборов производить не требуется. Перед затягиванием проводов калибром

проверяют пригодность каналов. Диаметр калибра должен быть не менее 0,9 проектного диаметра канала. При этом особое внимание обращают на наличие натеков и острых граней в местах сопряжения строительных элементов здания. Затем проверяют состояние соединительных ниш соседних стеновых панелей. Нишу выполняют полукруглой формы радиусом 70 мм, гнезда для электроустановочных изделий — с конусностью диаметрами 72—74 мм при установке без коробок и 85 мм — с коробками. Затягивание проводов в каналы производят от прибора к коробкам и нишам. Усилие затягивания не должно превышать 20 Н на 1 мм<sup>2</sup> суммарного сечения жил. При диаметре канала 20 мм можно затягивать до пяти проводов, при 25 мм — до восьми проводов сечением до 2,5 мм<sup>2</sup>. При ограниченном числе проводов и небольшой длине прямых каналов затягивание производят вручную, при большом числе — стальной проволокой, предварительно затянутой в канал, или приспособлением.

Пример выполнения электропроводок в каналах показан на рис. 4.10.

## § 22. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК НА ЛОТКАХ И В КОРОБАХ

В помещениях, где допускается открытая прокладка проводов и кабелей, использование лотков и коробов позволяет значительно сократить трудоемкие операции крепления проводок и обойтись без дефицитных труб. Такой вид прокладки обеспечивает хорошие условия охлаждения проводов (кабелей), возможность замены их и свободный доступ к ним в процессе эксплуатации. Лотки для электропроводок выпускают секциями длиной 2 м: сварные — шириной 200 и 400 мм, перфорированные — 50 и 100 мм.

*Лотки* устанавливают на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания; в помещениях, обслуживаемых специально обученным персоналом, высота расположения лотков и коробов не нормируется.

Металлические лотки НЛ (рис. 4.11) устанавливают на сборных кабельных конструкциях, элементах строительных и технологических конструкций, кронштейнах и подвесках. Шаг крепления кабелей — 250 мм.

Все соединения при монтаже выполняют резьбовыми деталями крепления. Для надежного электрического контакта в местах соединения прямых окрашенных лотков фланцы имеют гальваническое покрытие. Электрический контакт вспомогательных элементов с прямыми окрашенными лотками обеспечивается стопорными шайбами либо зачисткой мест контакта.

Стальные одноканальные короба серии У (рис. 4.12) усовершенствованной конструкции допускают увеличенную нагрузку, обеспе-

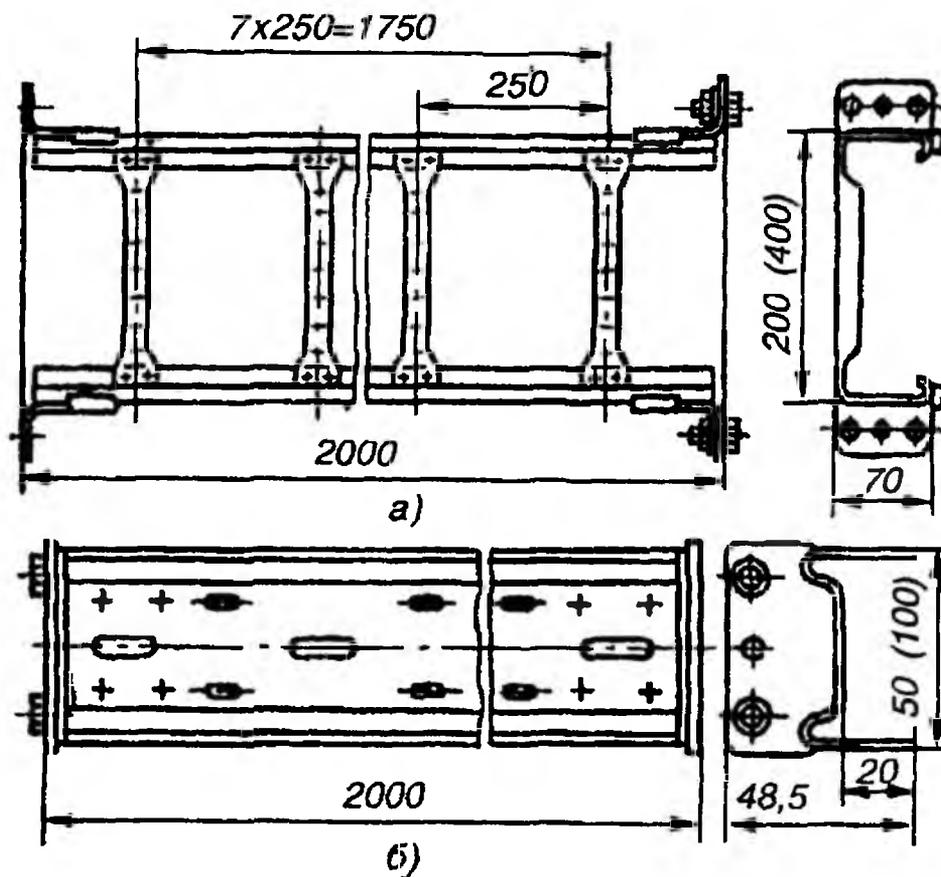


Рис. 4.11. Металлические прямые лотки:  
*a* — НЛ40-П2 и НЛ20-П2; *б* — НЛ5П2 и НЛ10-П2

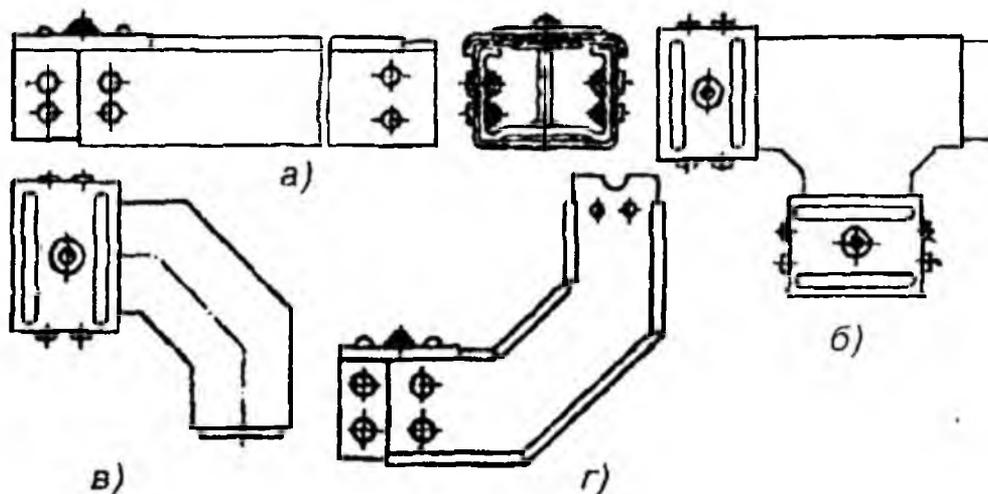


Рис. 4.12. Стальные электротехнические короба серии У:  
*a* — прямой; *б* — тройниковый; *в* — угловой для измерения трассы в горизонтальной плоскости; *г* — угловой для изменения трассы в вертикальной плоскости

чивают прокладку трассы с необходимыми поворотами; их используют для вертикальной прокладки сетей. Надежную электрическую связь секций короба осуществляют соединением элементов болтами.

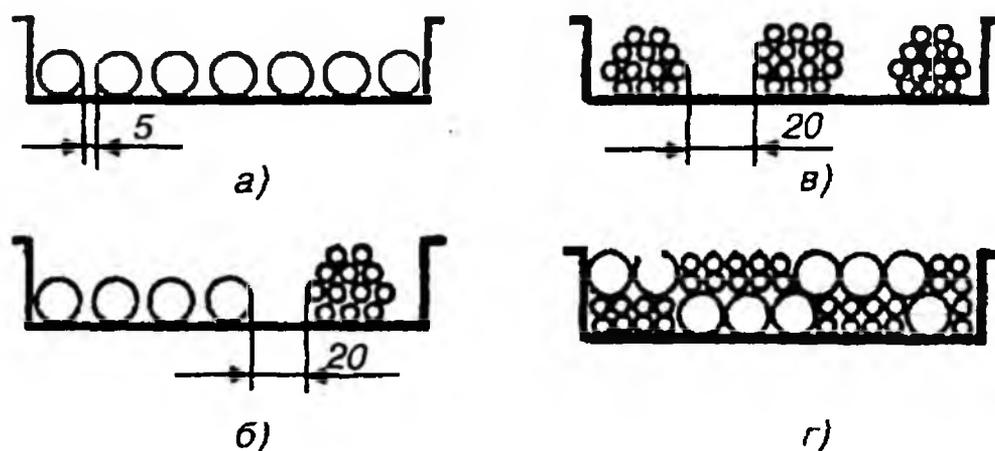


Рис. 4.13. Способы прокладки проводов и кабелей на лотках:

*а* — рядами; *б* — пучками; *в* — пакетами; *г* — многослойная

Операции монтажа электропроводок в лотках и коробах выполняют в определенной технологической последовательности.

Сначала разметочным шнуром размечают трассу с соблюдением мест установки опорных и поддерживающих конструкций и точек их крепления к строительным элементам здания. Расстояние между точками крепления лотков принимают равным 2—2,5, коробов — не более 3 м. Затем устанавливают или подвешивают опорные конструкции на кронштейнах или консолях, перфорированных полосках и профилях, закрепляя их распорными или пристреливаемыми дюбелями.

Опорные конструкции приваривают к закладным частям и металлическим конструкциям здания, либо подвешивают в пролетах цехов на несущих тросах и тросовых подвесках растяжками. При пересечении лотка или короба с трубопроводами, расстояние от трубопровода до опорной конструкции должно быть не менее 50, при параллельном следовании — не менее 100 мм, для трубопроводов с горячей жидкостью или газами соответственно не менее 100 и 250 мм.

После этих операций из отдельных секций лотков собирают блоки по 6—12 м, соединяя их планками на болтах. При прокладке коробов на тросовых подвесках предусматривают уклон в сторону спуска к электроприемникам. Далее готовят мерные отрезки проводов, в местах их соединений и на концах снимают изоляцию, прозванивают, скручивают жилы, контролируют правильность соединений, в нужных местах устанавливают коробки или сжимы, собирают в пучки, бандажируют, маркируют бирками. Число проводов в пучке должно быть не более 12, наружный диаметр пучка — 0,1 м. Расстояние между бандажами на горизонтальных пучках 4,5, на вертикальных — не более 1 м.

При прокладке проводов и кабелей в лотках (рис. 4.13, *а—г*) рядами, пучками и пакетами выдерживают промежуток: при од-

нослойной прокладке — в свету 5 мм; при прокладке пучками — 20 мм; между проводами при многослойной прокладке — без промежутков.

При прокладке проводов и кабелей в коробах высота слоя в одном коробе не должна превышать 0,15 м. Мерные отрезки с барабанов или бухт разматывают и укладывают на лотки с помощью приспособлений, роликов и желобов.

В местах поворотов трасс, на ответвлениях, при вертикальной и горизонтальной прокладке лотков плашмя провода и кабели крепят через 1 м, при прокладке коробов крышкой вниз их крепят через 1,5 м, в сторону — через 3 м. На прямых горизонтальных участках крепить провода в коробах не следует.

На концах лотков и коробов, поворотах трассы и ответвлениях, а также в местах подключения проводов к электрооборудованию устанавливают маркировочные бирки. Соединенные в магистраль лотки или короба заземляют не менее чем в двух удаленных друг от друга местах с противоположных сторон линии и дополнительно в конце ответвления. При этом проверяют непрерывность цепи «фаза-нуль», контактных соединений и измеряют мегаомметром сопротивление изоляции.

### § 23. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В ТРУБАХ

Стальные трубы для электропроводок применяют только в тех случаях, когда по условиям среды и категории помещений (например, взрывоопасные) другие виды электропроводок запрещены.

В электропроводках используют стальные трубы: тонкостенные (электросварные сечением 15—20 мм) и водогазопроводные (обыкновенные, легкие сечением 15—80 мм). Тонкостенные трубы запрещается применять для прокладки в помещениях сырых, особо сырых, взрывоопасных, с химически агрессивной средой, в наружных установках, в земле. Ответственной операцией монтажа стальных труб является их соединение между собой. Наиболее надежным считают соединение стандартной водогазопроводной муфтой, выполненной с резьбой, паклей и суриком; такое соединение обязательно в помещениях сырых, жарких, с химически агрессивной средой, взрыво- и пожароопасных и во всех помещениях, где применяют скрытую прокладку труб. Для соединения тонкостенных труб муфтой с резьбой требуется выполнение на концах труб *накатной резьбы*. Ее выполняют специальной резьбонакатной головкой.

В сухих помещениях с нормальной средой часто применяют безрезьбовые соединения (рис. 4.14, а—м). Определение размеров труб с учетом сложности затяжки проводов в трубы и конфигурацией трассы приведены в табл. 26 и на рис. 4.15.

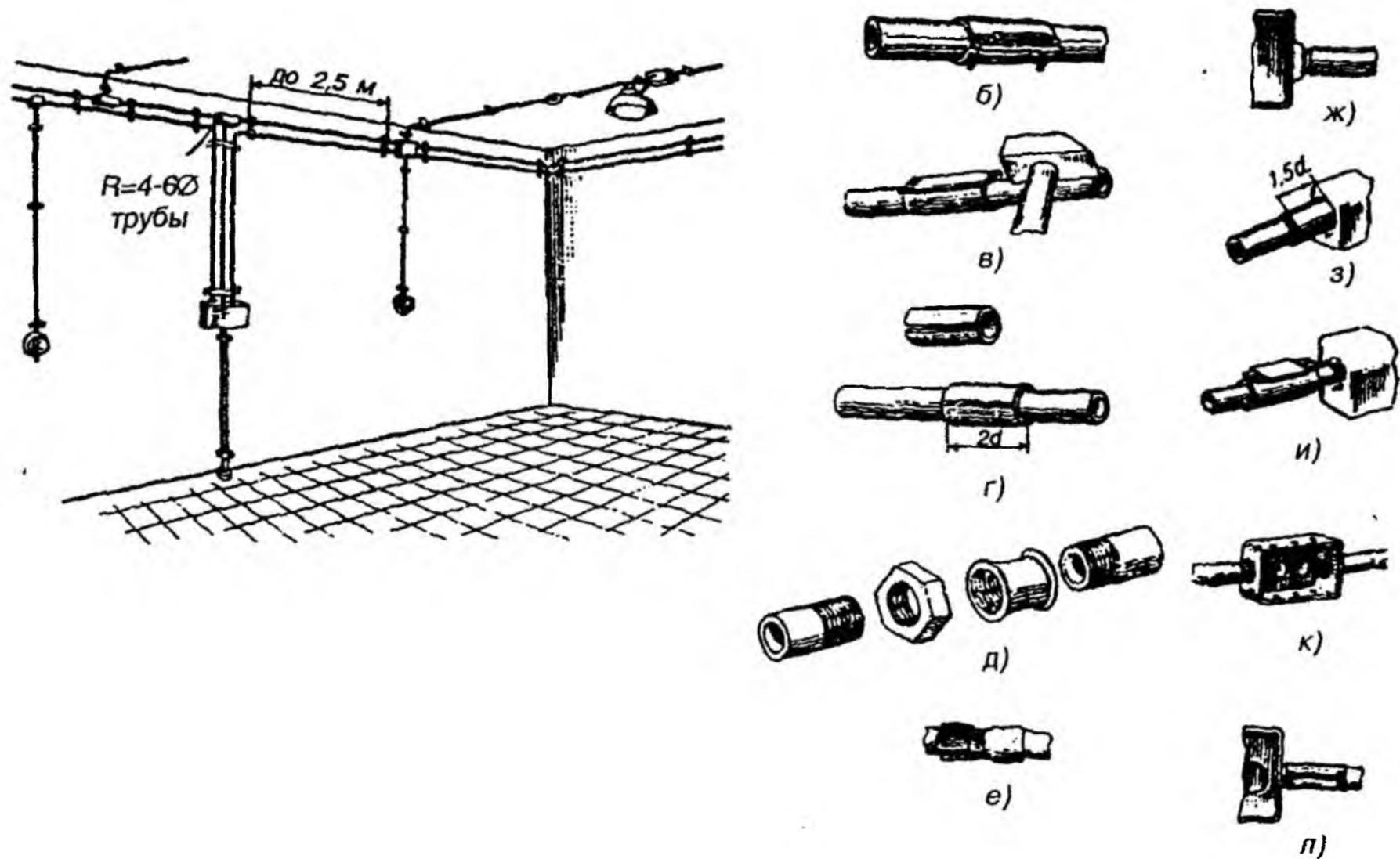


Рис. 4.14. Монтаж электропроводок в стальных трубах:

*а* — общий вид электропроводки в стальных трубах; *б* — соединение труб манжетом с винтами; *в* — соединение труб манжетом с клиновой обоймой; *г* — соединение труб под электросварку; *д* — соединение труб на резьбе; *е* — соединение труб муфтой с раструбами; *ж* — ввод в коробку на резьбе; *з* — ввод в коробку с помощью гильзы с обваркой по периметру (*d* — наружный диаметр трубы); *и* — ввод в коробку с помощью патрубка и манжеты с клиновой обоймой; *к* — ввод в коробку с помощью заземляющих гаек; *л* — ввод в коробку с помощью втулок, привариваемых к коробке

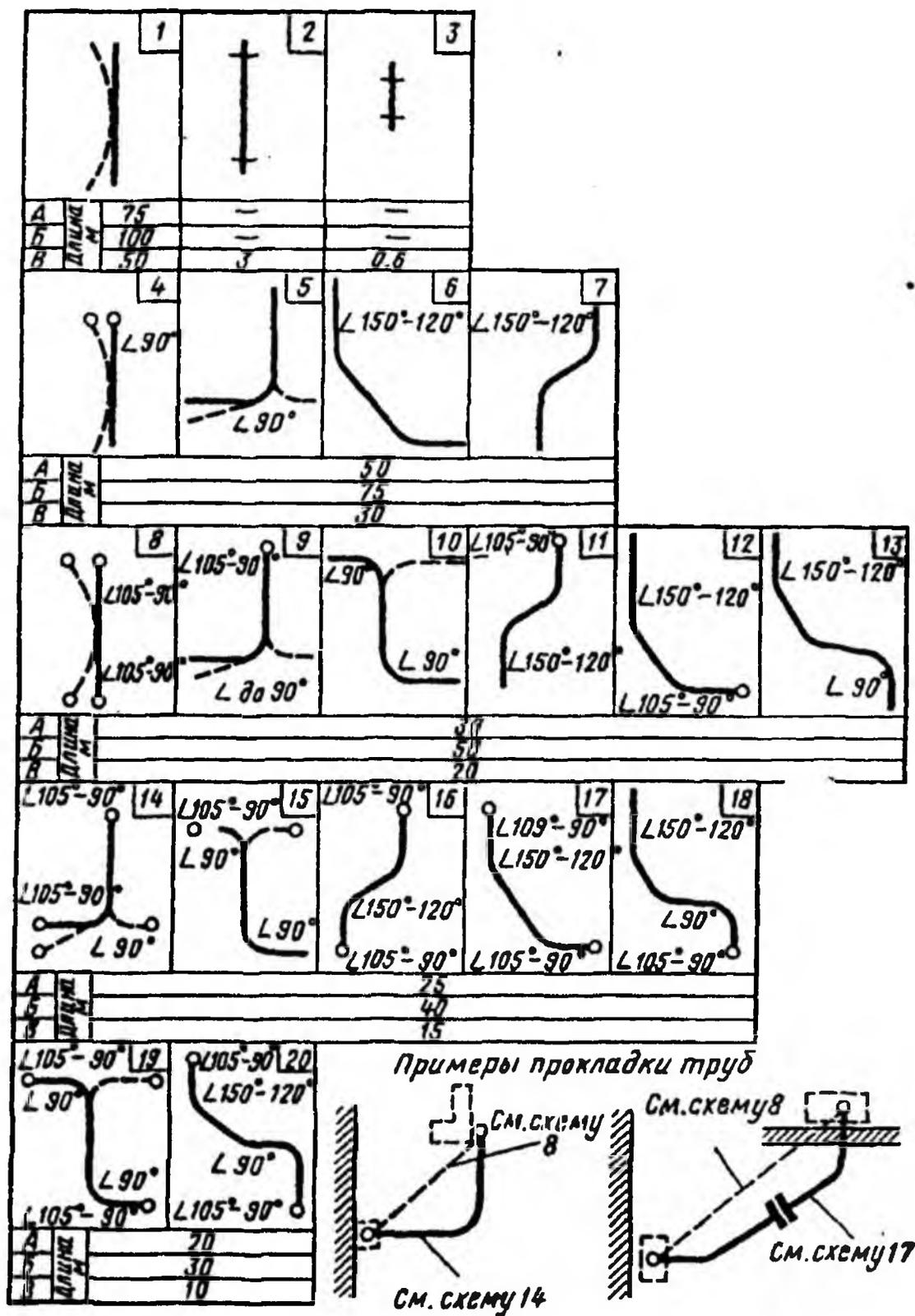


Рис. 4.15. Ориентировочная оценка сложности затяжки проводов и кабелей в трубопроводы (схемы 1—20)

Заготовка трубных блоков является трудоемкой работой, поэтому современные мастерские заготовительных участков оснащают специальными трубогибами, механическими пилами, станками для чистки труб.

Т а б л и ц а 26. Расчетные формулы для выбора стальных труб

Обозначение сложности затяжек (см. рис. 95)	Одножильные и многожильные провода и кабели			
	Один провод или кабель	одинакового диаметра	разного диаметра	три или более проводов или кабелей
A	$\frac{D}{1,4} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,4 D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots$
B	$\frac{D}{1,65} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq d$	$\frac{D}{2,7} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,32 D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots$
B	$\frac{D}{1,65} \geq d$	$\frac{D}{2,5} \geq d$	$\frac{D}{2,5} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$	$0,45 D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2$

П р и м е ч а н и е. Здесь  $d, d_1, d_2$  — наружные диаметры проводов (кабелей), мм,  $n_1, n_2, \dots$  — число проводов (кабелей) данного диаметра,  $D$  — внутренний диаметр трубы, мм.

Главными видами *изолирующих труб*, применяемых в электропроводках, являются резиновые полутвердые (эбонитовые) и пластмассовые (винипластовые, полиэтиленовые и полипропиленовые).

Поскольку полиэтилен и полипропилен деформируются под воздействием жиров, нефтепродуктов и длительного влияния дневного света, трубы из этих материалов применяют преимущественно для скрытых прокладок.

Обработку труб из полиэтилена и полипропилена и их монтаж ведут при плюсовых температурах, так как при температуре ниже  $0^\circ \text{C}$  они становятся хрупкими.

Внутри полиэтиленовых и полипропиленовых труб устройство соединений и ответвлений проводов недопустимо; для этого служат распаечные коробки из стали, негорючей пластмассы или силумина. Надежным соединением полиэтиленовых и полипропиленовых труб является сварка. Ее выполняют специальным нагревательным инструментом.

Если техническими условиями монтажа герметичность соединений не обусловлена, то соединять полиэтиленовые и полипропиленовые трубы можно применяя гильзы из стали и резины, в которые без подогрева, при тугей посадке вводят концы труб.

Операции монтажа электропроводок в трубах выполняют в определенной технологической последовательности.

По рабочим чертежам проекта готовят трассу электропроводок в трубах. При этом уточняют ее направление и протяженность, выполняют привязку к технологическому оборудованию и электроприемникам по месту. При открытой прокладке труб размечают места установки электроконструкций и электроприемников, про-

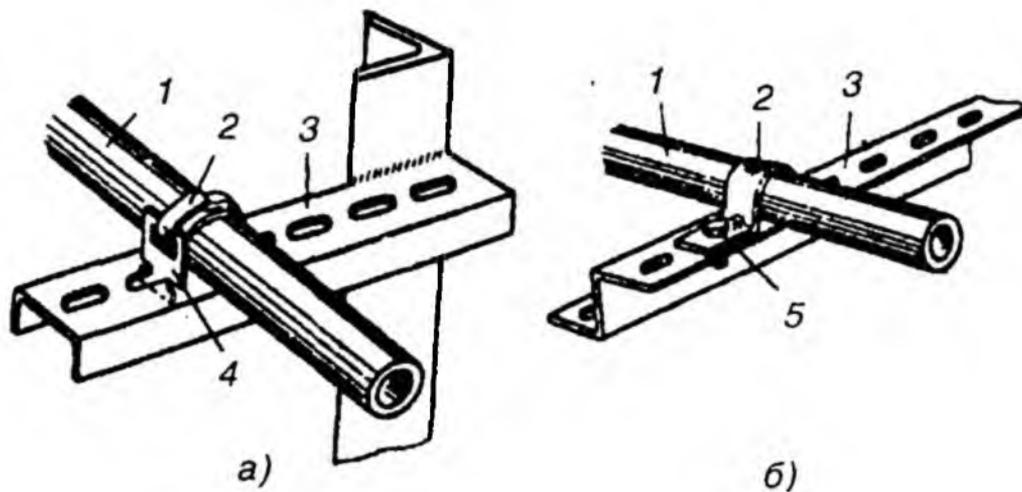


Рис. 4.16. Применение перфорированных профилей и монтажных изделий для крепления труб:

*a* — швеллер; *б* — Z образный профиль; 1 — труба; 2 — крепежная деталь; 3 — прямой профиль; 4 — пряжка; 5 — болт

изводят привязку концов труб, коробок, протяжных и ответвительных ящиков, крепежных деталей, опорных конструкций, поворотов трассы, мест проходов через стены и перекрытия. На прямых участках все коробки располагают на одной линии, параллельной архитектурным линиям здания. При обходе препятствий трассу трубной проводки располагают так, чтобы в трубах не скапливалась влага. При диаметре труб 15—20 мм их крепят через 2,5 м, при 25—32 мм — через 3 м, при 40—80 мм — через 3,5—4 м, при 100 мм — через 6 м. Расстояние от точек крепления труб электропроводок до угла поворота 150—200 мм, от труб отопления и горячего водоснабжения при параллельной прокладке не менее 100 мм, при пересечении — не менее 50 мм в свету.

При скрытой прокладке труб линии разметки трасс должны быть кратчайшими в любом направлении. Глубина заложения труб 20—50 мм. Расстояние между протяжными коробками на прямых участках не более 75 м, при одном изгибе — 50 м, при двух изгибах — 40 м, при трех — 20 м, между точками крепления в борозде — 700—800 мм.

В местах пересечения трубами осадочных и температурных швов предусматривают специальные ящики с компенсаторами или гибкие компенсаторы.

После выполнения пробивных работ устанавливают опорные конструкции и детали крепления (рис. 4.16, *a*, *б*). Расстояние опорных конструкций от основания — 50—100 мм. При установке конструкций точно придерживаются горизонтальных и вертикальных линий разметки. Наименьший допустимый радиус изгиба трубы диаметром 50 мм при открытой прокладке равен четырехкратному диаметру трубы; при большем диаметре — шестикратному; при

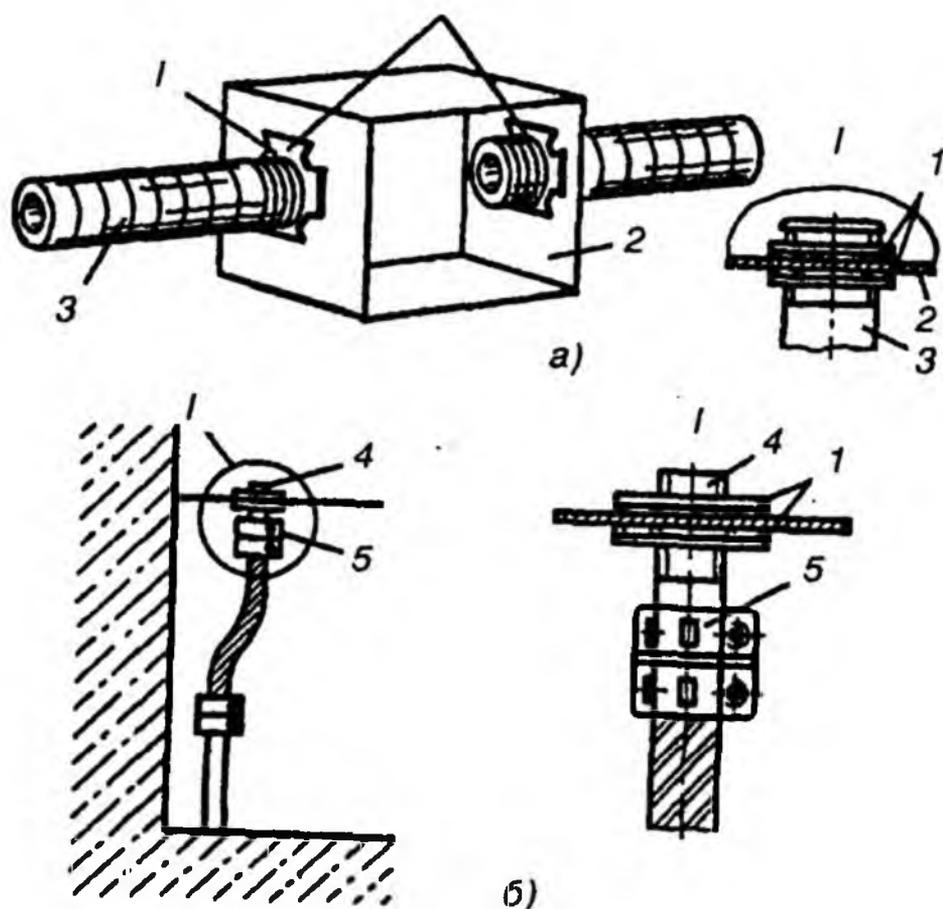


Рис. 4.17. Примеры монтажа электропроводок в трубах:

*a* — установочных заземляющих гаек; *б* — муфт У211—У219; 1 — гайки; 2 — стенки коробки; 3 — стальная труба; 4 — вводной патрубок; 5 — муфты ТР

прокладке труб в бетонных массивах — десятикратному. Нормализованными являются углы поворота 90; 105; 120; 135 и 150° и радиусы изгиба 200; 400 и 800 мм. Концы мерных отрезков труб нарезают. Каждая труба в соединении должна иметь не менее пяти полных неповрежденных витков резьбы. Для труб с условным проходом 15—80 мм длина резьбы может быть короткой (14—30 мм) или длинной (50—100 мм).

Соединение водогазопроводных труб между собой производят муфтами на резьбе; электросварных — на накатной резьбе или манжетами, приваренными к трубам в двух-трех точках. Соединение труб в местах изгиба не разрешается.

Соединение труб с коробами, ящиками, корпусами электрооборудования производят заземляющими гайками, муфтами на резьбе, ввертыванием трубы в резьбовую часть коробки или ящика, манжетами и патрубками (рис. 4.17, *a*, *б*). При соединении труб их уплотняют фторопластовым уплотнительным материалом (лентой ФУМ шириной 10—15, толщиной 0,08—0,12 мм), наматывая его в два-три слоя по часовой стрелке на короткую резьбу трубы. Заго-

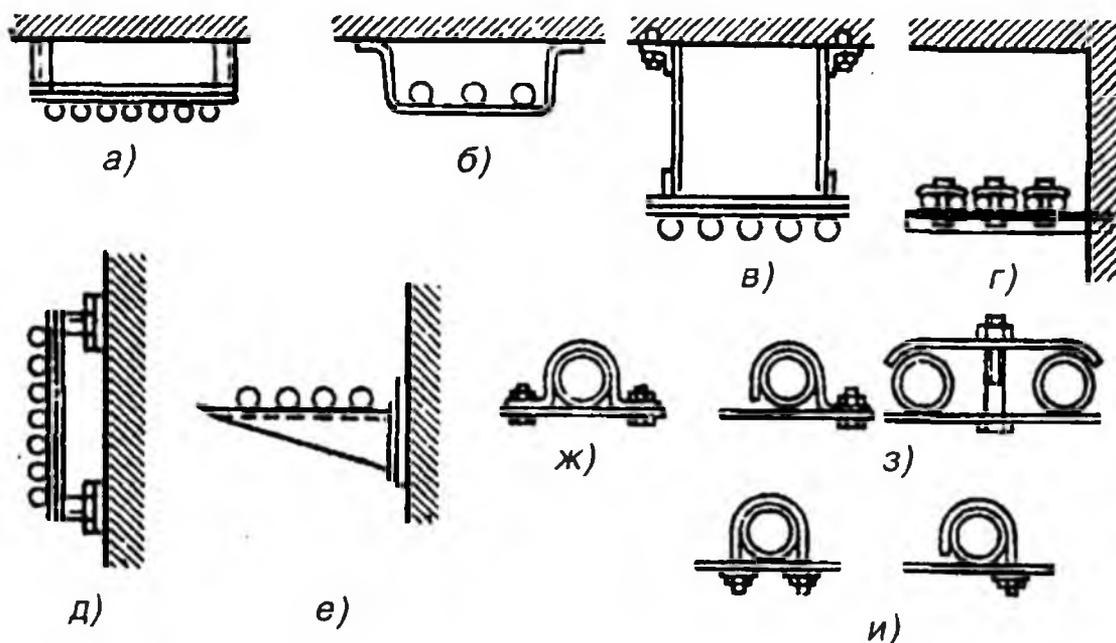


Рис. 4.18. Способы крепления труб к опорным конструкциям:

*а — в* — потолочных опорных конструкций из уголка, перфорированной полосы и на подвесках; *г — е* — настенных опорных конструкций и кронштейнов; *ж — и* — хомутов, полухомутов и двух однолапковых скоб и накладок

товленные трубы собирают в пакеты и блоки, комплектуют протяжными ящиками и ответвительными коробками и маркируют по порядковому номеру трубного журнала.

Следующей операцией монтажа является прокладка труб, которую выполняют непосредственно по строительному основанию или на опорных конструкциях. Одиночные трубы прокладывают по линии разметки. Для вертикальных блоков труб определяют линию оси, а горизонтальных — их верхние края.

При открытой прокладке одиночные трубы крепят скобами с одной или двумя лапками; к опорным конструкциям трубы крепят скобами, хомутами, накладками (рис. 4.18, *а — и*).

Скрыто прокладываемые трубы в бороздах «примораживают» алебастровым раствором с последующей заделкой штукатуркой. В полах, фундаментах трубы крепят к стальной арматуре или специальным опорам. Обход препятствий и подвод труб к двигателям и аппаратам осуществляют гибкими вводами (рис. 4.19). На технологических линиях МЭЗ, используя механизмы, заготавливают и обрабатывают провода и кабели. Далее их затягивают в трубы с помощью стальной проволоки, предварительно на концах труб устанавливают втулки. Провода сечением до 50 мм<sup>2</sup> крепят через 30 м, сечением 70—150 мм<sup>2</sup> — через 20 м, сечением 185—240 мм<sup>2</sup> — через 15 м. Завершающей операцией монтажа трубной электропроводки является заземление труб, которое выполняют приваркой — не менее чем в двух точках обходными перемычками достаточной проводимости.

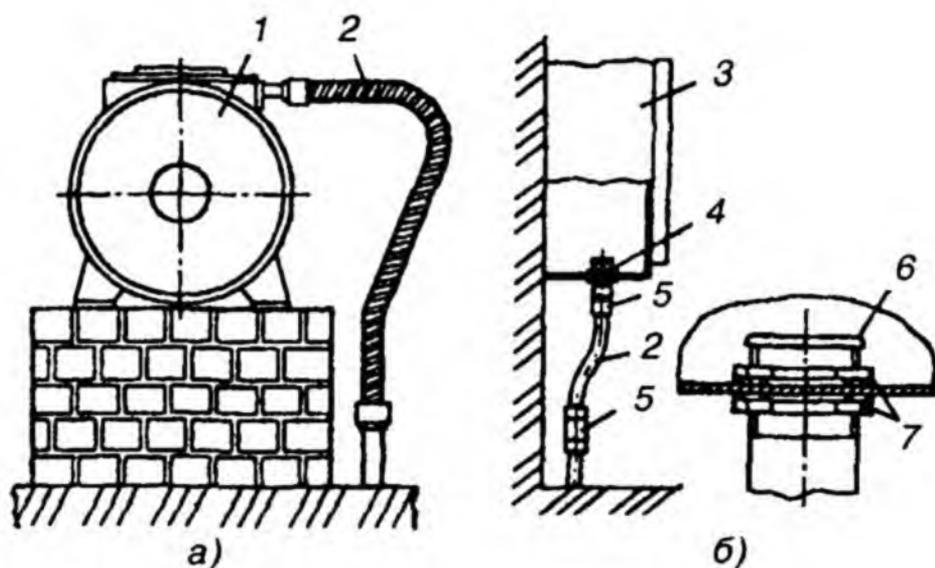


Рис. 4.19. Примеры применения гибких вводов:

*а* — ввод в двигатель; *б* — ввод в пусковой ящик; 1 — двигатель; 2 — гибкий ввод; 3 — пусковой ящик; 4 — патрубок; 5 — муфта; 6 — втулка; 7 — установочная гайка

мости. При параллельной прокладке нескольких труб их заземляют, приваривая поперечные стальные полосы.

Технология монтажа полимерных труб несколько отличается от монтажа стальных.

Разметка трубных трасс при открытой прокладке аналогична разметке трасс стальных труб: их крепления должны допускать свободное перемещение труб при линейном расширении или сжатии в зависимости от температуры окружающей среды. При диаметре трубы 20 мм расстояние между точками их крепления 500 мм, при 25 мм—700 мм, при 32 мм—900 мм; при 40 мм—1100 мм; при 50 мм—1300 мм; при 63 мм—1500 мм; при диаметре 25 мм расстояние между осями параллельно прокладываемых труб 65 мм; при 50—105; при 70—140; при 80—150 мм. При скрытой прокладке полимерных труб глубина замоноличивания труб бетонным раствором должна быть не менее 50 мм. Если нагрузка на полы незначительна, толщина слоя может быть уменьшена до 20 мм. В местах пересечения труб на них надевают стальную гильзу большего диаметра. Полиэтиленовые трубы прокладывают только скрыто.

Трасса их прокладки не должна совпадать или пересекаться с горячими поверхностями. Пластмассовый электротрубопровод нужно прокладывать ниже теплопровода.

Винипластовые трубы при изгибании предварительно нагревают, полипропиленовые — можно изгибать без нагрева, если температура окружающей среды выше 0° С.

Полиэтиленовые трубы соединяют между собой полиэтиленовыми муфтами или муфтами из термоусаживающихся материалов; винипластовые трубы — винипластовыми муфтами или муфтами с раструбом, применяя клей БМК-5 или ПКФ-147.

## Контрольные вопросы

1. Какие виды электропроводок вы знаете?
2. Провода каких марок применяют для скрытых электропроводок?
3. Каковы особенности монтажа открытых электропроводок?
4. Как выполняют тросовые электропроводки?
5. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электропроводки на лотках и в коробах?
6. Как выбирают металлические трубы для электропроводки?
7. Какова последовательность операций по монтажу электропроводок в трубах?
8. Какие средства механизации применяют при монтаже электропроводок в трубах?
9. Как соединяют полиэтиленовые трубы между собой?

## ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА УСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

### § 24. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Установки электрического освещения используют во всех производственных и бытовых помещениях, общественных, жилых и других зданиях, на улицах, площадях, дорогах, переездах и т.п. Это самый распространенный вид электроустановок. Различают три вида электрического освещения.

*Рабочее освещение* предназначается для нормальной деятельности во всех помещениях и на открытых участках при недостаточном естественном освещении. Оно должно обеспечивать нормируемую освещенность в помещении на рабочем месте.

*Аварийное освещение* предназначается для создания условий безопасной эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения в помещениях или продолжении работ на участках, где работа не может быть прекращена по условиям технологии. Аварийное освещение должно создавать освещенность не менее 5 % общего для продолжения работы или не менее 2 лк, а эвакуационное — не менее 0,5 лк на полу, по основным проходам и лестницам.

*Охранное освещение* вдоль границ охраняемой территории является составной частью рабочего освещения, создает освещенность зоны с обеих сторон ограды.

По правилам устройства электроустановок освещение делят на три системы.

*Общее освещение* в производственных помещениях может быть равномерным (с равномерной освещенностью по всему помещению) или *локализованным*, когда светильники размещают так, чтобы

на основных рабочих местах создавалась повышенная освещенность.

*Местная система* обеспечивает освещение рабочих мест, предметов и поверхностей.

*Комбинированной* называют такую систему освещения, при которой к общему освещению помещения или пространства добавляется местное, создающее повышенную освещенность на рабочем месте. Основным элементом осветительной электроустановки является источник света — лампа, преобразующая электроэнергию в световое излучение.

Большое распространение получили два класса источников света: *лампы накаливания* и *газоразрядные* (люминесцентные, ртутные, натриевые и ксеноновые).

Основными характеристиками лампы являются номинальные значения напряжения, мощности светового потока (иногда — силы света), срок службы, а также габариты (полная длина  $L$ , диаметр, высота светового центра от центрального контакта резьбового или штифтового цоколя до центра нити).

Наиболее употребительные типы цоколей:  $E$  — *резьбовой*;  $Bs$  — *штифтовой одноконтактный*;  $Vd$  — *штифтовой двухконтактный* (последующие буквы обозначают диаметр резьбы или цоколя).

Кроме того, применяют фокусирующие  $P$ , гладкие цилиндрические софитные  $SV$  и некоторые другие цоколи.

В маркировке ламп общего назначения буквы означают: В — вакуумные, Г — газонаполненные, Б — биспиральные газонаполненные, БК — биспиральные криптоновые.

Большое значение имеет зависимость характеристик ламп накаливания (ЛН) от фактически подводимого напряжения. С повышением напряжения увеличивается температура накала нити, свет становится белее, быстро возрастает поток и несколько медленнее световая отдача, в результате этого резко уменьшается срок службы лампы.

Широко применяемые в осветительных установках трубчатые люминесцентные ртутные лампы (ЛЛ) низкого давления имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с ЛН; например, высокую световую отдачу, достигающую 75 лм/Вт; большой срок службы, достигающий у стандартных ламп до 10 000 ч; возможность применения источника света различного спектрального состава при лучшей для большинства типов цветопередаче, чем у ламп накаливания; относительно малую (хотя и создающую ослепленность) яркость, что в ряде случаев является достоинством.

Основными недостатками ламп ЛЛ являются: относительная сложность схемы включения (рис. 5.1, 5.2), ограниченная единичная мощность и большие размеры при данной мощности; невозможность переключения ламп, работающих на переменном токе, на питание от сети постоянного тока; зависимость характеристик от

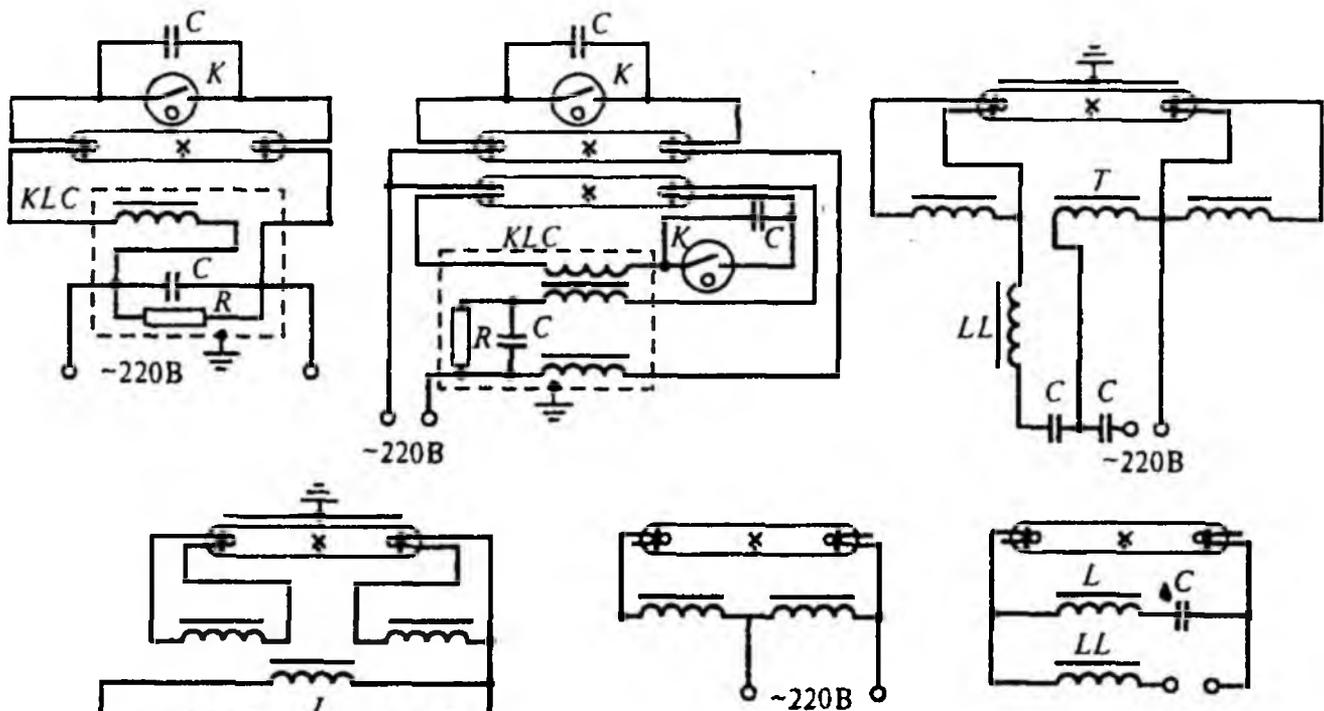


Рис. 5.1. Схема зажигания люминесцентных ламп:

*a* — одноламповая со стартером; *б* — двухламповая со стартерами; *в* — одноламповая с накальным трансформатором; *г* — двухламповая с накальным трансформатором; *д* — мгновенного зажигания с автотрансформатором; *е* — мгновенного зажигания с использованием резонанса напряжения

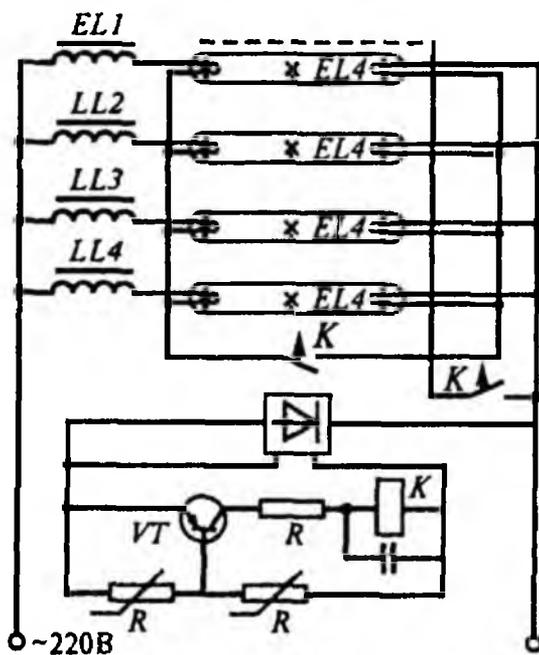
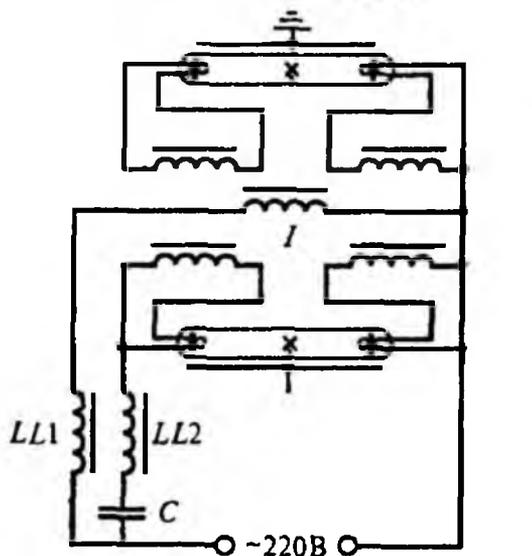


Рис. 5.2. Осветительное устройство с группой ламп и стабилизацией выдержки времени зажигания по температуре и напряжению

температуры внешней среды. Для обычных ламп оптимальная температура окружающего воздуха  $18-25^{\circ}\text{C}$ , при отклонении температуры от оптимальной световой поток и световая отдача снижаются; при  $t \leq 10^{\circ}\text{C}$  зажигание не гарантируется; значительное снижение потока к концу срока службы; по истечении последнего поток должен быть не менее 54 % номинального; вредные для зрения пульсации светового потока с частотой 100 Гц при переменном токе 50 Гц (они могут быть устранены или уменьшены только при совокупном действии нескольких ламп и соответствующих схемах включения).

При действующих нормах, в которых разрыв между значениями освещенности для ламп накаливания и газоразрядных не превышает двух

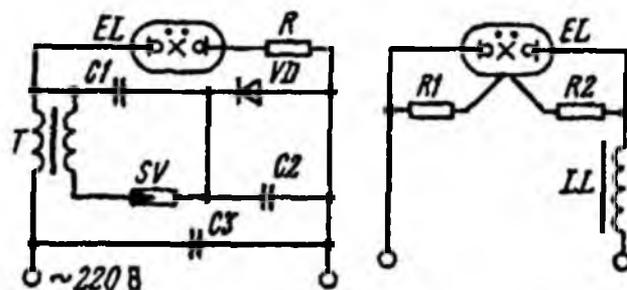


Рис. 5.3. Схемы включения ламп ДРЛ:  
*а* — двухэлектродных; *б* — четырехэлектродных

ступеней, высокая световая отдача и увеличенный срок службы ЛЛ так же, как ламп ДРЛ, делают их в большинстве случаев более экономичными, чем лампы накаливания.

Достоинствами ламп ДРЛ являются: высокая световая отдача, большой срок службы, компактность; устойчивость к условиям внешней среды (кроме очень низких температур).

Недостатками ламп ДРЛ следует считать: преобладание в спектре лучей сине-зеленой части, ведущее к неудовлетворительной цветопередаче, что исключает применение ламп в случаях, когда объектами различения являются лица людей или окрашенные поверхности; возможность работы только на переменном токе; необходимость включения через балластный дроссель (рис. 5.3) длительность разгорания при включении (примерно 7 мин) и начало повторного зажигания даже после очень кратковременного перерыва питания лампы после остывания (примерно 10 мин); пульсации светового потока, большие, чем у люминесцентных ламп; значительное снижение светового потока к концу срока службы.

Лампы накаливания изготавливают на напряжения 127—220 В мощностью 15—1500 Вт. Срок службы ламп накаливания общего назначения составляет 1000 ч, световой поток, измеряемый в люменах, на 1 Вт потребляемой лампой мощности колеблется от 7 (для ламп малой мощности) до 20 лм/Вт (для ламп большой мощности). Колбы ламп накаливания наполняют нейтральным газом (азотом, аргоном, криптоном), что увеличивает срок службы вольфрамовой нити накала и повышает экономичность ламп.

В настоящее время выпускают зеркальные лампы накаливания типов ЗК и ЗШ на повышенное напряжение: 220—230, 235—245 В.

Галогенные лампы накаливания типа КГ-240 (трубчатой формы с вольфрамовой нитью в кварцевой колбе) мощностью 1000, 1500 и 2000 Вт получили распространение в связи с повышенной световой отдачей.

Люминесцентные лампы представляют собой заполненную газом — аргоном — стеклянную трубку, внутренняя поверхность ко-

торой покрыта люминофором. В трубке имеется также капля ртути. При включении в электрическую сеть в лампе образуются пары ртути и возникает свет, близкий к дневному.

Электротехническая промышленность выпускает серию энергоэкономичных ламп ЛЛ, предназначенных для общего и местного освещения промышленных, общественных и административных помещений (ЛБ18-1, ЛБ36, ЛДЦ18, ЛБ58). Для жилых помещений применяют лампы ЛЕЦ18, ЛЕЦ36, ЛЕЦ58, которые по сравнению со стандартными ЛЛ мощностью 20, 40 и 65 Вт имеют повышенный КПД, уменьшенное на 7—8% потребление электроэнергии, меньшую материалоемкость, повышенную надежность при хранении и транспортировании. Для административных помещений выпускают ЛЛ с улучшенной цветопередачей (ЛЭЦ и ЛТБЦЦ) мощностью 8—40 Вт. Лампы имеют линейную и фигурную форму (U и W-образную, кольцевую). Все лампы, кроме кольцевых, имеют на концах двухштыревые цоколи.

По спектру излучаемого света ЛЛ разделяют на типы: ЛБ — белая, ЛХБ — холодно-белая, ЛТБ — тепло-белая, ЛД — дневная и ЛДЦ — дневная правильной цветопередачи.

Дуговые ртутные лампы ДРЛ высокого давления с исправленной цветностью состоят из стеклянной колбы, покрытой люминофором, внутри которой помещена кварцевая газоразрядная трубка, наполненная ртутными парами.

Газоразрядные металлогалоидные лампы ДРИ выпускают со световой отдачей 75—100 лм/Вт продолжительностью горения 2000—5000 ч. Эти лампы обеспечивают лучшую цветопередачу, чем лампы ДРЛ.

Для освещения сухих, пыльных, влажных помещений выпускают металлогалоидные зеркальные лампы — светильники типа ДРИЗ.

Натриевые лампы ДНаТ мощностью 400 и 700 Вт излучают золотисто-белый свет; их световая отдача 90—120 лм/Вт, продолжительность горения более 2500 ч.

## § 25. ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА

Светильник (рис. 5.4, а — ж) состоит из лампы и осветительной арматуры. Арматура служит для перераспределения светового потока лампы (или ламп), предохранения зрения от чрезмерной яркости, крепления и подключения лампы к системе питания, защиты ее от механических повреждений и изоляции от окружающей среды. Осветительная арматура газоразрядных ламп имеет устройство для зажигания и стабилизации их работы.

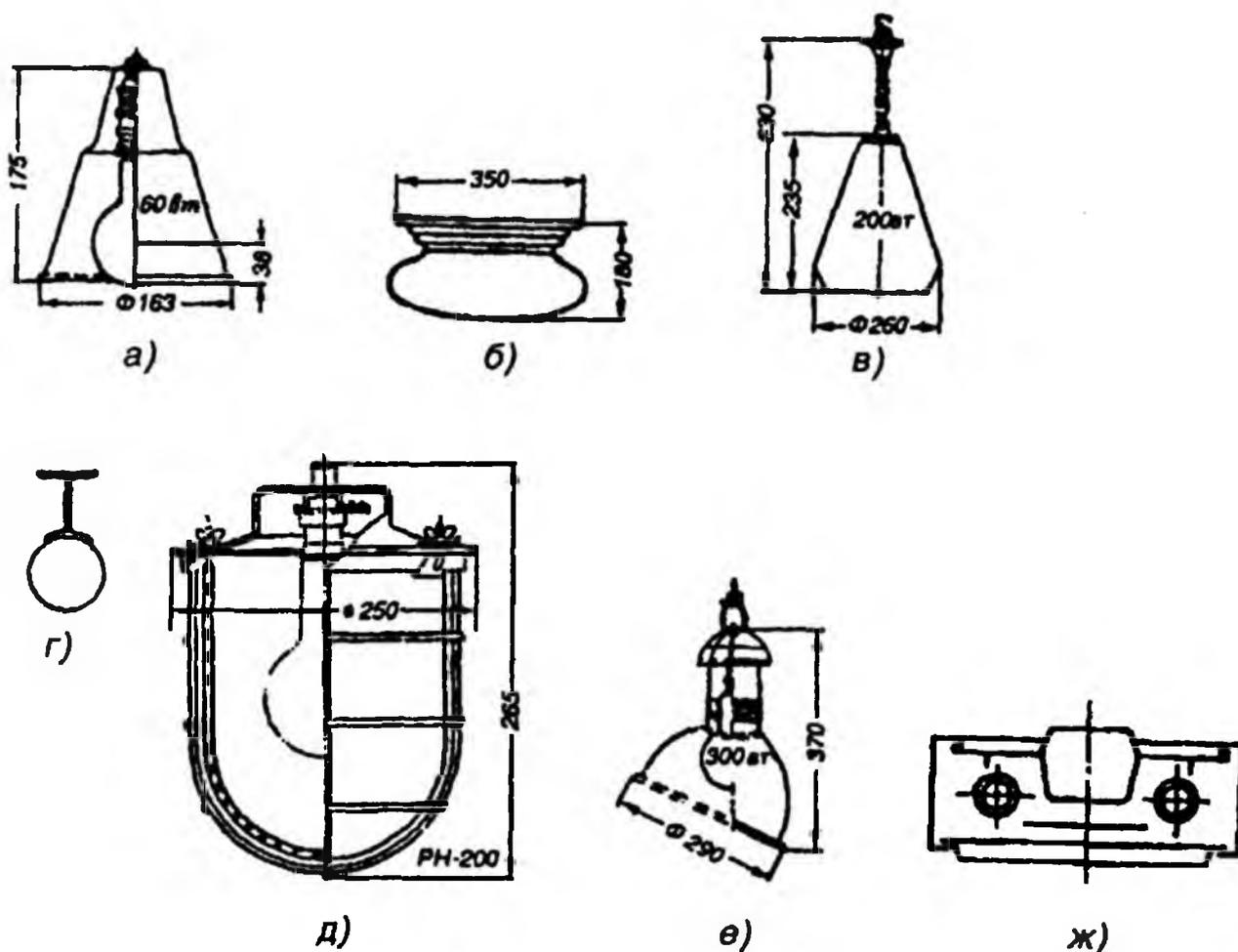


Рис. 5.4. Светильники заводского изготовления:

а — альфа; б — плафон; в — люцетта; г — шар молочного стекла; д — рудничный; е — косо-свет; ж — люминесцентный Л201Б

Предохранение зрения от чрезмерной яркости лампы перераспределением потока в нужном направлении осуществляют отражателями и рассеивателями, которыми снабжены светильники.

Осветительная арматура состоит из корпуса (металлического или пластмассового), отражателя, патрона (ламподдержателя), рассеивателя или защитного стекла, пускорегулирующего аппарата ПРА (для газоразрядных ламп), узлов подвески и подключения к системе питания.

Основными параметрами, характеризующими светильник, являются: класс светораспределения, кривая силы света, КПД, защитный угол, конструкция. Отношение светового потока, выходящего из светильника, к световому потоку лампы называют КПД светильника. Он колеблется в пределах 60—90 %.

Степень защиты глаз от блёсткости зависит от размера защитного угла.

По характеру светораспределения светильники подразделяют на следующие группы:

*прямого света* — световой поток не менее 80 % излучается в нижнюю полусферу; преимущественно *прямого света* — излучается

60—80 %; *рассеянного света* — излучается 40—60 %; преимущественно *отраженного света* — излучается 20—40%; *отраженного света* — в нижнюю полусферу излучается менее 20 % светового потока.

По степени защиты от воздействия внешней среды светильники классифицируют на:

*открытые пыленезащищенные* — токоведущие части и лампа не защищены от попадания пыли;

*перекрытые пыленезащищенные* — попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками;

*полностью пылезащищенные* — токоведущие части и лампа защищены от попадания пыли в количествах, которые могли бы повлиять на работу светильника;

*частично пылезащищенные* — токоведущие части защищены от попадания пыли;

*полностью пыленепроницаемые* — токоведущие части и колба лампы полностью защищены от попадания пыли;

*частично пыленепроницаемые* — токоведущие части полностью защищены от попадания пыли.

В зависимости от степени защиты от проникновения воды светильники подразделяют на *водонезащищенные, брызгозащищенные, струезащищенные, водонепроницаемые, герметичные.*

В зависимости от способа установки и назначения светильники классифицируют следующим образом: для промышленных зданий при нормальной среде используют светильники общего применения с лампами накаливания, ДРЛ и люминесцентные (ГС, Уз, ЛД, ЛОУ и др.);

при тяжелых условиях среды — специальные светильники УПН, УПД, ПВАМ;

во взрывоопасных зонах промышленных предприятий — светильники с лампами накаливания НОБ; Н4Б; РВЛ; В4А; В3Г и др.;

для общественных зданий общего применения при нормальной среде широко используют светильники с лампами накаливания и люминесцентными типа УСП; ПКР; ЛПР и др.;

для наружного освещения — светильники всех источников света типа СКЗЛ; СПО; СКЗПР и др.;

для бытовых помещений при нормальной среде — светильники с люминесцентными лампами УСП; БЛ; ШОД; ЛПР.

## § 26. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СВЕТИЛЬНИКОВ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Перед началом монтажа светильники проверяют в МЭЗ. При этом определяют и маркируют фазные и нулевые провода, производят зарядку или перезарядку светильников, собирают блоки люминесцентных светильников и комплектные световые линии.

Операции по монтажу светильников состоят из установки деталей крепления и конструкций, подвески и крепления светильников, присоединения к электросети и сети заземления. Светильники для ламп накаливания и ламп ДРЛ одинаковы по конструкции, но последние имеют более сложную конструкцию, большую массу и пускорегулирующую аппаратуру. Корпуса светильников снабжены блоком устройства для ввода провода и различными подвесками. Современные светильники имеют штепсельные соединения или зажимы для присоединения к стационарной электросети.

При строительстве зданий, в особенности крупнопанельных, в них, как правило, предусматривают все отверстия, ниши и закладные части для установки осветительного оборудования и прокладки осветительных сетей. Выключатели и штепсельные розетки при скрытой проводке устанавливают в готовых нишах, коробках или стаканах, с креплением шурупами, винтами или имеющими на них распорными лапками.

Надплинтусные штепсельные розетки и потолочные выключатели имеют металлические основания и, как правило, их крепят непосредственно к стене пристреливанием. Выключатели и штепсельные розетки для открытой проводки, потолочные и настенные ламповые патроны устанавливают на деревянных розетках и крепят шурупами.

Светильники, их рассеиватели и защитные сетки должны быть прочно закреплены. Крюки и другие приспособления для подвесных светильников массой до 100 кг испытывают в течение 10 мин пятикратной массой, а светильники (люстры) массой более 100 кг — двухкратной массой плюс 80 кг. При креплении светильников к потолку на дюбелях, забиваемых монтажным пистолетом, каждую точку подвеса испытывают тройной массой светильника плюс 80 кг.

Если масса светильника не превышает 10 кг, его подвешивают на крюках с помощью колец или скоб блока крепления. Крюки У623, У625 и У629 длиной 60; 155 и 215 мм (рис. 5.5, а) устанавливают в железобетонных потолках. Их изолируют, а блок подвески снабжают изолирующим кольцом.

Если светильник устанавливают на шпильку (рис. 5.5, б) с резьбой, ее закрепляют на основании.

Светильники с резьбой и кольцом устанавливают на стенах, колоннах и фермах с помощью кронштейнов У116, К290 и У25М, закрепляемых дюбелями или приваркой.

К металлическим и железобетонным фермам, а также к ограждениям технологических площадок светильники крепят с помощью подвесов различной длины или трубчатыми кронштейнами. При установке светильников на монтажном профиле К108 их крепят двумя винтами М6.

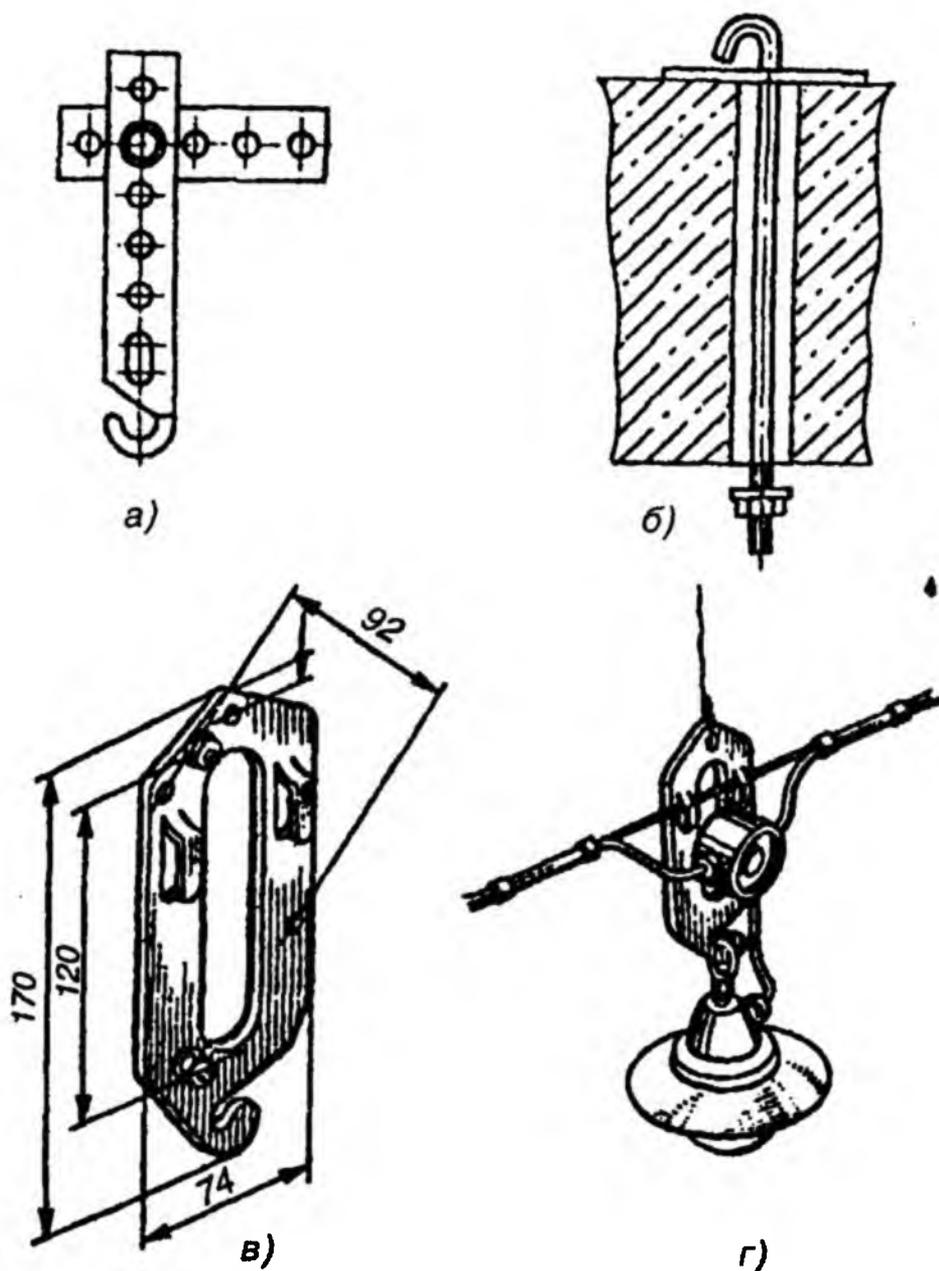


Рис. 5.5. Конструктивные элементы для установки светильников:

*a* — крюк; *б* — шпилька; *в* — подвес; *г* — подвеска светильника

Люминесцентные светильники подвешивают на коробах КЛ1 и КЛ2 с помощью специальных держателей, перемещающихся вдоль короба в щели (в его нижней части). Заземляющий провод присоединяют к приваренному внутри короба зажиму. Магистральные короба КЛ закрепляют на тросовых подвесках, потолочных скобах и кронштейнах.

На шинопроводах ШОС светильники крепят хомутом с крючком К470. Предельная нагрузка на 1 м шинопровода 12 кг. При прокладке шинопровода по стенам и нижним поясам ферм светильники устанавливают на кронштейнах, прикрепленных к этим строительным основаниям (рис. 5.6).

При креплении на тросе светильники устанавливают на тросо-

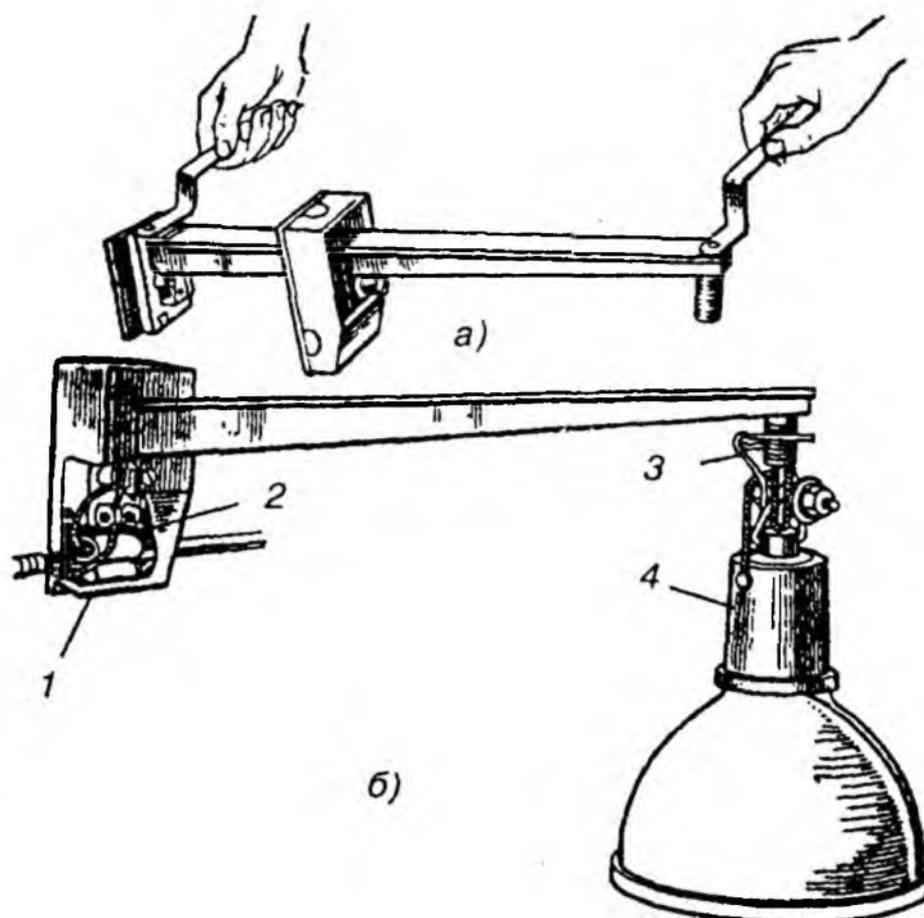


Рис. 5.6. Сборка кронштейна (а), установка светильника на держателе (б):

1 — патрубок; 2, 4 — винты заземления; 3 — держатель У25М

вых подвесках с обоями (см. рис. 5.5, г) на крюке, приваренном к металлической пластинке с ответвительной коробкой (загнутые края пластинки обжимают вокруг троса); к скобе в разъемной ответвительной коробке при тросовом проводе АРТ.

При установке на шинпроводах ШРА, прокладываемых по одной трассе с ШОС светильники крепят на боковых поверхностях ШРА симметрично по обе стороны с помощью специальных кронштейнов.

Светильники заряжают медными проводами сечением 0,5—1,5 мм<sup>2</sup>. Провода пропускают через подвесные штанги, кронштейны, подвесы и стойки; соединение проводов внутри них запрещено.

Светильники с лампами накаливания и ДРЛ подключают к электросети через вводный блок, двухполюсные штепсельные соединения, через колодки зажимов.

Металлические корпуса светильников заземляют отдельными ответвлениями от нулевого провода электропроводки, концы которого присоединяют к корпусам светильников заземляющими винтами.

При монтаже осветительного оборудования выполняют следующие основные требования: светильники в ряду и по высоте

выравнивают так, чтобы отклонения их не были заметны на глаз; установочные изделия закрепляют по центру розеток, ниш, выверяют строго по вертикали и горизонтали положение их рукояток, кнопок и штепсельных гнезд.

Выключатели с рычажными и клавишными рукоятками устанавливают так, чтобы при включении цепи (освещения) рукоятка двигалась вверх (нажатие верхней части клавиши). Штепсельные розетки устанавливают так, чтобы гнезда располагались по горизонтали. Выключатели общего освещения, штепсельные розетки устанавливают у входа в помещение так, чтобы они не загораживались открывающейся дверью. Выключатели для санузлов и штепсельные розетки устанавливают вне этих помещений.

## § 27. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Во взрывоопасных зонах применяют светильники *взрывозащищенного исполнения*. Светильники с трещинами на стеклянных защитных колпаках, в литых корпусах или сальниковых гайках вводных устройств, с неисправными патронами, раковинами или углублениями на сопрягаемых поверхностях монтажу не подлежат.

Светильники Н4БН-150; ВЗГ-200АМ; ВЗГ-100; В4А-60; НОГЛ 2 × 80; НОДЛ 1 × 80 к зажимам вводной коробки присоединяют с помощью кабеля от групповой сети. У светильников Н4БН-150; ВЗГ-200АМ; ВЗГ/В4А-200М ввод осуществляют как небронированными трехжильными кабелями, так и тремя проводами, размещенными в цельнотянутой трубе.

Светильники при открытой прокладке кабеля целесообразно монтировать в такой последовательности:

снять оболочку с одного конца кабеля длиной 130 мм;

отвинтить ключом крышку 3 из монтажного отверстия вводного устройства светильников; у светильника Н4БН-150 — два винта крепления контактной колодки и вынуть ее;

надеть на оболочку конца кабеля нажимную муфту 1 (вперед фланцем) и резиновое кольцо, продвинув его по кабелю на расстояние 140 мм от конца (рис. 5.7);

вести во вводное устройство светильника разделанный конец кабеля и вывести концы жил через монтажное отверстие;

вставить резиновое кольцо 2 и нажимную муфту в гнездо ввода светильника и равномерным затягиванием двух болтов до отказа уплотнить место ввода;

подсоединить короткую жилу (длиной 100 мм) к заземляющему зажиму 4 и уложить запас жилы внутрь вводного устройства, подсоединить длинные жилы (длиной 130 мм): фазную — к левому, а нулевую — к правому зажимам контактной колодки 5;

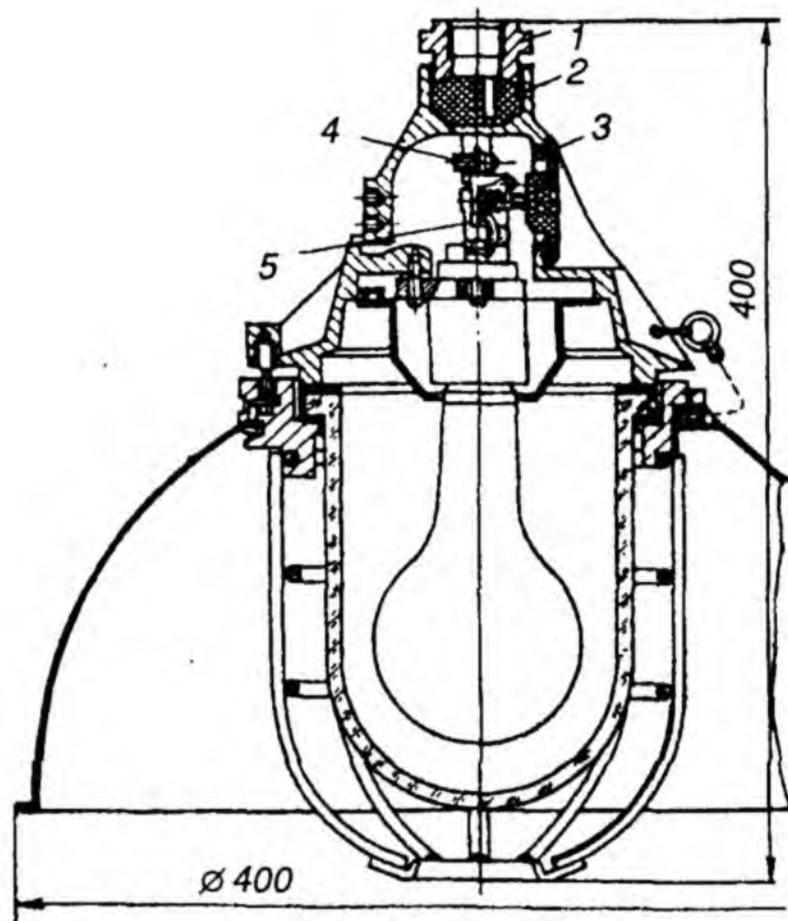


Рис. 5.7. Светильник Н4БН-150 с вертикальным вводом кабеля:  
 1 — нажимная муфта; 2 — резиновое уплотнительное кольцо; 3 — крышка вводного устройства; 4 — зажим; 5 — колодка

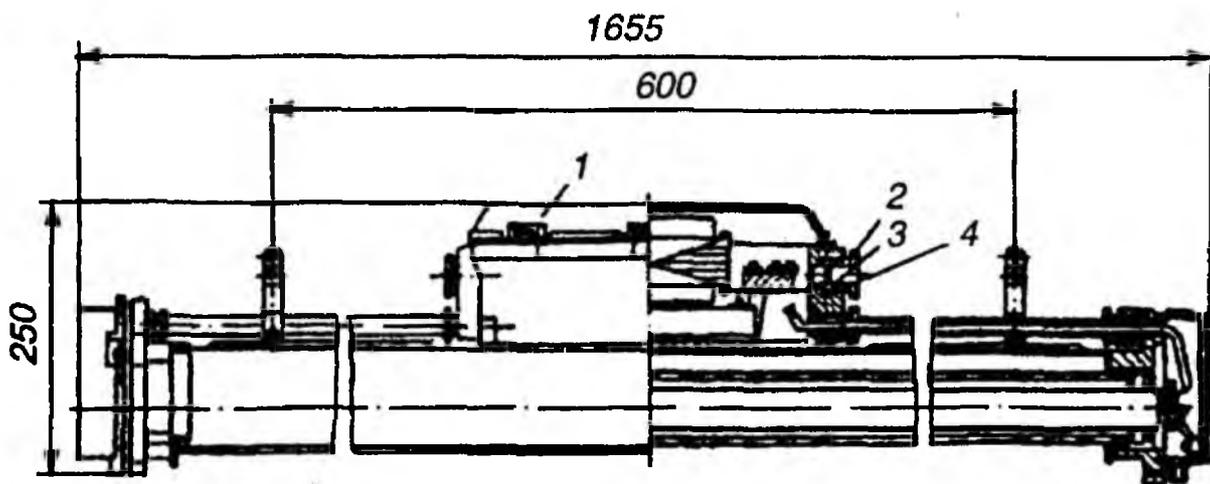


Рис. 5.8. Светильник НОГЛ (повышенной взрывозащищенности):  
 1 — крышка вводной коробки; 2 — уплотнительная прокладка; 3 — нажимная муфта; 4 — стальная шайба

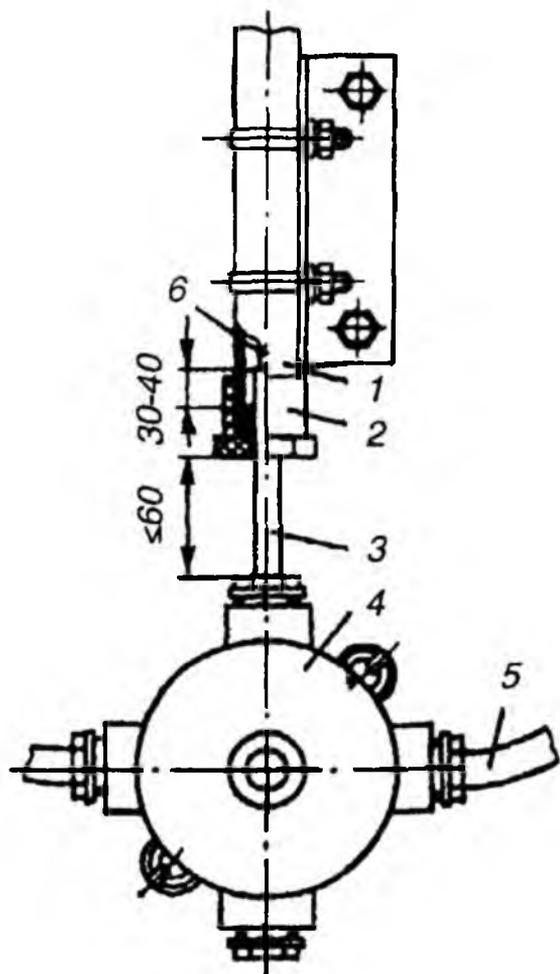


Рис. 5.9. Узел ввода проводов ПРКС в коробку У-409 от светильника с трубным кронштейном:

1 — трубный кронштейн; 2 — трубный сальник; 3 — трубка из поливинилхлоридного пластиката; 4 — ответвительная коробка; 5 — кабель; 6 — провод ПРКС

снять оболочку с другого конца кабеля, прозвонить и отмаркировать жилы;

завинтить ключом крышку до упора;

для установки и проверки лампы светильника Н4БН-150 повернуть отражатель против часовой стрелки и снять его.

Ввод кабеля в светильники НОДЛ 1 × 80; НОГЛ 2 × 80 (рис. 5.8) выполняют в такой технологической последовательности:

открывают крышку вводного устройства светильника 1, снимают нажимную муфту 3, вынимают шайбу 4 и резиновое уплотнение 2 из гнезда;

отмеряют длину кабеля, необходимую для присоединения к контактными зажимам внутри вводного устройства и создания запаса на два-три присоединения, и отрезают излишек, снимают с конца кабеля оболочку на таком расстоянии, чтобы она входила внутрь вводного устройства на 10—12 мм, удаляют изоляцию с концов жил на длину 25—30 мм, достаточную для изгибания кольца, надевают на оболочку кабеля нажимную муфту, стальную шайбу и резиновое уплотняющее кольцо;

вводят кабель в светильник, установив резиновое уплотнительное кольцо и стальную шайбу во вводное отверстие, закрепляют

двумя болтами нажимную муфту и затягиванием болтов уплотняют резиновым кольцом место ввода кабеля.

Подготовленные светильники устанавливают на строительных основаниях (стенах, колоннах, потолках) с жестким креплением подвесов или кронштейнов. От ответвительной коробки У-409 до трубного кронштейна или подвеса длина должна быть не менее 60 мм, а все три провода на этом участке должны быть заключены в общую поливинилхлоридную трубу внутренним диаметром 8—10 мм.

Уплотнение ввода проводов в светильнике испытывают выборочно (через свободный конец кронштейна или подвеса) сжатым воздухом с избыточным давлением 50 кПа. Продолжительность испытания 3 мин; при этом давление не должно уменьшаться более чем на 50 %.

Ввод проводов марки ПРКС в коробку У-409 показан на рис. 5.9.

При прокладке проводов в трубах светильники должны поступать на монтаж со спусками и предварительно заряженными. Длину проводов принимают равной расстоянию от светильника до ближайшей ответвительной коробки плюс 100 мм, необходимые для соединения в коробке.

Светильник, устанавливаемый последним в линии, должен укомплектовываться стандартным сгоном. Длина заряженных проводов должна равняться длине участка трубы от последнего светильника до ответвительной коробки этого светильника.

## § 28. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

При скрытой установке выключателей и штепсельных розеток предварительно замоноличивают в строительные конструкции специальные пластмассовые стаканы и кольца. Закладной стакан представляет собой полый полипропиленовый цилиндр, состоящий из двух половинок переменного диаметра. По диаметру стакан имеет кольцевые выступы, перегородку для звуковой изоляции и сквозное отверстие для прохода каналаобразователя.

Выключатели и штепсельные розетки крепят распорными планками с винтами М-4 к кольцевым выступам в закладных стаканах.

Выпускаемые заводами стаканы имеют различную длину. Это дает возможность замоноличивать их в железобетонных и гипсолинитовых панелях разной толщины. Установку выключателей и переключателей в помещениях с нормальной средой при открытом способе прокладки электроосветительной сети следует производить на высоте 1,5 м от пола (в школах и детских учреждениях — 1,8 м), по центру — на деревянных или пластмассовых подрозетниках ди-

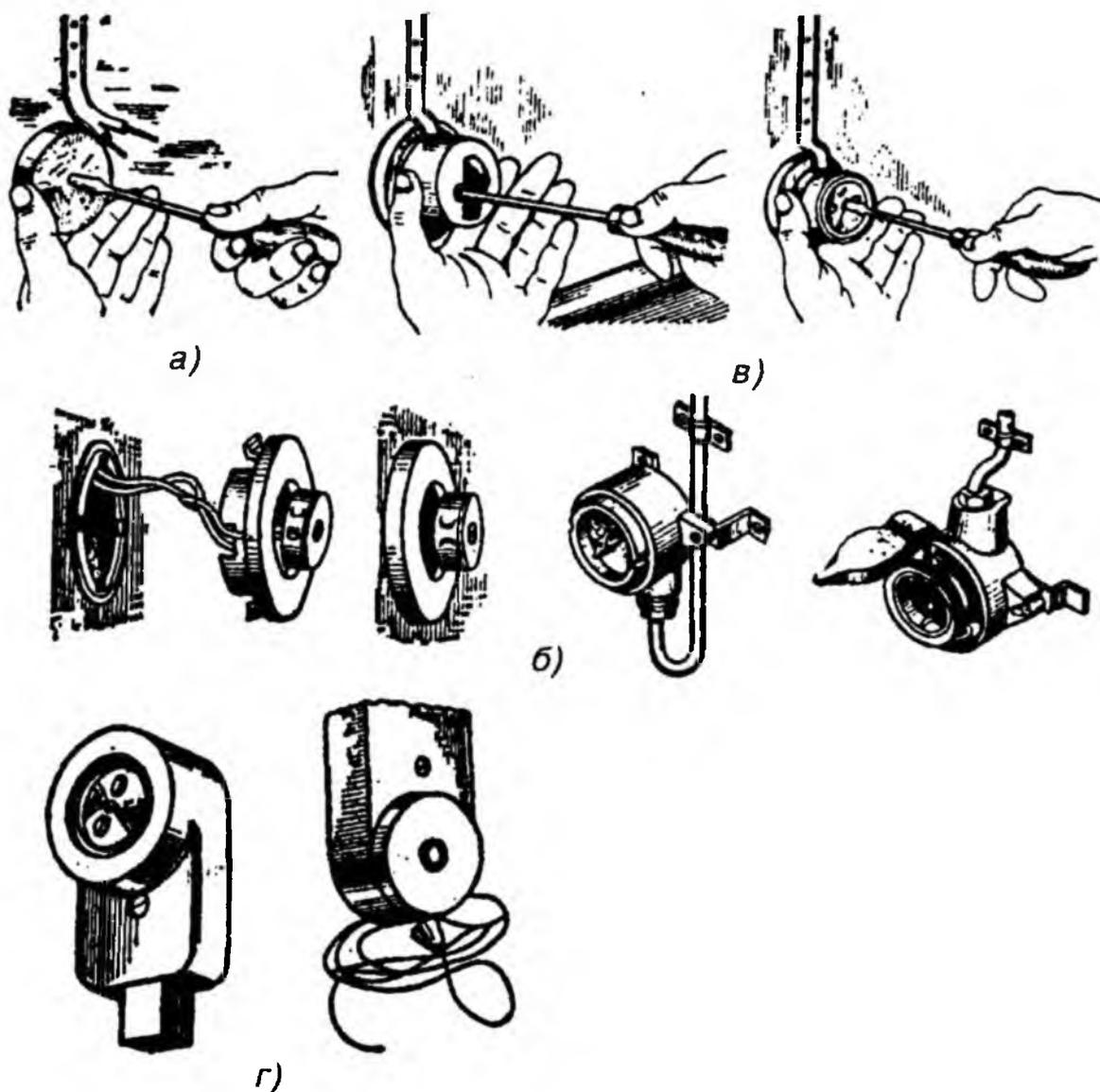


Рис. 5.10. Монтаж и вид установочных приборов:

*a* — последовательность установки выключателя и штепсельной розетки для электропроводки, проложенной плоскими проводами открыто; *б* — выключатель для скрытых электропроводок; *в* — выключатель и штепсельная розетка для установки в помещении; *г* — надплинтусная штепсельная розетка и подпотолочный выключатель

аметром 55—60 мм толщиной не менее 10 мм, прикрепляемых к основанию шурупом (рис. 5.10). Штепсельные соединители (розетки) устанавливают на высоте 0,8—1 м от пола (в школах и детских учреждениях — 1,5 м). Расстояние от заземленных устройств должно быть не менее 0,5 м. Розетки устанавливают на деревянных и пластмассовых подрозетниках диаметром 55—60, толщиной не менее 10 мм. Брызгозащищенные розетки устанавливают на скобе или непосредственно на стене с вводом проводов снизу через сальниковое уплотнение.

При скрытой проводке розетки размещают в коробках диаметром 70 мм, вмазанных в стену или замоноличенных закладных пластмассовых стаканах. Гнезда штепсельных розеток располагают

по горизонтали. Установку надплинтусных розеток производят на высоте 0,3 м и менее от пола с защитными устройствами, закрывающими гнезда при вынутых вилках.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие виды электрического освещения вы знаете?
2. Какие источники света вы знаете?
3. Как подразделяют светильники по характеру светораспределения?
4. Какова технологическая последовательность операций монтажа светильников общего применения?
5. Как монтируют светильники на шинопроводах ШОС?
6. Какова особенность монтажа взрывозащищенных светильников?
7. Как монтируют электроустановочные устройства?

## **ГЛАВА 6. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

### **§ 29. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКЕ ПРИБОРОВ, АППАРАТОВ, КОНСТРУКЦИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ПРОКЛАДКЕ ШИН, ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ**

Выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций производят как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току), так и по условиям работы при коротких замыканиях (термические и динамические воздействия, предельно отключаемая мощность).

Щиты, шкафы или панели распределительных устройств должны иметь четкие надписи, указывающие их назначение.

Надписи выполняют на лицевой стороне устройства, а при обслуживании с двух сторон — также и на задней стороне устройства.

Части распределительных устройств, относящиеся к цепям различного рода тока и различных напряжений, выполняют и размещают таким образом, чтобы была обеспечена возможность их легкого распознавания.

Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в ПУЭ.

Все металлические части распределительного устройства должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

Заземление должно быть выполнено в соответствии с ПУЭ и § 18.

Аппараты располагают таким образом, чтобы было обеспечено безопасное обслуживание и чтобы возникающие при их эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание или замыкание на землю.

Аппараты рубящего типа устанавливают так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно под действием силы тяжести.

Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, как правило, не должны быть под напряжением.

*Рубильники* с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие рабочие контакты, обращенные к оператору, защищают несгораемыми кожухами без отверстий и щелей.

Рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они недоступны для неквалифицированного персонала.

На приводах коммутационных аппаратов четко указывают положения включения и отключения.

Для обеспечения ремонта автоматов с открытыми разрывными контактами, не имеющих выдвигающих устройств, предусматривают возможность снятия напряжения с автомата или группы автоматов установкой перед ними рубильника без привода или накладки.

Резьбовые (пробочные) предохранители устанавливают таким образом, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам — к винтовой гильзе.

Между неподвижно укрепленными, голыми частями разной полярности, находящимися под напряжением, а также между ними и изолированными металлическими частями при прокладке шин, проводов и кабелей должны быть обеспечены расстояния не менее 30 мм — по поверхности изоляции и 15 мм — по воздуху.

От голых частей, находящихся под напряжением, до ограждений должно быть не менее: 100 мм — при сетках и 50 мм — при сплошных съемных ограждениях.

В пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях, незащищенные изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на рабочее напряжение 1000 В, могут прокладываться по металлическим защищенным от коррозии поверхностям и при этом вплотную друг к другу. В этих случаях для силовых цепей применяют снижающие коэффициенты на токовые нагрузки, приведенные в ПУЭ.

Заземленные голые провода и шины могут быть проложены без изоляции.

Электропроводки цепей управления, измерения и т.п. должны соответствовать требованиям ПУЭ.

Корпуса панелей, кожухи и другие части распределительных устройств выполняют из негорючих или трудногорючих материалов.

Эти требования не распространяются на диспетчерские и им подобные пульты управления, корпуса которых могут выполняться из горючих материалов.

Распределительные устройства выполняют таким образом, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов.

Поверхности гигроскопических изоляционных плит, на которых непосредственно монтируют голые токоведущие части, защищают от проникновения в них влаги (пропиткой, окраской и т.п.).

В устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях и открытых установках, применение гигроскопических изоляционных материалов (например, мрамор, асбестоцемент и др.) не допускается.

В помещениях пыльных, сырых и особо сырых, и на открытом воздухе допускают установку распределительных устройств лишь в исполнении, надежно защищающем устройство от вредного действия окружающей среды.

Аппараты защиты и управления электроустановками монтируют на заводах, изготовляющих комплектные распределительные устройства. Поэтому в книге приводятся только краткие сведения о новых конструкциях и монтаже самых массовых пускорегулирующих аппаратов.

Для частого включения и отключения электродвигателей и других электропотребителей используют *контакторы* с бездуговой коммутацией переменного тока 380 и 600 В на 100, 160 и 250 А, гибридного исполнения серий КТ60 и КТП60. В конструкциях этих контакторов (рис. 6.1) успешно сочетаются контактные и полупроводниковые элементы.

При отключении электроприемников разрывом контактов  $K$  ток размыкания проходит в цепь тиристоров. Дуга на контактах не образуется, так как падение напряжения на тиристорах не превышает 4—5 В, т.е. ниже напряжения, необходимого для зажигания дуги. Электрическая износостойчивость контактов достигает 5 млн циклов.

Контакторы типа КТ имеют катушку электромагнита переменного тока, а КТП — постоянного.

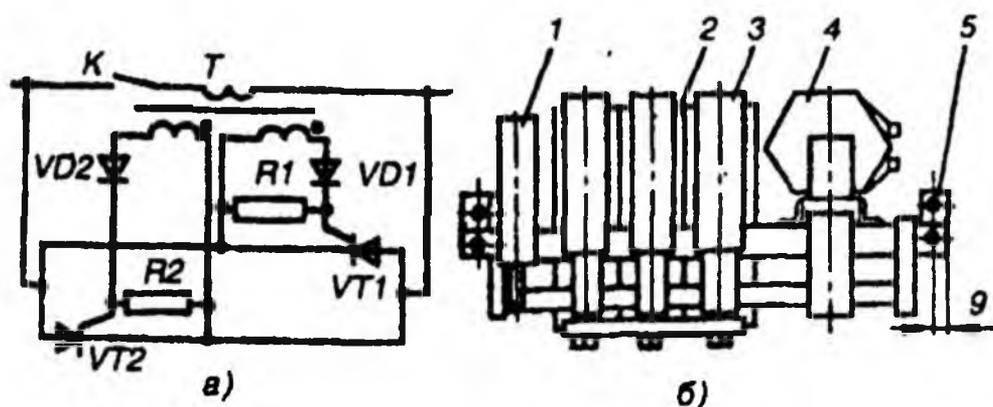


Рис. 6.1. Электромагнитный контактор переменного тока серии КТ60 и КТП60 с бездуговой коммутацией:

*a* — принципиальная электрическая схема; *б* — конструкция контактора (вид спереди); *K* — главный контакт; *VT1*, *VT2* — тиристоры; *T* — трансформатор тока; *VD1*, *VD2* — диоды; *1* — вспомогательные контакты; *2* — полупроводниковые блоки; *3* — полосы контактора с дугогасительными камерами; *4* — электромагнитный привод; *5* — рейка

Вакуумные контакторы широко применяют для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и другими приемниками электроэнергии, работающими в тяжелых режимах.

В связи с тем, что электрическая прочность промежутка между контактами в вакууме значительно выше, чем в воздухе, гашение дуги происходит быстрее.

Герсиконовые контакторы КМГ13 и КМГ14 предназначены в основном для коммутации цепей переменного тока, управления асинхронными двигателями мощностью до 3 кВт и малоамперными элементами слаботочной автоматики. Малая потребляемая мощность (4 Вт) и высокая предельная мощность коммутации (более 20 кВ · А) позволяют использовать их как связующее звено между слабыми выходными сигналами от логических схем и мощными контакторами (до 630 А).

Контакторы оснащены герсиконами КМГ12 (магнитоуправляемыми герметичными контактами) — коммутационными аппаратами принципиально нового вида, повышенной надежности контактирования и повышенной коммутационной износостойкости. Контакты размещены в герметичном керамическом корпусе, заполненном защитным газом. Контакты выполнены из тугоплавкого материала (вместо серебра). Герсиконы не требуют ухода и обслуживания, бесшумны, их подвижные элементы практически не изнашиваются. Коммутационная и механическая износостойкость 50 млн циклов ВО, масса 0,11 кг, номинальный ток 6,3 А при напряжении 380—400 В.

Герсиконы КМГ12 являются основным комплектующим изделием для контакторов КМГ13 и КМГ14, в которых они выполняют

роль главных контактов, но могут применяться и самостоятельно в различных силовых схемах.

Для автоматического размыкания электрических цепей при перегрузках и КЗ, недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого включения цепей вручную используют *автоматические выключатели*. Механизм, который отключает автоматический выключатель, называют *расцепителем*. Расцепители изготавливают следующих типов: электромагнитный максимального тока; тепловой; комбинированный; независимый и дистанционный минимального напряжения. Максимальный расцепитель при достижении током определенного значения оттягивает защелку, и под действием пружины автоматический выключатель разрывает цепь тока.

Расцепитель минимального напряжения при понижении напряжения в сети ниже нормы поворачивает защелку, и под действием пружины нож автоматического выключателя разрывает цепь тока. Независимый расцепитель служит для дистанционного отключения автоматического выключателя.

Установочные автоматические выключатели АЕ2000, А3700 осуществляют комбинированную защиту электроустановок: тепловую — от перегрузок, электромагнитную максимальную — от КЗ. Автоматические выключатели АЕ 2000 применяют в электрических цепях переменного тока до 660 В и постоянного до 220 В. Они предназначены для защиты от перегрузок и токов КЗ, включения и выключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативного включения и отключения цепей с частотой до 30 включений в час. В настоящее время заводы электротехнической промышленности изготавливают автоматические выключатели АЕ2030 — до 25 А, 660 В; АЕ2040 — до 63 А, 660 В; АЕ2050 — до 100 А, 660 В.

Автоматические выключатели серии А3700 используют вместо автоматических выключателей А3100 и А4100. Они предназначены для защиты электроустановок от перегрузок, КЗ и недопустимых снижений напряжения, а также для оперативного включения и выключения цепей 220 В постоянного и 660 В переменного тока.

*Магнитные пускатели* серий ПМЛ и ПМА (рис. 6.2) на токи до 160 А, напряжение до 660 В, предназначены для управления асинхронными двигателями мощностью до 90 кВт. Наличие трехполюсных электро- и тепловых реле позволяет осуществлять защиту двигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе от режима работы на двух фазах. Магнитные пускатели выпускают в *открытом* и *защищенном* исполнениях, *реверсивные* и *нереверсивные*.

*Тиристорные пускатели* предназначены для управления трехфазными электродвигателями на передвижных и стационарных установках. Пускатель устанавливают в вертикальном положении, с

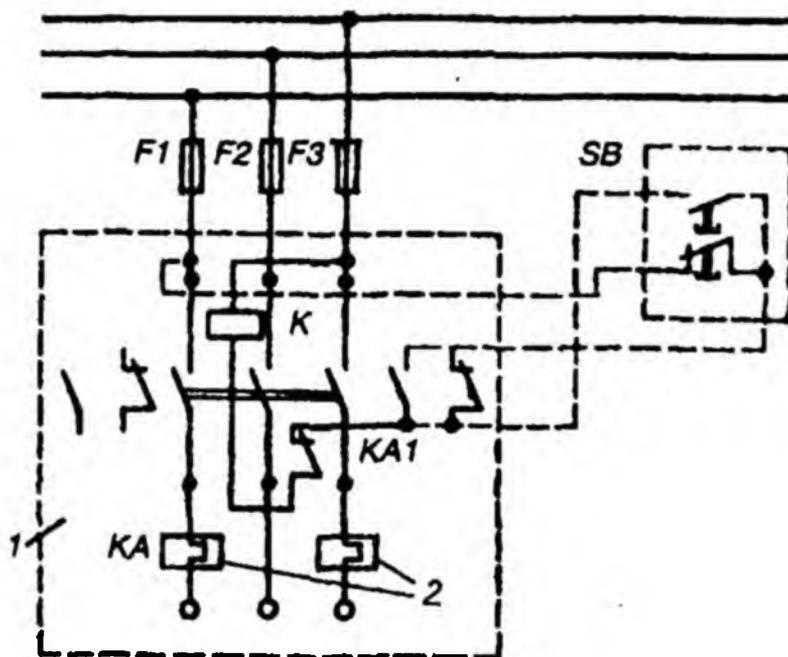


Рис. 6.2. Принципиальная электрическая схема нереверсивного магнитного пускателя:

1 — магнитный пускатель; 2 — КА-тепловое реле; SB — кнопка управления; F1 — F3 — предохранители; K — катушка пускателя; KA1 — биметаллический контакт теплового реле

допуском отклонения от вертикали в любую сторону до  $45^\circ$  при установке. Пускатель допускает как продолжительный, так и повторно-кратковременный режим работы при частоте до 600 включений в 1 час. Он имеет тепловую защиту от перегрузок и максимальную токовую защиту с регулируемым порогом срабатывания.

*Распределительные устройства* электротехнической промышленностью поставляются в полностью собранном виде с законченным монтажом входящих в них аппаратов.

В настоящее время для приема и распределения электроэнергии на напряжении до 500 В электропромышленность поставляет *распределительные панели* типа ПАР-11 с различными схемами, из которых комплектуют распределительные щиты трехфазного тока.

В качестве примера (рис. 6.3, а, б) приведены схемы 04 и 47.

Для подстанций с постоянным оперативным или переменным током 220 В поставляют щиты управления, защиты, автоматики и измерения с панелями ЭПП. В цехах промышленных предприятий для распределения электроэнергии, защиты электроустановок и цепей при перегрузках, а также редких включений и отключений электрических цепей широко применяют *комплектные устройства серии РУС-Е*. Ящики с электрическими аппаратами, приборами и сигнальными устройствами собирают в типовые блоки (рис. 6.4). Эти устройства разделяют по номинальному току и напряжению, электрическим схемам, напряжению цепи управления, конструк-

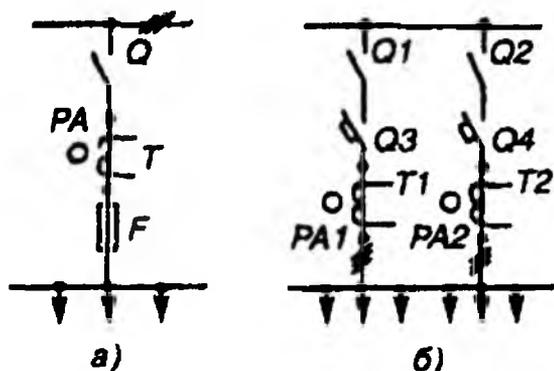


Рис. 6.3. Принципиальная схема линейной панели ПАР-11:

*a* — схема 04; *b* — схема 47; *Q* — рубильник Р27; *T* — трансформатор тока ТШ-20-0; *F* — предохранители ПН2; *Q1*, *Q2* — рубильники Р20; *Q3*, *Q4* — автоматические выключатели А3736Ф; *T1* и *T2* — трансформаторы тока ТШ-20-05; *PA*, *PA1*, *PA2* — амперметры

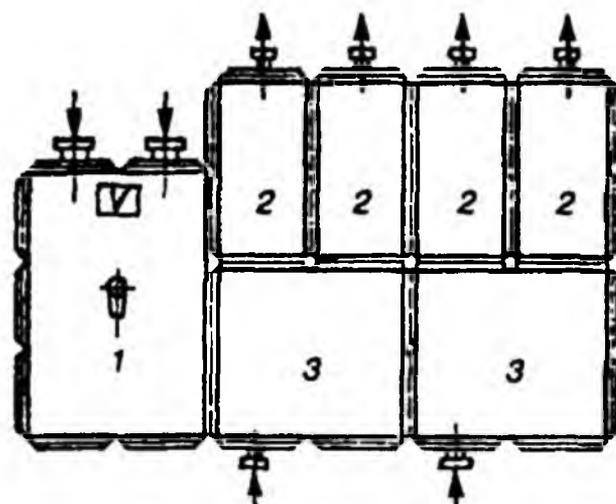


Рис. 6.4. Сборное распределительное устройство РУС-Е:

1 — РУС8116-6300-А54У; 2 — РУС8102-2300-А54У1; 3 — РУС8102-4300-А54У1

тивному исполнению, току установки выключателя, степени защиты и климатическому исполнению.

Электрический монтаж между блоками осуществляют через соединительные окна, расположение которых зависит от схемы сборки (рис. 6.5). Блоки в сборках соединяют болтами. Сборки монтируют непосредственно на стене или металлическом каркасе. Если длина сборки не превышает 4 м, ее поставляют на одном каркасе, если превышает 4 м — отдельными секциями.

Для приема и распределения электроэнергии в промышленных установках трехфазного тока на напряжение до 380 В с защитой отходящих линий предохранителями ПН2 и НПН2 применяют *распределительные силовые шкафы ШРСУ3* (рис. 6.6). В этих шкафах предусмотрен ввод (вывод) проводов и кабелей снизу и сверху. Максимальное количество и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму, для шкафа на номинальный ток 250 А составляет  $2 \times 95 \text{ мм}^2$ , на 400 А —  $2 \times 150 \text{ мм}^2$ .

Для защиты силовых и осветительных сетей напряжением 380 и 660 В изготовляют распределительные шкафы ШР11; шкафы, рассчитанные на номинальный ток 400 А, устанавливают вертикально на полу.

В них в качестве вводных устройств используют врубные выключатели (рубильники) Р18 и предохранители РН2-400 и ПП31. Для питающих линий применяют предохранители НПН2-60, ПН2-100, ПП31-160, ПП32-250. Питающие и отходящие линии вводят в шкафы соответственно сверху и снизу.

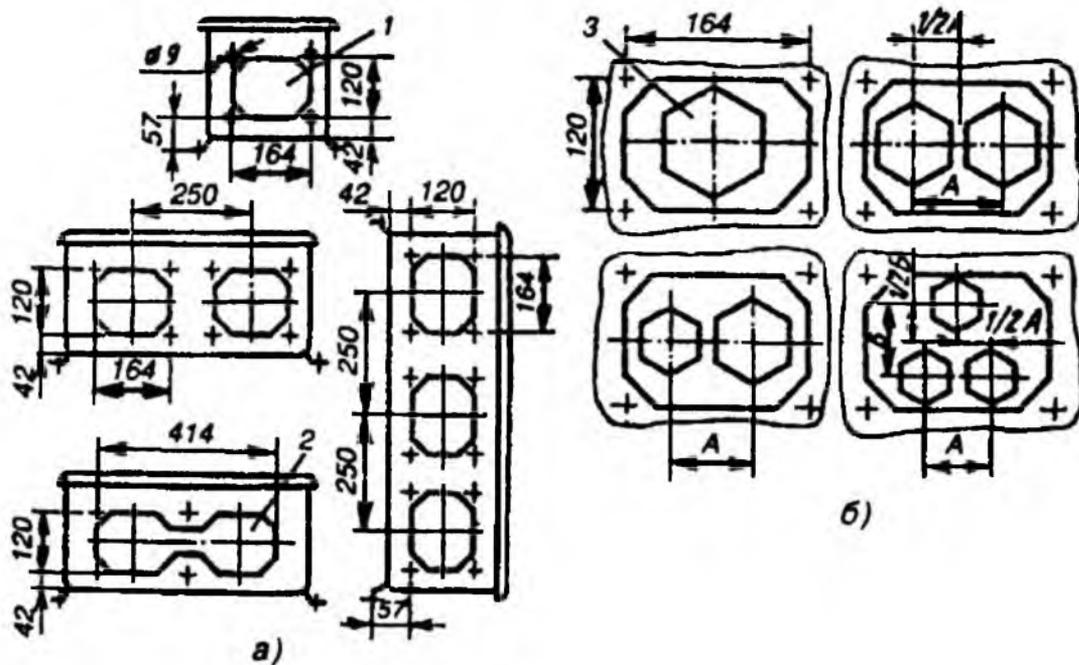


Рис. 6.5. Размеры и расположение соединительных окон проходными отверстиями ящиков РУС-Е:

1, 2 — малое и большое окна; 3 — отверстие

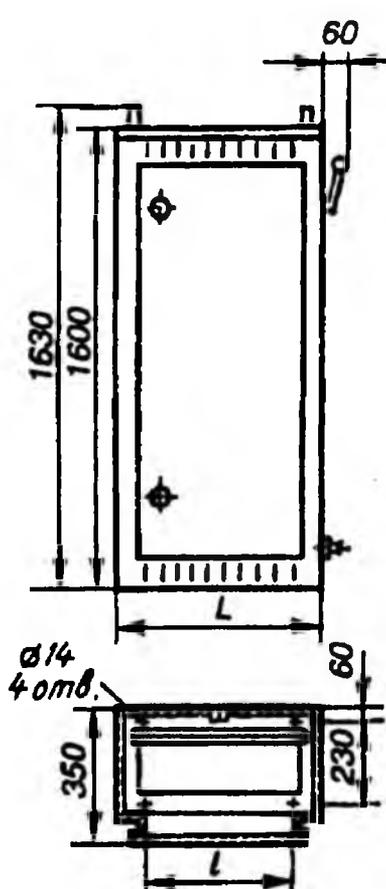


Рис. 6.6. Силовой распределительный шкаф серии ШРС

Для защиты электроустановок от перегрузок, а также нечастых включений и отключений электрических цепей при номинальных режимах работы применяют шкафы серии ШЭ с одиночными автоматическими выключателями «Электрон». Их используют в цепях на напряжение до 440 В постоянного и 660 В переменного тока.

Обозначение шкафа ШЭ-ХВ расшифровывается так: Ш — шкаф, Э — с автоматическим выключателем «Электрон», Х — номинальный ток 06-1000, 16-1600 А, В — выдвижное исполнение.

В шкафах с автоматическим выключателем и электромеханическим приводом выключатель может работать в качестве секционного и линейного. В них предусмотрены: электрическая блокировка для автоматического отключения выключателя при открывании двери и механическая блокировка, не позволяющая вкатывать и выкатывать его при замкнутой контактной системе. В шкафах ШЭ-068 с ручным приводом автомат включают рукояткой, а отключают механической кнопкой, расположенной в рукоятке

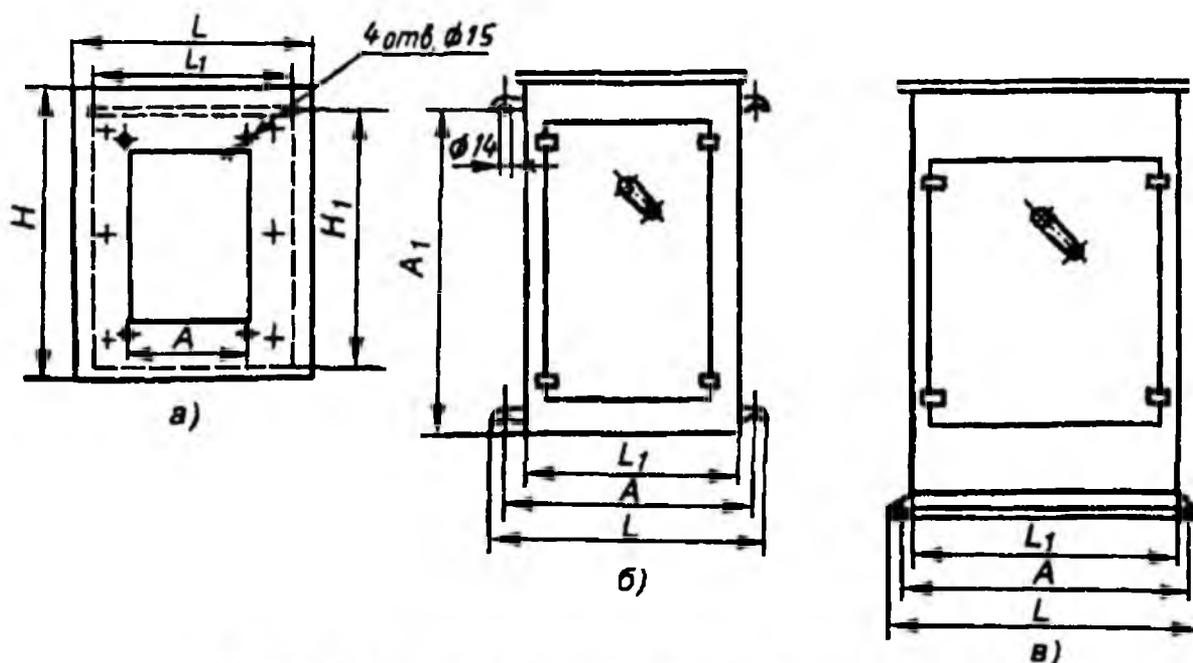


Рис. 6.7. Распределительные пункты серии ПР9000:

а — встроенный; б — навесной; в — напольный

привода, в шкафах с электромеханическим приводом — включают и отключают механическими кнопками, установленными на двери шкафа.

Для распределения электроэнергии и защиты электрических установок, а также при редких коммутациях электрических цепей и пуска асинхронных двигателей применяют *распределительные пункты* ПР9000 и др.

Распределительные пункты ПР41 используют для компенсации реактивной мощности. Они укомплектованы конденсаторами КС-0, 38-18УЗ.

По виду установки распределительные пункты серии ПР9000 бывают встроенные (в нишах), навесные (на стенах, колоннах, конструкциях) и напольные (рис. 6.7). Их установка показана на рис. 6.8.

Для нечастых включений и отключений под нагрузкой элект-

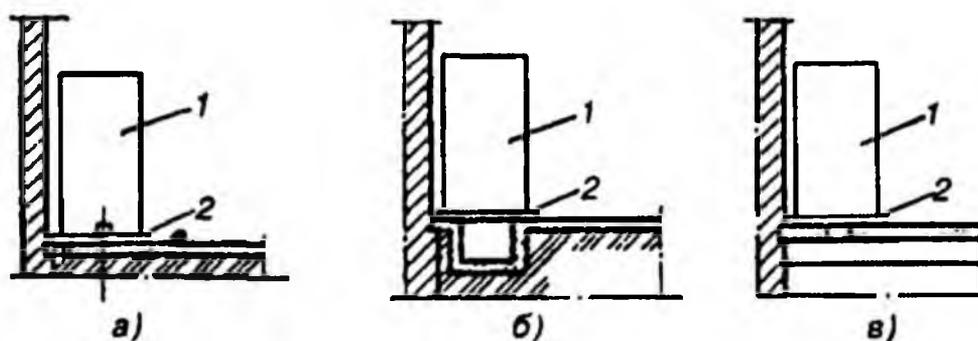


Рис. 6.8. Установка распределительных пунктов ПР9000:

а — на полу; б — над приямок; в — на перекрытии; 1 — пункт; 2 — закладная деталь

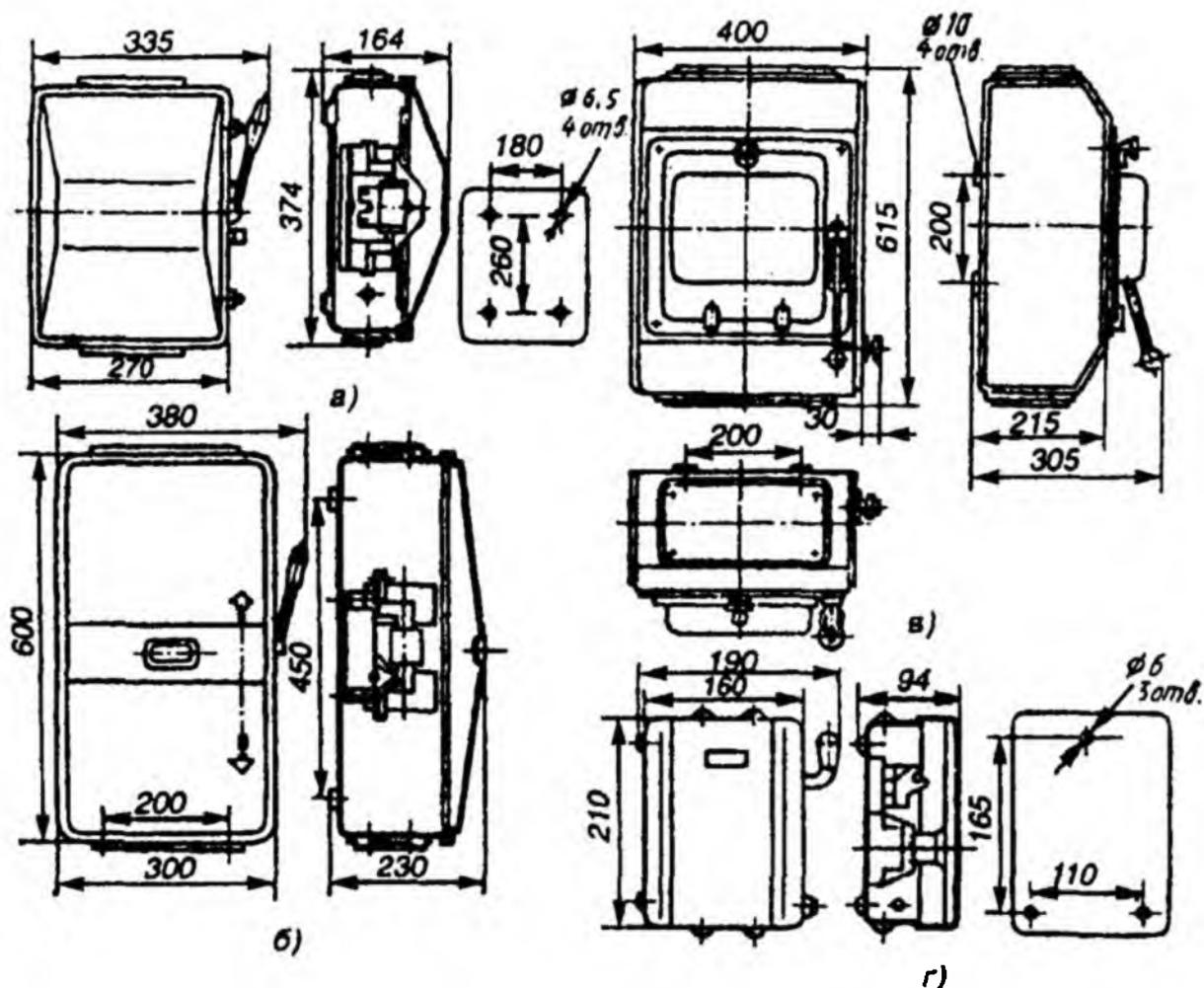


Рис. 6.9. Силовые распределительные ящики:  
 а — ЯБПВУ-1МУЗ; б — ЯБ1-24З; в — ЯБПВУ-4УЗ; г — ЯРП-20УЗ

рических цепей трехфазного тока, а при наличии предохранителей — для защиты от токов перегрузки и КЗ применяют *силовые ящики* (ЯБПВУ, ЯРП, ЯПП и др.) (рис. 6.9, а—г). Они имеют один

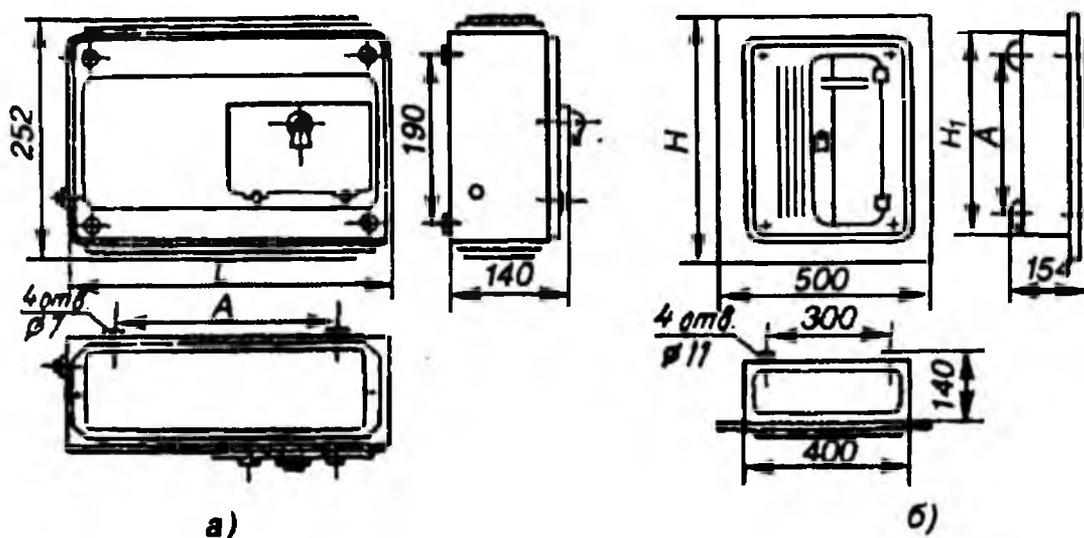


Рис. 6.10. Щитки распределительные для промышленных зданий, устанавливаемые на стене (а) и в нише (б)

встроенный трехполюсный рубильник или рубильник с тремя предохранителями. Ввод проводов в ящики и вывод из них осуществляют через верхнюю или нижнюю крышку.

*Вводно-распределительные устройства ВРУ1* предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии в сетях трехфазного переменного тока на напряжение 380 / 220 В с глухозаземленной нейтралью, а также для защиты линий при перегрузках и КЗ.

Ввод проводов и кабелей в эти устройства осуществляют снизу, вывод — снизу или через верхнюю съемную крышку. Максимальное количество и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму, составляет  $4 \times 95 \text{ мм}^2$  (для ВРУ на 250 А) и  $4 \times 150 \text{ мм}^2$  (на 400 А). *Щитки* для промышленных и общественных зданий изготовляют разных модификаций.

Щитки ОП для промышленных зданий, устанавливаемые на стене, состоят из вводных зажимов и автоматических выключателей АЕ1000 на отходящих линиях (рис. 6.10, а), а щитки для общественных зданий ОЩ, ОЩВ и УОЩВ, устанавливаемые на стене и в нише, — из автоматических выключателей АЕ2050 или АБЗ (рис. 6.10, б, в).

*Токопроводом* называют устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии. Он состоит из изолированных или изолированных проводников и изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

*Токопроводы* бывают гибкие (из проводов) и *жесткие* (из жестких шин).

*Шинопроводом* называют жесткий токопровод напряжением до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями.

Шинопроводы напряжением до 1 кВ, применяемые для внутрицехового распределения электроэнергии, разделяют на магистральные, распределительные, осветительные и троллейные.

*Открытые токопроводы* прокладывают вдоль пролетов цехов в качестве питающих шинных магистралей, идущих от цеховых ТП.

Как правило, их прокладывают по фермам, реже — по стенам. Трасса магистралей проходит вдоль или поперек пролетов цеха с креплением опорных конструкций.

Основным видом сетей, применяемых для внутрицехового распределения электроэнергии служат *защищенные и закрытые* шинопроводы. Магистральные шинопроводы типа ШМА переменного тока на 1000, 1600, 2500 и 4000 А в защищенном исполнении имеют три шины. Каждая фаза выполнена из двух алюминиевых изолированных шин прямоугольного сечения. Нулевой шиной служат два алюминиевых уголка, расположенных вне корпуса. Их используют для крепления шинопроводов.

*Магистральный шинопровод ШМА* комплектуют из прямых сек-

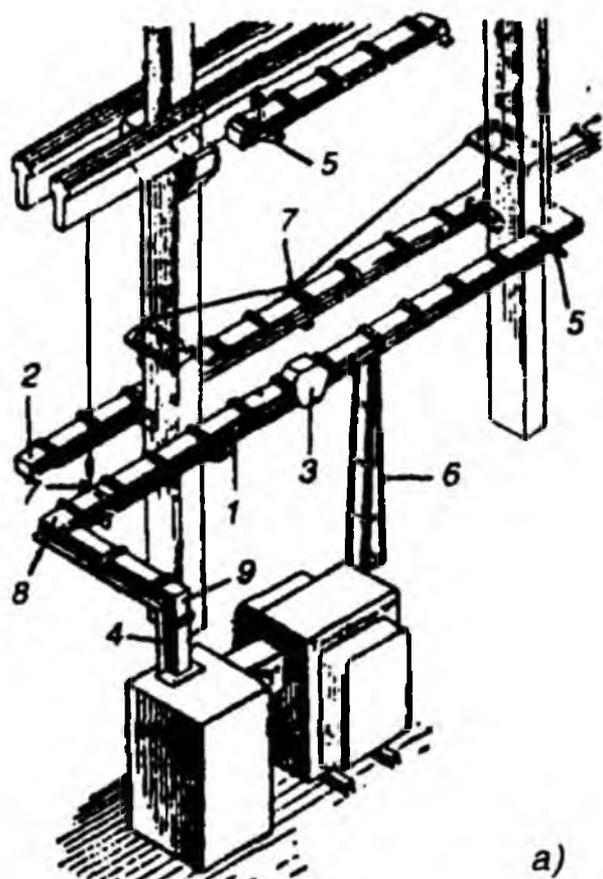
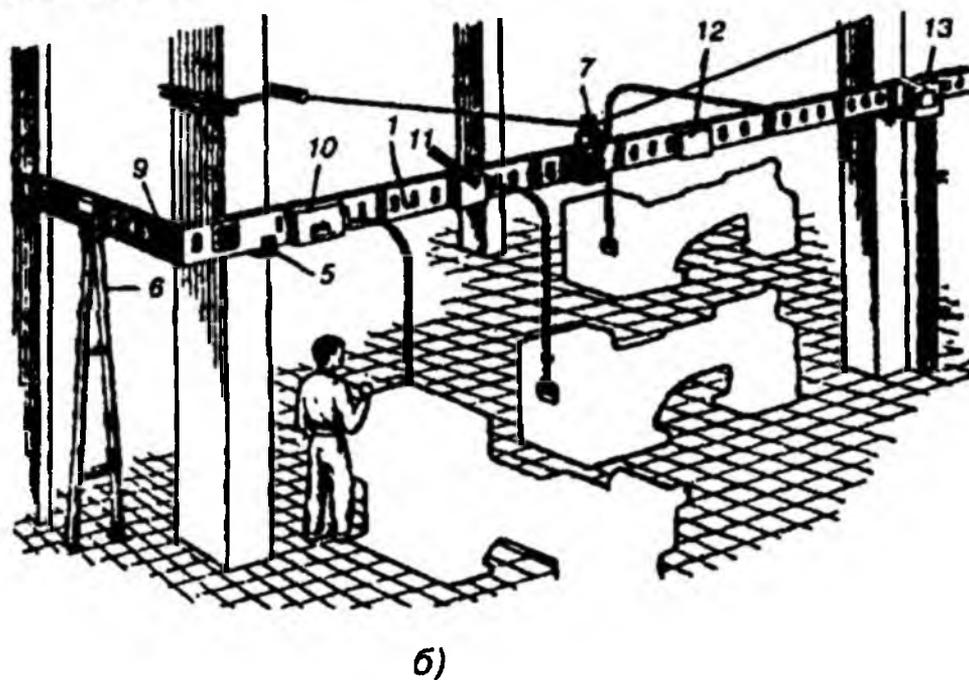


Рис. 6.11. Шинопроводы:  
*a* — магистральный; *б* — распределительный; 1 — прямая секция; 2 — торцовая крышка; 3 — секция с компенсатором; 4 — присоединительная секция; 5 — настенный кронштейн; 6 — напольная стойка; 7 — тросовый подвес; 8, 9 — угловые секции; 10 — коробка с автоматическим выключателем; 11 — коробка с предохранителями; 12 — коробка с указателем напряжения; 13 — вводная коробка



ций длиной 0,75; 1,5; 3 и 3,5 м, угловых, тройниковых, ответвительных, присоединительных и подгоночных секций. Кроме того, выполняют специальные секции: гибкие — для обхода препятствий и фазировочные — для изменения чередования фаз. Основным видом секций — прямая длиной 3 м. Из набора секций комплектуют шинопровод для трассы любой сложности. Шины смежных секций соединяют сваркой или специальным одноболтовым сжимом.

Для магистралей постоянного тока и ошиновки главных приво-

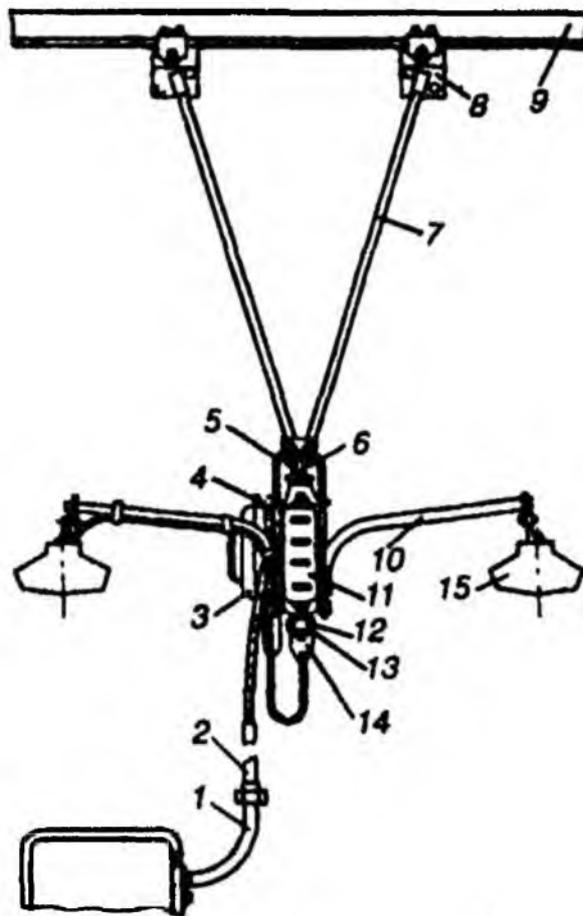


Рис. 6.12. Комбинированная подвеска распределительного и осветительного шинопроводов:

1 — штуцер; 2 — труба; 3 — ответвительная коробка; 4 — держатель; 5 — хомут; 6 — балка подвеса; 7 — рама подвеса; 8 — заклеп; 9 — нижний пояс фермы; 10 — кронштейн; 11 — шинопровод ШРА73; 12 — шинопровод ШОС73; 13 — хомут; 14 — штепсель; 15 — светильник

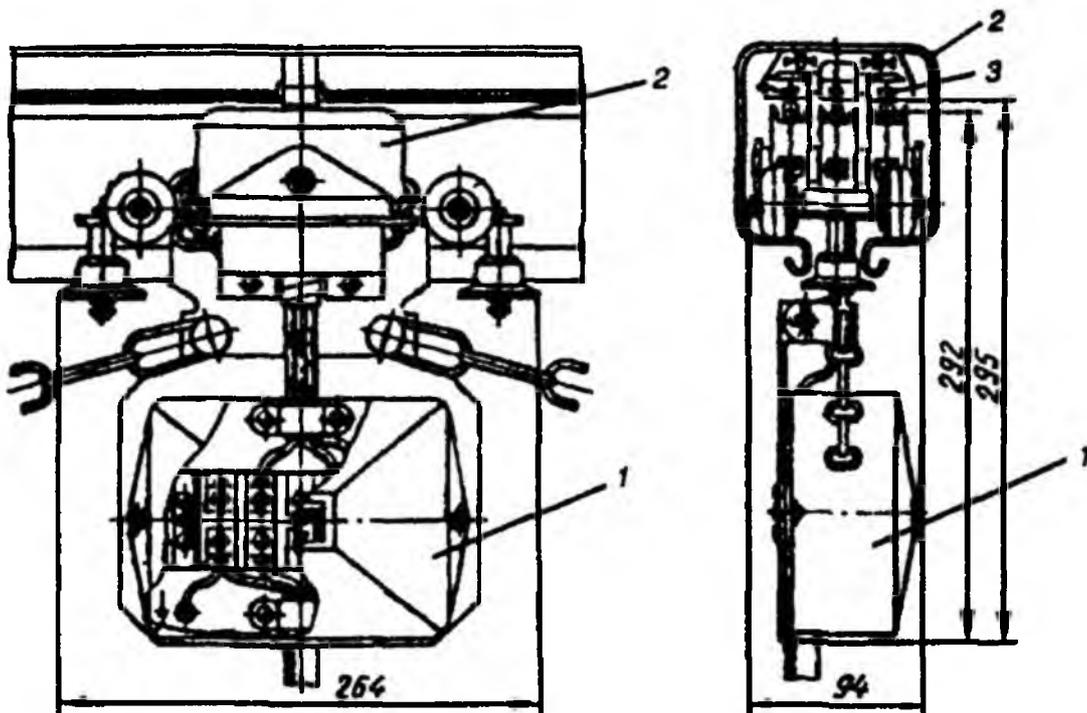


Рис. 6.13. Шинопровод типа ШТМ:

1 — соединительная муфта; 2 — короб; 3 — троллей

дов прокатных станов выпускают шинопроводы постоянного тока ШМАД на 1600, 2500, 4000 и 6300 А.

*Распределительные шинопроводы* типа ШРА изготавливают на ток 250, 400 и 630 А, напряжение 660 В.

Конструктивные элементы шинопроводов ШМА и ШРА показаны на рис. 6.11.

*Осветительные шинопроводы* ШОС (однофазные, трехфазные и четырехпроводные типа ШРМ75) обеспечивают штепсельное присоединение электроприемников, включая мощные светильники. Максимальное расстояние между точками крепления 3 м.

В настоящее время широко распространен осветительный шинопровод типа ШОС 80 на 16 А напряжением 240 В. Комбинированная подвеска ШОС и ШРА показана на рис. 6.12.

*Крановые открытые троллеи* прокладывают вдоль подкрановых балок на кронштейнах. В зависимости от грузоподъемности кранов троллеи выполняют из стальных профилей: двутаврового сечения № 10, швеллера № 8 и 10, углового 75 × 75 × 8; 50 × 50 × 5; 40 × 40 × 4; 32 × 32 × 3. Крановые троллеи выполняют также из алюминиевого сплава АД31Т. Троллеедержатели, кронштейны и троллейные секции поставляют заводы монтажных организаций. В настоящее время открытые крановые троллеи заменяют *троллейными шинопроводами* ШТА и ШТМ (рис. 6.13).

Внутри короба шинопровода ШТМ на изоляторах укреплены четыре медных Т-образных троллея. Подвижная каретка катится по нижним внутренним краям короба вдоль продольной щели в его нижней части. На каретке установлены медно-графитовые щетки для токосъема. Соседние секции соединяются муфтами. Шинопроводы ШТА имеют аналогичную конструкцию, но троллеи выполнены из алюминиевого сплава АД31Т.

### **§ 30. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА АППАРАТОВ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРОПОМЕЩЕНИЯХ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ**

В электропомещениях при установке распределительных устройств проходы обслуживания, находящиеся как с лицевой, так и с задней стороны щита, должны отвечать следующим требованиям:

— Ширина (в свету) проходов не менее 0,8 м, высота проходов (в свету) — не менее 1,9 м.

В них не должны находиться предметы, которые могли бы стеснять передвижение людей и оборудования. В отдельных местах они могут быть стеснены выступающими строительными конструкциями, но не менее 0,6 м.

— Расстояния от неогражденных наиболее выступающих голых токоведущих частей (например, концов отключенных ножей ру-

бильников), расположенных на доступной высоте (менее 2,2 м) по одну сторону прохода и противоположной стеной или оборудованием, не имеющим неогражденных голых токоведущих частей, не менее:— 1 м при напряжении ниже 500 В, при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м, при напряжении 1000 В — 1,5 м.

— Расстояния между неогражденными голыми токоведущими частями, расположенными на доступной высоте (менее 2,2 м) по обе стороны прохода, не менее: —1,5 м при напряжении ниже 500 В и 2 м при напряжении 1000 В.

Голые токоведущие части, находящиеся на расстояниях, меньших приведенных, должны быть ограждены.

В качестве ограждения голых токоведущих частей используют сетки с размерами ячеек не более 25 × 25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения.

Проходы обслуживания щитов при длине щита более 7 м должны иметь два выхода, при этом выходы с задней стороны щита могут быть выполнены как в щитовое, так и в другое помещение.

При ширине прохода обслуживания более 3 м и отсутствии маслonaполненных аппаратов второй выход не обязателен.

Двери должны открываться наружу, за исключением дверей, ведущих в помещения устройств более высокого напряжения, и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны помещения. Ширина дверей — не менее 0,75 м, высота — не менее 1,9 м. У распределительных устройств, установленных в помещениях, доступных для неинструктированного персонала, должны быть токоведущие части, как правило, закрытые сплошными ограждениями. В случаях применения распределительных устройств с открытыми токоведущими частями их устанавливают на огражденных участках цеха. При этом ограждение должно быть сетчатым, сплошным или смешанным, высотой не менее 1,7 м. Расстояние от сетчатого ограждения до голых токоведущих частей устройства — не менее 0,7 м.

В помещениях без повышенной опасности осветительные щитки, установленные на высоте не менее 2,5 м от уровня пола, могут не иметь защитных покрытий, если они по своему расположению защищены от случайного попадания посторонних предметов на токоведущие части.

Оконцевание проводов и кабелей выполняют таким образом, чтобы оно находилось внутри устройства.

Съемные части сплошных покрытий укрепляют так, чтобы удаление их требовало применения специальных приспособлений. Дверцы должны запираяться на ключ.

Установку в помещениях комплектных распределительных устройств и подстанции (КРУ и КТП) производят в соответствии с требованиями, приведенными в ПУЭ.

При установке распределительных устройств на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие требования:

1. Устройство должно быть расположено на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки.

2. В шкафах должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле и измерительных приборов в соответствии с требованиями, приведенными в ГОСТ, электрических счетчиков — в соответствии с ПУЭ.

При подготовке к монтажу электроаппаратов проводят их ревизию. Аппараты полностью расконсервируют, очищают и протирают от пыли, труднодоступные места продувают сжатым воздухом. После этого добиваются одновременного касания подвижных и неподвижных контактов и плотности прилегания контактных поверхностей, проверяют начальное и конечное контактные нажатия, растворы и провалы контактов, измеряют переходное сопротивление контактов.

Результаты проверок сравнивают с техническими данными, указанными в паспортах аппаратов или инструкциях по монтажу. При получении данных, отличающихся от заводских, выполняют необходимую регулировку.

С помощью мегаомметра на 500—1000 В измеряют сопротивление изоляции, которое должно быть не ниже 0,5 МОм.

Приводы автоматов и контакторов проверяют многократным включением при номинальном и пониженном до 90 % напряжении. Перед отключением аппаратов напряжение снижают до 80 %, кратность отключения увеличивают до 10. В процессе проверок не должно быть отказов и других нарушений работы аппаратов.

Контактное нажатие регулируют изменением сжатия контактных пружин. Во многих аппаратах для этого изменяют длину пружин с помощью регулировочных винтов или гаек. В аппаратах врубного типа контактное нажатие, оцениваемое усилием вытягивания ножей из губок, регулируют подбором пружин с различным усилием и отчасти величиной изгиба губок и изменением толщины ножа в допустимых пределах.

Начальное контактное нажатие измеряют в отключенном состоянии аппарата. Для этого с помощью петли и динамометра оттягивают контакт от контактодержателя, сжимая контактную пружину.

Плотность соприкосновения контактов проверяют щупом толщиной 0,05 мм. При точечном контакте щуп не должен проникать между контактами. Глубина проникновения щупа в линейный контакт должна быть не более 1/3 длины контактной линии. В плоскостной контакт щуп не должен проникать глубже чем на 1/3 ширины контактной площадки. Малое нажатие влечет за собой их перегрев, большое — препятствует включению.

**Переключатели, рубильники, предохранители и блоки.** *Рубильник* — предохранитель монтируют на распределительных щитах и

силовых пунктах (шкафах). Эти аппараты устанавливают по уровню и отвесу. Затяжку гаек и винтов производят до отказа усилием не более 150 Н и без рывков. Плотность соприкосновения контактного ножа со стойкой проверяют щупом толщиной 0,05 мм.

В случае прохода щупа более чем на 1/3 контактной поверхности необходимо устранить причины перекоса. Контактные ножи аппаратов при включении должны касаться контактных стоек с обеих сторон по всей линии. При этом «отпружинивание» контактных губок стоек при входе в них ножа должно быть хорошо заметно на глаз. Все трущиеся части смазывают техническим вазелином или специальной смазкой.

При монтаже *закрытые патроны предохранителей ПН-2*, установленные в вертикальном положении, не должны выпадать из контактных стоек при приложении к ним усилия, равного 30 Н для предохранителей на 40 А, 40 Н — 100 А, 45 Н — 250 А, 50 Н — 400 А, 60 Н — 600 А.

При установке патрона предохранителя в контактные стойки плотность их соприкосновения проверяют щупом толщиной 0,05 мм между колпачком патрона и губками стоек.

*Магнитные пускатели* устанавливают вертикально по отвесу на силовых распределительных сборках, распределительных щитах или отдельно на конструкциях, прикрепляемых к стенам, колоннам и т.п. При этом отклонения по вертикали допускаются не более 5°. Поверхность контактов пускателя осматривают после опробования его под нагрузкой, а в случае появления на ней наплывов обрабатывают напильником. Смазывать контакты пускателя смазкой не допускается.

Размеры раствора, провала и нажатия главных и вспомогательных контактов проверяют и регулируют в соответствии с указаниями предприятий-изготовителей.

Перед включением в работу у *реверсивных магнитных пускателей* тщательно проверяют работу блокировки, предотвращающей возможность одновременного включения силовых контактов прямого и обратного хода.

При монтаже *автоматических выключателей* следят за тем, чтобы между токоведущими частями сохранялись достаточные электрические зазоры. Если автоматический выключатель имеет пластмассовый кожух, то конструкция, на которой крепится автоматический выключатель, должна быть хорошо выправлена, иначе при затяжке крепежных болтов может произойти поломка пластмассового основания автоматического выключателя. Для крепления автоматического выключателя с передним присоединением проводов используют отверстия, расположенные между выводами. Автоматические выключатели с задним присоединением проводов должны закрепляться на изоляционных панелях специальными токоведущими соединительными винтами.

*Комплектные станции управления* устанавливают в проектное положение и проверяют все крепления. Далее производят присоединение проводов внешней схемы. Удаляют смазку с контактов и неокрашенных торцов магнитных систем контакторов и реле переменного тока и наносят на неокрашенные торцы тонкий слой жидкой смазки. После окончания монтажа при подготовке к включению наладчики проверяют сопротивление изоляции станций управления, уставки реле, соответствие токов плавких вставок предохранителей номинальным, нагревателей тепловых реле, устанавливают требуемое значение регулируемых сопротивлений, проверяют правильность последовательности работы аппаратов в соответствии с общей схемой управления (при отключенной цепи главного тока; при включенной цепи главного тока на холостом ходу — без сочленения электропривода с механизмом; под нагрузкой вместе с механизмом).

Монтаж *распределительных щитов* выполняют в определенной технологической последовательности.

До выполнения чистых полов и окончательной отделки помещений производят разметку расположения щита согласно проекту и привязку его установки по отношению к частям здания.

При этом закладывают и закрепляют в полу основную раму — цоколь, на котором и будут монтировать щит. Раму изготавливают из швеллерной стали № 8 или 10 и располагают от трубопроводов на расстоянии на менее 0,5 м. Прокладывают заземляющие магистрали и отпайки. После этого строительная организация производит окончательную отделку помещения: укладку чистых полов, побелку и покраску.

Дверные проемы помещения должны иметь размеры, позволяющие доставлять к месту монтажа блоки или секции по несколько панелей общей длиной до 4 м.

Собранные и предварительно отрегулированные в мастерских блоки или секции щитов устанавливают на цокольную раму и временно закрепляют на ней (рис. 6.14).

Далее проверяют правильность установки секций щита в вертикальной и горизонтальной плоскостях по отвесу и гидростатическому уровню или нивелиру. Закрепляют щит на цоколе болтами или сваркой, устанавливают и соединяют шины, поступившие в отдельной упаковке.

Контакты проверяют с трех сторон щупом толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм, который не должен входить внутрь контакта более чем на 4 мм. Шины соединяют сваркой или болтами. Гайки болтов располагают со стороны, удобной для наблюдения и подтягивания.

После выполнения сборочных работ на панелях устанавливают приборы и аппараты, демонтированные при транспортировке. Вертикально по отвесу выверяют положение каждого прибора так, чтобы начальная и конечная точки на шкале прибора лежали на

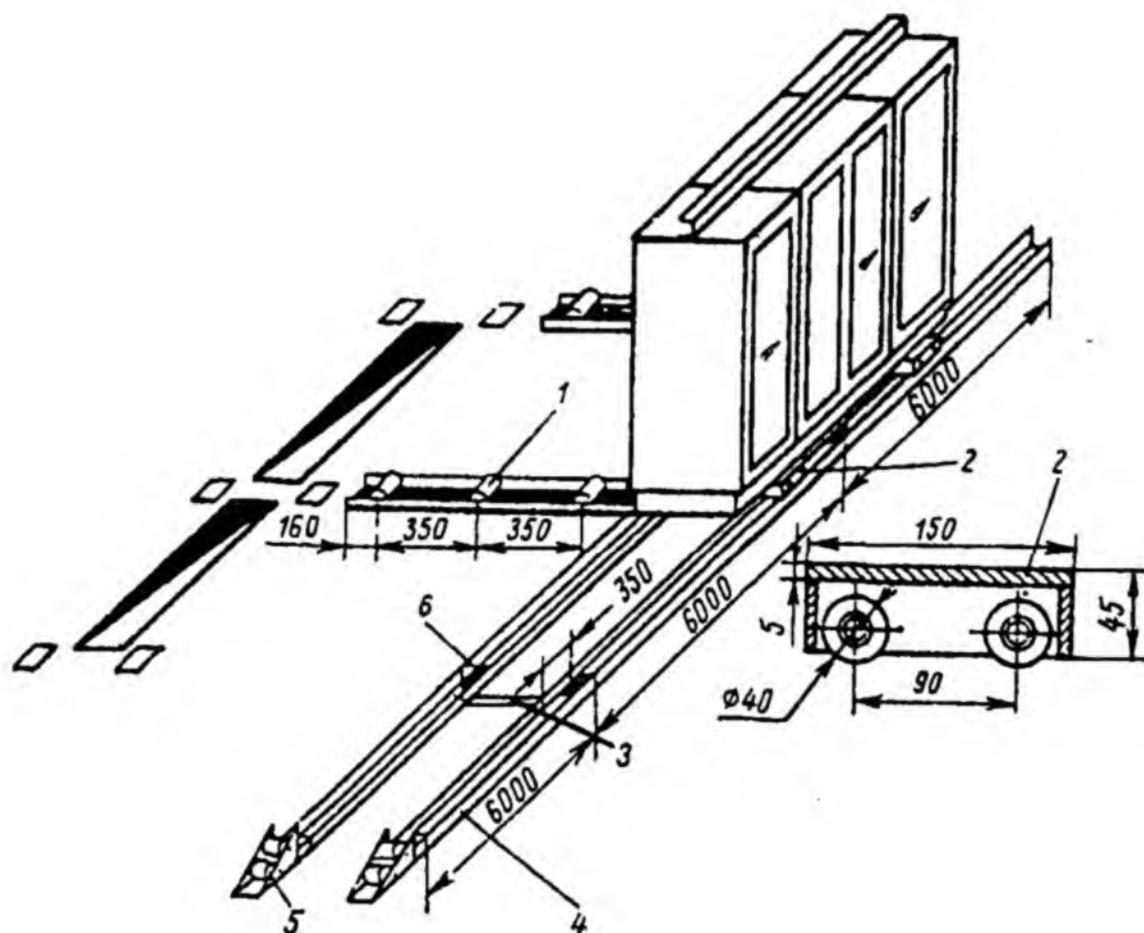


Рис. 6.14. Монтаж блока шкафов с помощью комплекта приспособлений:

1 — рольганги; 2 — катки; 3 — шпильки для скрепления швеллеров; 4 — колея из швеллеров; 5 — склизы; 6 — соединяющие накладки

прямых параллельных продольным кромкам панелей щита. Допустимое отклонение от осей на одной панели — 1 мм, на разных панелях — не более 3 мм.

Щит к контуру заземления присоединяют болтами на раме, между панелями и дополнительно приваркой в нескольких точках.

Технология монтажа щитов и пультов управления аналогична монтажу распределительных щитов. Проверку внутренних соединений и сборку отдельных панелей в укрупненные блоки производят в МЭЗ в период подготовки строительной части помещения. Укрупненные блоки панелей щитов и пультов (без измерительных приборов и реле защиты) транспортируют на место и устанавливают на закладные элементы, смонтированные при сооружении строительной части.

Технология монтажа распределительных пунктов ПР и шкафов ШРС, ШЭ мало отличается от описанной выше. После окончания строительных работ, включая отделочные, пункты и шкафы устанавливают и закрепляют в соответствии с рабочим чертежом, выверяя по уровню и отвесу; при этом отклонение от вертикали не

должно превышать  $\pm 5^\circ$ . После этого подсоединяют внешние сети (провода, кабели и заземляющие проводники).

*Шкафы навесной конструкции* в нижней части корпуса имеют овальное отверстие с крышкой для подвала проводов или кабелей. Подвод кабелей к шкафам напольной конструкции выполняют из кабельного канала или прямка.

Технология монтажа *силовых ящиков* различных конструкций содержит много общих операций.

Корпус ящика устанавливают по отвесу вертикально и крепят болтами, для которых в задней стенке корпуса обычно имеются отверстия. Ящик заземляют, присоединяя проводник заземления к болту на стенке корпуса. К этому же болту подсоединяют нулевые провода питающей и отходящей линий. Ввод и присоединение проводов питающей и отходящих цепей осуществляют через верхнюю и нижнюю крышки корпуса, пробивая в них отверстия по диаметру вводимых труб или сальников. Трубы электропроводки крепят к корпусу ящика царпающими заземляющими гайками. Затяжку гаек производят постепенно во избежание перекоса крышек корпуса. При вводе и выводе снизу провода от верхних зажимов пропускают внутри корпуса под блоком. При выводе и вводе сверху соответственно провода от нижних зажимов пропускают под блоком наверх.

Перед присоединением ящика необходимо снять защитные щитки, закрывающие контрольные контактные зажимы и стойки блока. После присоединения проводов необходимо установить на место защитные щитки.

При замене перегоревшего патрона предохранителя его приподнимают, освобождая верхнюю лапку из паза держателя и, опустив патрон вниз, вынимают из ящика. Для установки патрона его лапку вставляют в нижний держатель, поднимают патрон вверх так, чтобы верхняя лапка отжала пружину, и вставляют эту лапку в паз верхнего держателя.

### **§ 31. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ШИНОПРОВОДОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

При монтаже открытых токопроводов или шинных магистралей сначала в заготовительных мастерских готовят алюминиевые шины. Для этого их правят, сваривают между собой в рулоны длиной 50—300 м и наматывают на кассеты. Шинодержателями комплектуют крепежные конструкции с изоляторами, подбирают изоляционные вставки, шинные распорки и натяжные устройства. Комплект всех материалов открытого токопровода доставляют на место монтажа в цех. После этого устанавливают концевые и промежуточные

конструкции. На промежуточных конструкциях закрепляют раскаточные ролики. Используя электрическую лебедку, разматывают шины с кассет и натягивают их поверх нижнего пояса ферм. Размотку шин начинают со средней шины. Один конец ее закрепляют на изоляторе с помощью шинодержателя, а второй — в натяжном устройстве, после чего натягивают шины в анкерном пролете. Размотку и натяжку крайней внутренней шины осуществляют после предварительного укрепления оттяжками натяжных конструкций. Затем натягивают наружную шину.

Далее снимают раскаточные ролики и укладывают шины в шинодержатели, устанавливая шинные распорки и производят окончательное натяжение шин с помощью натяжных винтов концевых шинодержателей. В шинодержателях, установленных на промежуточных конструкциях, шины должны свободно перемещаться вдоль линии. По концам магистрали, а также при переходе токопровода через температурные швы здания и в местах установки секционных разъединителей делают анкерные натяжные крепления.

Защищенные или закрытые шинопроводы монтируют укрупненными блоками, предварительно собранными в мастерских. Магистральные шинопроводы ШМА обычно комплектуют в блоки длиной 12 м из трех-четырёх секций по 3 м или из двух секций по 4,5 м. В соответствии с разбивкой трассы шинопровода секции сваривают или соединяют болтовыми сжимами и выполняют изоляцию стыков.

Секцию или блоки укладывают на автомашину с прицепом (специальный трейлер) в один ряд; в два ряда — только при транспортировке в специальных контейнерах. Укладывать секции или блоки навалом на разрешается.

Разметку оси прокладки шинопроводов и мест укладки опорных конструкций производят в соответствии с рабочими чертежами. Для этого используют гидростатический уровень и отвес или нивелир. Отметки строительной части дает строительная организация.

Магистральные шинопроводы прокладывают на кронштейнах по фермам, колоннам, стенам, балкам, на стойках, устанавливаемых на полу, или подвешивают под перекрытием. Монтаж начинают со сложных узлов: с вертикальных участков или присоединительных секций на подходах к КТП. Вертикальные участки начинают монтировать с нижней угловой секции и затем наращивают шинопровод вверх до отметки верхнего горизонтального участка. Горизонтальные прямые участки шинопровода, секцию с компенсатором и подгоночные секции монтируют в последнюю очередь. Как правило, в цехе устанавливают несколько КТП, при этом магистральные шинопроводы от соседних КТП соединяют через секционные автоматические выключатели.

Ответственной операцией является фазировка соединяемых шинопроводов. Необходимое чередование фаз обеспечивают с помощью фазировочных секций, устанавливаемых на подходе к КТП.

На опорные конструкции поднимают блоки электролебедками или мостовым краном. Крепление блоков, сборку и сварку стыков и другие монтажные работы выполняют с автогидроподъемника, самоходных подмостей или мостового крана.

При монтаже с автогидроподъемника к нижнему поясу ферм крепят монтажный ролик, через который пропускают трос лебедки. К концу троса крепят траверсу с укрепленным на ней блоком. Лебедкой управляют с пола. Концы блока удерживают от разворота с помощью веревочных оттяжек.

С самоходных подмостей монтаж производят аналогично описанному выше способу. Смежные секции стыкуют после подъема и установки блоков на места креплений. При монтаже с мостового крана на настиле крана оборудуют монтажную площадку.

Прогрессивной технологией является монтаж шинопроводов ШМА на 1600 А укрупненными блоками. Секции шинопровода длиной 12 м собирают в длиномерные плети (100 м и более) до подъема их на проектную отметку. Предварительно их раскладывают автомобильным краном на «козлах», установленных на черновом полу цеха или на временных кронштейнах, закрепленных на колоннах по оси подъема. Стыки стягивают шпильками, сваривают сверху и снизу, изолируют и закрывают крышками. После этого плеть поднимают на проектную отметку лебедкой с использованием монтажных блоков, подвешенных к нижней полке подкрановой балки.

Продолжительность монтажа шинопроводов при этом способе сокращается более чем в 2 раза, уменьшаются трудовые затраты, значительно улучшаются условия и качество монтажа.

Распределительные шинопроводы (рис. 6.15) монтируют над полом, на стенах и колоннах на специальных опорных конструкциях: стойках-кронштейнах, подвесах. Опорные конструкции устанавливают заблаговременно, в период подготовки и комплектования секций. Расстояние между соседними опорными конструкциями принимают не более 3 м. Секции шинопровода тщательно осматривают, удаляют консервирующую смазку с контактных поверхностей токоведущих шин коробов секций и ответвительных коробок в местах заземления.

Секции после подъема на опорные конструкции закрепляют нажимными болтами. При этом нулевая шина должна располагаться сверху. Соединение шин секций производят болтовыми контактами. Короба смежных секций соединяют винтами и соединительными планками.

Перед включением шинопровода под напряжение проверяют наличие крышек на не занятых коробками монтажных и штепсель-

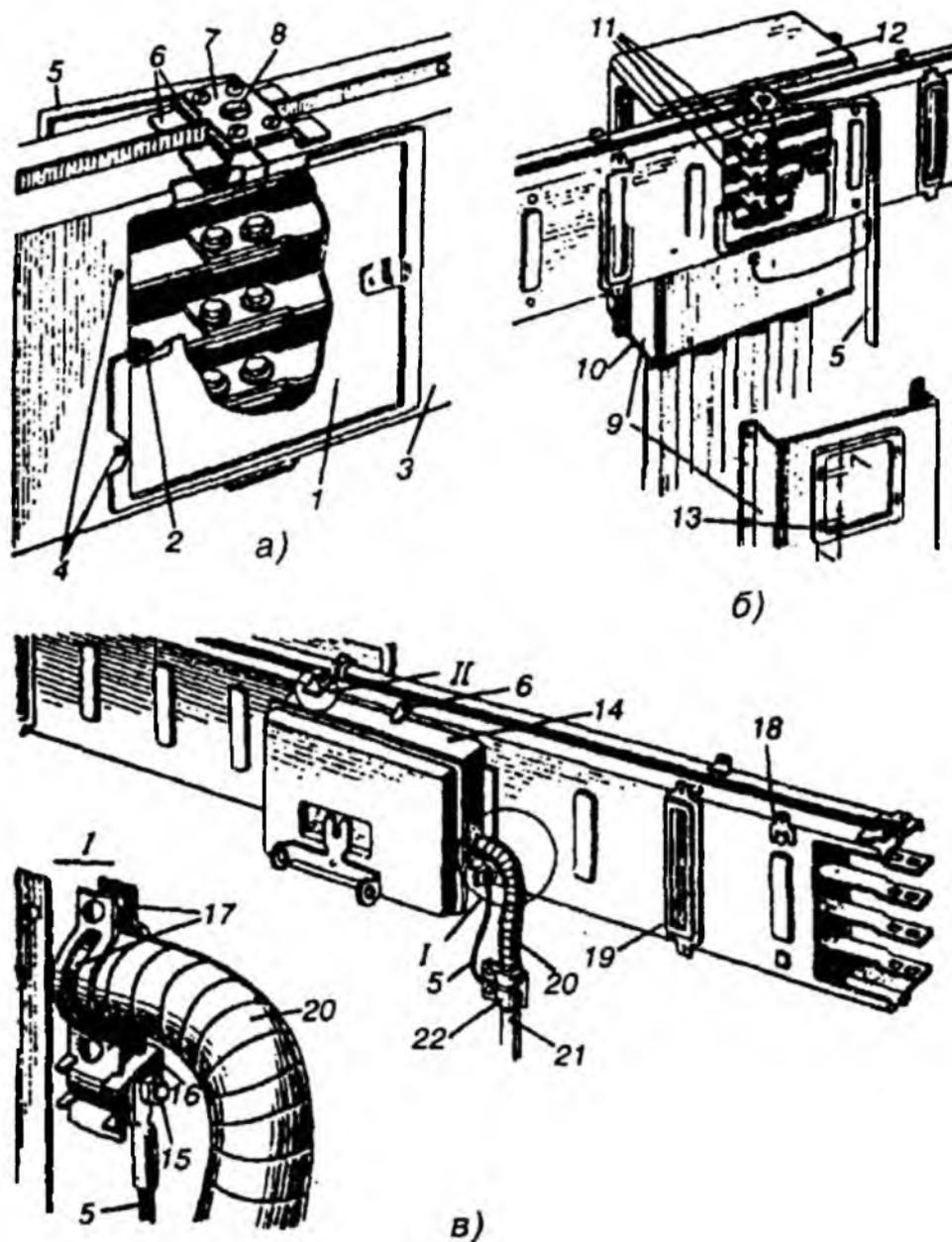


Рис. 6.15. Монтаж распределительного шинопровода:

*a* — соединение секций; *б, в* — вводная и ответвительная коробки; 1 — съемная крышка монтажного окна; 2 — прижим; 3 — концы стыкуемых секций; 4 — отверстия для крепления корпуса вводной коробки; 5 — проводник сети заземления; 6 — лапки; 7 — соединительная планка; 8 — отверстия для приварки планки к лапкам; 9 — задняя стенка вводной коробки; 10 — съемное дно; 11 — присоединительные элементы вводной коробки; 12 — вводная коробка; 13 — удлинение отверстий для ввода сверху; 14 — ответвительная коробка; 15 — болт заземления; 16 — швеллерообразный элемент; 17 — скобы; 18 — вилка; 19 — заглушка; 20 — металлорукав; 21 — труба; 22 — муфта

ных окнах, наличие торцевых крышек на концах шинопровода, надежность всех контактов в цепи заземления от электроприемника до корпуса и самого корпуса шинопровода с заземляющей сетью электроустановки.

Осветительные шинопроводы крепят к металлоконструкциям здания на подвесках самостоятельно (рис. 6.16) или

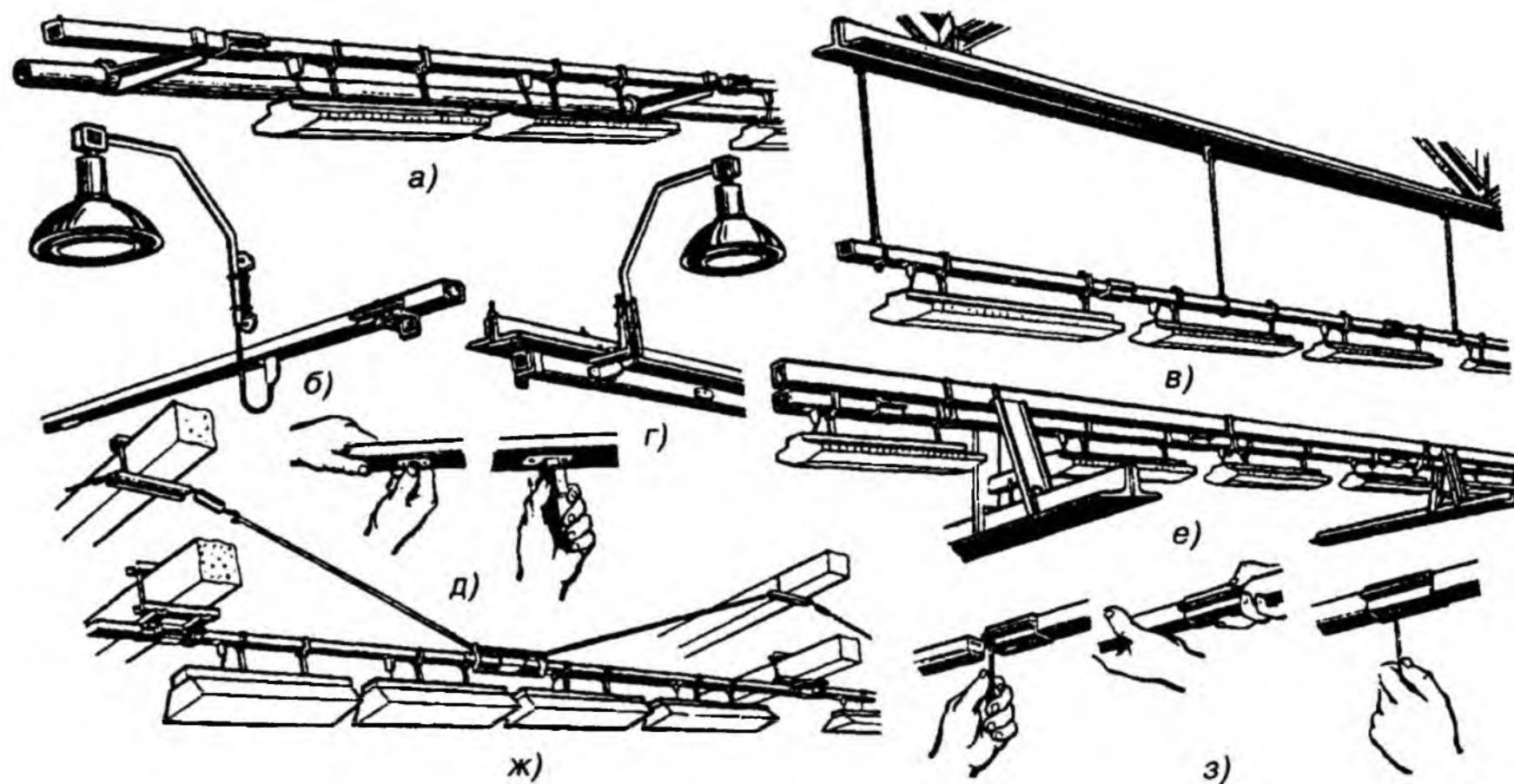


Рис. 6.16. Монтаж осветительных шинопроводов ШОС:

*a* — установка на кронштейнах, закрепленных на трубопроводе; *б* — крепление шинопровода на кронштейне к стене; *в* — подвеска шинопровода вдоль металлических ферм на полосовых подвесах; *г* — крепление шинопровода к ферме с помощью подвески; *д* — подсоединение светильника через штепсельный соединитель; *е* — укладка шинопровода на несущей прямоугольной трубе поперек нижнего пояса металлических ферм с помощью стоек; *ж* — укладка шинопровода поперек железобетонных ферм с промежуточным тросовым креплением; *з* — соединение секций шинопроводов

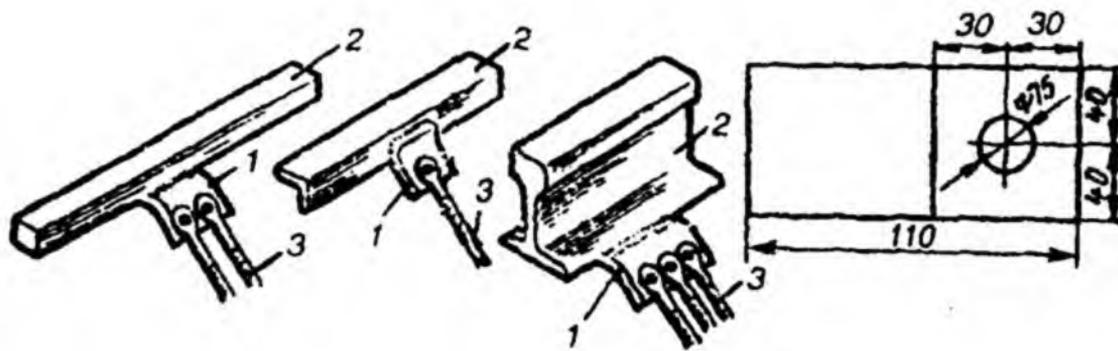


Рис. 6.17. Токопроводящие планки на стальных троллеях:

1 — планка; 2 — троллей; 3 — провода

вместе с распределительным шинопроводом. Соединение смежных секций и подсоединение светильников выполняют штепсельным контактом. Светильники подвешивают с помощью хомута с крючком или крепят к строительным конструкциям.

Открытые крановые троллеи монтируют укрупненными блоками (обычно длиной 6 м). Троллей с конструкциями, изоляторами, крепежными деталями, отрихтованными шинами подпитки доставляют на место монтажа блоками.

Вдоль трассы троллейной линии блоки раскладывают. Затем их поднимают, крепят к подкрановым балкам и стыкуют. Укрупненные блоки троллеев поднимают мостовым краном, электролебедками или другими подъемными средствами. Кронштейны к металлическим балкам крепят электросваркой, а к железобетонным — шпильками. Работы выполняют с монтажных люлек, подвешенных к мостовому крану или передвижным подмостям.

Между осями крепления кронштейнов расстояние не должно быть более 3 м. После окончательной выверки сваривают троллей смежных блоков, приваривают температурные компенсаторы и подсоединяют питающие линии. К стальным троллеям алюминиевые провода подсоединяют через троллейные планки (рис. 6.17).

Выполняя операции по монтажу троллеев, соблюдают следующие требования: отклонения троллеев от основных осей по горизонтали допускается не более 10 мм, по вертикали — не более 20 мм; зазор между торцами троллеев у температурных швов здания — не менее 50 мм; расстояние между токоведущими и неизолированными конструкциями должно быть не менее 50 мм. Торцы троллеев на стыках зашлифовывают так, чтобы был обеспечен свободный переход токоъемника. Троллей каждого участка между компенсаторами закрепляют жестко в средней точке, а в остальных местах креплений должна быть обеспечена возможность продольного перемещения. У троллеев ремонтного участка по длине стыка оставляют воздушный зазор не менее 50 мм, при этом по обе стороны стыка устанавливают троллеедержатели.

## Контрольные вопросы

1. Какие аппараты наиболее часто используют для защиты и управления электроустановками?
2. Чем отличаются герметизирующие контакторы КМГ от контакторов КТ?
3. Каковы принцип действия и назначение максимального расцепителя автоматического выключателя?
4. Какое устройство называют распределительным?
5. Какие типы распределительных устройств вы знаете?
6. В каких случаях применяют силовые распределительные пункты ПР, а в каких силовые ящики ЯБП?
7. Как монтируют контакторы?
8. Как монтируют распределительные щиты?
9. Как монтируют распределительные шинопроводы напряжением до 1 кВ?
10. Как монтируют троллеи?

## ГЛАВА 7. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

### § 32. КЛАССИФИКАЦИЯ КАБЕЛЕЙ И КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители (рис. 7.1).

Силовые кабели различают по следующим признакам: роду металла токопроводящих жил — кабели с алюминиевыми и медными жилами; роду материалов, которыми изолируют токопроводящие жилы — кабели с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией; роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды — кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке; способу защиты от механических повреждений — бронированные и небронированные; количеству жил — одно-, двух-, трех- и четырехжильные.

Каждая конструкция кабелей имеет свои обозначения и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля.

Кабельные линии прокладывают в земляных траншеях, специальных кабельных сооружениях, на эстакадах, в галереях, открыто по стенам зданий и сооружений, в трубах, во внутрицеховых помещениях промышленных предприятий, а также коллекторах — подземных сооружениях, предназначенных для прокладки в них кабелей совместно с линиями связи и другими коммуникациями.

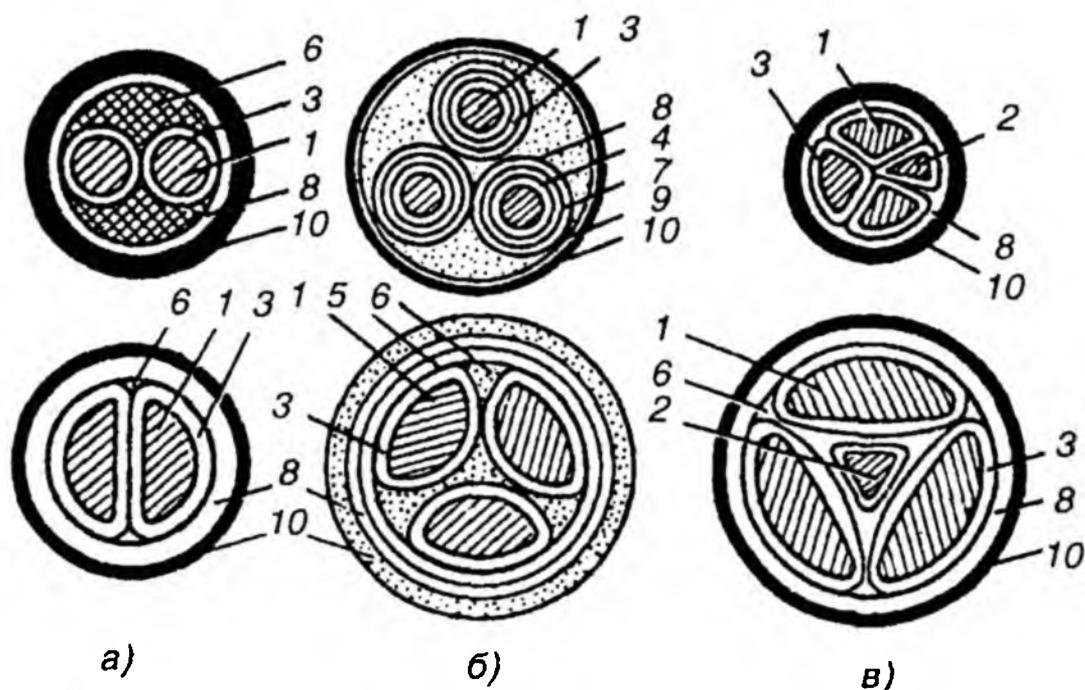


Рис. 7.1. Конструкция силовых кабелей:

*а* — двужильные кабели с круглыми и сегментными жилами; *б* — трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками; *в* — четырехжильные кабели с нулевой жилой круглой, секторной или треугольной формы; 1 — токопроводящая жила; 2 — нулевая жила; 3 — изоляция жилы; 4 — экран на токопроводящей жиле; 5 — поясная изоляция; 6 — наполнитель; 7 — экран на изоляции жилы; 8 — оболочка; 9 — бронепокров; 10 — наружный защитный покров

Наиболее дешевый способ канализации электроэнергии — размещение кабелей в траншее (рис. 7.2). Такой способ не требует большого объема строительных работ и создает хорошие условия для охлаждения кабелей. Недостаток этого способа — возможность механических повреждений кабелей во время различных раскопок, проводимых при эксплуатации сооружений. В траншеях кабели прокладывают на глубине не менее 0,7 м на трассах, не загруженных другими подземными и надземными коммуникациями. В одной траншее размещают не более шести кабелей на напряжение 6—10 кВ или двух кабелей на напряжение 35 кВ. Кроме того, рядом с ними допускается прокладка не более одного пучка из четырех контрольных кабелей.

При пересечении с железнодорожными путями и проездами в стесненных местах, на участках вероятного разлива расплавленного металла и в районах с интенсивными блуждающими токами или грунтами с особой степенью агрессивности применяют прокладку кабелей в блоках.

На территории энергоемких промышленных предприятий при более 20 кабелей, идущих в одном направлении, применяют прокладку в туннелях. Такая прокладка обеспечивает надежную работу кабельных линий, но имеет самую высокую стоимость строительной части.

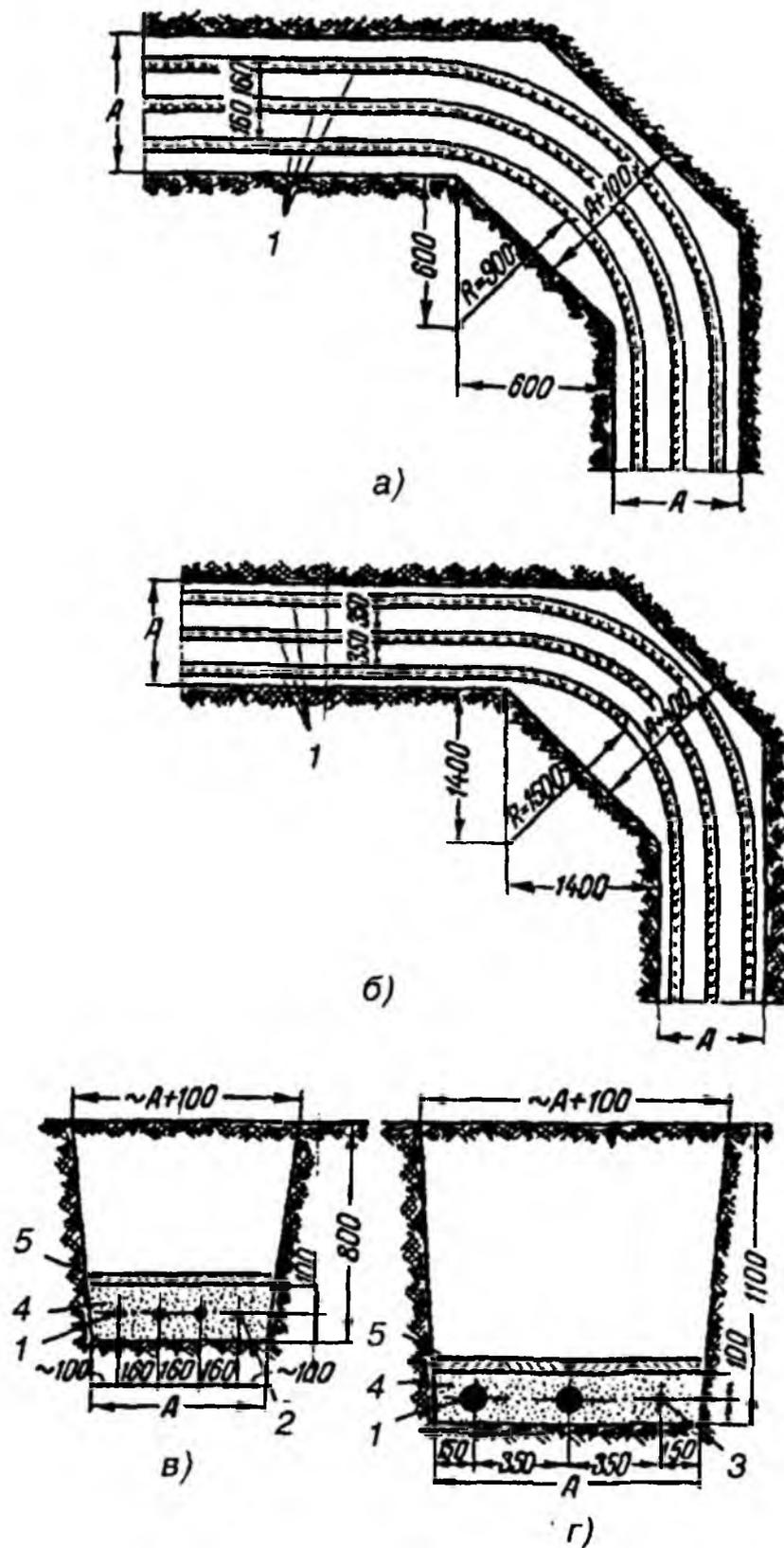


Рис. 7.2. Прокладка кабелей в траншее:

*a* — план траншеи с углом поворота  $90^\circ$  для прокладки силовых трехжильных кабелей до 10 кВ; *б* — план траншеи с углом поворота  $90^\circ$  для прокладки силовых трехжильных кабелей до — 35 кВ; *в* — разрез траншеи на прямолинейном участке для прокладки силовых кабелей до 10 кВ, а также для их совместной прокладки с контрольными кабелями; *г* — разрез траншеи на прямолинейном участке для прокладки силовых кабелей до — 35 кВ, а также для их совместной прокладки с другими кабелями независимо от напряжения; 1 — силовой кабель; 2 — контрольный кабель; 3 — кабели других напряжений или контрольные; 4 — подсыпка из земли; 5 — защита из бетонных плит или кирпича

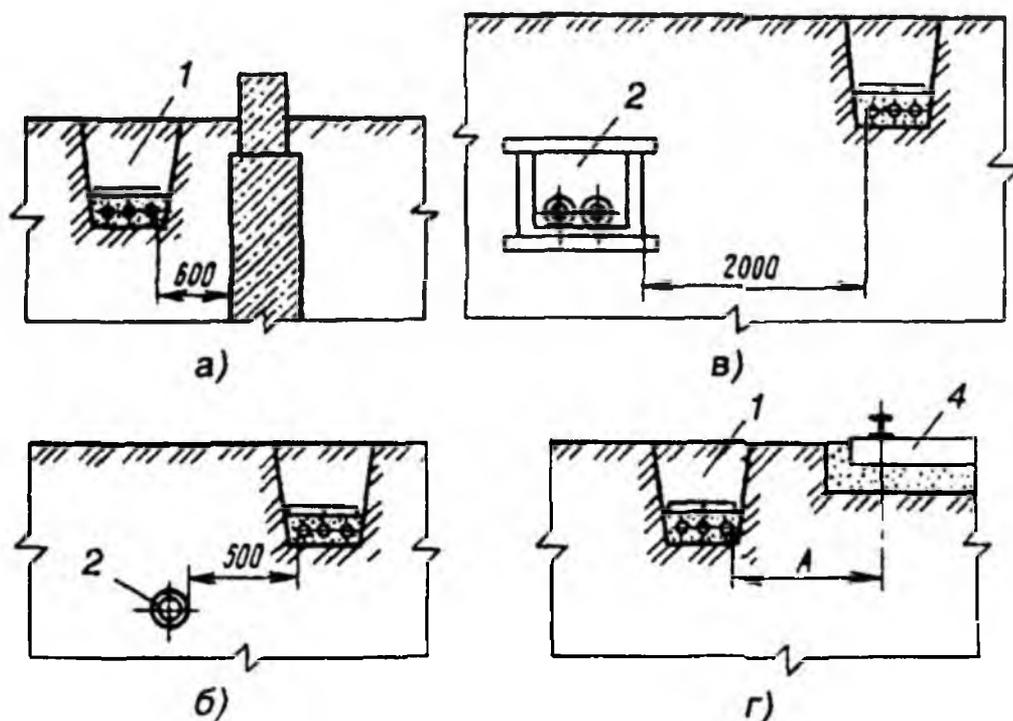


Рис. 7.3. Нормативные расстояния от параллельно прокладываемых кабелей в траншеях:

*a* — до фундамента здания; *б* — до трубопровода; *в* — до теплотрассы; *г* — до электрифицированной железной дороги; 1 — кабельная траншея; 2 — трубопровод; 3 — теплотрасса; 4 — электрифицированная железная дорога; *A* — нормируемое расстояние в зависимости от вида инженерного сооружения (трамвай, электричка и т. д.)

На предприятиях, насыщенных различными подземными коммуникациями, территориях с грунтовыми условиями, неблагоприятно действующими на кабели, в районах вечной мерзлоты прокладку кабелей производят на эстакадах или в галереях.

Открыто по стенам сооружений и зданий кабели прокладывают в тех случаях, когда строительные конструкции выполнены из негорючих материалов, а в помещениях нет пожаро- и взрывоопасных зон.

Нормируемые расстояния между кабелями при прокладке их в траншею приведены на рис. 7.3. Ширина траншеи по дну для одного кабеля определяется удобством производства земляных работ и составляет 0,2 м при напряжении до 10 кВ и 0,3 м при 35 кВ. Ширина траншеи по верху зависит от ее глубины и угла естественного откоса грунта.

Вводы кабелей 4 в здания (рис. 7.4, *a*, *б*) и их проходы из траншей в кабельные сооружения выполняют в трубах 2, концы которых выступают из стены 6 здания (сооружения) в траншею, а при наличии отстойки — за линию последней не менее чем на 0,6 м. Для предохранения от проникновения воды из траншеи в местах прохода труб накладывают гидроизоляцию 1, после прокладки кабелей 4 входные отверстия 3 труб уплотняют кабельной пряжей,

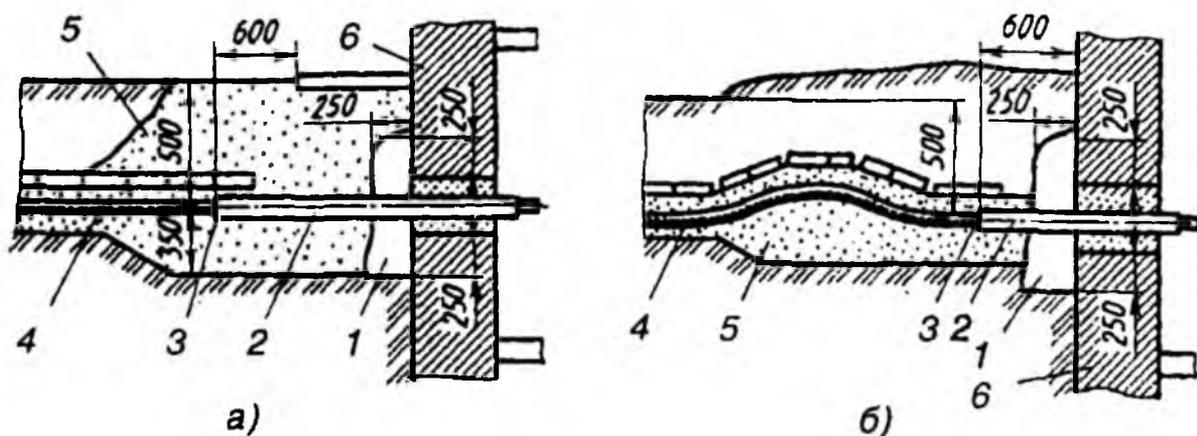


Рис. 7.4. Ввод кабелей из траншеи в здание или кабельное сооружение:

*а* — при непресдающем грунте; *б* — при приседающем грунте

обмазанной водонепроницаемой (мятой) глиной, а кабель засыпают грунтом 5.

На кабельных линиях в местах установки соединительных муфт траншеею расширяют для образования котлована. Размеры котлована в плане определяют с учетом устройства компенсаторов с обеих сторон от муфт для их возможного перемонтажа при эксплуатации и разгрузки от тяжения кабеля при колебании температуры (запас кабеля в компенсаторе 350—400 мм); допустимых расстояний в свету между корпусом муфты и ближайшим кабелем (не менее 250 мм), а также между муфтами на двух расположенных рядом кабелях (не менее 2000 мм по длине трассы).

Для блочной кабельной канализации используют железобетонные панели марки ПК-2 или ПК-3 с внутренним диаметром

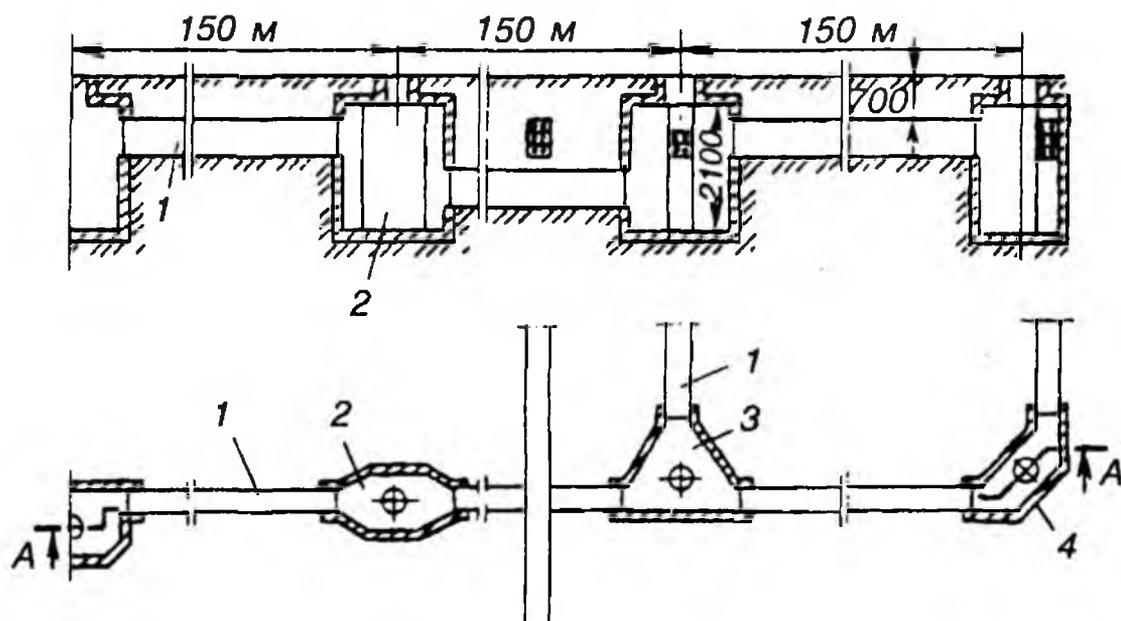


Рис. 7.5. Блочная кабельная канализация

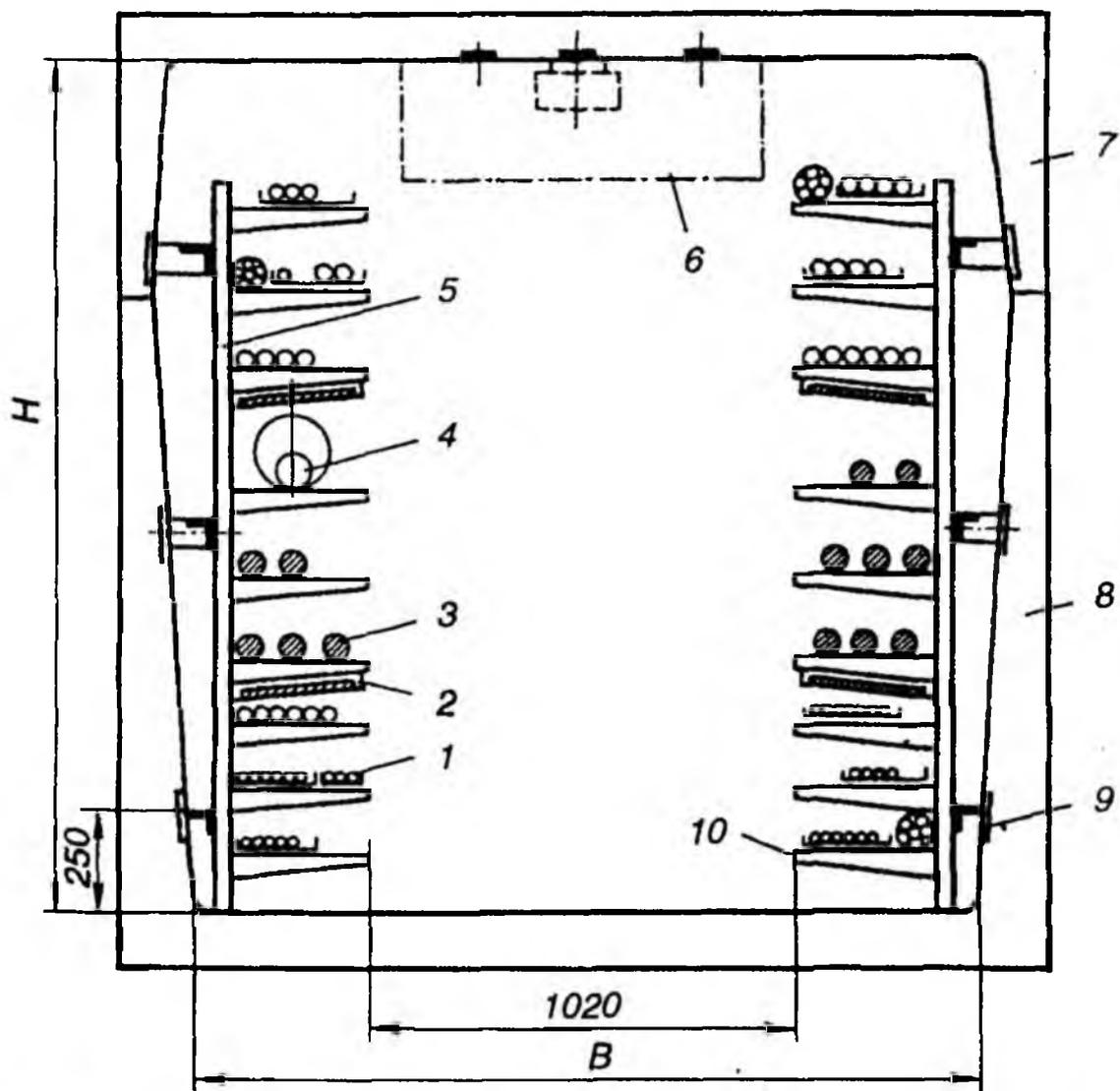


Рис. 7.6. Прокладка кабелей в туннеле из сборных лотковых элементов

отверстия в панели не менее 90 мм. Глубину заложения блоков в земле принимают по местным условиям. Кабельные колодцы (рис. 7.5) позволяют осуществлять прокладку кабелей до 10 кВ с однопроволочными жилами сечением до  $240 \text{ мм}^2$  и установку на них кабельных муфт с защитными кожухами длиной 1250 мм. Высота колодцев не превышает 2100 мм. Различают проходные прямые колодцы 2, угловые 4, разветвительные 3, тройниковые и крестовые (соответственно с выходом блоков 1 с трех и четырех сторон). Снаружи кабельные колодцы закрывают люками, внутри оборудуют металлическими лестницами или скобами для спуска людей. Расстояние между колодцами принимают не более 150 м.

Кабельные туннели (рис. 7.6) монтируют из верхних 7 и нижних 8 лотковых элементов различных размеров по высоте  $H$  и ширине  $B$ . Закладные детали 9 устанавливают в лотковых элементах для крепления сборных кабельных конструкций 5 и размещения на их полках 10 контрольных 1, силовых 3 кабелей и соединительных муфт

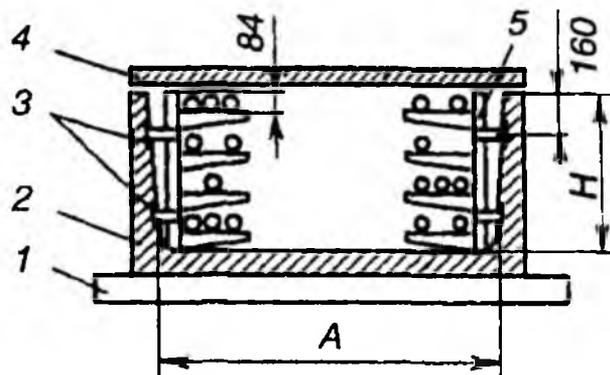


Рис. 7.7. Прокладка кабелей в каналах из сборных лотковых элементов:

1 — основание; 2 — лоток; 3 — закладные детали; 4 — перекрытие; 5 — кабельная конструкция

4. Огнестойкие перегородки 2 предназначены для разделения групп кабелей. В специальной зоне 6 предусматривается устройство освещения.

Подземные туннели вне зданий располагаются так, чтобы верх их перекрытия был заглублен на 0,5 м (на охраняемых территориях не нормируется).

Кабельные каналы изготавливают из сборных железобетонных лотковых элементов 2 (рис. 7.7) различной ширины  $A$  и высоты  $H$ . Габариты каналов рассчитаны на прокладку кабелей напряжением до 35 кВ сечением жил до 240 мм<sup>2</sup> включительно с радиусом изгиба кабелей до 1500 мм.

Прямые участки каналов сооружают из лотковых элементов длиной 6,3 и 0,75 м.

Ответвления от основной трассы выполняют с помощью углов поворотов марки УПК или УК. Для крепления в каналах кабельных конструкций 5 предусмотрены закладные детали 3, закрепляемые в стенах при изготовлении каналов. При сооружении кабельных трасс лотковые элементы 2 размещают на основаниях 1 и после прокладки кабелей перекрывают плитами 4. При расположении каналов вне зданий поверх плит перекрытия насыпают слой земли толщиной не менее 0,3 м (на охраняемых территориях толщина слоя нормируется).

Прокладку контрольных и силовых кабелей сечением 25 мм<sup>2</sup> и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, выполняют по кабельным конструкциям. Контрольные небронированные и силовые небронированные кабели сечением 16 мм<sup>2</sup> и менее прокладывают преимущественно на лотках.

Непроходные кабельные эстакады сооружают с пролетами между опорами 6 или 12 м, в которых можно прокладывать 16, 24 или 40 условных кабелей (кабель напряжением до 10 кВ сечением жил 150—240 мм<sup>2</sup>). Кабельные проходные эстакады обеспечивают прокладку 64 и 128 условных кабелей. Непроходные и проходные эстакады (рис. 7.8, а, б) предусматривают двустороннее расположе-

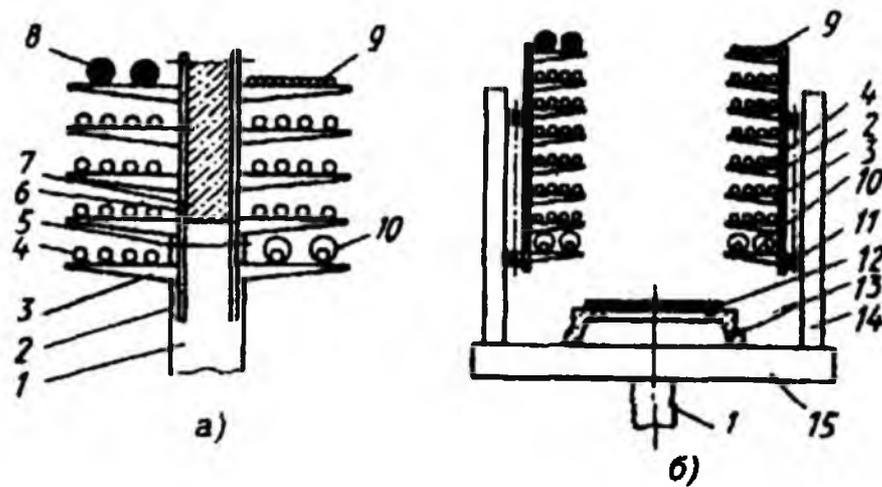


Рис. 7.8. Прокладка кабелей на эстакадах:

*a* — непроходные на 40 условных кабелей; *б* — проходные на 64 условных кабеля с металлическими кабельными конструкциями; 1 — опора; 2 — кабельная стойка; 3 — кабельная полка; 4 — силовой кабель; 5 — шпилька; 6 — заземляющий проводник; 7 — закладная деталь; 8 — пучок кабелей; 9 — контрольный кабель; 10 — соединительная муфта; 11 — прогон несущей фермы; 12 — настил; 13 — железобетонная плита; 14 — стойка; 15 — поперечная балка (траверса)

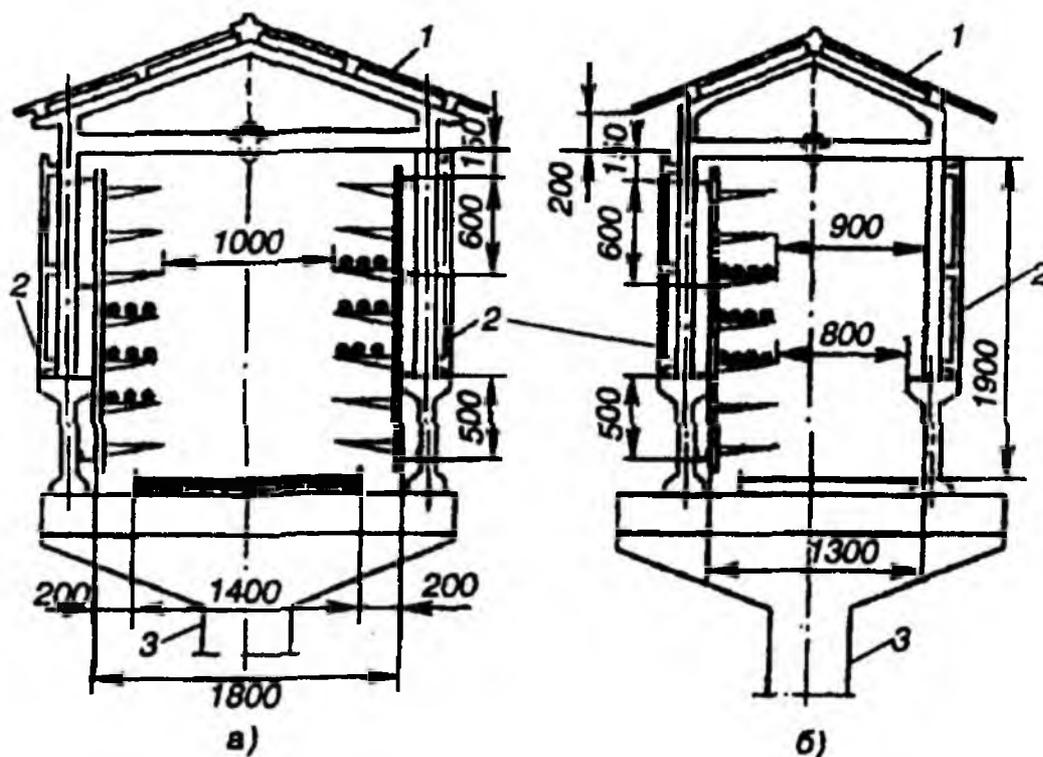


Рис. 7.9. Прокладка кабелей в галереях:

*a* — двусторонних; *б* — односторонних; 1 — крыша; 2 — боковая панель; 3 — стойка

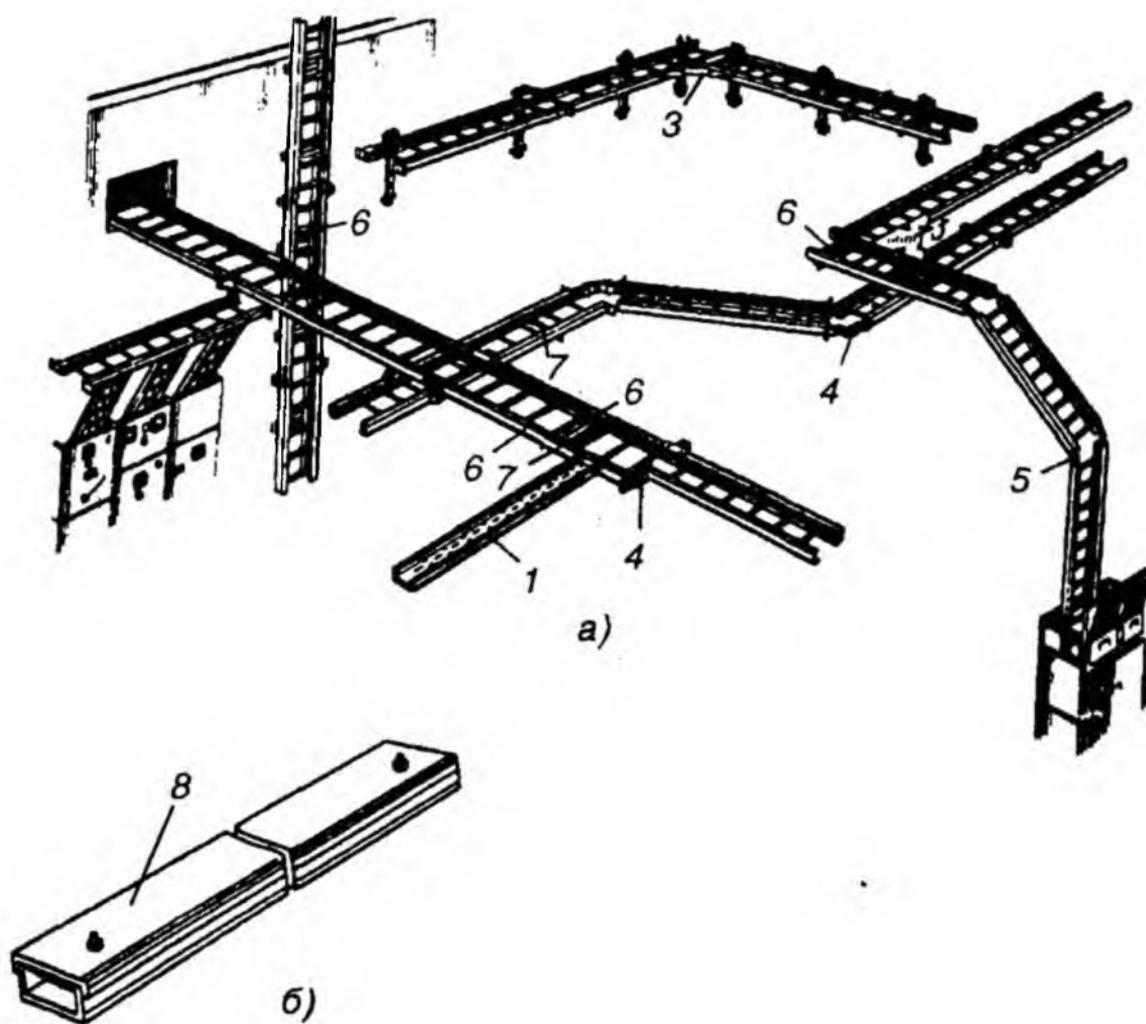


Рис. 7.10. Кабельные конструкции из лотков серии НЛ (а) и короба (б)

ние кабельных полок. Проходные эстакады оборудуют входами с лестницами через каждые 150 м. Кабельные галереи сооружают одно- и двусторонними (рис. 7.9, а, б). Они позволяют прокладывать до 48 условных кабелей, защита которых от солнечной радиации обеспечивается покрытием и стенами. Галереи следует разделять на отсеки длиной не более 150 м.

Кабельные конструкции с закладными подвесками (рис. 7.10) для прокладки одиночных кабелей изготавливают из швеллеров длиной 2000 мм поперечной резкой в мастерских. Закладные подвески при сборке конструкций вставляют в перфорированные отверстия стоек узкой стороной хвостовика, затем разворотом на  $90^\circ$  устанавливают в горизонтальное положение.

Кабельные конструкции предварительно собирают в мастерских в блоки транспортабельной длины (до 6 м): настенные и потолочные, объединенные в секции общими связями (прогонами). При установке в монтажной зоне блоков кабельных конструкций существенно сокращаются трудозатраты электромонтажников.

### § 33. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Кабельные линии прокладывают так, чтобы при их эксплуатации исключалась возможность возникновения опасных механических напряжений и повреждений.

Кабели укладывают с запасом по длине 1—2 % для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены. В траншеях и на сплошных поверхностях внутри зданий и сооружений запас создают волнообразной укладкой кабеля («змейкой»), а по кабельным конструкциям (кронштейнам) — образованием стрелы провеса. Создавать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается.

Усилия тяжения при прокладке кабелей зависят от способа прокладки, сечения жил, температуры и трассы.

Кабели, прокладываемые горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и фермам, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых муфт и заделок, на поворотах трассы, с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт. Кабели на вертикальных участках закрепляют на каждой кабельной конструкции. В местах жесткого крепления небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой на конструкциях применяют прокладки из листовой резины, листового поливинилхлорида или другого эластичного материала. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой или пластмассовым шлангом, а также бронированные кабели крепят к конструкциям скобами, хомутами, накладками без прокладок.

Внутри помещений и снаружи в местах, доступных для неквалифицированного персонала, где возможно передвижение автотранспорта, грузов и механизмов, бронированные и небронированные кабели защищают от механических повреждений до безопасной высоты (не менее 2 м от уровня земли или пола и на глубине 0,3 м в земле).

Защиту обеспечивают кожухами из листового металла толщиной 2,5 мм или отрезками стальных труб. Приступая к сооружению кабельных линий, монтажники изучают рабочую документацию: план трассы; продольный профиль; рабочие чертежи конструкций; строительные чертежи кабельных сооружений; перечни мероприятий по герметизации вводов; чертежи перехода кабельной линии напряжением 35 кВ в воздушную; кабельный журнал; спецификации на материалы и изделия; сметы и др.

Как правило, монтаж кабельных линий выполняют в две стадии: сначала внутри зданий и сооружений устанавливают опорные конструкции для прокладки кабелей (работы ведут по совмещенному графику строительного-монтажных организаций); затем прокладывают

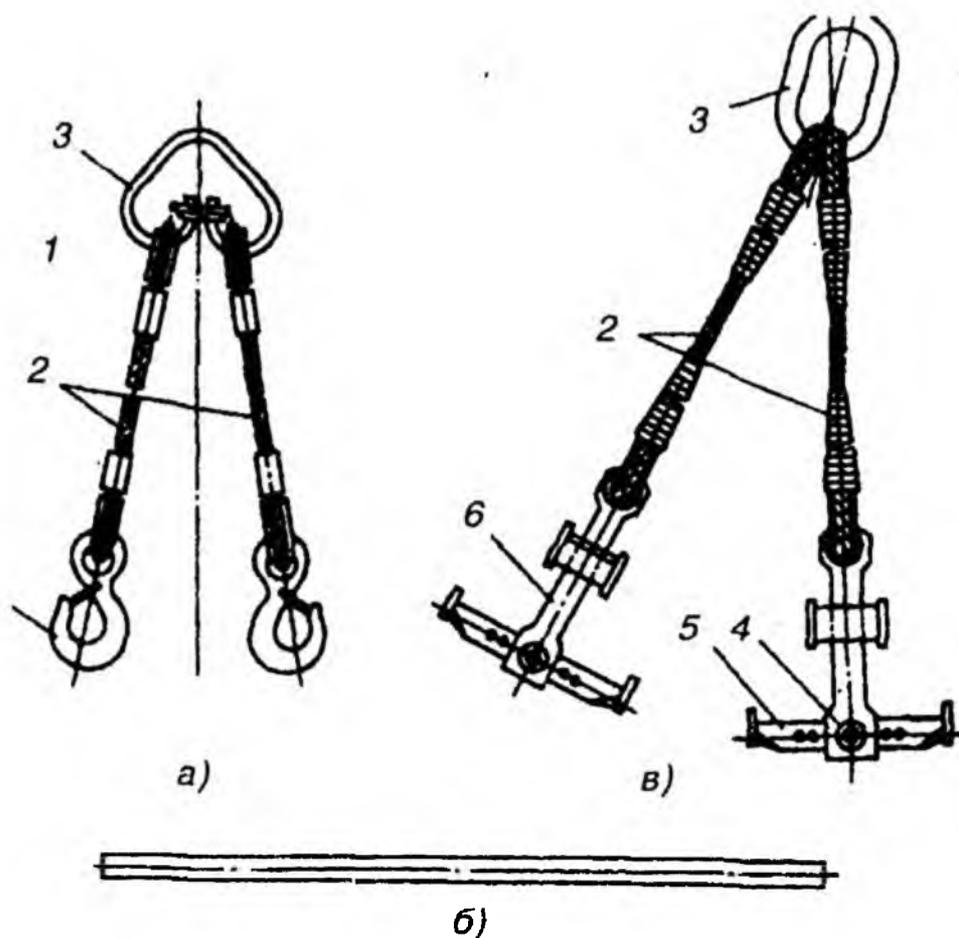


Рис. 7.11. Грузозахватные приспособления:

*a* — двухветвевые стропы; *б* — стальная ось; *в* — приспособление для подъема барабана с кабелем без применения оси; 1 — крюк; 2 — строп; 3 — серьга и кольцо; 4 — запор; 5 — шток; 6 — захват

ют кабели и подключают их к выводам электрооборудования (работы ведут после завершения комплекса строительных и отделочных работ при условии передачи объекта под монтаж по акту).

В монтажную зону кабели доставляют в заводских упаковках или на инвентарных барабанах. В местах хранения кабели погружают мостовыми кранами, кран-балками, тельферами или автомобильными кранами, автопогрузчиками и другими грузоподъемными устройствами. В качестве грузозахватных приспособлений применяют унифицированные гибкие стропы из стальных канатов с захватами, траверсами и стальные оси (рис. 7.11).

Перевозку кабелей осуществляют на транспортерах ТКБ-6, ТКБ-10 грузоподъемностью соответственно 6 и 10 т. Транспортер ТКБ-6 перемещают автомобилем, а ТКБ-10 — трактором Т-150.

После удаления обшивки с барабана состояние наружных витков оценивают в зависимости от конструктивного исполнения оболочек и защитных покровов. Частыми дефектами кабелей бывают подтеки пропитывающего состава, просветы в наружном покрове из кабельной пряжи; проколы, раковины и разрывы пластмассового защит-

ного шланга; обрывы, смещения, зазоры между витками бронелент; раковины и трещины в свинцовых и алюминиевых оболочках и др.

Наружные витки кабеля с повреждениями удаляют, а его изоляцию испытывают повышенным напряжением. Бумажную изоляцию кабеля перед испытанием проверяют на отсутствие влаги. Для этого ленты, прилегающие к оболочке и жилам, погружают в нагретый до  $150^{\circ}\text{C}$  парафин (рис. 7.12). Легкое потрескивание и выделение пены свидетельствует об увлажнении изоляции кабеля (во избежание ошибочных результатов к лентам не прикасаются руками). В этом случае от конца кабеля отрезают участок длиной 250—300 мм и проводят повторную проверку. При необходимости эти операции повторяют несколько раз до получения положительных результатов.

После испытания кабеля повышенным напряжением восстанавливают герметизирующие колпачки на его концах.

Технологический процесс прокладки кабеля состоит из следующих операций: установки барабана с кабелем, подъема барабана домкратами, снятия обшивки с барабана, раскатки кабеля равномерным вращением барабана и протяжкой кабеля вдоль трассы в проектное положение.

Раскатку кабеля выполняют ручным или механизированным способом. При ручной раскатке тяжение кабеля осуществляют рабочие-электромонтажники, расставленные таким образом, чтобы на каждого из них приходилась нагрузка не более 0,35 кН. Кабель раскатывают вручную при отсутствии или нецелесообразности применения средств механизации (короткие участки трасс при небольшом числе кабелей). Для облегчения труда электромонтажников используют линейные и угловые ролики или обводные устройства (рис. 7.13).

Способы механизированной раскатки кабелей разнообразны.

При прокладке кабелей в *траншеях* с движущихся транспортных средств (кабельный транспортер, кран-трубоукладчик, специальная тележка) раскатку кабеля производят со скоростью до 3 км / ч, регулируя вращение барабана тормозом. При механизированной прокладке кабеля тяжение контролируют динамометром. Барабан на домкрате приподнимают над основанием на 15—20 см для свободного вращения вокруг оси.



Рис. 7.12. Проверка бумажной изоляции кабеля на влажность:

1 — ковш с парафином; 2 — термометр;  
3 — пинцет; 4 — кабельная бумага

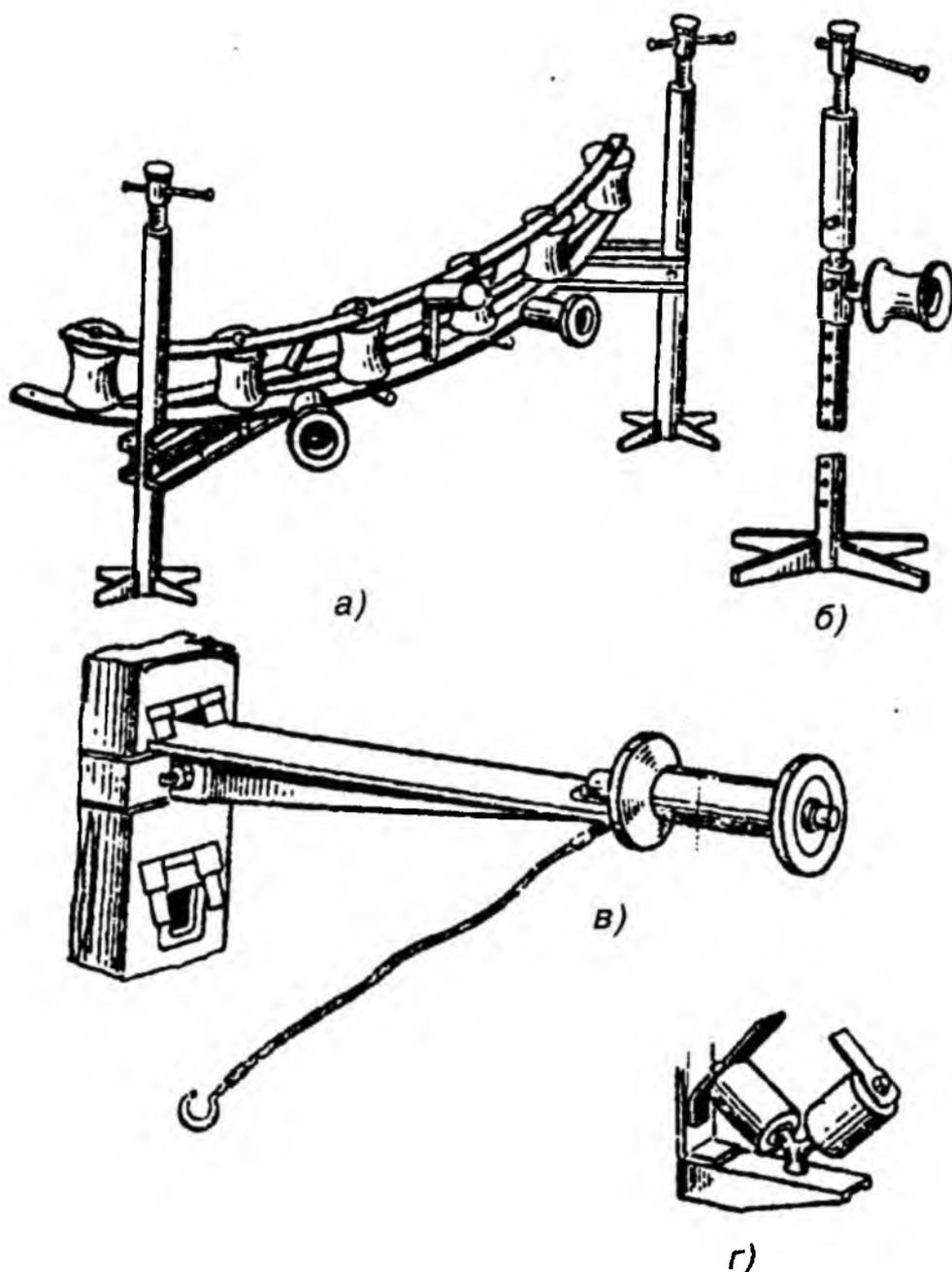


Рис. 7.13. Приспособление для раскатки кабеля:  
*а* — угловой универсальный ролик; *б — г* — линейные ролики

На сложных трассах с многими поворотами и резкими перепадами высотных отметок используют комплект протяжных устройств с автономным приводом ПИК-4У (рис. 7.14). Если длина трассы не превышает 180 м и имеет один угол поворота, используют одно устройство; при длине трассы 200—300 м с поворотами применяют два привода, а при длине трассы 500 м с поворотами — три-четыре привода. Кабели напряжением до 1000 В защищают там, где возможны механические повреждения: в местах частых раскопок, в местах перехода через улицы, дороги, вдоль проезжей части. Кабели напряжением выше 1000 В защищают от механических повреждений красным кирпичом или бетонными плитами на всем протяжении

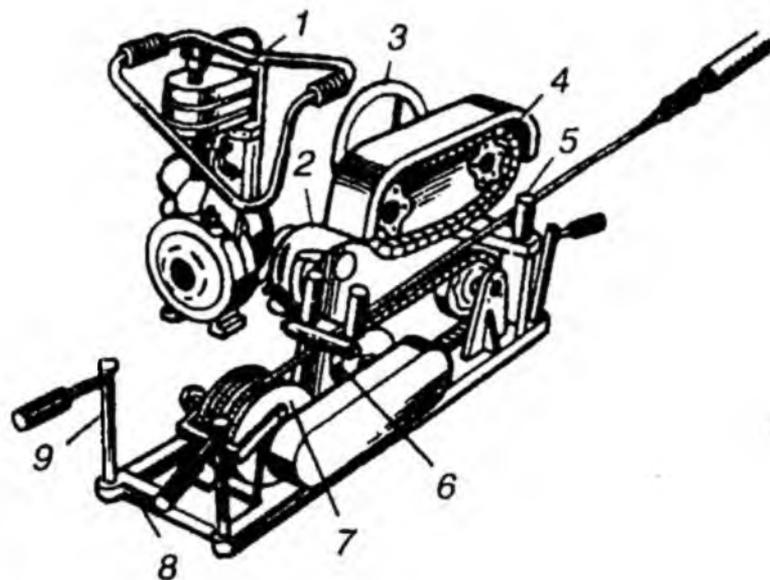


Рис. 7.14. Привод ПИК-4У для тяжения кабеля:

1 — двигатель; 2 — редуктор; 3 — прижимное устройство; 4 — движитель; 5 — направляющие;  
6 — ролик; 7 — лебедка; 8 — рама; 9 — стойка

трассы. Предварительно кабель покрывают слоем песка или чистой земли толщиной 100 мм. После завершения указанных операций траншею зарывают. Бронированные силовые кабели с металлическими оболочками на протяженных участках прокладывают с передвижного или самоходного кабелеукладчика. Перед прокладкой трассу очищают от пней и корней деревьев, выравнивают откосы, засыпают ямы.

При использовании ножевого кабелеукладчика типа КУ-150 с пассивным рабочим органом (рис. 7.15) его буксируют двумя (или более) тракторами 1 и 2, так как усилия, необходимые для расклинивания грунта ножом 9, составляют 170—440 кН. Кабелеукладчик 3 снабжен кассетой 8 с входным лотком 4 для прохода разматываемого с барабана 5 кабеля 7. К кабелеукладчику прицеплен транспортер 6 кабельных барабанов.

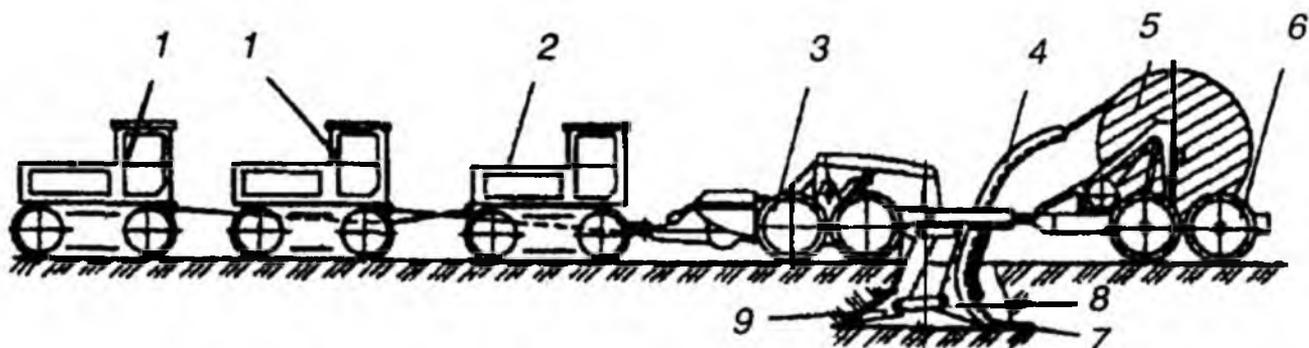


Рис. 7.15. Механизированная колонна для прокладки кабеля ножевым кабелеукладчиком

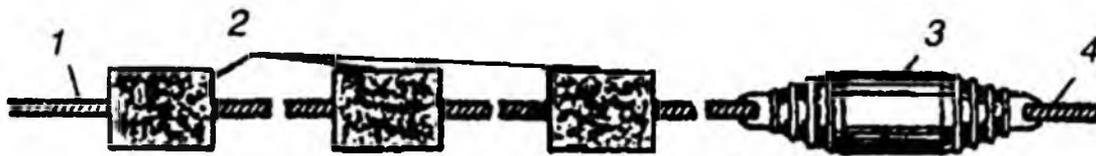


Рис. 7.16. Устройство для очистки каналов трассы:

1 — канат для затяжки кабеля; 2 — проволочный ерш; 3 — контрольный цилиндр; 4 — канат для протягивания устройства

При движении кабелеукладчика его нож входит в грунт на глубину 1,2—1,3 м, а в образующуюся щель укладывается кабель.

После прохода ножа щель под действием массы грунта закрывается, а кабель остается на глубине 1—1,2 м и не требует защиты от механических повреждений. В процессе прокладки электромонтажники вращают барабан 5 с кабелем так, чтобы последний перед входом в кассету имел некоторый провес.

При прокладке кабелей в блоках до начала работ очищают каналы блока от цементного раствора и строительного мусора протяжкой контрольного цилиндра (рис. 7.16), соединенного с тремя ершами 2. Устройство легко проходит в чистых и исправных каналах, без стуков и задержек. Цементную пыль, оставшуюся после протягивания устройства через каналы, удаляют сжатым воздухом от компрессора.

Минимальный диаметр блоков принимается равным 1,5-кратному наружному диаметру кабелей, но не менее 90 мм. Внутренний диаметр асбестоцементных труб, предназначенных для прокладки многожильных кабелей, принимают равным 1,5-кратному диаметру кабелей. Наименьший допустимый диаметр труб 50 мм при длине их до 5 м и 100 мм — при большей длине.

При прокладке кабелей в блоке необходимо обеспечить полную водонепроницаемость трубопровода. Для этого проводят следующие мероприятия:

после монтажа испытывают трубопровод давлением воздуха или воды;

герметизирующие уплотнения устраивают в местах выхода кабеля из трубопровода (заполнение пряжей с битумом и т.п.).

Для прокладки в блоках и трубах применяют специальные небронированные кабели марки СГТ или АСГТ. На участках длиной не более 50 м, например, в случаях перехода кабелей из траншеи в блок применяют бронированные кабели со снятым верхним джутовым покровом. При этом броню промывают бензином, и после красят асфальтовым лаком.

Предельно допустимое усилие тяжения за жилы кабеля в каналы блока определяют как  $P'$ , равное  $1 / 6 p$  (предел прочности суммы

жил кабеля, которая для медных жил берется из расчета 26, а для алюминиевых — 16 кГ / мм<sup>2</sup>).

Расчетное усилие тяжения 1 м кабеля массой  $Q$  (кГ) при коэффициенте трения  $\alpha = 0,6$  рассчитывают по формуле:

$$P'' = 0,6 Q.$$

Для затягивания в каналы блока каната приводной лебедки используют стальную проволоку диаметром 4—5 мм, заложенную при сооружении блочной канализации. Если такая проволока не была заложена в канал, ее протяжку на участках длиной до 50 м выполняют непосредственным проталкиванием во входное отверстие.

В каналах большой длины используют пневмоканалопроводчики, протаскивающие капроновый шнур диаметром 2—3 см при избыточном давлении сжатого воздуха 600—700 кПа.

Барабаны с кабелем размещают по трассе так, чтобы можно было монтировать соединительные муфты в колодцах блока. Кабели больших сечений и большой протяженности затягивают в каналы стальным зажимом, закрепленным непосредственно за жилы на концах кабеля.

В процессе затягивания кабеля, для уменьшения трения и механического износа поверхности кабеля его смазывают солидолом или тавотом толщиной слоя 2 мм. Необходимо следить за тем, чтобы кабель в промежуточном колодце не испытывал чрезмерного натяжения.

Если два участка трассы имеют неодинаковую длину, протяжку кабеля начинают на более длинном участке. Затем сматывают кабель с барабана на длину второго участка (с припуском на муфтовое соединение), раскладывают его в виде петли на земле и отрезают кабель у барабана.

Далее, затянув трос на втором участке, спускают конец петли кабеля в колодец и, прикрепив конец кабеля к этому тросу, производят окончательную затяжку кабеля, следя за тем, чтобы радиус изгиба кабеля при опускании петли в колодец не был меньше допустимого.

Конец кабеля, отрезанный у барабана и опущенный в колодец, должен быть запаян. По обеим сторонам соединительных муфт (на расстоянии 1 м от муфты) концы кабеля закрепляют на опорных конструкциях колодца. В местах сближения кабелей на расстояние, меньше допустимого, на кабели необходимо надевать нарезанные из асбестоцементных труб кольца с вырезом в них вдоль оси щелей, равных по ширине 1,1 диаметра кабеля.

При прокладке кабелей в *туннелях* и *каналах* сначала готовят трассу. Для этого проверяют соответствие проекту строительной

части, вентиляции, пожарной сигнализации, наличие огнестойких перегородок. Далее устанавливают сборные кабельные конструкции, стойки которых приваривают к закладным элементам стеновых панелей. В местах спуска кабеля из вентиляционной шахты в туннель и на углах поворота размещают универсальные обводные устройства. По роликам раскатывают кабель, используя лебедку, транспортер или специальный автомобиль. Затем укладывают кабельные опорные конструкции с запасом 2 % и закрепляют в конечных точках трассы, а также на изгибах, концевых заделках и у соединительных муфт.

Кабели к электродвигателям взаиморезервируемых пожарных насосов прокладывают по разным трассам.

*Кабельные туннели, помещения, этажи* должны быть разделены перегородками на отсеки, длина которых определяется технологией тушения пожаров, но не более 150 м.

*Кабельные эстакады и галереи* должны быть отделены от кабельных туннелей, полуэтажей и других помещений негорючими перегородками, иметь перекрытия сверху и внизу, а также входные двери.

Кабели в кабельных сооружениях прокладывают таким образом, чтобы были обеспечены проходы для их монтажа, ремонта и замены (в том числе в местах входа и выхода кабелей из них). Пересечения кабелей должны происходить в разных плоскостях.

На эстакадах, в галереях при проверке строительной готовности сборных кабельных конструкций их закрепляют шпильками. Крепить можно также болтами или приваркой к закладным элементам. Для открытой прокладки применяют анкерные устройства и натяжные зажимы.

Барабаны расставляют вдоль трассы и готовят их к прокладке кабеля. Кабель раскатывают тяжением канатом лебедкой с электрическим приводом по роликам и обводным устройствам. В начале, конце и на поворотах трассы устанавливают направляющие желоба, обильно смазанные тавотом. Кабели прокладывают без наружного покрова с противокоррозийным покрытием или наружным покровом из негорючих материалов. В производственных помещениях (машинные залы, кабельные полуэтажи и др.), на прямых участках длиной до 200 м по сборным кабельным конструкциям, лоткам или коробам, размещаемым на различной высоте, отдельные контрольные и силовые кабели (пучки кабелей) прокладывают с помощью механизированного приспособления МПНН «непрерывная нить». Оно состоит из электропривода 1, двух пар телескопических стоек 2, оснащенных траверсами, поддерживающих 4 и линейных универсальных 5 роликов, замкнутого каната 3, кабельного захвата 6 и зажима 7 (рис. 7.17). Телескопические стойки размещают в начале и конце трассы и закрепляют их враспор между

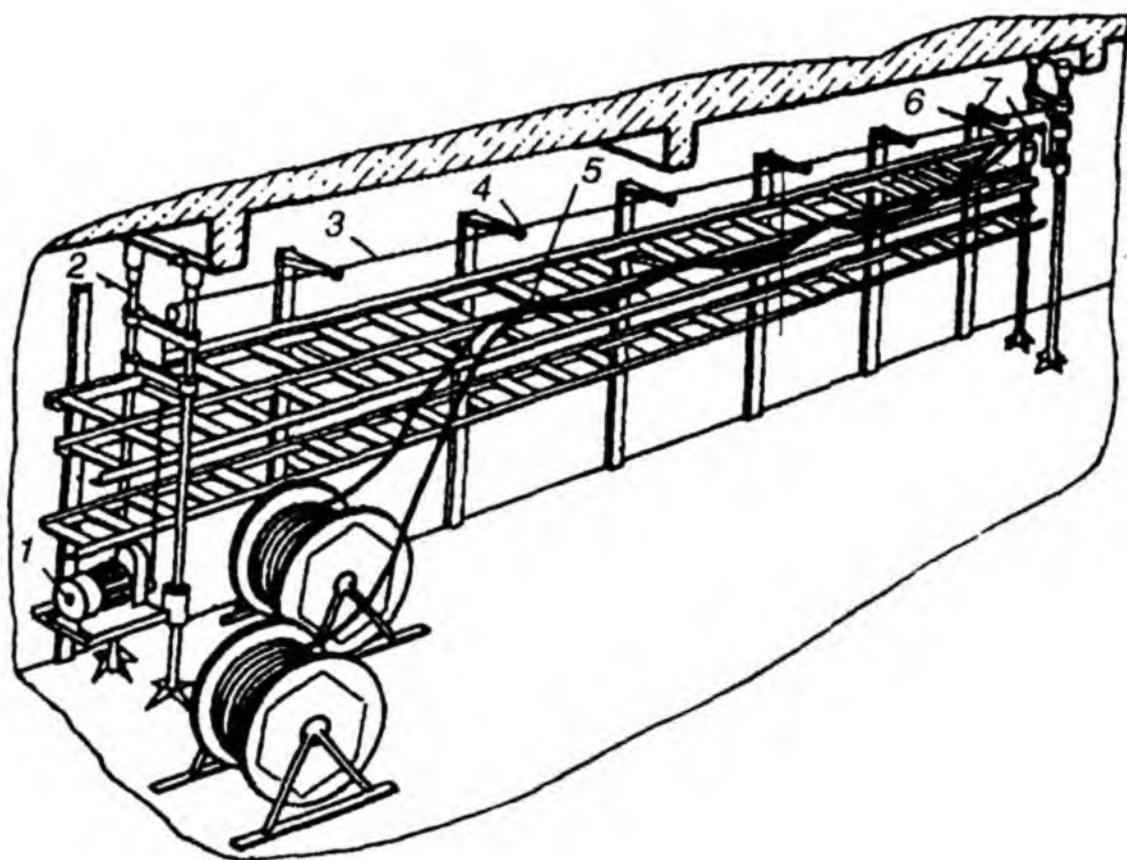


Рис. 7.17. Приспособление для механизированной прокладки кабеля «непрерывная нить»

полем и перекрытием, перемещая вдоль стоек траверсы с роликами и раму с приводным канатом 3. Пучок подготовленных к прокладке кабелей с помощью кабельного захвата 6 и зажима 7 навешивают на нижнюю ветвь замкнутого каната, при движении которого разматывают кабели до места трассы, определенного кабельным журналом.

После прокладки кабелей их отсоединяют от тяговых канатов и укладывают на полки кабельных конструкций, на лотки или в короба, обеспечивая необходимые нормируемые расстояния между кабелями в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Затем заземляют конструктивные элементы кабельной линии: металлические кабельные конструкции, корпуса кабельных муфт и оболочки, броню силовых и контрольных кабелей, присоединяют стальные трубы к контуру заземления полосовой сталью сечением не менее  $100 \text{ мм}^2$ , или медными проводниками сечением  $6 \text{ мм}^2$  для кабелей сечением токопроводящих жил до  $10 \text{ мм}^2$  и  $25 \text{ мм}^2$  — для кабелей с жилами  $150\text{—}240 \text{ мм}^2$ . Проложенные кабели, муфты и заделки маркируют, размещая на них бирки прямоугольной, круглой или треугольной формы. Кабельные линии напряжением до  $1000 \text{ В}$  испытывают мегаомметром напряжением  $500\text{—}2500 \text{ В}$  в течение

1 мин. Сопротивление изоляции не нормируется, но в исправном кабеле оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Кабели в холодное время года прокладывают без предварительного подогрева, если температура воздуха в течение 24 ч до начала работ не была ниже:

0° С — для силовых бронированных и небронированных кабелей с бумажной изоляцией (низкой, нестекающей и обедненно пропитанной) в свинцовой или алюминиевой оболочке;

— 7° С — для контрольных и силовых кабелей напряжением до 35 кВ с пластмассовой или резиновой изоляцией и оболочкой с волокнистыми материалами в защитном покрове, а также с броней из стальных лент или проволок;

— 15° С — для контрольных и силовых кабелей напряжением до 10 кВ с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией и оболочкой без волокнистых материалов в защитном покрове, а также с броней из профилированной стальной оцинкованной ленты;

— 20° С — для небронированных контрольных и силовых кабелей с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой без волокнистых материалов в защитном покрове, а также с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке.

Подогрев кабелей перед прокладкой производят внутри стационарных или передвижных помещений, а прокладку выполняют при температуре от 0 до — 10° С в течение не более 1 ч; от — 10 до — 20° С — не более 40 мин; от — 20° С и ниже — не более 30 мин.

Небронированные кабели с алюминиевой оболочкой в поливинилхлоридном шланге, даже предварительно подогретые, не допускается прокладывать при температуре окружающего воздуха ниже — 20° С. При температуре окружающего воздуха ниже — 40° С прокладка кабелей всех марок не допускается.

При температуре прокладки ниже — 20° С кабели в течение всего периода раскатки подогревают (рис. 7.18, а, б). Электропитание для прогрева подводят к наружному концу кабеля, укладываемому в начале трассы и закрепляемому в непосредственной близости от источника подогрева (при этом прокладку кабеля осуществляют с барабана, перемещаемого вдоль трассы).

При прокладке предварительно подогретого кабеля создают повышенный запас 3—4 % по длине вместо 1—2 %, так как после охлаждения длина кабеля сокращается значительно, чем в обычных условиях.

Надежность и долговечность кабелей в эксплуатации во многом определяются качеством их прокладки. Состояние кабелей после их прокладки оценивают по наличию повреждений наружных покровов, оболочек, изоляции и токопроводящих жил.

При незначительных повреждениях наружных покровов из во-

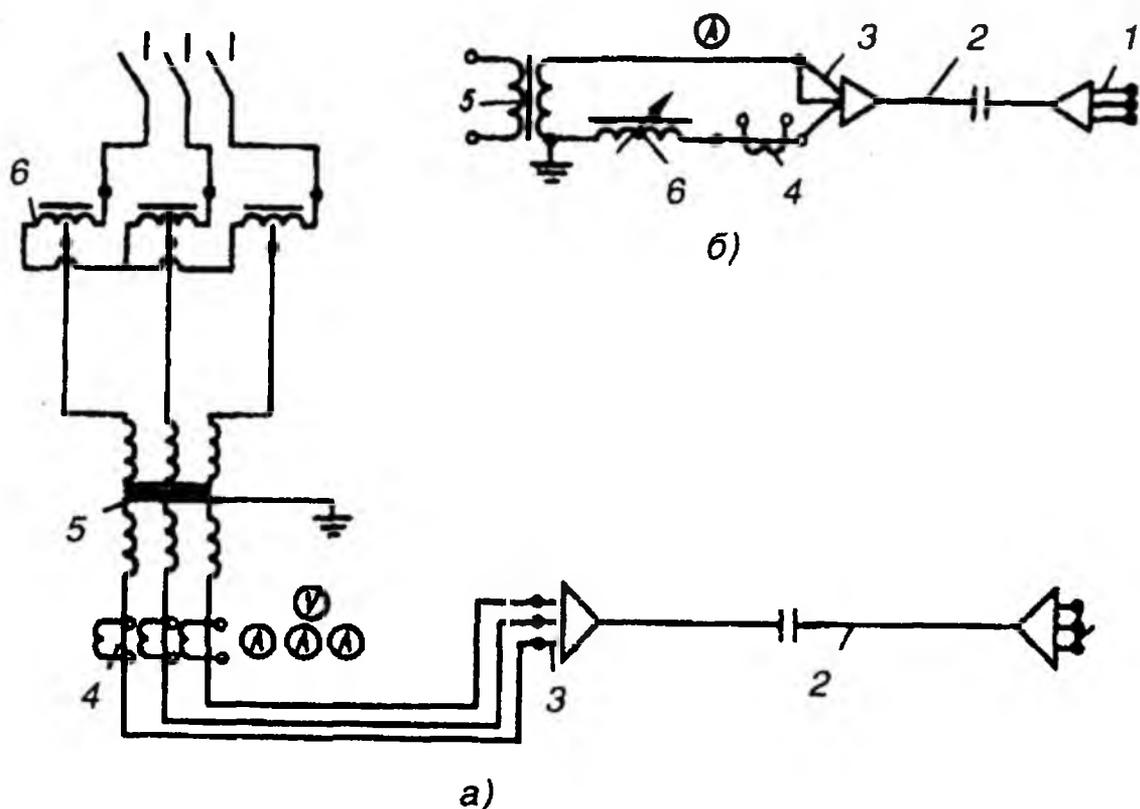


Рис. 7.18. Схемы прогрева кабелей:

а — трехфазным током; б — однофазным сварочным трансформатором; 1 — токопроводящие жилы внутреннего конца кабеля; 2 — прогреваемый кабель; 3 — токопроводящие жилы наружного конца кабеля; 4 — трансформатор тока; 5 — трансформатор; 6 — регулируемый трансформатор

локнистых материалов выполняют защиту алюминиевых оболочек кабелей от почвенной коррозии покрытием (обмазкой) битумным составом МБ-70/60, разогретым до  $130^{\circ}\text{C}$ , и последующим нанесением на поврежденное место двух слоев липкой поливинилхлоридной ленты с 50 %-ным перекрытием, а поверх нее — слоя смоляной ленты и покрытия асфальтовым лаком.

Поврежденный наружный покров пластмассового шланга ремонтируют сваркой в струе горячего воздуха (присадкой служит поливинилхлоридный пруток диаметром 4—6 мм). При скрытой прокладке ремонт поврежденного места на шланге можно производить подмоткой не менее двух слоев липкой поливинилхлоридной ленты с 50 %-ным перекрытием и с промазкой каждого слоя поливинилхлоридным лаком.

#### § 34. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗДЕЛКИ КОНЦОВ КАБЕЛЕЙ

Разделку концов кабелей производят до монтажа муфт и заделок. Она заключается в последовательном ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки, экрана

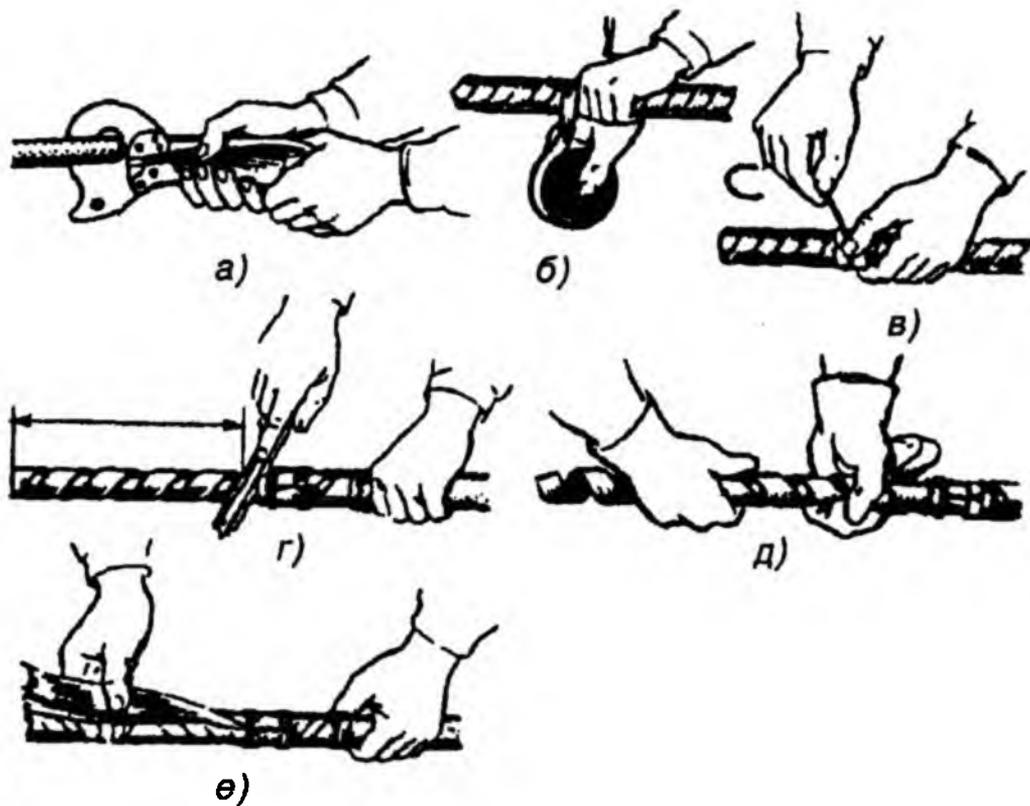


Рис. 7.19. Технология резки концов кабелей, наложения бандажей и удаления покровов:

*а* — резка конца кабеля ножницами НС; *б* — подмотка из смоляной ленты; *в* — наложение проволочного бандажа; *г* — надрезание брони; *д, е* — удаление брони, пражки, подушки и кабельной бумаги

и изоляции кабеля. Размеры разделки определяют по технической документации в зависимости от конструкции кабеля и монтируемой на нем муфты (заделки), напряжения кабеля и сечения его жил.

Приступая к разделке конца кабеля, проверяют отсутствие влаги в бумажной изоляции и жилах. При необходимости удаляют имеющуюся влажную изоляцию, лишнюю длину концов, участки под герметизирующими колпачками и концевыми кабельными захватами, а также проходящие через щеки барабанов. Дефектные места кабеля отрезают секторными ножницами НС (рис. 7.19, *а*).

Разделку кабеля начинают с определения мест установки бандажей, которые рассчитывают по формуле:  $A = B + O + П + И + Г$ . На конце кабеля отмеряют расстояние *A* (рис. 7.20, *а*) и распрямляют этот участок. Далее подматывают смоляную ленту (см. рис. 7.19, *б*) и накладывают бандаж (см. рис. 7.19, *в*) из двух-трех вариантов стальной оцинкованной проволоки вручную или с помощью специального приспособления (клетневки). Концы проволоки захватывают плоскогубцами, скручивают и пригибают вдоль кабеля.

Наружный кабельный покров разматывают до установленного

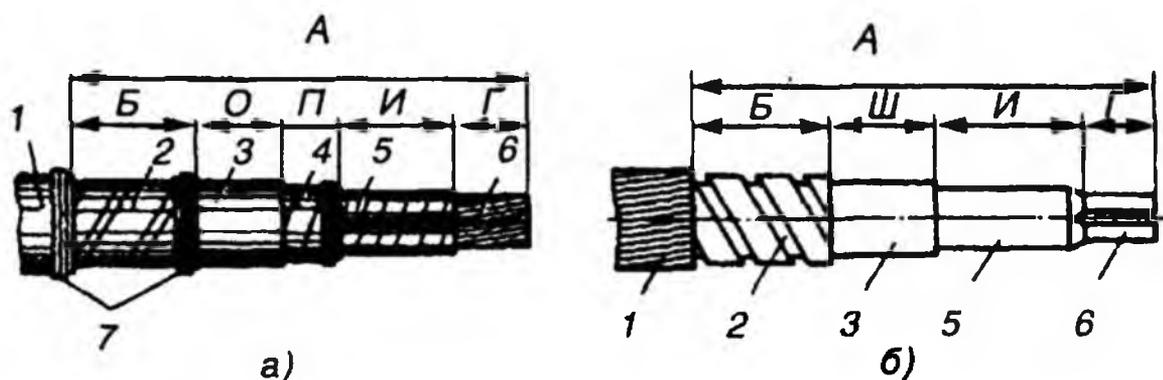


Рис. 7.20. Разделка концов трехжильного кабеля:

*a* — с поясной бумажной изоляцией; *б* — с пластмассовой изоляцией; 1 — наружный покров; 2 — броня; 3 — оболочка; 4 — поясная изоляция; 5 — изоляция жилы; 6 — жила кабеля; 7 — бандаж; А, Б, И, О, П, Г и Ш — размеры разделки

бандажа и не срезают, а оставляют его для защиты ступени брони от коррозии после монтажа муфты.

На броню кабеля на расстоянии *Б* (50—70 мм) от первого проволочного бандажа накладывают второй бандаж. При монтаже чугунных соединительных и ответвительных муфт и концевых заделок в стальных воронках участки брони используют для уплотнения их горловин, поэтому размер *Б* увеличивают до 100—160 мм. По внешней кромке второго бандажа бронерезкой или ножовкой надрезают верхнюю и нижнюю ленты брони (не более половины их толщины), затем броню разматывают (см. рис. 7.19, *г, д*), обламывают и снимают.

Далее удаляют подушку (см. рис. 7.19, *е*). Для этого кабельную бумагу и битумный состав подогревают огнем пропановой горелки или паяльной лампы. Оболочку кабеля очищают салфеткой, смоченной в подогретом до 35—40° С трансформаторном масле.

Для удаления оболочки на расстоянии 50—70 мм от среза брони делают кольцевые надрезы. В чугунных муфтах и концевых стальных воронках участки оболочки используют только для присоединения заземляющего проводника, поэтому указанное расстояние уменьшают до 20—25 мм (рис. 7.20, *а*).

При разметке свинцовых оболочек (рис. 7.21, *а*) кольцевые надрезы на половину глубины выполняют монтерским (рис. 7.21, *б*) или специальным ножом с ограничителем глубины резания (рис. 7.21, *в*). От второго кольцевого надреза на расстоянии 10 мм один от другого (рис. 7.21, *д, е*) полоску оболочки между двумя надрезами захватывают плоскогубцами и удаляют (рис. 7.21, *и*). Оставшуюся часть оболочки раздвигают (рис. 7.21, *к*) и отламывают у второго кольцевого надреза. Между первым и вторым кольцевыми надрезами оболочка временно остается. Она предохраняет изоляцию от повреждения при изгибе жил.

У кабелей с алюминиевой оболочкой надрезы выполняют сталь-

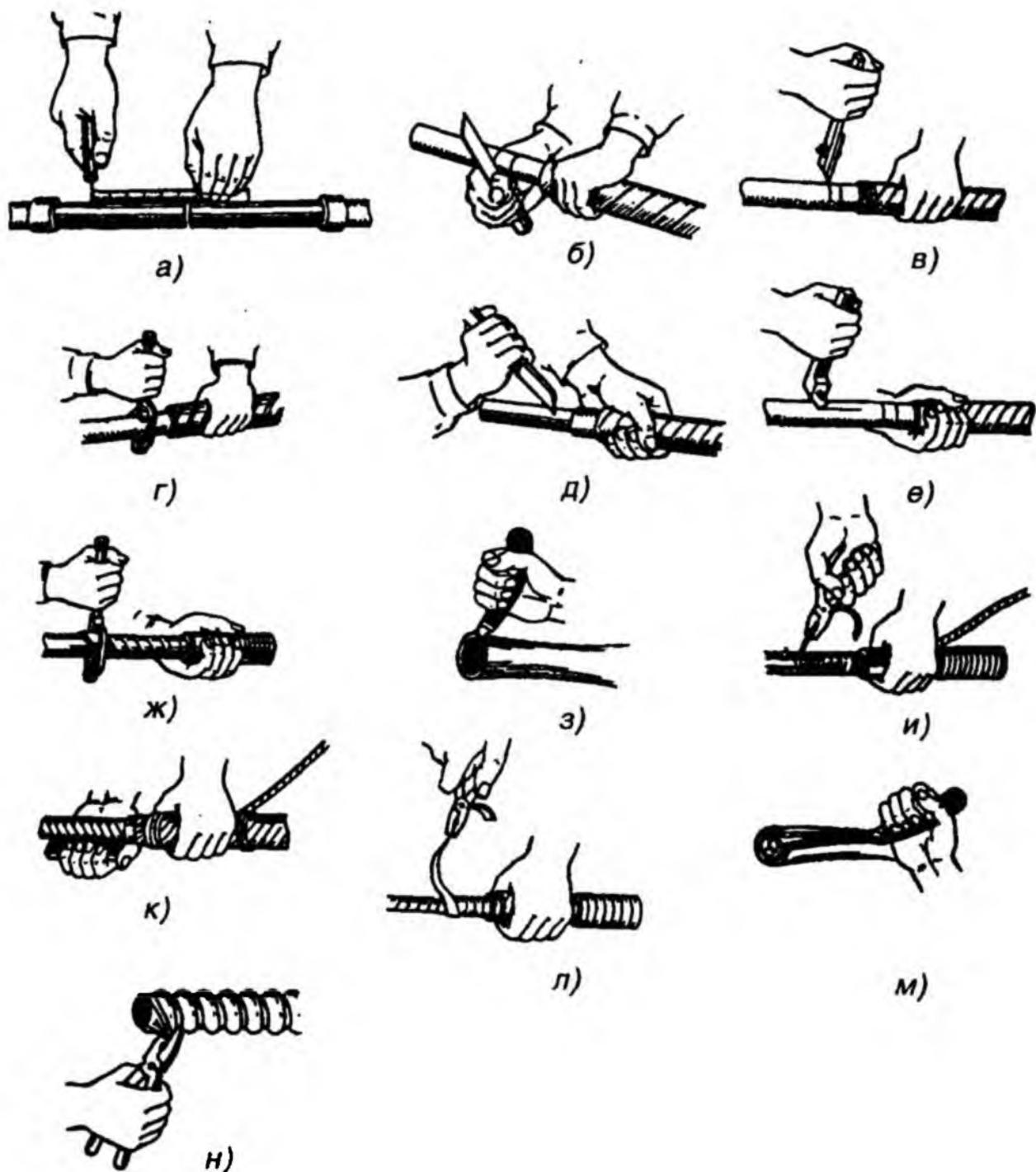


Рис. 7.21. Операции по удалению оболочек кабеля:

*a* — разметка; *б, в* — круговые надрезы свинцовой оболочки; *г* — круговые надрезы алюминиевой оболочки; *д, е* — продольные надрезы свинцовых оболочек; *ж* — надрез алюминиевой оболочки по винтовой линии; *з, м* — надрезы пластмассовых оболочек; *и, к* — снятие свинцовых оболочек; *л* — снятие алюминиевых оболочек; *н* — удаление гофрированной алюминиевой оболочки

ным ножом НКА-1М с режущим диском (рис. 7.21, *з*). От второго кольцевого надреза делают винтовой надрез (рис. 7.21, *ж*). Удаление гофрированной алюминиевой оболочки производят после ее надрезания на расстоянии 10—15 мм у выступа гофр. Далее жилы кабеля освобождают от поясной изоляции и постепенно выгибают

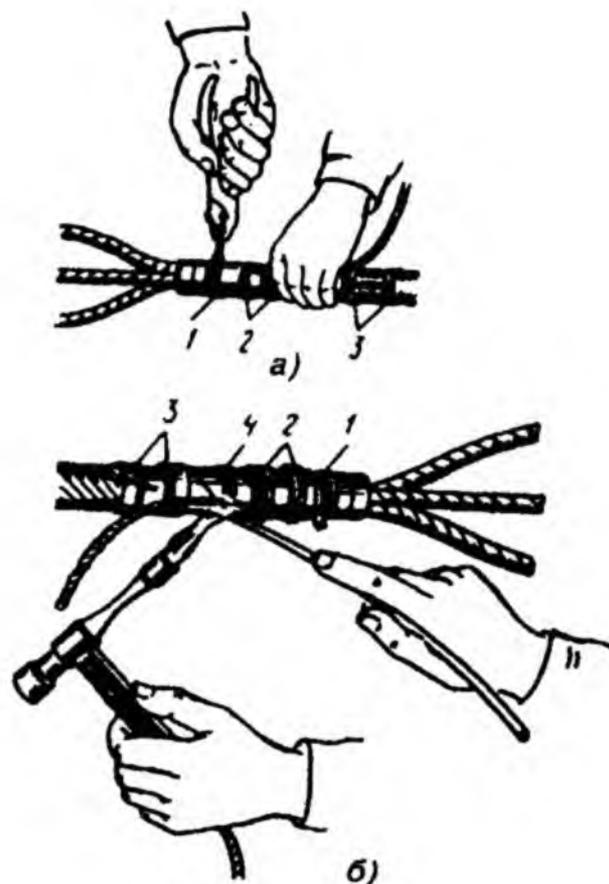


Рис. 7.22. Прикрепление проволочными бандажами проводника заземления к металлической оболочке (а) и припайка к ней (б):

1, 3 — бандаж у торцов оболочки и наружного покрова; 2, 4 — бандаж для припайки проводника заземления

по шаблону. Затем готовят место для присоединения заземления (рис. 7.22, а, б).

Для присоединения жил кабелей к контактным выводам электротехнических устройств их оконцовывают наконечниками, закрепляемыми на жилах опрессованием, сваркой или пайкой. Оконцевание однопроволочных жил кроме того может быть выполнено формированием наконечника из конца жилы. Соединение жил кабелей в муфтах выполняют в соединительных и ответвительных гильзах опрессованием, сваркой или пайкой.

Технология соединения алюминиевых жил опрессованием показана на рис. 7.23, а — з.

Концы алюминиевых секторных жил перед опрессованием скругляют: многопроволочные — универсальными плоскогубцами, однопроволочные и комбинированные — специальным инструментом ИСК или КС, а также инструментом, входящим в набор НИСО.

При опрессовании наконечник или гильзу надевают на жилу (жила должна входить в трубчатую часть наконечника до упора, а в гильзе торцы жил должны упираться друг в друга в середине ее),

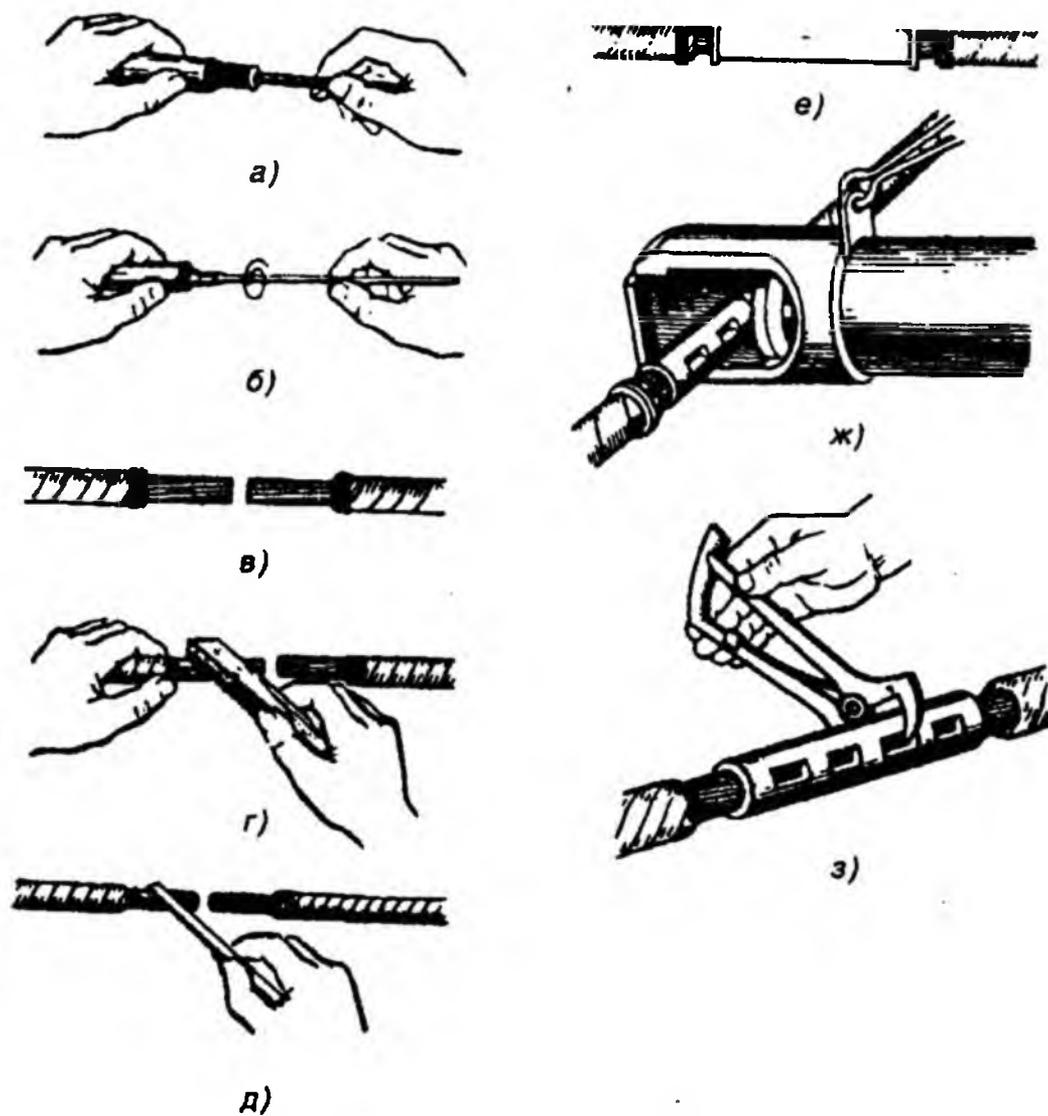


Рис. 7.23. Технология соединения алюминиевых жил опрессованием:

*a* — зачистка внутренней поверхности гильзы; *b* — смазка внутренней поверхности гильзы; *в* — концы жил со снятой изоляцией; *г* — зачистка концов жил; *д* — смазка жил кварцевовазелиновой пастой; *e* — надевание гильзы на жилы; *ж* — опрессование жилы; *з* — измерение остаточной толщины в месте опрессования

устанавливают в механизм для опрессования, предварительно отводя пуансон.

Операции соединения и ответвления непосредственным сплавлением припоем обработанных концов жил показаны на рис. 7.24, *a*. В формы (гильзы) 2 жилы 1 вводят так, чтобы их стык находился в середине формы (для жил со срезанными под углом  $55^\circ$  концами зазор между торцами оставляют около 2 мм). Разъемные формы скрепляют бандажами или замками, а зазоры между жилой и формой уплотняют асбестовым шнуром 7. Для более полной заливки припоем формы располагают в горизонтальном положении, на жилы надевают защитные экраны 5. При соединении жил сечением  $120\text{--}240\text{ мм}^2$  дополнительно устанавливают охладители.

Форму (гильзу) нагревают пламенем горелки 3. Одновременно вводят в пламя палочку припоя 4, расплав б которого перемешивают

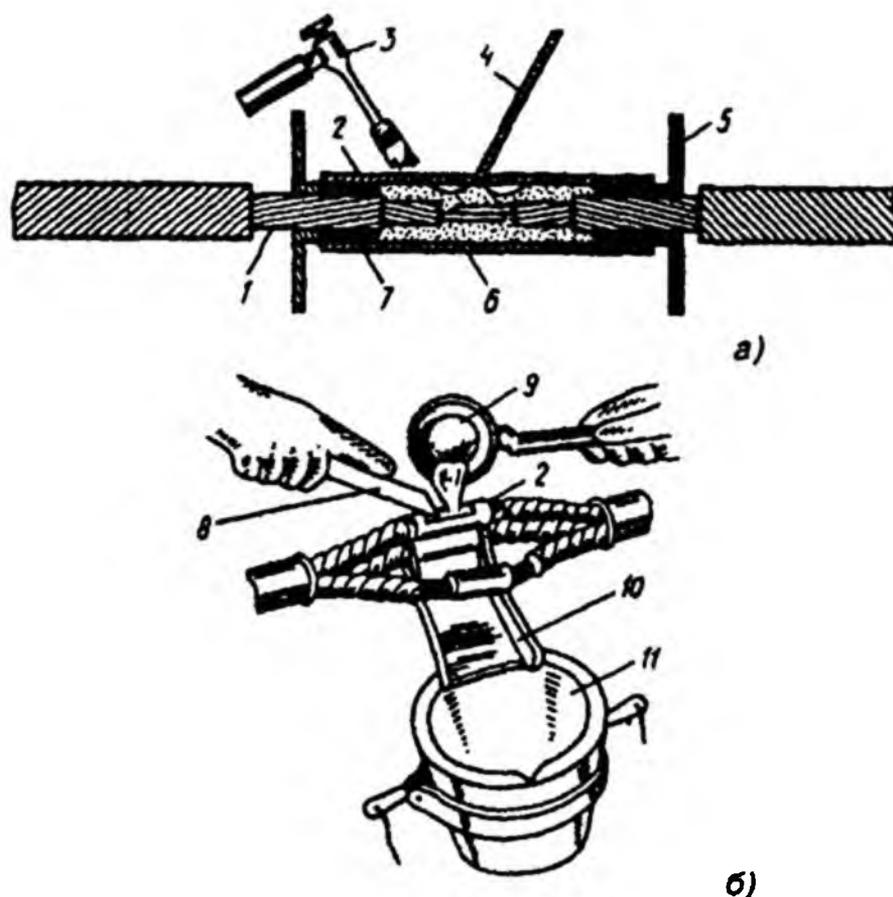


Рис. 7.24. Технология соединения многопроволочных алюминиевых жил пайкой:  
*а* — сплавление припоем; *б* — способом полива

мешалкой *8* до полного заполнения формы и удаления шлаков. После этого нагрев прекращают. Легким постукиванием по форме уплотняют припой.

Тигель *11* (рис. 7.24, *б*), при пайке поливом из ковшика *9* предварительно расплавленным припоем, устанавливают на некотором расстоянии, чтобы исключить дополнительный нагрев изоляции жил. Между тигелем и местом пайки размещают лоток *10*, по которому будут стекать излишки (лоток не должен касаться изоляции жил).

Технология изолирования мест соединения и оконцевания жил кабелей бумажными роликами и рулонами показана на рис. 7.25, *а* — *е*. После соединения жил бумажную изоляцию промывают разогретым до  $120\text{--}130^\circ\text{C}$  пропиточным составом. Затем снимают с изоляции жил верхние расцветочные ленты: изоляцию разделяют ступенями на участке длиной 16 мм — для кабелей напряжением 6 кВ и 24 мм — для кабелей на 10 кВ. Ширина каждой ступени составляет 8 мм, на каждой ступени обрывают восемь лент бумажной изоляции.

Далее изоляцию кабеля повторно промывают разогретым до  $120\text{--}130^\circ\text{C}$  пропиточным составом.

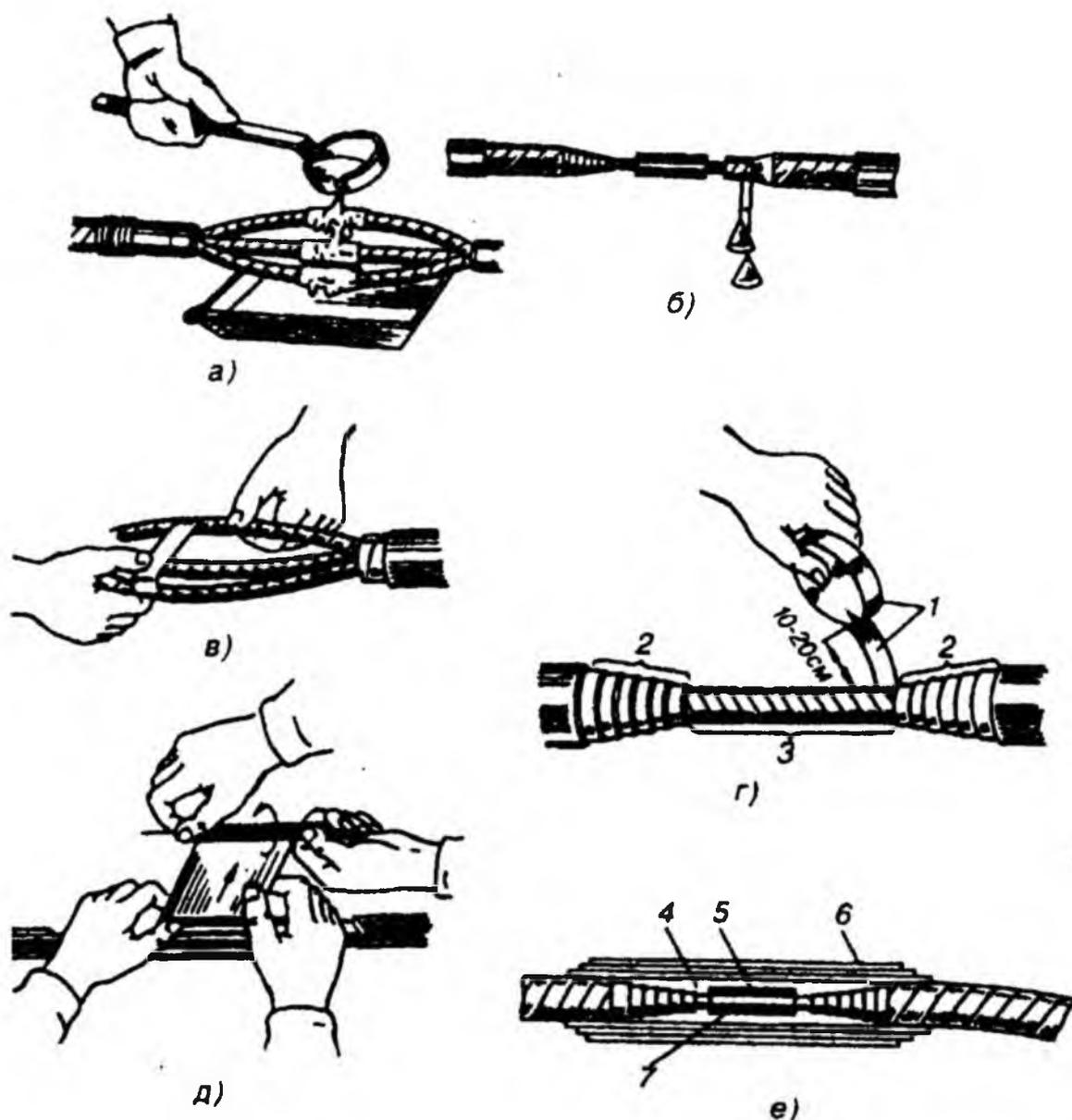


Рис. 7.25. Технология изолирования мест соединения кабеля и оконцевания:

*a* — промывание гильз и бумажной изоляции разогретым составом МП; *б* — ступенчатая разделка бумажной изоляции в месте соединения жил; *в* — положение ролика и ленты при намотке; *г* — положение ролика и ленты в начале намотки второго слоя; *д* — наложение рулонной подмотки; *е* — комбинированная изоляция, выполненная бумажными роликами и рулонами; *1* — положение ролика и ленты при повороте; *2* — ступени разделки заводской изоляции жил; *3* — слой подмотанной изоляции; *4, 5* — подмотка бумажными роликами с шириной ленты соответственно 5 и 10 мм; *6* — подмотка бумажными роликами; *7* — соединительная гильза

Восстановление изоляции оголенных участков жил выполняют роликами шириной 5 мм (подмотку делают до внешней поверхности соединительной гильзы или заводской изоляции в зависимости от того, что имеет меньший диаметр). Дальнейшее изолирование осуществляют роликами шириной 10 мм. Периодически в процессе подмотки изолируемые жилы пропаривают разогретым до 120—130° С пропиточным составом МП. Дальнейшее изолирование выполняют цилиндрическими рулонами шириной до 300 мм в зависимости от марки муфты.

### § 35. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ НА КАБЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Кабели напряжением до 10 кВ соединяют чугунными (до 1 кВ), эпоксидными (до 1 и 6—10 кВ) и свинцовыми (6—10 кВ) муфтами. Чугунные соединительные муфты СЧ (рис. 7.26) состоят из нижней 1 и верхней 2 половин корпуса. Фарфоровые распорки 7 обеспечивают необходимые изоляционные расстояния между жилами кабеля и соединительными гильзами 10. Кабельный состав 12 служит основной изоляцией в муфтах. Подмотку 3 из смоляной ленты делают на участках кабеля длиной 100 мм в местах соприкосновения горловины муфты с кабелем.

В нижнюю половину корпуса муфты симметрично стенкам укладывают разделку и заполняют паз уплотнителем 11.

К контактным площадкам нижней половины муфты болтами 8 присоединяют провод заземления 9. На нижнюю часть корпуса накладывают верхнюю часть и соединяют болтами 6, затягивая их равномерно. Огнем газовой горелки подогревают корпус муфты до 50—60° С и в три-четыре приема заливают ее битумным составом. При первом заполнении покрывают составом всю поверхность разделки кабеля в муфте, после усадки ее заполняют до верха, а затем окончательно доливают 1—2 раза. После остывания битумного состава заливочное отверстие 5 закрывают крышкой 4, предварительно уложив в канавку прокладку из резины или пенки. Болты и швы муфты покрывают антикоррозийным составом.

Технология монтажа соединительных эпоксидных муфт состоит из нескольких последовательно выполняемых операций.

Подготовленные полумуфты покрывают чистым материалом. На

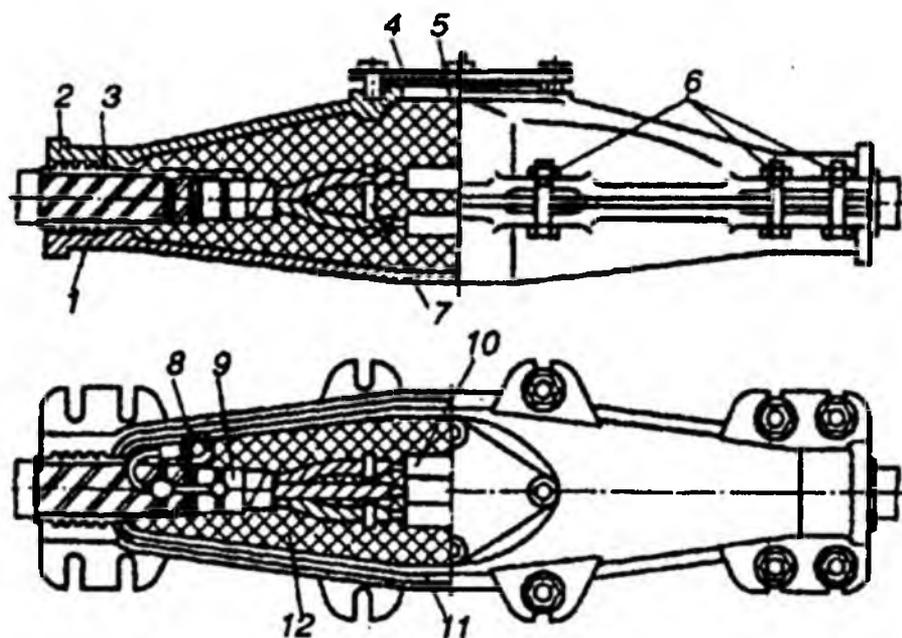
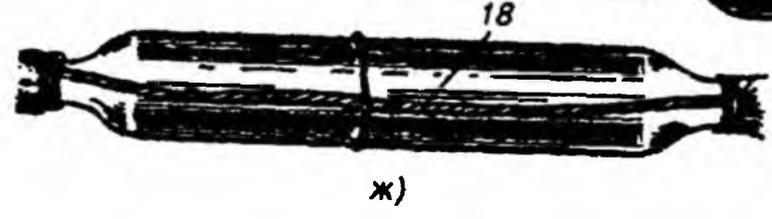
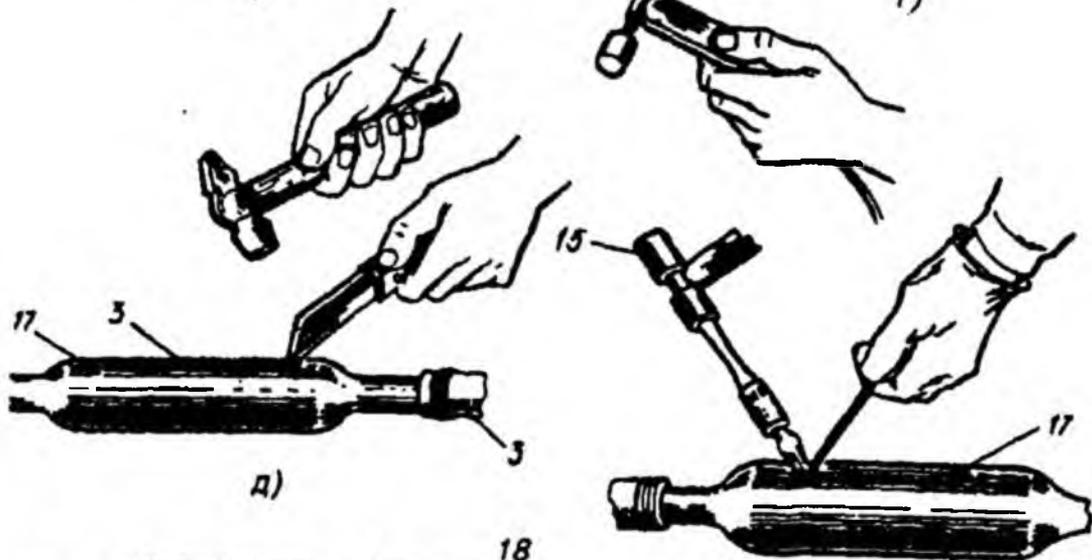
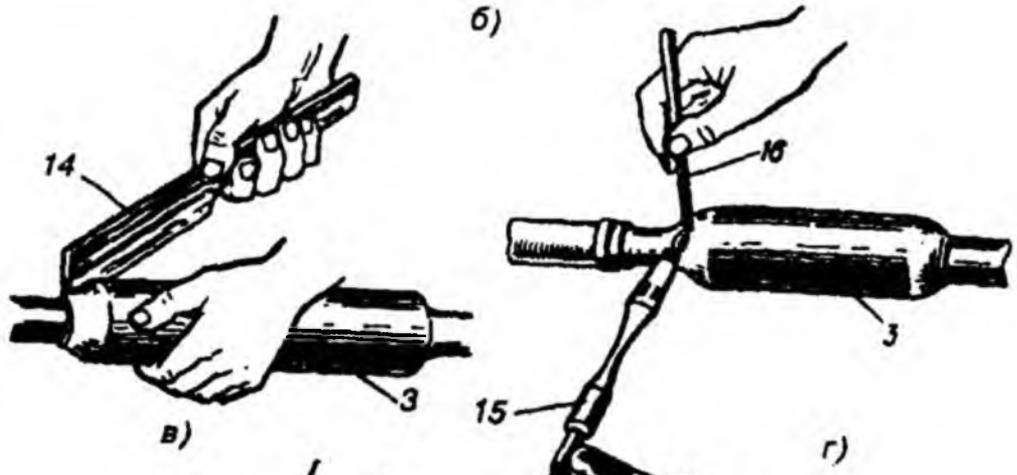
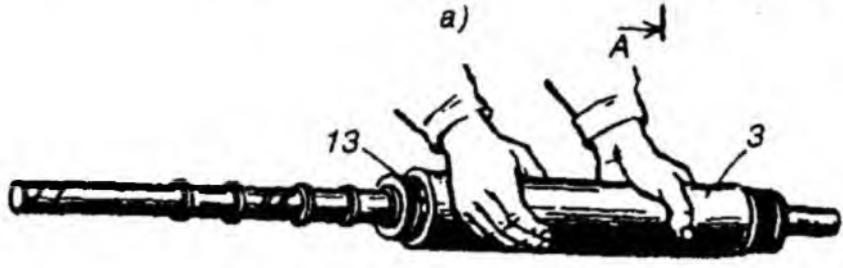
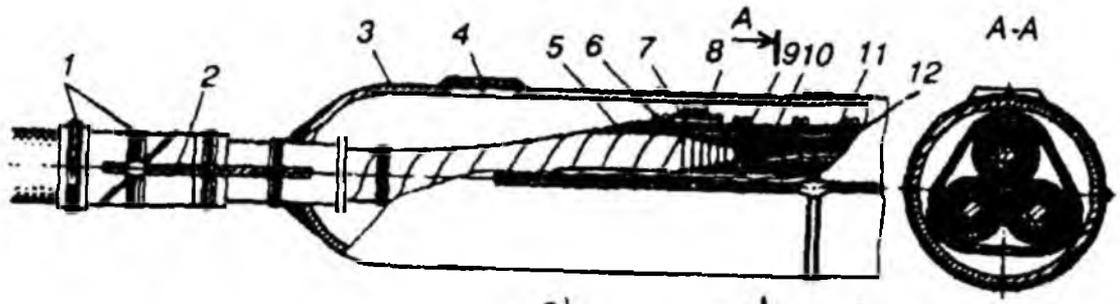


Рис. 7.26. Соединительная муфта СЧ



концы кабелей надевают резиновые уплотнительные кольца, в которых на предприятии-изготовителе выполняют кольцевые надрезы, позволяющие увеличивать внутренний диаметр кольца удалением лишней части. После этого монтируют соединительные гильзы, устанавливают эпоксидные распорные звездочки в местах перехода с криволинейной части жилы на прямолинейную и закрепляют их бандажом из сухих и чистых ниток.

Оболочку до резинового уплотнительного кольца зачищают щеткой и обезжиривают бензином. Поливинилхлоридный шланг небронированного кабеля ААШв обрабатывают плоским драчевым напильником на длине 20 мм от среза шланга и покрывают клеем ПЭД-Б. Резиновые уплотнительные кольца сдвигают так, чтобы они находились на расстоянии 10 мм от среза оболочки, и зажимают хомутом.

На ступени брони до диаметра, равного внутреннему размеру горловины муфты, выполняют кольцевую подмотку поливинилхлоридной лентой шириной 20 мм.

Обе половины муфты сдвигают на место и окончательно устанавливают в рабочее положение. Для предохранения от вытекания при заливке компаунда в местах ввода кабелей в муфтах делают дополнительную подмотку из поливинилхлоридной ленты с заходом 30 мм на наружную поверхность полумуфт. Щели между полумуфтами в месте их стыкования уплотняют герметиком УС-65.

Провода заземления соединяют опрессованием. На место соединения проводов накладывают трехслойную подмотку из поливинилхлоридной ленты с заходом на изоляцию (трубку). Провод заземления укладывают вдоль корпуса муфты и закрепляют бандажом.

Эпоксидный компаунд заливают в корпус муфты непрерывной струей шириной 10—15 мм по лотку с переходом струи на стенку корпуса.

Компаунд заливают в два приема: сначала — на 2/3 объема корпуса, затем, — через 10 мин после первой заливки, — до полного заполнения литника. По мере усадки муфту доливают.

Технология монтажа *свинцовой муфты* показана на рис. 7.27, а — ж. На один конец разделанного кабеля, закрытого салфеткой

Рис. 7.27. Технология монтажа соединительной свинцовой муфты:

а — свинцовая муфта; б — надевание свинцовой трубы; в — обколачивание торцов корпуса; г — припаивание горловины корпуса к оболочке кабеля; д — прорубание заливочных отверстий; е — запаивание заливочных отверстий; ж — заземление муфты; 1, 11 — провололочные бандажы; 2 — провод заземления; 3 — корпус муфты; 4 — заливочное отверстие; 5 — подмотка рулонами; 6, 8 — бандажы из кабельной пряжи; 7, 9, 10 — подмотка роликами с лентой шириной соответственно 25, 10 и 5 мм; 12 — гильза; 13 — салфетка; 14 — валец; 15 — горелка; 16 — пруток припоя; 17 — заливочное отверстие; 18 — провод заземления

13, надвигают свинцовую трубу 3 так, чтобы ее концы были за границами разделки. После изолирования мест соединения жил на них по центру муфты наматывают общий бандаж из бумажной ленты. Далее удаляют кольцевые пояски оболочек, закрепляя поясную изоляцию, обрабатывают торцы металлических оболочек и отгибают их края. Места соединения промывают прощпарочным составом.

На место соединения жил надвигают корпус муфты. Концам трубы с помощью валика 14 придают сферическую форму (рис. 7.27, в). Обколачивание производят до плотного соприкосновения трубы с оболочкой кабеля. Затем тщательно готовят поверхность пайки шеек и оболочки кабеля. Алюминиевую оболочку лудят вначале припоем А, а затем оловянно-свинцовым. Места пайки после обработки слегка подогревают горелкой 15 и протирают салфеткой, пропитанной стеарином. В месте среза брони на конце кабеля подматывают шнуровой асбест, предотвращая вытекание пропитывающего состава защитных покровов. Пламенем газовой горелки нагревают место пайки и прутки припоя 16. Пайку выполняют возможно быстрее, затрачивая не более 3—4 мин на один конец муфты (рис. 7.27, г). Для охлаждения и очищения места пайки горловины муфты покрывают стеарином.

В верхней части муфты вырубают заливочные отверстия 17 треугольной формы со сторонами 25—30 мм (рис. 7.27, д) в виде отогнутого вверх «язычка». Перед заливкой в муфту небольшое количество кабельного состава сливают через носик ведра для очистки последнего от сора и пыли. Муфту подогревают до 50—60° С и заливают в три-четыре приема в одно из заливочных отверстий до тех пор, пока при вытекании из другого отверстия не прекратится выделение пены и пузырьков воздуха. По мере усадки и охлаждения муфту доливают (при этом заливочные отверстия закрывают чистой и сухой салфеткой). Затем заливочные отверстия плотно закрывают «язычками» и запаивают (рис. 7.27, е).

Свинцовую муфту заземляют (рис. 7.27, ж), для чего провод заземления 18 припаивают к бронелентам обоих кабелей и середине ее корпуса.

### **§ 36. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНЦЕВЫХ МУФТ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ НА КАБЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ**

При наружной прокладке кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией применяют муфты: металлические концевые КНА (с алюминиевым корпусом), КНЧ (с чугунным корпусом) и

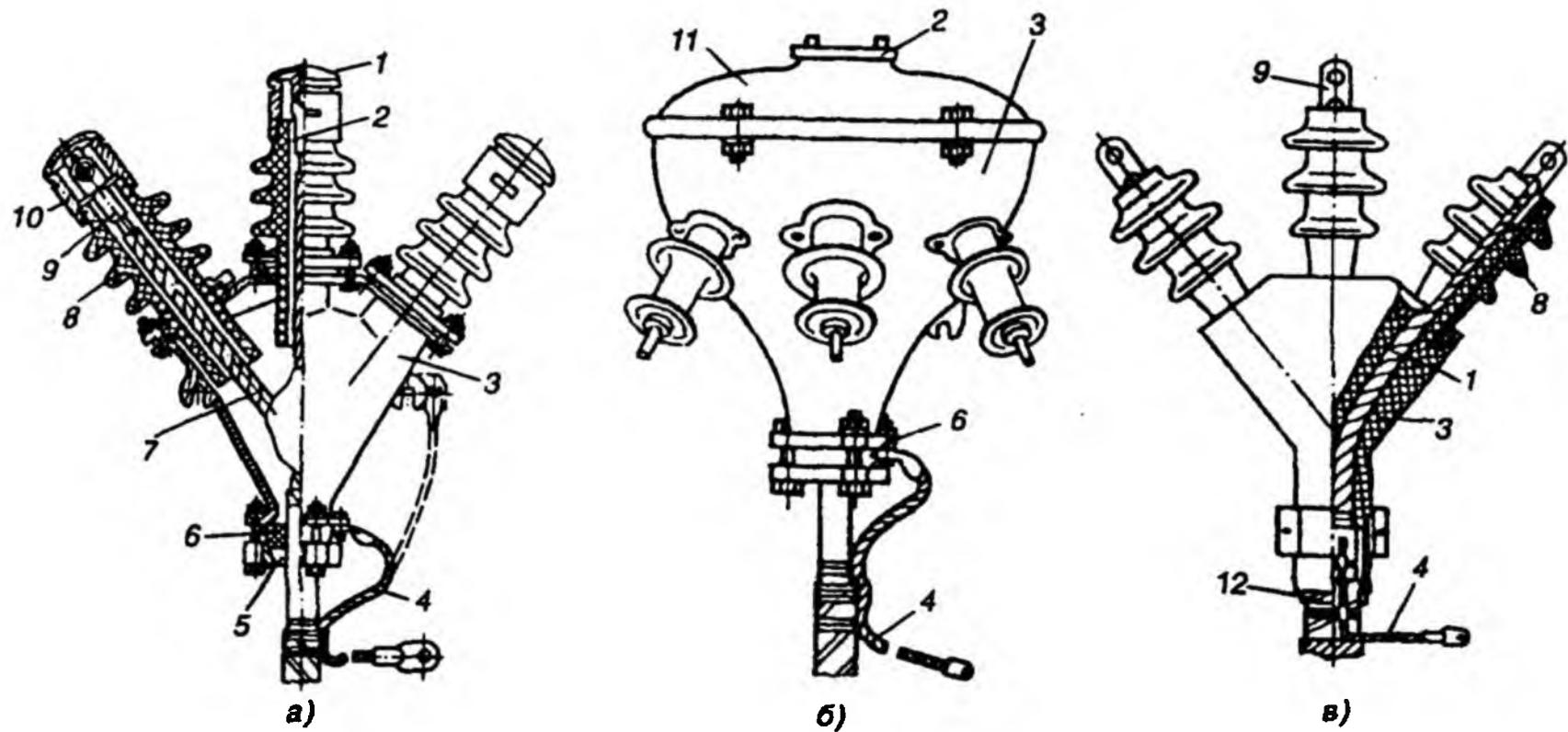


Рис. 7.28. Концевые муфты наружной установки для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией:  
*a* — КНА; *б* — КМА; *в* — КНЭ

КНСт (со стальным корпусом); мачтовые типов КМА и КМЧ; концевые эпоксидные типа КНЭ.

*Металлические концевые муфты* наружной установки 6 и 10 кВ состоят (рис. 7.28, а) из корпуса 3, к верхним фланцам которого с помощью полуколец крепят фарфоровые изоляторы 8, а к нижнему фланцу — корпус сальника 5, уплотненный на оболочке кабеля резиновым кольцом 6. Изоляторы в верхней части герметично армируют контактными головками 10, закрытыми медными колпачками 1.

Жилы кабеля 7 с напаянными наконечниками 9 присоединяют к контактными шинам головок изоляторов. Заземление муфты осуществляют медным гибким проводом 4.

Технология монтажа концевых металлических муфт включает много одинаковых операций. В сальнике 6 муфты, имеющей концентрические прорези, после разделки кабеля ножом вырезают отверстие, соответствующее диаметру кабеля. На кабель надевают корпус сальника и резиновое кольцо и сдвигают их на броню кабеля. В процессе оконцевания жил следят за тем, чтобы наружные контактные части наконечников 9 были направлены в сторону контактных шин.

Пламенем паяльной лампы или газовой горелки разогревают корпус муфты до 50—60° С. Полости изоляторов и внутренние поверхности корпуса пропаривают разогретым до 140—150° С пропиточным составом. Жилы кабеля разводят так, чтобы они соответствовали отверстиям корпуса муфты. Осторожно сгибая крайние жилы, надвигают корпус, пока средняя жила не выйдет из него на 280 мм.

Изоляторы надевают на крайние жилы, наконечники жил прижимают к контактными шинам и затягивают болтами. На изоляторы надевают полукольца и закрепляют их в корпусе муфты болтами. Резиновое кольцо 6 поднимают и устанавливают в пазу корпуса муфты, после этого устанавливают корпус 5 сальника и крепят его к корпусу муфты, равномерно затягивая болты.

Пламенем газовой горелки или паяльной лампы прогревают корпус муфты до 50—60° С и заполняют его заливочным составом через отверстие среднего изолятора.

Затем устанавливают средний изолятор, доливают заливочный состав до вытекания его из головок крайних изоляторов. Нижние части головок и наружные части контактных шин крайних изоляторов обертывают салфетками, смоченными водой, и припаивают колпачки 1. Средний изолятор доливают разогретым заливочным составом до наконечника 9. После остывания муфты до 50—60° С средний изолятор доливают до верха и на его головку напаяют колпачок.

При установке муфты в проектное положение избегают растягивающих усилий между кабелем и муфтой.

В муфтах КМА 6 и 10 кВ (рис. 7.28, б) уплотнение места ввода кабеля обеспечивают сальником 5. Кабельный состав заливают в корпус 3 муфты через отверстие 2 в верхней части крышки 11. Для заземления муфты используют медный многопроволочный проводник 4.

Технология монтажа муфт КМА отличается от монтажа муфт КНА (КНЧ) тем, что после присоединения наконечников жил к контактными стержням (средняя жила должна быть на 8—12 мм короче крайних) заливочный состав не достигает уровня заливочного отверстия. В зависимости от температуры окружающей среды зазор 30—40 мм выполняет роль компенсатора при изменении объема заливочного состава.

В трехфазных муфтах 6 и 10 кВ для соединения корпуса с оболочкой кабеля вместо сальника применяют свинцовую манжету.

Концевые эпоксидные муфты наружной установки 6 и 10 кВ типа КНЭ предназначены для оконцевания кабелей сечением жил до 240 мм<sup>2</sup> при присоединении к открыто установленному оборудованию или воздушной линии.

Муфта КНЭ (рис. 7.28, в) состоит из отлитого на заводе эпоксидного корпуса 3 и трех эпоксидных проходных изоляторов 8 для вывода жил 7 кабеля. На месте монтажа муфту надевают на разделанный конец кабеля и заполняют эпоксидным компаундом.

При разделке жилы кабеля разводят и выгибают так, чтобы они находились в одной плоскости, причем крайние жилы выгибают под одинаковыми углами, равными 38°.

Место ввода кабеля в муфту уплотняют эпоксидной втулкой и подмоткой ленты 12. При этом конец провода заземления 4, оконцованный наконечником, выводят наружу.

Технология монтажа *эластомерных муфт* для кабелей напряжением до 10 кВ с пластмассовой изоляцией несколько отличается от монтажа муфт КНЭ. Приступая к монтажу муфты типа ПКНР, ее детали (конус и «юбки») тщательно очищают внутри и обезжиривают салфеткой, смоченной в бензине. На разделку кабеля, тщательно промазанную кремнийорганической пастой КПД (с помощью салфетки), надвигают конус, положение которого фиксируют имеющимися внутри него выступами, а также все «юбки». Каждую последующую «юбку» надевают на предыдущую до упора (при надевании «юбки» поворачивают вокруг кабеля). Зазор между верхней «юбкой» и цилиндрической частью наконечника уплотняют подмоткой из пяти-семи слоев ленты ЛЭТСАР. Поверх этой подмотки надевают термоусаживаемую трубку и нагревают ее до полной усадки.

### § 37. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНЦЕВЫХ МУФТ И ЗАДЕЛОК ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ НА КАБЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

При монтаже внутри помещений кабелей напряжением до 10 кВ широко применяют концевые заделки и муфты: эпоксидные (с термоусаживаемыми поливинилхлоридными, найритовыми, кремнийорганическими и трехслойными трубками), сухие из самосклеивающихся лент, термоусаживаемые полиэтиленовые трубки, свинцовые, стальные воронки с битумным составом, полиуретановые.

Технология монтажа *концевых эпоксидных заделок* различных исполнений включает много общих операций, которые можно проследить на примере монтажа заделки КВЭт (рис. 7.29, а). Разделку конца кабеля выполняют обычным способом. Проводник заземления в месте пайки к оболочке и броне на длине 100 мм расплетают так, чтобы он имел минимальную толщину. По броне измеряют диаметр кабеля и по нему определяют нужный размер корпуса заделки. Пластмассовую форму концевой заделки надевают на разделку кабеля и сдвигают вниз. Тканью или чистой бумагой оборачивают жилы и внутреннюю поверхность пластмассовой формы, обезжиривают жилы кабеля бензином или ацетоном, подматывают вразбежку жилы поливинилхлоридной лентой для предохранения бумажной изоляции от разматывания, надевают на разведенные жилы крышку пластмассовой формы и сдвигают ее вниз.

Жилы кабеля оконцовывают наконечниками и лентой ЛЭТСАР восстанавливают изоляцию. По диаметру жил выбирают термоусаживаемые трубки. Их надевают на жилы. Верхний конец трубки должен заходить на всю цилиндрическую часть наконечника, нижний конец — входить в корпус концевой заделки не менее чем на 50 м.

Пламенем газовой горелки нагревают трубки, перемещая пламя с середины усаживаемого участка вверх, а затем вниз. Излишки трубки после остывания обрезают ножом на наконечниках, которые затем уплотняют подмоткой из ленты ЛЭТСАР с лаком КО-916. Нижние части термоусаживаемых трубок погружают в эпоксидный корпус и покрывают клеем ПЭД-Б. На ступени брони или шланга надвигают пластмассовую форму и укрепляют ее на месте подмоткой поливинилхлоридной ленты.

Нижние концы кремнийорганических трубок кабельных заделок КВЭК покрывают лаком КО-916 (рис. 7.29, б).

В сухих помещениях при разности уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля на трассе до 10 м включительно, применяют *концевые заделки* типа КВВ внутренней установ-

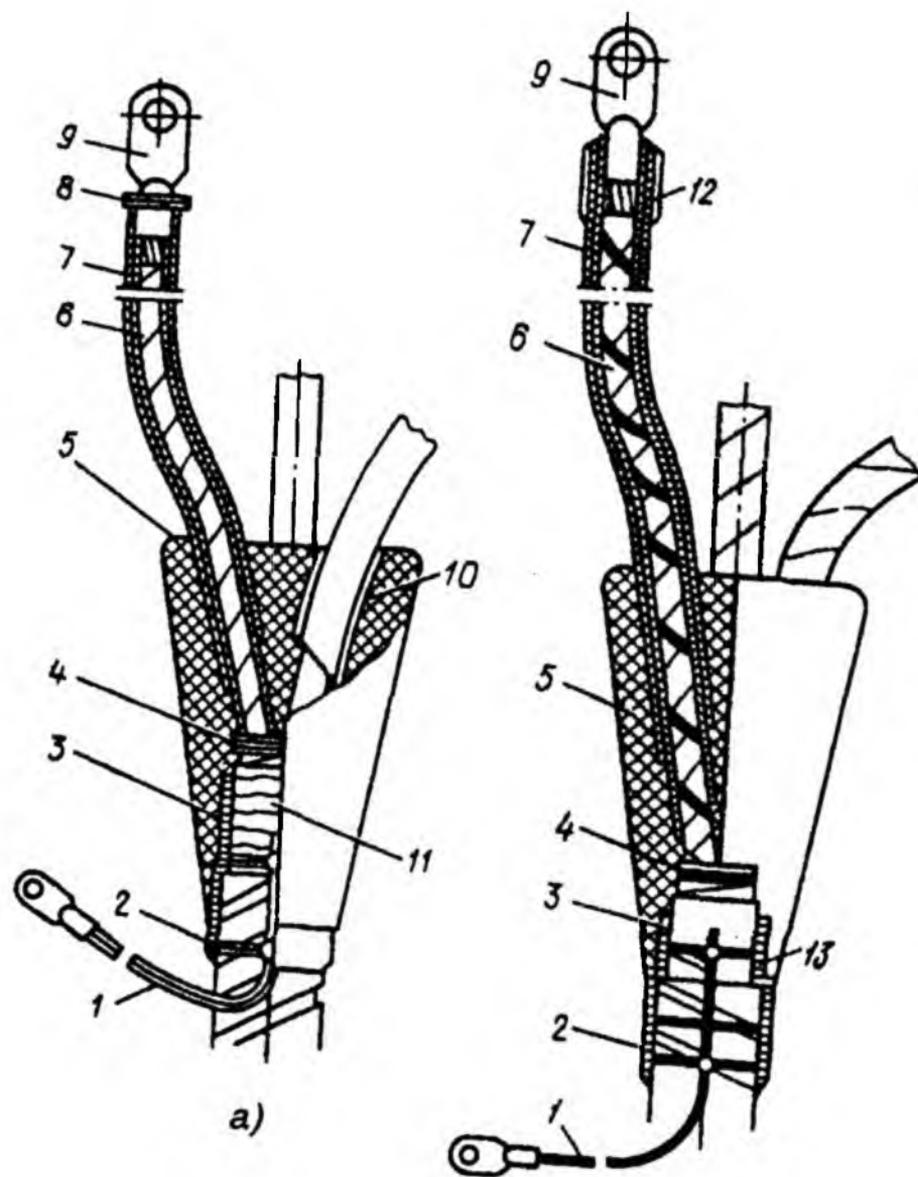


Рис. 7.29. Концевые эпоксидные заделки внутренней установки КВЭт (а) и КВЭк (б):

1 — привод заземления; 2, 4 — бандажи; 3 — подмотка из ленты ЛЭТСАР ЛПм; 5 — корпус; 6 — жила кабеля; 7 — трубка; 8 — хомут; 9 — наконечник; 10 — прослойка из лака КО-916; 11 — оболочка; 12 — подмотка из хлопчатобумажной ленты; 13 — поясная изоляция

ки из самосклеивающихся лент (рис. 7.30). Концевая заделка внутренней установки в резиновой перчатке показана на рис. 7.31.

Стальные воронки КВБо овальной и КВБк — круглой формы применяют в качестве концевых заделок внутренней установки на кабелях напряжением 6 и 10 кВ (рис. 7.32, а, б).

Перед монтажом стальные воронки тщательно протирают тряпкой, смоченной в бензине.

При монтаже концевой заделки на разделанный конец кабеля надевают стальную воронку 5, сдвигают ее вниз по кабелю и обматывают бумагой или тканью для предохранения от загрязнения. Заделку кабеля на 6 и 10 кВ пропаривают разогретым до 120—130° С составом МП. Жилы кабеля на расстоянии 50 мм от нижнего края

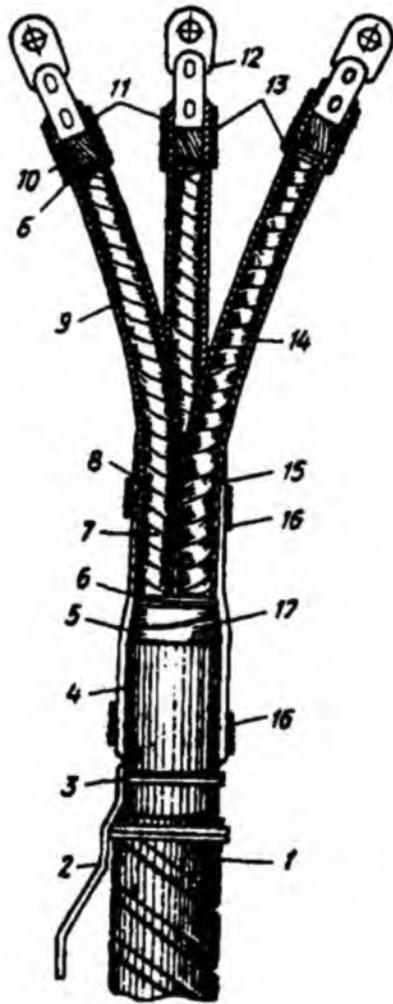


Рис. 7.30. Сухая концевая заделка кабеля полихлорвиниловой лентой типа КВВ:

1 — броня кабеля; 2 — заземляющий проводник; 3 — проволочный бандаж; 4 — свинцовая (или алюминиевая) оболочка кабеля; 5 — поясная заводская изоляция; 6 — бандаж из хлопчатобумажной пряжи; 7 — жила в заводской изоляции; 8 — оголенный участок жилы; 9 — полихлорвиниловая (стаканообразная) поясная изоляция; 10 — полихлорвиниловая подмотка по жиле; 11 — выравнивающая полихлорвиниловая подмотка; 12 — кабельный наконечник; 13 — бандажи из крученого шпагата; 14 — место наложения временного бандажа из ленты; 15 — лакпаста; 16 — выравнивающая конусная полихлорвиниловая подмотка; 17 — бандаж из крученого шпагата

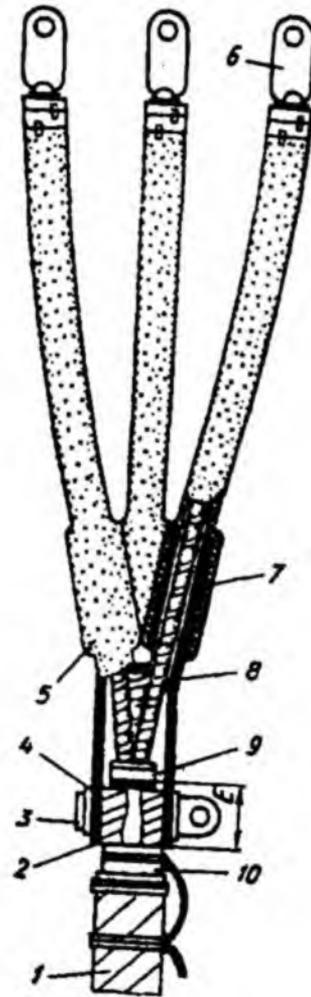


Рис. 7.31. Концевая заделка типа КВР в резиновой перчатке:

1 — броня; 2 — уплотнение маслостойкой резиновой лентой; 3 — хомут; 4 — подмотка прорезиненной лентой; 5 — перчатка; 6 — наконечник; 7 — резиновая трубка; 8 — жилы кабеля; 9 — поясная изоляция кабеля; 10 — оболочка

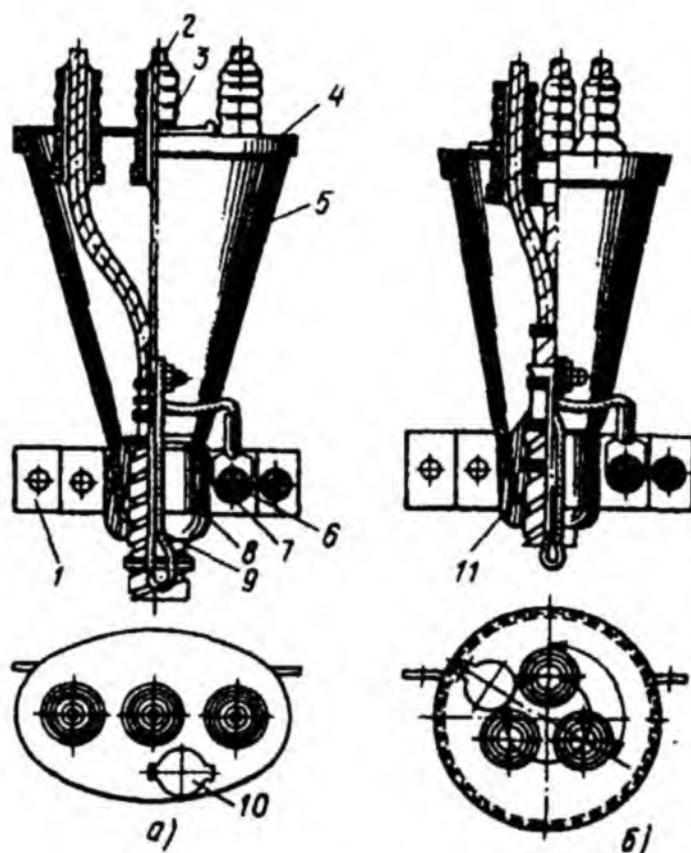


Рис. 7.32. Концевые заделки КВБо с овальной (а) и КВБк с круглой воронкой (б)

фарфоровых втулок 3 по направлению к концам жил 2 подматывают до свободных от изоляции участков лентами (в три-четыре слоя с 50 %-ным перекрытием).

Провод заземления 9 припаивают к оболочке и бронелентам кабеля, после этого удаляют оставшийся поясok оболочки над поясной изоляцией. Стальную воронку 5 надвигают на место для примерки, затем ее вновь опускают вниз по кабелю. На броне кабеля, где будет размещена воронка, выполняют подмотку 11 из смоляной ленты (в виде конуса). Затем воронку надевают на подмотку и на ее горловине закрепляют нижний 1 и верхний 8 полухомутики. Один конец провода заземления 9 присоединяют к болту б (гайкой 7) хомутика, а другой — к болту воронки.

В местах установки фарфоровых втулок 3 на жилы 2 кабеля делают конусную подмотку лентой для герметизирующих подмоток.

На конусные подмотки надвигают фарфоровые втулки и крышку 4 воронки. Оголенные участки жил кабеля после оконцевания изолируют. Воронку через отверстие 10 заливают битумной массой. Снаружи воронку с деталями и крепящими хомутами покрывают битумным покровным лаком БТ-577.

Для кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ применяют концевые заделки внутренней установки в термоусаживаемых полиэтиленовых перчатках ПКВтп. При отсутствии этих

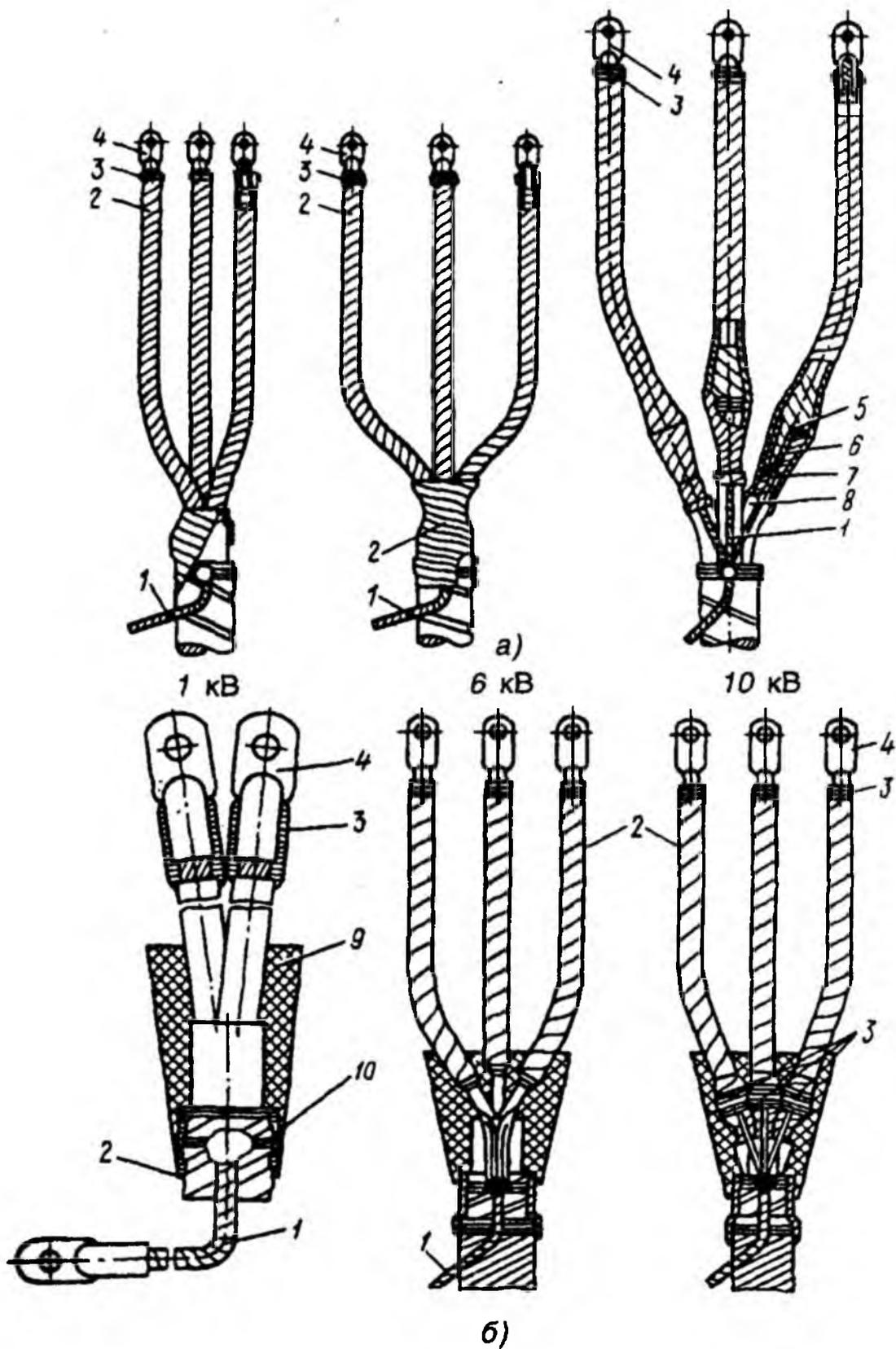


Рис. 7.33. Концевые заделки ПКВ (а) и ПКВЭ (б):

1 — провод заземления; 2 — подмотка из поливинилхлоридной ленты или ЛЭТСАР; 3 — бандаж из суровых ниток; 4 — наконечник; 5 — полупроводящий экран; 6 — металлический экран; 7 — конусная подмотка; 8 — поливинилхлоридный шланг; 9 — эпоксидный корпус; 10 — бандаж из стальной проволоки

заделок применяют *заделки* ПКВ (в сухих помещениях) или ПКВЭ (в сырых помещениях). (Рис. 7.33).

Заделку ПКВ для кабелей 6 кВ выполняют с заземлением металлического экрана. В заделках кабелей 10 кВ на каждой жиле выполняют конусную подмотку из ленты, поверх которой накладывают полупроводящий экран и металлический экран с припаянным к нему проводом заземления.

Для заделок ПКВЭ (рис. 7.33, б) применяют корпус, отлитый из эпоксидного компаунда.

Приступая к монтажу заделок ПКВ, на напряжение 10 кВ сматывают ленты металлического и полупроводящего экранов с конца каждой жилы до места среза шланга. Ацетоном смывают графитовый слой по всей длине жилы и делают конусную подмотку из поливинилхлоридной полиэтиленовой или самоклеющейся ленты на расстоянии 30 мм от среза шланга.

Ленты металлического экрана, ранее смотанные с жил, обрезают так, чтобы после их намотки на конусе они не доходили до места среза полупроводящего экрана на 5 мм. Концы лент временно отводят в сторону от конусной подмотки и лудят. К облуженным лентам припаивают провод заземления. Металлические ленты экрана вновь наматывают на конусную подмотку и крепят проволоочным биндажом на расстоянии 5 мм от среза полупроводящего экрана.

Зачищенные участки поливинилхлоридной изоляции или трубки, надетой на полиэтиленовую изоляцию, для адгезии с эпоксидным компаундом при монтаже заделок ПКВЭ покрывают клеем ПЭД-6. На участке брони длиной 50 мм выполняют подмотку из двух слоев самоклеющейся или хлопчатобумажной ленты. Такую же подмотку накладывают на цилиндрическую часть наконечника и участок неизолированной жилы. Конец ленты закрепляют биндажом.

На расстоянии 25 мм от нижней части подмотки устанавливают съемную форму, крепят ее лентой из поливинилхлоридного пластика, после чего заливают эпоксидным компаундом. Перед заливкой проверяют геометрические размеры (высоту, диаметр заделки, расстояние жил от стенки формы). После отверждения эпоксидного компаунда и снятия формы заделку покрывают эмалью ГФ-92ХС или ЭП-51 в два слоя.

### Контрольные вопросы

1. Как классифицируют кабели и кабельные сети по конструктивным признакам?
2. Каковы преимущества прокладки кабелей в траншее?
3. Как прокладывают кабели в блоках и каналах?

4. В каких случаях прокладывают кабели в галереях и эстакадах?
5. С какой целью кабели укладывают с запасом 1—2 % их длины?
6. Какие механизмы применяют для прокладки кабелей в траншее?
7. Каковы допускаемые усилия тяжения кабелей в блоках?
8. Как заземляют кабельные конструкции?
9. Как разделяют концы кабелей с бумажной изоляцией?
10. Как соединяют кабели напряжением до 10 кВ?
11. Как монтируют концевые муфты внутренней установки на кабелях напряжением до 10 кВ?
12. Как выполняют заделки для кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ?

## ГЛАВА 8. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

### § 38. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Электрические сети, расположенные на открытых территориях вне зданий, часто выполняют *воздушными линиями (ВЛ)*. За длину *пролета* ВЛ на местности принимают горизонтальное расстояние между центрами двух смежных опор. *Анкерным участком* называют сумму длин пролетов между опорами анкерного типа (рис. 8.1). Под *стрелой провеса* проводов  $f$  при одинаковой высоте точек подвеса подразумевают вертикальное расстояние между линией, соединяющей точки подвеса провода, и низшей точкой провода. За габарит линии  $H$  принимают наименьшее расстояние по вертикали при наибольшем провисании проводов до уровня земли или пересекаемых сооружений.

*Углом поворота трассы* линии называют угол между направлениями линии в смежных пролетах. Под *тяжением* провода понимают усилие, направленное по оси провода. Механическое напряжение

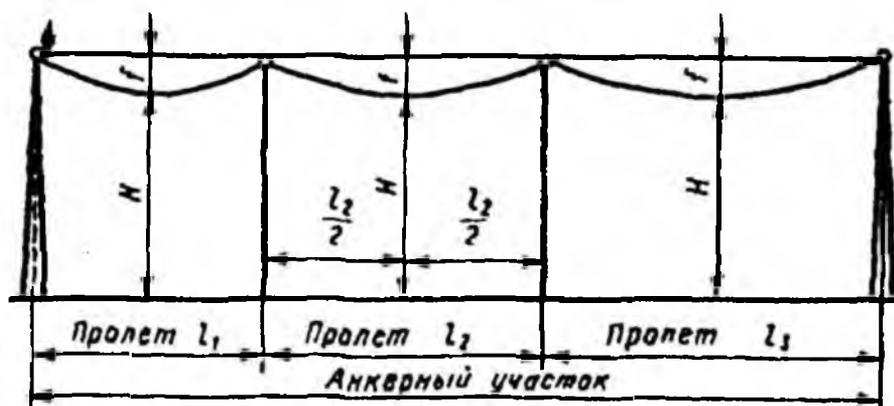


Рис. 8.1. Основные характеристики линии в пролете

провода получают делением тяжения на площадь поперечного сечения провода.

*Промежуточные опоры* устанавливают на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ.

*Угловые опоры* устанавливают в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать слагающую тяжения проводов смежных пролетов.

*Анкерные опоры* устанавливают на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

*Концевые опоры* устанавливают в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение проводов.

*Ответвительные опоры* устанавливают в местах ответвления от ВЛ.

*Перекрестные опоры* устанавливают в местах пересечения ВЛ двух направлений.

*Промежуточный пролет* — это расстояние по горизонтали между двумя смежными промежуточными опорами. Как правило, эти пролеты на ВЛ до 1 кВ колеблются в пределах 30—50 м, а на ВЛ выше 1 кВ — 100—250 м и более.

Воздушные линии имеют следующие конструктивные элементы: провода, опоры, изоляторы, арматуру для крепления проводов на изоляторах и изоляторов на опорах. Воздушные линии бывают одно- и двухцепные. Под одной цепью понимают три провода одной трехфазной линии или два провода одной однофазной линии. Для воздушных линий напряжением до 10 кВ применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода. Опоры для ВЛ напряжением до 10 кВ изготавливают из дерева и железобетона. Деревянные опоры просты в изготовлении и дешевы, но недолговечны из-за гниения древесины. Железобетонные опоры дороже, но прочнее.

Деревянные промежуточные (рис. 8.2, а) и угловые анкерные (рис. 8.2, б) опоры широко используют при сооружении ВЛ в I; II и III климатических районах по гололеду. Вертикальные расстояния между проводами на этих ВЛ принимают 400 мм.

В IV климатическом районе по гололеду расстояние между проводами на ВЛ, сооруженных с использованием этих опор, должно быть 600 мм. При изготовлении деталей деревянных опор применяют лесоматериалы хвойных пород. Основные типы желе-

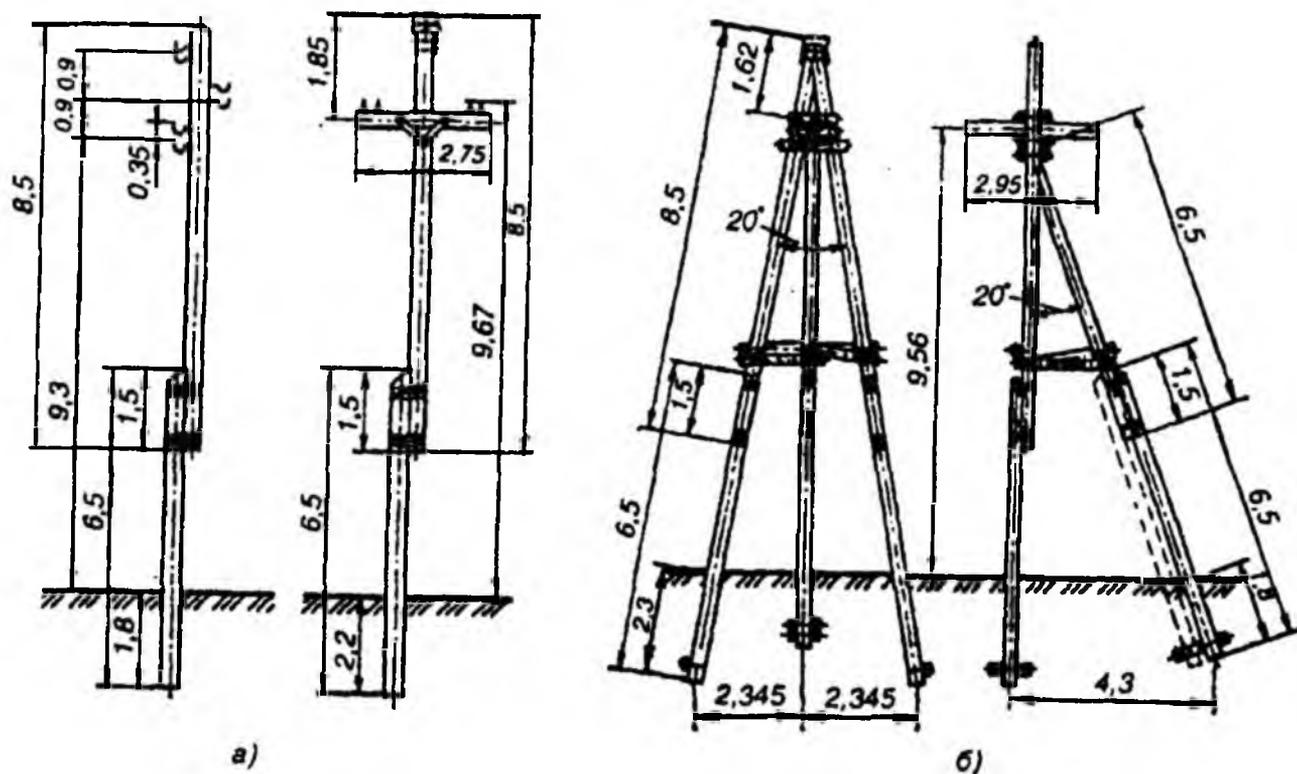


Рис. 8.2. Деревянные промежуточные опоры ВЛ (а) и угловые анкерные (б)

зобетонных опор, применяемых на ВЛ 6—10 кВ, приведены на рис. 8.3 (а — г).

Железобетонные опоры изготовляют вибрационными или центрифугированными. Вибрационные опоры могут быть круглой, прямоугольной или двутавровой формы. Стальная арматура железобетонных опор может быть ненапряженной, напряженной и частично напряженной.

Промежуточные опоры выполняют одностоечными с горизонтальным расположением проводов, укрепленных на штыревых изоляторах ШС-10. Анкерные, угловые, концевые, ответвительные опоры конструируют из стоек промежуточных опор. Детали крепления и оттяжки применяют металлические. Опоры рассчитаны на подвеску проводов марок А25—А70, АС16—АС50 и ПС25. Высота штыря принята увеличенной до 175 мм. Штыри заземляют приваркой к выпускам арматуры из железобетонной траверсы.

На ВЛ до 1 кВ применяют одно- и многопроволочные провода; применение расплетенных проводов не допускается. Воздушные линии выше 1 кВ выполняют по условиям механической прочности, как правило, многопроволочными проводами.

На ВЛ до 1 кВ по условиям механической прочности сечение проводов должно быть не менее: алюминиевых — 16 мм<sup>2</sup>; сталеалюминиевых и биметаллических — 10 мм<sup>2</sup>; стальных многопроволоч-

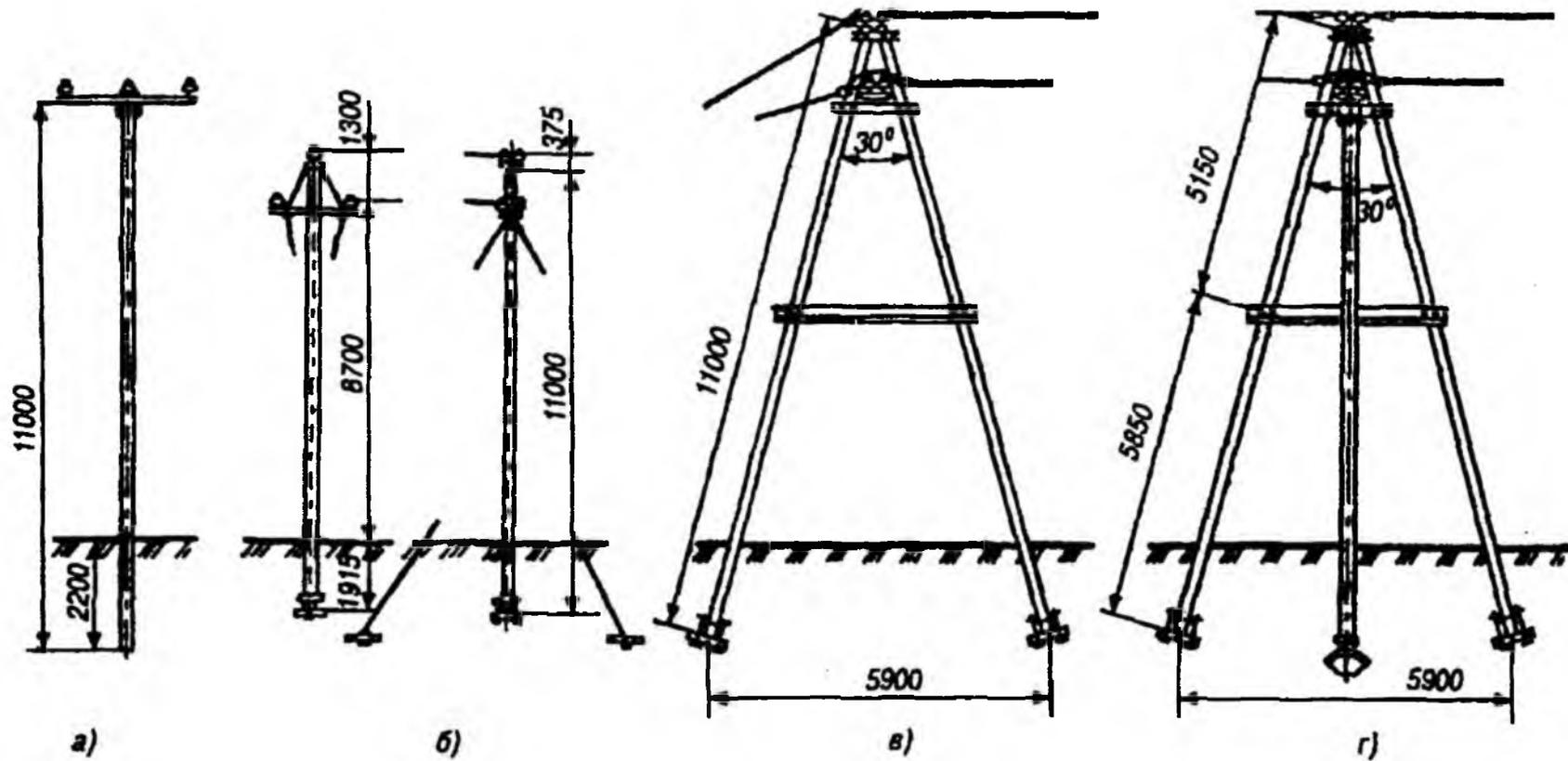


Рис. 8.3. Железобетонные опоры ВЛ6—10 кВ:

*a* — промежуточная П-10; *б* — анкерные А-10; *в* — конечная КА-10; *г* — угловая для угла 90°

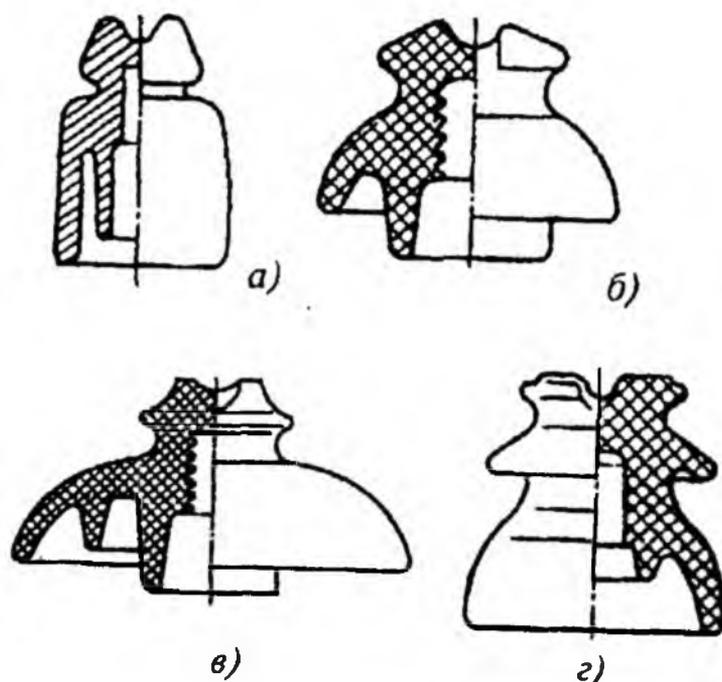


Рис. 8.4. Штыревые изоляторы:

*a* — ТФ; *б* — ШС-6 и ШС-10; *в* — ШФ-10В; *г* — ШФ-10Г для ВЛ-10 кВ

ных — 25 мм<sup>2</sup>; для стальных однопроволочных диаметр должен быть не менее 4 мм.

Для ответвлений от ВЛ до 1 кВ к вводам в здания можно применять алюминиевые провода и из его сплавов при пролетах до 25 м сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>; стальные и биметаллические при пролетах до 10 м — диаметром не менее 3 мм.

На ВЛ до 10 кВ широко применяют штыревые изоляторы (рис. 8.4, *a* — *г*).

Изоляторы доставляют на монтаж в решетчатых ящиках. Отбраковку изоляторов производят визуально перед отправкой их на трассу. Предприятие-изготовитель снабжает каждую партию изоляторов документом, удостоверяющим их качество.

### § 39. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

При прохождении ВЛ по лесным и зеленым насаждениям вырубка просеки необязательна. Вертикальные и горизонтальные расстояния от проводов при их наибольшей стреле провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должны быть не менее 1 м.

*Котлованы* под опоры линии роют механизированным способом с применением буровых машин. При невозможности использования

буровых машин грунт разрабатывают вручную. В скальных грунтах их выемку можно производить взрывным способом.

Котлованы под одностоечные промежуточные опоры бурят точно по оси трассы во избежание выхода опоры из створа линии. Штангу бура при бурении размещают в строго вертикальном положении. Котлованы роют непосредственно перед установкой опор.

Воздушные линии электропередачи размещают так, чтобы опоры не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта, опоры защищают железобетонными отбойными тумбами.

Размеры заглубления опор (табл. 26) определяют в зависимости от их высоты, числа укрепленных на опоре проводов, грунтовых условий, а также от способа производства земляных работ, и указывают в проекте.

Т а б л и ц а 27. Размеры заглубления промежуточных опор (без ригелей)

Грунт	Общая максимальная площадь сечения проводов на опоре, мм <sup>2</sup>	Заглубление опор, м, при разработке грунта			
		вручную		механизированным способом	
		до 8,5	11—12	до 8,5	11—12
Суглинки, супеси, глины, насыщенные водой, при расчетном напряжении на грунт 0,1 МПа	150	1,8	2,15	1,6	1,75
	300	2,3	2,8	1,8	2
	500	2,7	2,9	2	2,3
	150	1,5	1,8	1,4	1,5
Глины, суглинки, супеси естественной влажности, сухой лес, мокрый мелкий песок при расчетном напряжении на грунт 0,15—0,2 МПа	300	1,9	2,2	1,6	1,8
	500	2,3	2,5	1,8	2,1
Плотная глина, глина с галькой и валунами, галька с песком, щебень, скальный грунт при расчетном напряжении на грунт 0,25 МПа	150	1,35	1,6	1,2	1,2
	300	1,7	2	1,4	1,6
	500	2,1	2,1	2,2	1,9

Траверсы угловых опор располагают по биссектрисе угла поворота линии. На установленные опоры наносят надписи, указывающие их порядковый номер и год установки.

Траверсы, кронштейны и изоляторы устанавливают до подъема опоры. Изоляторы перед монтажом тщательно осматривают и отбраковывают. Изоляторы не должны иметь трещин, сколов, повреждений глазури. Чистка их металлическим предметом не допускается. Штыревые изоляторы прочно наворачивают на крюки или штыри, обмотанные паклей, пропитанной суриком с олифой. Оси штыревых изоляторов располагают вертикально.

При креплении обводного провода штыревые изоляторы устанавливают с наклоном до 45° к вертикали. Крюки и штыри для

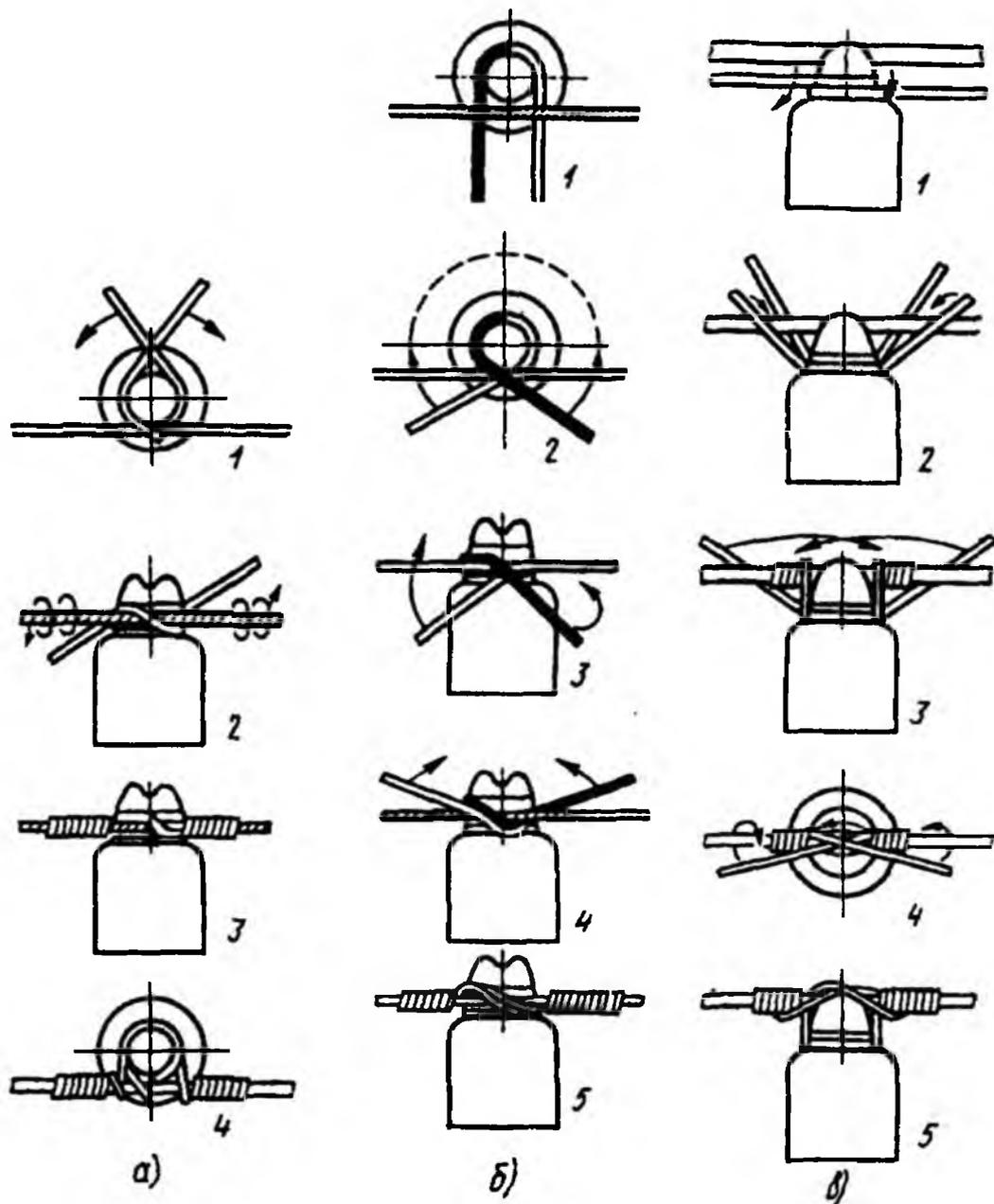


Рис. 8.5. Способы вязки проводов к изоляторам:

*a* — одиночная вязка на шейке; *б* — двойная вязка на шейке; *в* — двойная вязка на головке;  
 1, 2, 3, 4, 5 — порядок операций

предохранения от ржавчины покрывают горячей олифой с примесью сажи или асфальтовым лаком.

Стальные провода должны быть оцинкованы. На временных линиях допускают неоцинкованные однопроволочные провода.

Крепление проводов на штыревых изоляторах выполняют проволочными вязками (рис. 8.5). Диаметры вязальной проволоки для крепления проводов любой площади сечения на штыревых изоляторах приведены ниже.

Материал провода и вязальной проволоки . . . . .	Сталь	Алюминий
Диаметр вязальной проволоки, мм . . . . .	2—2,7	2,5—4

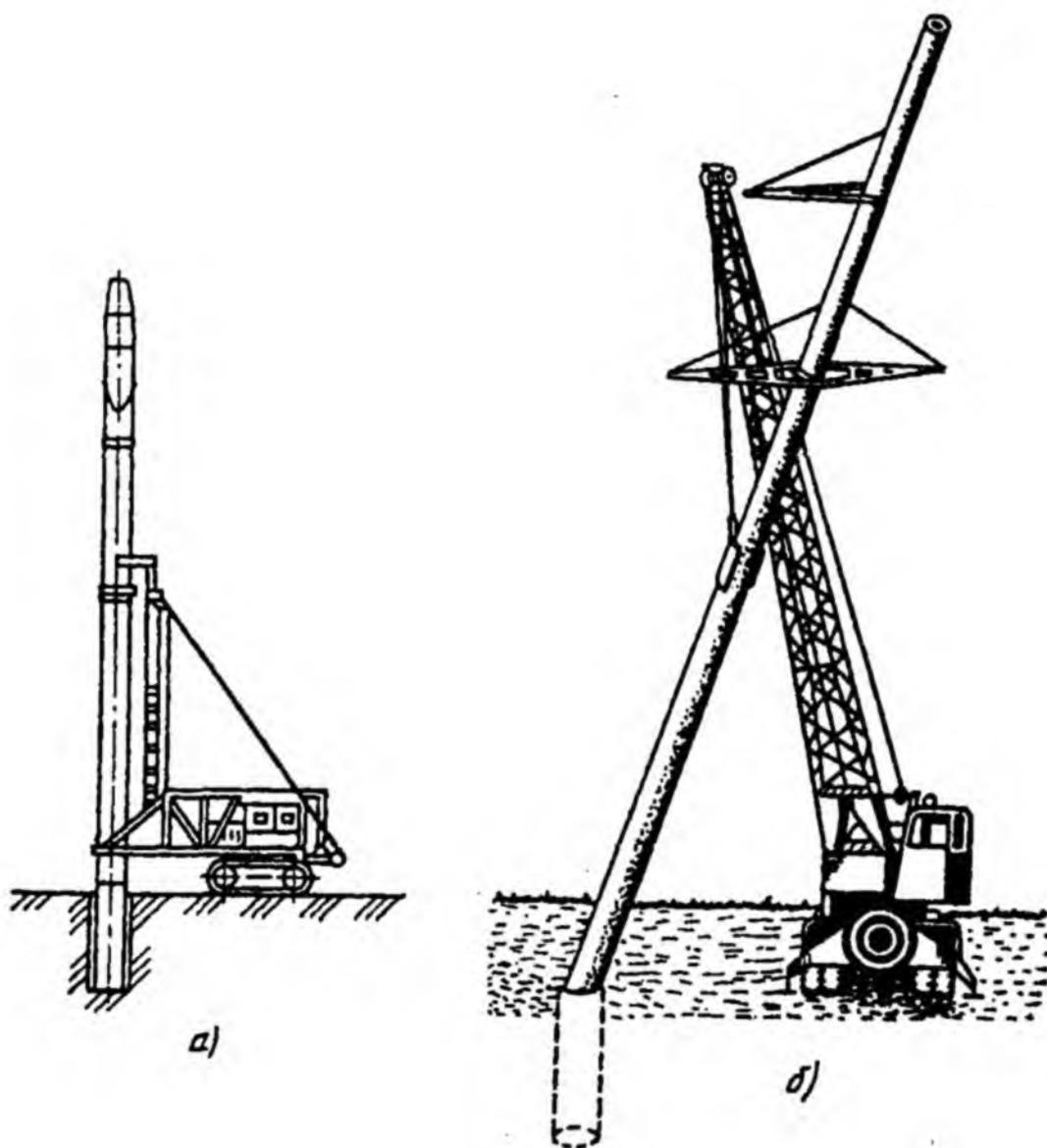


Рис. 8.6. Установка опор кранами-установщиками (а), автомобильными кранами (б)

Провода в пролетах пересечений ВЛ с различными объектами сращивать нельзя. Провода соединяют соединительными зажимами или сваркой. Встык однопроволочные провода не сваривают. Провода можно соединять скруткой с последующей пайкой. Крепление проводов на опорах ВЛ — одинарное, исключение составляют случаи двойного крепления при пересечениях ВЛ связи и сигнализации, контактных проводов, дорог. Провода ответвлений должны иметь на опорах глухое крепление.

Готовые развезенные по трассе или собранные на ней опоры устанавливаются непосредственно в котлованы с помощью бурильно-крановых машин или кранов-установщиков опор КВЛ-8 (рис. 8.6, а). Деревянные и железобетонные одностоечные опоры массой до 4 т можно устанавливать в котлованы автомобильным краном (рис. 8.6, б).

Штыревые изоляторы, закрепленные на крюках, устанавливают непосредственно на стволах деревянных опор без траверс. В опоре буравом высверливают отверстия, в которые ввертывают хвосты крюков. Для удобства заворачивания крюков применяют специальный ключ. Изоляторы, закрепленные на штырях, устанавливают на траверсах; при этом штырь закрепляют на траверсе гайкой.

Сооружение ВЛ осуществляют поточным методом. Монтаж проводов разбивают на следующие операции: раскатка проводов, соединение проводов, подъем их на промежуточные опоры, натяжка проводов, крепление их на анкерных и на промежуточных опорах.

Неизолированные провода для ВЛ доставляют на деревянных барабанах. Барабаны с проводом устанавливают на специальной тележке, с помощью которой выполняют одновременно раскатку нескольких проводов. Раскатку проводов с барабанов производят тракторами или автомашинами и ведут обычно от одной анкерной опоры до другой. При этом должны выполняться следующие требования.

Раскатку проводов по земле производят с движущихся тележек.

Раскатка и натяжение проводов непосредственно по стальным траверсам и крюкам не допускается. Раскатку проводов при отрицательных температурах производят с учетом мероприятий, предотвращающих вмерзание провода в грунт.

При раскатке проводов отмечают места обнаруженных дефектов проводов. В дальнейшем, перед натяжкой проводов, в этих местах выполняют их ремонт. Восстановительный ремонт проводов осуществляют: при повреждении до 17 % алюминиевого повива — наложением проволочных бандажей; при повреждении до 34 % — монтажом ремонтных зажимов; более 34 % — заменой отрезком нового провода.

#### **§ 40. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ**

Разбивку котлованов под опоры проводят теодолитом, стальной мерной лентой или стальной рулеткой по схеме, на которой указаны разбивочные оси и размеры котлованов поверху и понизу с учетом применяемого фундамента и требуемой крутизны откосов.

Размеры дна котлованов не должны превышать размеров опорной плиты фундамента более чем на 150 мм на сторону.

Рытье котлованов с вертикальными стенками без креплений допускается в грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод.

Глубина котлованов в насыпных песчаных и гравийных грунтах не должна превышать 1 м, в глинистых — 1,25 м, в особо плотных — 2 м.

Указанные размеры допустимы при условии монтажа фундаментов немедленно после открытия котлованов.

Механизированную разработку грунта в котлованах выполняют без нарушения его структуры в основании фундамента. Для этого разработку котлованов экскаватором производят с недобором грунта на толщину 100—200 мм. Разработка грунта ниже проектной отметки не допускается.

Грунт, вынутый при рытье котлованов, укладывают таким образом, чтобы он не препятствовал проведению последующих операций (установке подножников, сборке опор). Вынутый грунт следует отбрасывать на расстояние не менее 0,5 м от бровки котлована во избежание излишней нагрузки на стенки котлована и возможности их обвала.

Котлованы цилиндрической формы в вязких грунтах разрабатывают буровыми машинами.

Для изготовления деревянных опор ВЛ напряжением 10 кВ применяют сосну и лиственницу. Можно применять ель и пихту. Лес, идущий на изготовление опор, целиком ошкуривают со снятием луба.

Для опор ВЛ применяют бревна, пропитанные антисептиком. Глубина проникновения антисептика в заболонную древесину должна составлять не менее 85 % толщины заболони.

Ниже приведены допуски на выверку деревянных опор.

Отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии (отношение отклонения верхнего конца стойки опоры к ее высоте) . . . . .	1:100
Выход опоры из створа линии (мм) при длине пролета:	
до 200 м . . . . .	100
более 200 м . . . . .	200
Уклон траверсы (отклонение от горизонтали) . . . . .	1:50
Разворот траверсы относительно оси линии электропередачи (градус), для угловой опоры — относительно линии, перпендикулярной к биссектрисе угла поворота трассы . . . . .	5

При прохождении трассы ВЛ с деревянными опорами по местам, где возможны низовые пожары, опоры защищают следующим образом: вокруг каждой опоры на расстоянии 2 м от нее роют канавы глубиной 0,4 и шириной 0,6 м; вокруг каждой опоры очищают от травы и кустарника площадки радиусом 2 м; на этих участках

применяют железобетонные приставки, если их высота от уровня земли до деревянной стойки превышает 1 м.

Железобетонные опоры, поступившие на монтаж, тщательно осматривают: они могут иметь раковины и выбоины размером не более 10 мм по длине, ширине и глубине. При этом на 1 м длины опоры не должно быть более двух раковин и выбоин. Раковины и выбоины подлежат заделке цементным раствором.

Железобетонные опоры собирают на деревянных подкладках.

Основной способ заделки одностоечных железобетонных опор в грунте — установка их в цилиндрические котлованы с ненарушенной структурой грунта.

В слабых грунтах или при высоком уровне грунтовых вод одностоечные опоры устанавливают в цилиндрические котлованы либо в котлованы с естественными откосами и дополнительно крепят их железобетонными ригелями.

Как правило, при установке одностоечных железобетонных опор применяют полуавтоматическую строповку, позволяющую освободить установленные опоры от такелажных тросов с земли без подъема людей на опору.

Пазухи цилиндрических котлованов после установки опор засыпают грунтом, песком, песчано-гравийными или щебеночными смесями, цементно-песчаным раствором (зимой — цементно-песчаной сухой смесью). Засыпку осуществляют при тщательном послойном трамбовании.

Разрешаемые допуски на выверку одностоечных железобетонных опор приведены ниже.

Отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии (отношение стойки опоры к ее высоте) . . . . .	1:150
Выход опоры из створа линии (мм) при длине пролета:	
до 200 м . . . . .	100
более 200 м . . . . .	200
Уклон траверсы (отклонение от горизонтали) . . . . .	1:100
Горизонтальное смещение конца траверсы от линии, перпендикулярной к оси трассы (для угловой опоры — относительно линии, перпендикулярной к биссектрисе угла поворота трассы), мм . . . . .	100

Расстояния от подземной части опоры ВЛ до подземных канализационных трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ напряжением до 10 кВ.

При сближении ВЛ с магистральными газо- и нефтепродуктопроводами последние должны прокладываться вне охранной зоны

ВЛ, установленной «Правилами охраны высоковольтных электрических сетей» (10 м — для ВЛ напряжением до 10 кВ). Это расстояние отсчитывают от газо- и нефтепродуктопроводов до проекции крайних проводов ВЛ при отклоненном их положении. В стесненных условиях, когда ВЛ параллельны указанным трубопроводам, расстояние от земной части опор ВЛ до трубопроводов допускается 5 м — для ВЛ напряжением до 10 кВ.

При сближении и пересечении ВЛ с магистральными газопроводами давлением менее 1,2 МПа, а также трубопроводами различного назначения, расстояния от подземной части опоры ВЛ до трубопроводов должны быть не менее 5 м — для ВЛ напряжением до 10 кВ. Установку изоляторов, раскатку, натяжение и крепление проводов производят способами, описанными в предыдущем параграфе.

Заземлению подлежат:

железобетонные опоры ВЛ напряжением до 10 кВ в населенной и в ненаселенной местности;

железобетонные и деревянные опоры всех типов линий всех напряжений, на которых установлены устройства грозозащиты;

все виды опор, на которых установлены силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другое оборудование.

Заземляющие устройства опор выполняют в виде ввернутых в грунт вертикальных стержневых заземлителей диаметром 12 мм или погруженных в грунт вертикальных заземлителей из угловой стали. Широкое применение получили заземляющие устройства из стальных полос, расположенных в виде лучей, или глубинные заземлители из полосовой или круглой стали.

#### Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяют воздушные линии ВЛ?
2. Какими показателями характеризуется ВЛ?
3. Какие виды опор применяют для сооружения ВЛ?
4. Каковы особенности монтажа линий электропередачи напряжением до 1 кВ?
5. От чего зависит глубина котлованов для опор ВЛ напряжением до 10 кВ?
6. Какие допуски на выверку деревянных и железобетонных опор учитывают при монтаже ВЛ до 10 кВ?
7. Как заделывают в грунт железобетонные опоры?

## ГЛАВА 9. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

### § 41. ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

*Закрытое распределительное устройство (ЗРУ)* — распределительное устройство, у которого оборудование расположено в здании.

Распределительным (переключательным) пунктом (РП) называют распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации.

*Камера* — помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин.

*Закрытая камера* — камера, которая имеет с трех сторон сплошные стены и не сетчатые двери.

*Огражденная камера* — камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями.

Под смешанными ограждениями понимают ограждения из сеток и сплошных листов.

*Взрывная камера* — закрытая камера, предназначенная для установки маслonaполненных коммутационных аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор.

*Взрывной коридор* — коридор, в который выходят двери взрывных камер.

Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения и несущие конструкции выбирают и устанавливают таким образом, чтобы:

1. Вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т.п.) не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, а при аварийных условиях не могли повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание на землю.

2. При снятом напряжении с какой-либо цепи относящиеся к ней токоведущие части, аппараты и конструкции могли подвергаться безопасному осмотру, смене и ремонтам без нарушения нормальной работы соседних цепей.

3. Была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

Требование п. 2 не распространяется на простейшие РУ (например, типа сборок напряжением выше 1000 В).

Выбор аппаратов, токоведущих частей и изоляторов по динами-

ческой и термической устойчивости производят в соответствии с ПУЭ.

Конструкции, на которые устанавливают и закрепляют электрооборудование, должны выдерживать усилия и воздействия от веса оборудования, ветра, гололеда в нормальных условиях и от сил, могущих возникнуть при коротких замыканиях.

Строительные конструкции, находящиеся вблизи токоведущих частей и доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока до температуры  $50^{\circ}\text{C}$  и выше; недоступные для прикосновения — до температуры  $70^{\circ}\text{C}$  и выше.

Конструкции на нагрев могут не проверяться, если по находящимся вблизи токоведущим частям проходит переменный ток величиной менее 1000 А.

Обозначения комплектных распределительных устройств серий КРУ расшифровывают так: К — комплектное, Р — распределительное, У — устройство, XXVI, XXVII и т.п. — производственный номер серии. До двадцать восьмой серии их обозначают римскими цифрами (например, К-ХII), начиная с тридцатой — арабскими, причем номера К-30 — К-99 присваивают сериям КРУ самарского, а К-100 и выше — московского завода.

В комплектных РУ внутренней установки широко применяют шкафы КРУ серий К-ХII, К-XXVI, КР-10 / 31,5, КМ-10УЗ с малообъемными масляными выключателями ВМПЭ-10 со встроенным электромагнитным приводом, ВМПП-10 со встроенным пружинным приводом и др. (табл. 28).

Комплектные РУ серии К-XXVI применяют во всех отраслях народного хозяйства, они имеют разнообразные схемы основных и вспомогательных цепей. Шкафы этой серии изготовляют с выдвигаемыми элементами (выключателями, трансформаторами напряжения, разрядниками, трансформаторами собственных нужд до  $5\text{ кВ} \cdot \text{А}$  или разъединителем и силовыми предохранителями) либо без них (с шинным глухим и кабельным вводами).

Комплектные РУ серии К-XXVII (рис. 9.1) служат для вводов и секционирования шин на номинальные токи 2000, 3200 А. В зависимости от схем основных цепей выпускают шкафы с выдвигаемыми элементами (выключателем, разъединителем), а также шинного и кабельного ввода.

Комплектные РУ серии КР-10 / 31,5 применяют для всех отраслей народного хозяйства. Вместе со шкафами этой серии поставляют шинные мосты для соединения сборных шин при расположении шкафов одной секции в два ряда.

Комплектные РУ серии КМ-10УЗ в нормальном исполнении рассчитаны на установку колонкового малообъемного масляного выключателя ВК-10.

Т а б л и ц а 28. Технические данные КРУ внутренней установки

Параметры КРУ и комплектующее оборудование	К-ХП	К-ХХVI
Номинальное напряжение (линейное), кВ	6; 10	6; 10
Наибольшее напряжение, кВ	7, 2; 12	7, 2; 12
Номинальный ток, А: шкафа сборных шин	630; 1000 1000; 1500; 2000	630; 1000 2000; 3200
Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА	52	81
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20	31,5
Ток термической стойкости 3-секундный, кА	20	31,5
Выключатель	ВМП-10К; ВМПЭ-10; ВМПП-10	ВМПЭ-10; ВМПП-10
Привод	ПЭ-11; ПП-67 встроенные электромагнитный и пружинный	
Трансформатор тока	ТВЛМ-10; ТЛМ-10-1	ТЛМ-10-1
Трансформатор напряжения	НТМИ; НОМ	ЗНОЛ-09; НОЛ-08
Обслуживание шкафов		Одностороннее
Максимальное число и сечение силовых кабелей, мм <sup>2</sup>	4 × (3 × 240)	4 × (3 × 240)
Размеры шкафа, мм: ширина	900	900
высота	2400	2400
глубина	1650	1650
Масса шкафа, кг	900—1000	900—1000

Для приема и распределения электроэнергии на собственные нужды тепловых электростанций используют комплектные РУ серии К-ХХV. Шкафы этой серии могут быть с выдвижными элементами (выключателями, трансформаторами напряжения, разрядниками) и без них (с глухим шинным вводом, кабельным вводом, шкафы секционирования).

Для ввода или секционирования питания от резервных или рабочих трансформаторов собственных нужд мощностью 63 МВ · А применяют комплектные РУ серии К-ХХIV, а также для распределительных устройств со шкафами КРУ серии К-ХХV или К-Х и К-ХХIV. По исполнению шкафы этой серии также бывают с выдвижными элементами (выключателями) и без них (шинными вводами).

Комплектные РУ серии КРУ2-10Э предназначены для работы в

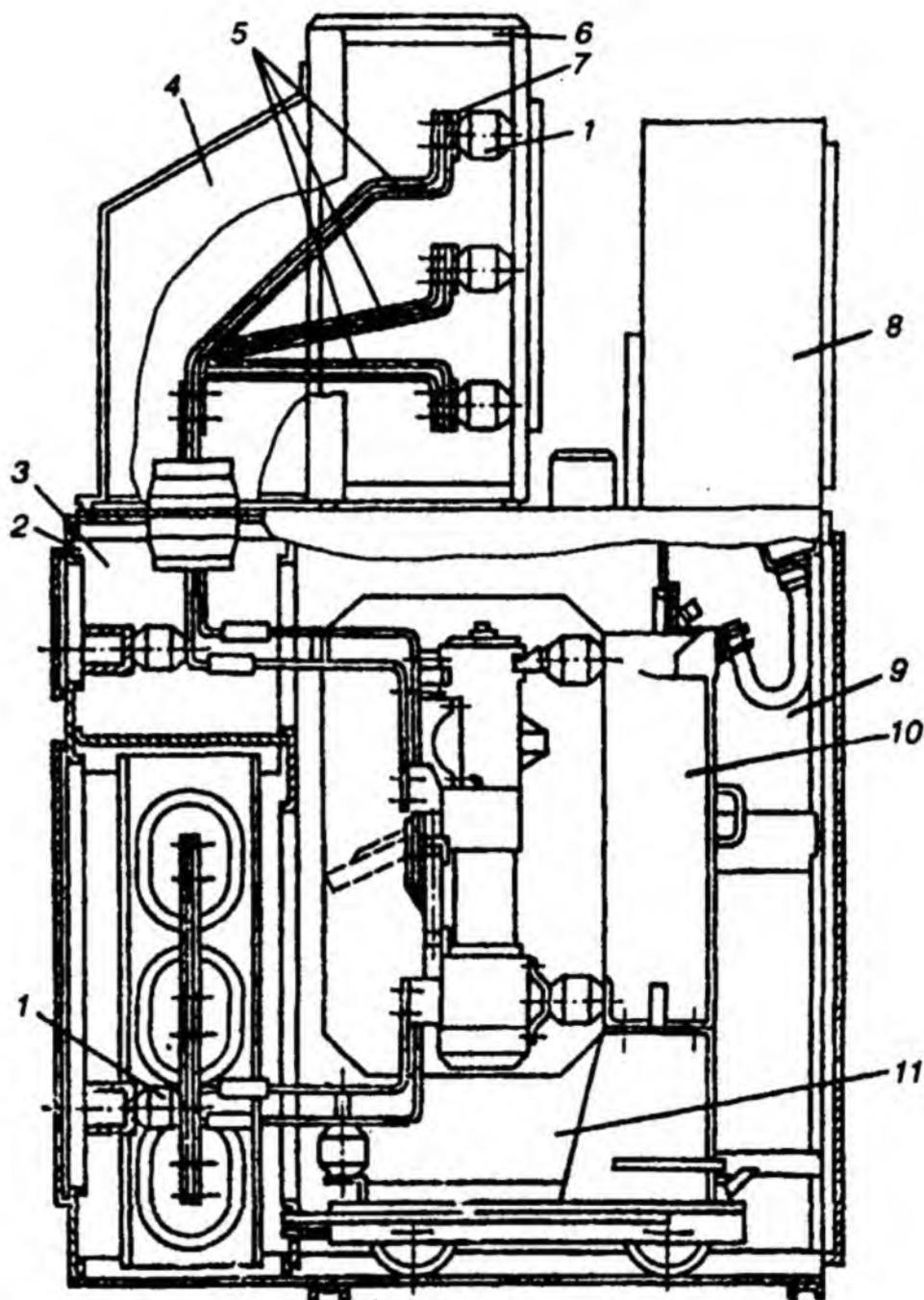


Рис. 9.1. Шкаф КРУ серии К-XXVII с выключателем ВМПЭ-10:

1 — опорный изолятор; 2 — корпус; 3 — отсек разъемных контактов; 4 — кожух; 5 — отпайка от сборных шин; 6 — отсек сборных шин; 7 — сборные шины; 8 — релейный шкаф; 9 — фасадный отсек; 10 — выдвижной элемент; 11 — отсек выдвижного элемента

электроустановках с частыми коммутационными операциями (буквы Э в обозначении серии означают: первая — электромагнитный выключатель, вторая — электромагнитный привод).

Шкафы КРУ серии КЭ-10 могут быть с выдвижными элементами (выключателем, разъединителем, трансформатором напряжения, силовым трансформатором мощностью  $2 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , силовым предохранителем) и без выдвижных элементов (с силовыми трансформаторами мощностью 25 или  $40 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , глухим или кабельным

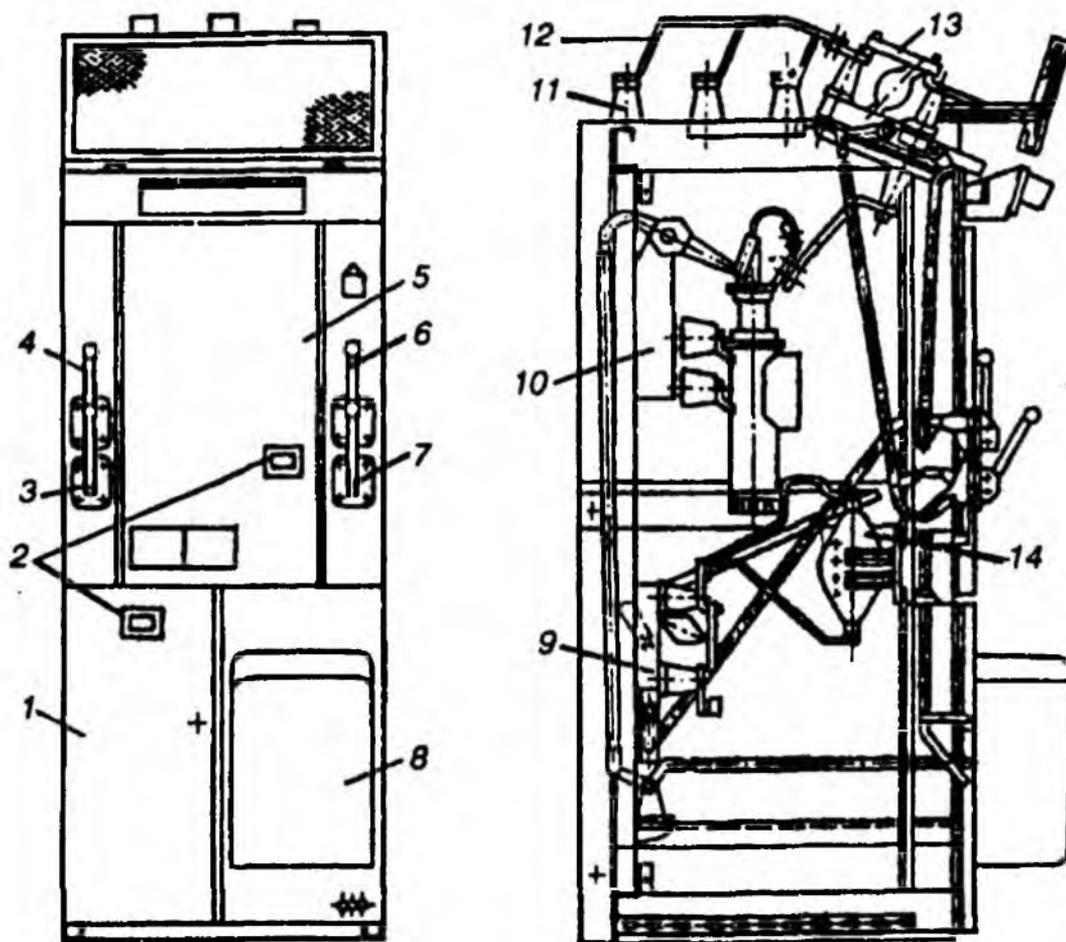


Рис. 9.2. Сборные камеры одностороннего обслуживания КСО-272:

1, 5 — нижняя и верхняя двери; 2 — смотровые окна; 3, 7 — приводы шинного и линейного разъединителей; 4, 6 — приводы заземляющих ножей шинного и линейного разъединителей; 8 — привод выключателя; 9, 13 — линейный и шинный разъединители; 10 — масляный выключатель; 11 — изолятор; 12 — отпайка от сборных шин; 14 — трансформатор тока

вводом, разрядниками РВ, РД и др.). При двухрядном расположении шкафов КРУ вместе с ними поставляется шинный мост (токопровод) для коридоров с расстояниями между шкафами 1800, 2300, 2800 и 3300 мм, а также токопровод для ввода от внутренней стены помещения до вводных шкафов КРУ.

*РУ типа КСО* применяют в основном на подстанциях с простыми схемами главных соединений, на которых ток КЗ не превышает 20 кА и можно использовать малообъемные масляные выключатели или выключатели нагрузки. Они дешевле шкафов КРУ выкатного исполнения и требуют меньшего расхода металла.

К камерам КСО со стационарным оборудованием относят КСО-272, КСО-366 и др.

Буквы и цифры в обозначении КСО означают следующее: К — камера, С — сборная, О — одностороннего обслуживания; первая цифра — исполнение, а следующие две — год разработки конструкции.

Распределительное устройство набирают из отдельных камер КСО со встроенными в них электрическими аппаратами, приборами

релейной защиты, измерения, автоматики, сигнализации и управления. Основным отличием камер КСО от шкафов КРУ является их открытое исполнение: сборные шины у КСО всех исполнений проложены открыто сверху камеры.

Камеры КСО-272 (рис. 9.2) не стыкуют с камерами КСО-366, их устанавливают в один или два ряда в помещении РУ. По исполнению различают КСО с масляными выключателями, выключателями нагрузки, трансформаторами напряжения, трансформаторами собственных нужд, кабельными сборками, разрядниками и конденсаторами.

#### § 42. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) применяют для РУ подстанций энергосистем, а также в составе КТП 35 / 6-10 кВ и др. Они состоят из отдельных шкафов, которые по конструктивным особенностям разделяют на три группы:

шкафы со встроенным оборудованием и коридором управления, у которых одна из стенок (задняя) и боковые одновременно являются стенками помещения РУ. Фасады шкафов оформлены аналогично фасадам шкафов КРУ внутренней установки;

шкафы индивидуального исполнения с выдвжными элемен-

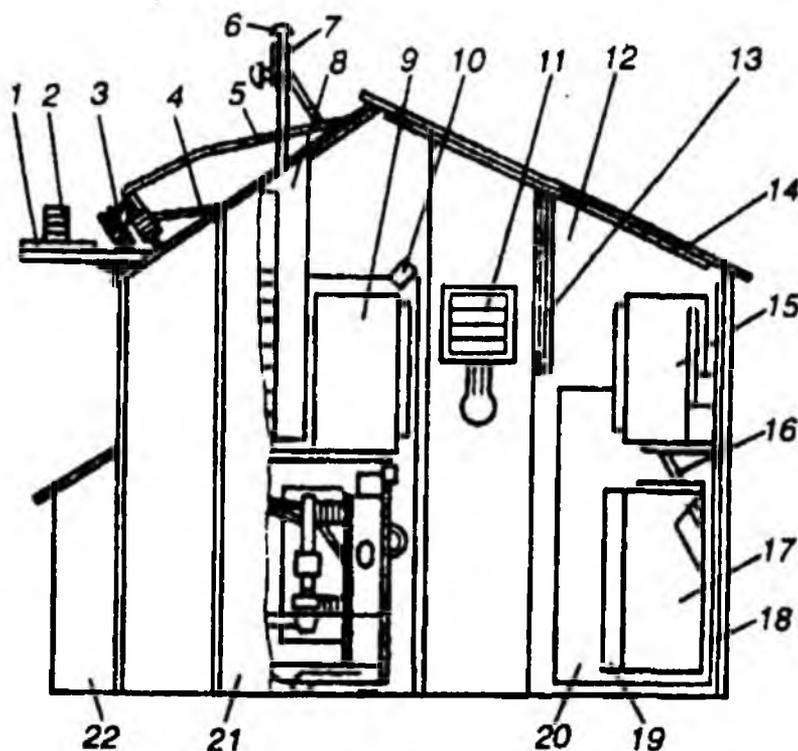


Рис. 9.3. Комплектное распределительное устройство серии К-37:

1, 4, 7, 10, 16 — кронштейны; 2, 3, 6 — изоляторы; 5 — барьер; 8 — шкаф КРУН; 9 — релейный шкаф КРУ; 11 — вытяжной вентилятор; 12 — коридор; 13 — провода освещения; 14 — крыша; 15 — релейный шкаф защиты трансформатора; 17, 19 — блоки питания; 18 — элемент передней стенки; 20 — дверь; 21 — торцовая стенка; 22 — кабельная приставка

тами (выключатели, трансформаторы напряжения, разрядники), выкатываемыми при открытых фасадных дверях из шкафа;

шкафы индивидуального исполнения со стационарно-установленными выключателями или другими аппаратами.

Комплектные устройства серии К-37 (рис. 9.3) изготавливают с выдвижными элементами (выключателем, трансформаторами напряжения, разрядниками, силовыми предохранителями) и без выдвижных элементов (табл. 29).

Для осуществления ввода и секционирования в РУ при нормальных токах выше 1600 А применяют комплектные РУ серии К-33М. Эти шкафы стыкуют непосредственно с К-37. Они устойчиво работают в различных климатических районах.

Т а б л и ц а 29. Технические данные КРУ наружной установки (КРУН)

Параметры КРУ и комплектующее оборудование	К-37	К-VI; К-IX
Наибольшее напряжение (линейное), кВ	6; 10	6; 10
Наибольшее напряжение, кВ	12	12
Номинальный ток, А: шкафа сборных шин	630; 1000; 1600 1000; 1600; 2000; 3200	630; 1000; 1500; 630; 1000; 1500; 2000
Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА	52	52
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20	20
Ток термической стойкости 4-секундный, кА	20	20
Выключатель	ВМПП-10; ВМПЭ-10	ВМПП-10; ВМПЭ-10
Привод	Встроенный пружинный и электромагнитный	Встроенный электромагнитный
Трансформатор тока	ТЛМ-10-2	ТВЛМ-10; ТЛМ-10-1; ТПЛ-10
Трансформатор напряжения	ЗНОЛ-09; НОЛ-08 (НТМИ, НОМ)	НТМИ; НОМ
Максимальное число и сечение силовых кабелей, мм <sup>2</sup>	6 (3 × 240)	3 (3 × 240)
Размеры шкафа, мм: ширина глубина высота	900; 1350 1600; 3500 2400; 3300	1000 1800 2450
Масса шкафа, кг	776—1286	1200

Комплектные РУ серии КРУН-6 / 10 / Л относят к категории индивидуальных шкафов КРУН (без коридора управления). Конструкция шкафов КРУН не предназначена для одиночной установки. Они стыкуются со шкафами серий К-VI, К-VII с помощью переходных шкафов шириной 660 мм, а с К-VIy и К-IX — с помощью шкафов шириной 1854 мм. Для стыковки шкафов К-37 и К-33 переходные шкафы не требуются.

#### § 43. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства монтируют только в помещениях, где полностью закончены строительные работы (рис. 9.4).

Для каждого ряда камер закладные основания монтируют по уровню (неровность допускается не более 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине). Несущие поверхности из отрихтованных полос угловой стали устанавливают в одной строго горизонтальной плоскости. Уголки или швеллеры присоединяют к контуру заземления полосовой сталью 40 × 4 мм не менее чем в двух местах. Кабельные каналы и проемы должны точно соответствовать чертежам, а трубы

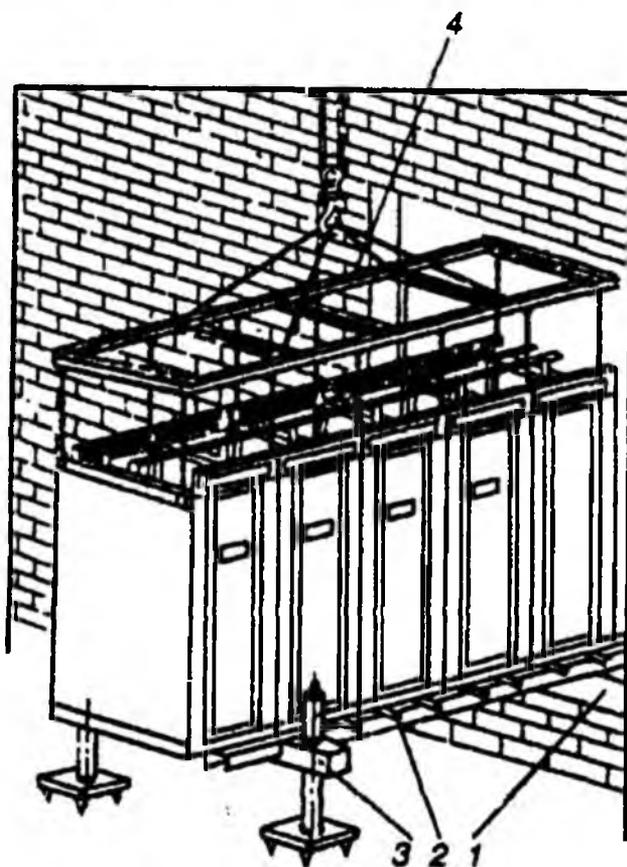


Рис. 9.4. Монтаж укрупненного блока КРУ:

1 — монтажный проем; 2 — катки; 3 — платформа; 4 — траверса

для прохода кабеля — выступать из стены или фундамента не менее чем на 30 мм.

При монтаже шкафов КРУ в помещении ширина прохода с фасадной стороны для однорядной установки должна быть равной длине выкатной тележки плюс 0,8 м, для двухрядной — длине выкатной тележки плюс 1 м. Расстояние от шкафов до боковых стен помещения при односторонней установке предусматривают не менее 0,1 м. Блоки ставят на направляющие уголки и швеллеры в последовательности, предусмотренной проектом.

Монтаж камер КСО и шкафов КРУ начинают с крайнего корпуса и к установке следующего приступают только после проверки правильности положения по вертикали и горизонтали предыдущего корпуса. По окончании установки корпуса блоки соединяют болтами, начиная с крайнего. В первую очередь затягивают нижние болты, затем верхние.

С помощью шнура проверяют прямолинейность верхней части камер и при необходимости регулируют их положение стальными подкладками. Вкатывая тележку, проверяют правильность установки шкафов КРУ, при этом подвижные и неподвижные части должны совпадать, а положение тележки — четко фиксироваться роликами.

Совпадения разъединяющих и заземляющих контактов при проверке добиваются медленным вкатыванием тележек в рабочее положение с помощью механизма. Комплектное РУ считается правильно установленным и может окончательно закрепляться, если корпус и тележка не качаются; нижняя рама корпуса располагается горизонтально; подвижные и неподвижные части разъединяющих контактов первичных и вторичных цепей совпадают; ролики механизма доводки четко фиксируют положение тележки; пазы скобы совпадают с осью роликов; зазоры между осью крепления коромысел шторок и роликами тележки примерно одинаковы; контрольные отверстия смежных корпусов совпадают; зазор между стенками смежно устанавливаемых корпусов не превышает 1 мм; двери в закрытом положении находятся в одной вертикальной плоскости. Особенно тщательно проверяют работу шторок, которые должны подниматься и опускаться без перекосов и заеданий, а также действие механической блокировки.

Выверенные шкафы КРУ и камеры КСО окончательно жестко прикрепляют электросварным швом длиной 60—70 мм к направляющим в четырех углах, это обеспечивает надежное заземление корпусов. Далее в шкафах снимают листы шинного отсека и освобождают от временного крепления ответвительные шины. Верхние части шинодержателей снимают, а на нижние части шинодержателей укладывают сборные шины с учетом цвета фаз. Ответвительные шины присоединяют к сборным болтами или сжимами, затем закрепляют на шинодержателях. Участки сборных шин в пределах

одного щита сваривают, а между различными щитами соединяют болтами или сжимами.

Приборы и аппараты, демонтированные на время перевозки, устанавливают после монтажа шин и присоединяют их к первичным и вторичным цепям согласно схемам.

Поверхности сборных шин в местах контактов промывают бензином и смазывают тонким слоем вазелина. Эти поверхности нельзя зачищать напильником или наждачной шкуркой, так как на заводе они покрыты специальным сплавом олова с цинком во избежание коррозии. После установки сборных шин всей секции затягивают болты в контактных соединениях, а затем прокладывают магистральные шинки вторичных цепей. Далее проверяют работу выключателей, разъединителей, вспомогательных контактов и блокировочных устройств в соответствии с требованиями инструкции предприятия-изготовителя.

Ножи разъединителя в камерах КСО при включении должны входить в неподвижные контакты без ударов и перекосов и не доходить до упора на 3—5 мм. Неодновременность касания ножами неподвижных контактов не должна превышать 3 мм. Привод разъединителя в крайних положениях должен автоматически надежно запирается фиксатором.

Правильность установки штепсельных разъединителей в шкафах камер КРУ проверяют, наблюдая через люки отсеков корпуса шкафа за контактами при медленном вкатывании тележки.

Нож разъединителя неподвижного контакта в рабочем положении должен входить внутрь подвижного на глубину не менее 30 мм и не доходить до упора не менее, чем на 5 мм. Направляющие шпильки подвижной системы вторичных цепей должны входить в отверстия неподвижной системы раньше начала замыкания контактов вторичных цепей.

В камерах КСО выключатели серии ВМП-10 устанавливают на опорные конструкции и во избежании перекосов при монтаже выверяют их по вертикали и по главным осям камер.

С помощью резьбовых соединений раму выключателя крепят к опорным конструкциям. Приводы выключателей поступают на монтаж в полностью собранном и отрегулированном состоянии. После установки в соответствии с разметкой и выверки положения выключателя и его привода регулируют ход подвижной части выключателя. Для этого выключатель и привод отключают и соединяют их валы тягой. Регулировку длины тяги производят при полностью включенном приводе и выключателе. Изменяя углы поворота рычагов, добиваются нормальной величины раствора контактов. Работу механизма свободного расцепления проверяют при полностью включенном положении выключателя и двух-трех промежуточных положениях. Маслоотделитель и верхнюю крышку

каждого цилиндра снимают, и в резьбовые отверстия в торцах подвижных контактов ввертывают регулировочные стальные стержни диаметром 6 мм, длиной 400 мм с резьбой М6 на конце. Для контроля момента соприкосновения контактных стержней с неподвижными розеточными контактами монтируют вспомогательную схему с лампами сигнализации. Неодновременность касания контактов в различных полюсах не должна превышать 5 мм.

С помощью подвижной части при ручном управлении регулируют момент замыкания контактов и отмечают предельные положения подвижных контактов нанесением рисок на регулировочные стержни. При регулировке обеспечивают общую длину хода контактных стержней в цилиндрах в пределах 240—245 мм, длину хода в контактах (вхождение стержня в розетку) в пределах 52—64 мм и угол поворота вала выключателя в пределах 85—89°. Недоход контактного стержня до предельного нижнего положения должен быть не менее 4 мм.

Затем присоединяют отходящие и питающие кабели и провода вторичных цепей. После окончательной установки КРУ (КСО) все металлические конструкции, на которых они смонтированы, присоединяют к сети заземления. Заземление выполняют приваркой нижних рам корпусов камеры в двух местах к магистрали заземления либо к закладным частям, подсоединенным к магистрали заземления.

#### **§ 44. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ (КРУН)**

До начала монтажа все работы по устройству фундаментов для КРУН должны быть закончены, проверены паспорта испытания такелажного и грузоподъемного оборудования. При приемке фундаментов под КРУН проверяют их соответствие чертежам проекта, соблюдение требований инструкций заводов-изготовителей на конкретный тип или серию. Особое внимание обращают на правильность выполнения закладных швеллеров-оснований под шкафы КРУН и надежность их крепления к фундаментным стойкам.

При установке шкафов КРУН К-VI, К-IX и КРУН-6 / 10/ на незаглубленном фундаменте проверяют уровень площадки перед их фасадом. Он должен совпадать с плоскостью катания выдвигного элемента и быть на 5 мм выше уровня швеллерной рамы закладных частей. Перед фасадом КРУН во избежание повреждения площадки до окончания ее устройства для вкатывания выдвигных элементов рекомендуется пользоваться инвентарными рамами, поставляемыми вместе со шкафами КРУН.

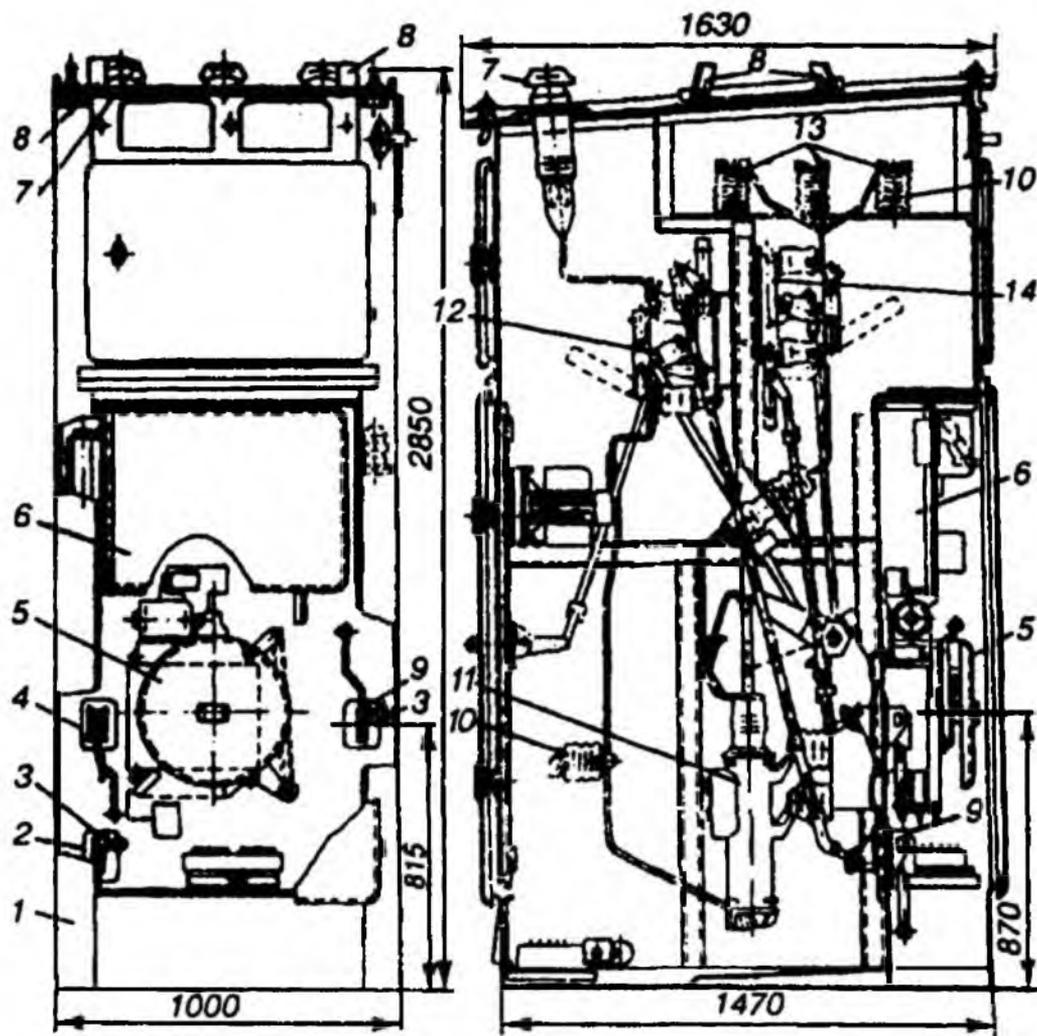


Рис. 9.5. КРУН стационарного типа серии КРН-III-10:

1 — корпус; 2 — привод заземляющего ножа разъединителя; 3 — замок блокировки; 4 — привод заземляющего ножа шинного разъединителя; 5 — пружинный привод ПП; 6 — релейный шкаф; 7 — линейный изолятор; 8 — кронштейн для воздушных линий; 9 — привод ПР-10-П шинного и линейного разъединителей; 10 — опорный изолятор; 11 — масляный выключатель; 12 — линейный разъединитель; 13 — сборные шины; 14 — шинный разъединитель

Закладные основания под КРУН выполняют из рихтованных швеллеров № 12, к которым предъявляют следующие требования: неровность их поверхностей и основания не должны превышать 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине секции; несущие поверхности следует выполнять в одной плоскости, сваривать встык, чтобы их передняя кромка составляла прямую линию; соединять с контуром заземления не менее чем в двух местах полосовой сталью сечением 40 × 4 мм. Стойки, на которые устанавливают закладную раму из швеллеров, должны выступать над землей не менее чем на 200 мм, а расстояние между ними не должно превышать 2 м. Установка КРУН на швеллерной раме показана на рис. 9.5.

Шкафы КРУН к месту монтажа транспортируют в упакованном виде. Перед установкой шкафов КРУН их снимают с поддонов тары,

выкатывают выдвижные элементы из корпуса, устанавливают корпус в соответствии со схемой их расположения в РУ. Монтаж начинают с крайнего шкафа, а к следующему приступают только после проверки правильности установки предыдущего. Соединяя корпуса шкафов КРУН К-VIy на их боковинах для уплотнения прокладывают резиновую трубку, предварительно смазанную клеем. Если в составе РУ есть шкафы секционирования К-VIy, при их установке следят за соосностью отверстий блокировочного стержня, который размещен в нижней части боковин шкафов выключателя и выдвижного элемента с разъединяющими контактами. Это требование обеспечивает правильность установки этих шкафов. При монтаже коридора управления КРУН из шкафов К-37 торцовую стенку собирают из состыкованных через уплотнительную обойму четырех элементов. При установке стенки ее болтами присоединяют к уголку основания и шкафам. К торцовой стенке пристыковывают болтами дверную секцию, которую также присоединяют к уголкам основания. Элементы передней стенки, используемые для упаковки шкафов КРУН, стыкуют болтами через уплотнительные обоймы и, так же, как элемент передней стенки, соединяют болтами с уголком основания и торцовой стенкой. Элемент крыши коридора управления, применяемый для упаковки шкафов КРУН, монтируют и стыкуют с ранее установленными элементами КРУН — торцовой, передней и задней стенками РУ. Аналогично собирают другую пару элементов передней стенки и крыши, также используемых для упаковки шкафов. Шкафы КРУН, как и КРУ внутренней установки, устанавливают в соответствии со схемой конкретного заказа.

Затем монтируют последующие элементы передней стенки и крыши РУ, приваривают сплошным швом к закладным швеллерам фундамента уголки основания коридора управления. Со стороны неустановленной торцовой стенки КРУН закладывают сборные шины, закрепляемые на шинодержателях, к которым присоединяют отпайки. Далее устанавливают компенсаторы сборных шин, перегородки отсеков, трансформатор собственных нужд, присоединяют к нему ошиновку, закрепляют задние стенки шкафов КРУН, собирают и закрепляют их торцовую стенку.

Корпуса шкафов КРУН не должны иметь качаний и перекосов (для их устранения используют стальные прокладки толщиной до 5 мм); нижняя рама корпуса должна располагаться горизонтально (по уровню); корпус не должен иметь наклона по фасаду и глубине (отсутствие наклона проверяют отвесом); стенки смежных шкафов должны плотно прилегать друг к другу. Зазор между стенками двух расположенных рядом шкафов не должен превышать 1 мм.

При вкатывании в шкаф выдвижной элемент не должен иметь

перекосов при любом его положении в корпусе, т.е. при перемещениях его колеса должны опираться на направляющие.

Стоящие рядом корпуса стыкуют с помощью нижних болтов. При обнаружении зазоров более 1 мм плотнее сдвигают корпуса, при этом во избежание деформации боковых стенок усилия прикладывают к нижней раме.

На крыше шкафов для монтажа воздушных отходящих линий или вводов закрепляют кронштейны, которые поставляют в разобранном виде вместе со шкафами КРУН. После этого монтируют ошиновку ввода, отходящей линии или связи шкафа ввода со шкафом трансформатора собственных нужд, конструкции для разделения шкафов ввода от ВЛ. При необходимости (если это предусмотрено проектной документацией) над крышей КРУН устанавливают дополнительную крышу из асбестоцементных плит. В первую очередь в коридоре управления монтируют навесные шкафы вторичных цепей, блоки питания, вытяжные вентиляторы (на торцовых стенках) и автомат их пуска, а также выключатели освещения, затем выполняют монтаж освещения и вентиляции.

Силовые кабели монтируют через заднюю дверь (в шкафах К-VIy) или дверцу, имеющуюся в задней стенке шкафа (К-37). Поскольку в шкафах КРУН дно металлическое, для прохода кабелей в нем вырезают необходимое количество отверстий. Для защиты КРУН от попадания внутрь влаги, снега, пыли отверстия в дне уплотняют. Монтаж вторичных цепей между шкафами КРУН выполняют в соответствии с проектом. Затем соединяют оперативные шинки и шинки питания, присоединяют жилы контрольных кабелей внешних соединений.

Кроме выполнения перечисленных работ в шкафах КРУН с коридором управления тщательно проверяют отсутствие щелей, которые могли образоваться из-за деформации элементов при транспортировке, монтаже или других причин. Обнаруженные щели заделывают уплотнителями. Далее убирают помещение (коридор управления) и выполняют подливку основания бетоном по всему периметру.

#### **§ 45. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ**

Вторичные цепи из изолированных проводов при прокладке по панелям объединяют в потоки, которые располагают горизонтально или вертикально (рис. 9.6). Допустимые отклонения от горизонтали и вертикали составляют 6 мм на 1 м длины. При формировании потоков проводов избегают перекрещивания. Ответвления от потока выполняют преимущественно под прямым углом.

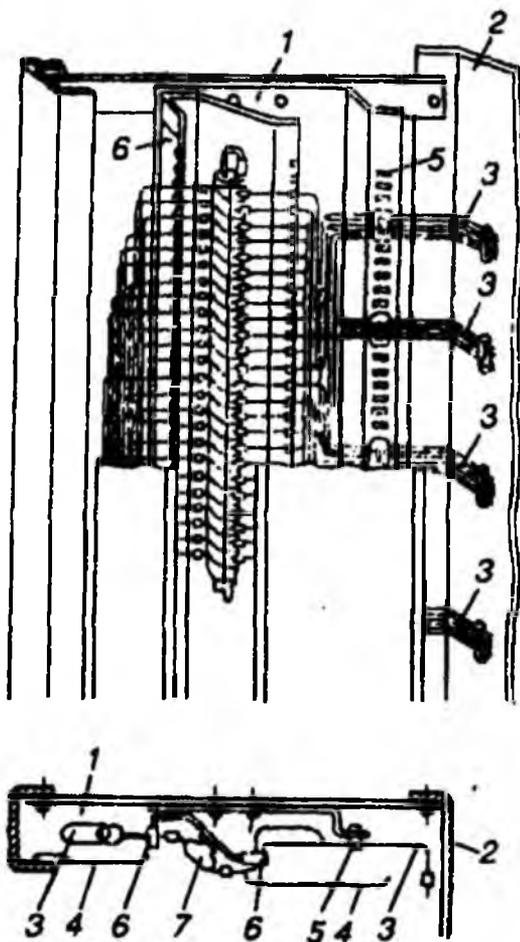


Рис. 9.6. Вторичные цепи в пластмассовом кожухе:

1 — отсек для проводов; 2 — панель РУ; 3 — поток проводов; 4 — пластмассовая крышка; 5 — перфорированная планка; 6 — гребенка для проводов; 7 — рейка зажимов

Потоки располагают прямыми и ровными плотными рядами: в каждом ряду не более 10—15 проводов. Длинные провода располагают в нижнем ряду, короткие — в верхнем.

Переходы потоков проводов с панели на панель выполняют гибкими плоскими или жгутовыми компенсаторами. Пучки проводов, работающих на скручивание, защищают металлорукавом или поливинилхлоридной трубкой. Места выхода проводов обматывают лентой.

Во вторичных цепях в качестве проводников используют медные провода площадью сечения не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ . Допускают применение медных жил площадью сечения  $1 \text{ мм}^2$  для неответственных вторичных цепей в электроустановках напряжением до 1000 В.

Применение алюминиевых проводов во вторичных цепях допускают при соблюдении следующих требований:

провода изгибают однократно и только руками с радиусом изгиба не менее трех диаметров провода;

от присоединения к аппарату до ближайшей точки крепления выдерживают расстояние 200 мм при площади сечения жилы до  $2,5 \text{ мм}^2$ ;

изоляция удаляют клещами КСИ, КУ;

при затяжке резьб контактных зажимов соблюдают осторожность во избежание среза жилы.

При использовании в цепях автоматики и телемеханики кабелей связи их концы разделяют, как показано на рис. 9.7.

Бандажирование пучков жил кабелей проводят натертыми парафином нитками диаметром около 0,5 мм. Шаг вязки бандажом примерно равен двум диаметрам его пучка. Вместо ниток применяют пластмассовые или металлические плакированные (покрытые пластмассой) пояски, устанавливаемые через 300—500 мм.

Жилы проводов и кабелей прокладывают с достаточным запасом по длине, чтобы в случае обрыва концы жил можно было вновь присоединить к зажиму или контакту аппарата.

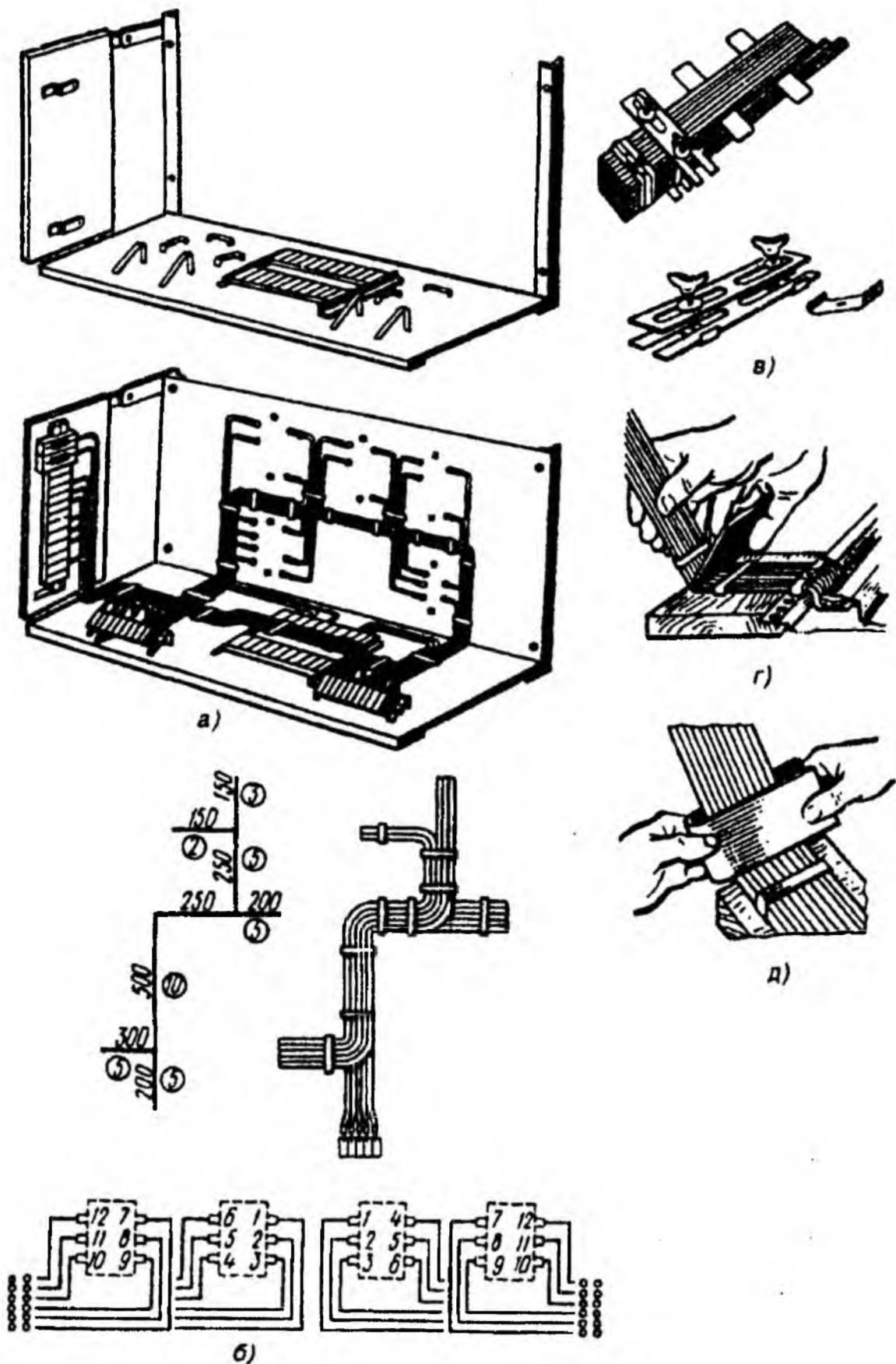


Рис. 9.7. Технологические приемы монтажа цепей вторичной коммутации:  
*a* — в шаблоне для ячеек КРУ; *б* — по эскизу с технологическими указаниями прокладки проводов; *в* — в пакетах с помощью сжимов и прокладок; *г* — специальной деревянной пластиной; *д* — специальной алюминиевой скобой и сжимом

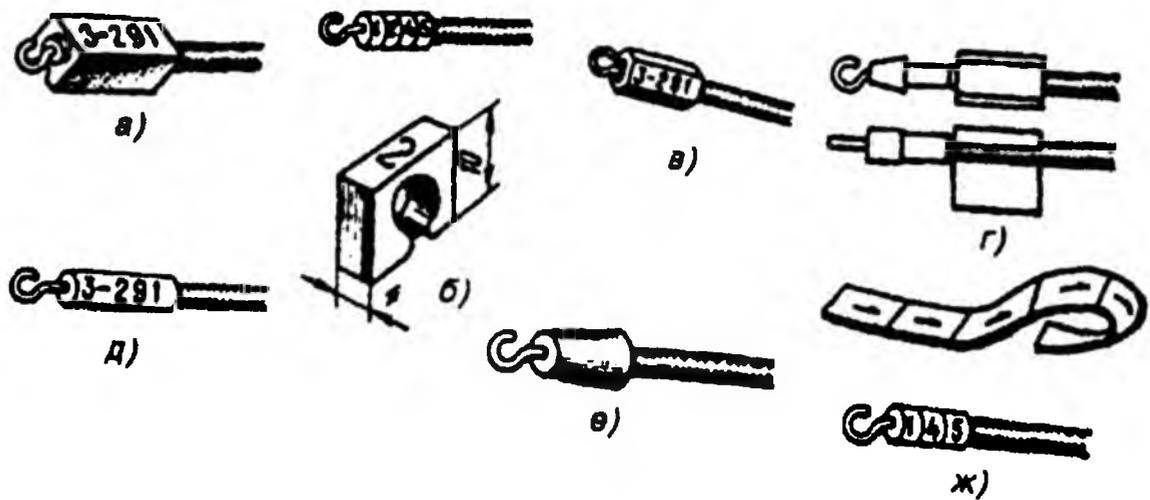


Рис. 9.8. Маркировочные бирки-оконцеватели:

*а* — оконцеватель У541; *б* — оконцеватель с пружинистым пазом ОН-2,5; *в* — маркировочный оконцеватель А-627; *г* — оконцеватель с биркой; *д* — оконцеватель из полимерной трубки; *е* — оконцеватель ОП-2,5, У540; *ж* — маркировочная липкая лента с цифровыми и буквенными знаками

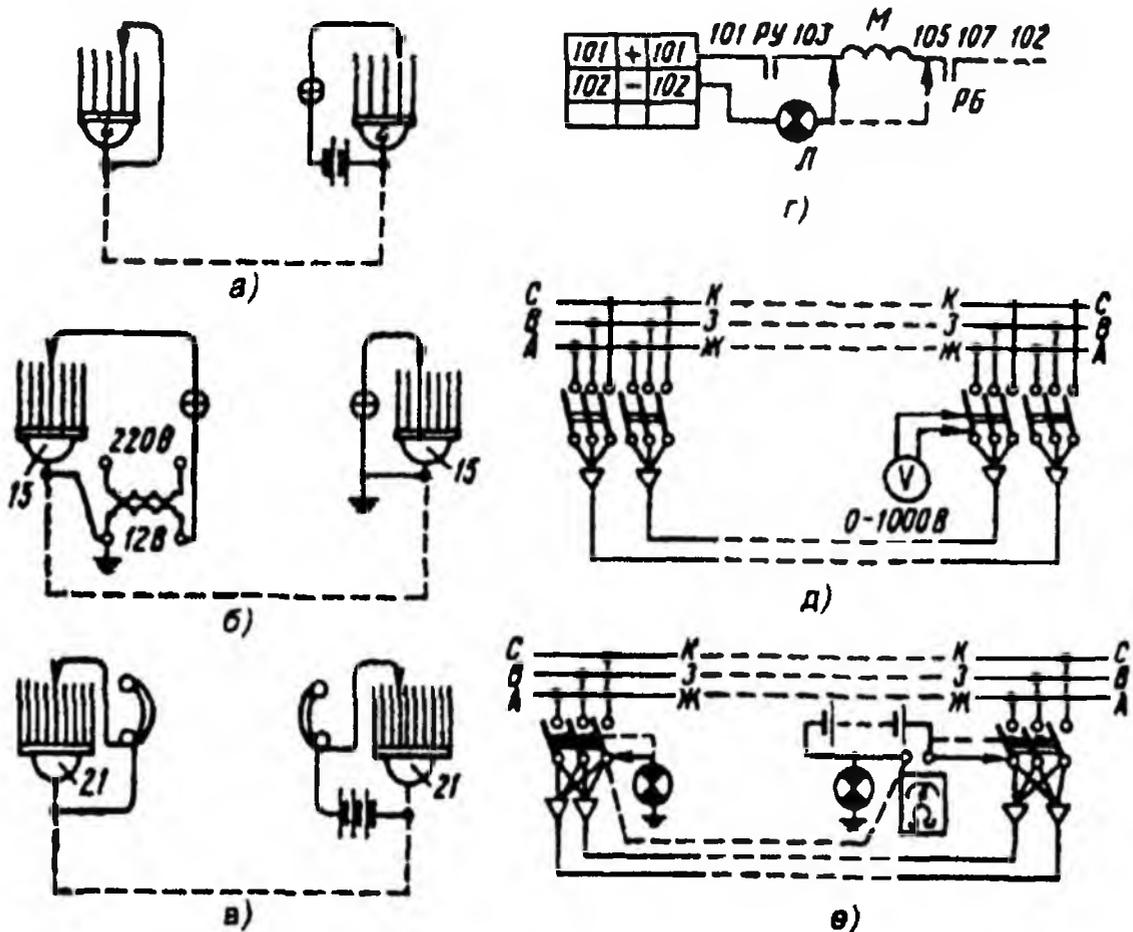


Рис. 9.9. Схема прозвонки, определения места обрыва и фазировки цепей:

*а, б* — контрольных кабелей с помощью лампочки; *в* — кабелей с помощью телефонных трубок; *г* — определение мест обрыва электрической цепи; *д, е* — фазировка кабеля при напряжении и без напряжения; *РБ* — реле блокировки; *РУ* — указательное реле; *М* — катушка

Проводники маркируют на обоих концах — у наборных зажимов и у зажимов аппаратов с применением специальных оконцевателей (рис. 9.8), манжет, трубок (см. рис. 1.18, 1.20, 1.21).

Однопроволочные провода оконцовывают кольцом или прямым участком провода, многопроволочные — наконечником. Для предотвращения выдавливания провода из-под зажима применяют шайбы-звездочки (см. рис. 1.17, б). К зажиму с каждой стороны можно присоединять не более двух жил.

Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле и другими элементами, должны иметь разную маркировку. Участки цепи, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, должны иметь одинаковую маркировку. Для различия участков цепи допускается добавлять к маркировке последовательные числа или обозначения устройств (агрегатов), отделяя их знаком дефис.

Для нахождения среди многих проводников, проложенных потоком, одного из них по доступным концам, удаленным друг от друга и не присоединенным к каким-либо другим цепям, используют способ «прозвонки». Происхождение термина «прозвонка» объясняется тем, что первоначально в качестве сигнала о нахождении цепи применяли электрические звонки — зуммеры.

При прозвонке создают цепи, содержащие кроме искомого проводника источник тока и прибор-индикатор, сигнализирующий о замыкании цепи (рис. 9.9).

### Контрольные вопросы

1. Какие типы распределительных устройств применяют в схемах электроснабжения напряжением выше 1 кВ?
2. Чем отличаются распределительные устройства внутренней установки от распределительных устройств наружной установки?
3. В чем состоит приемка помещений под монтаж распределительных устройств внутренней установки?
4. Как принимают фундаменты для монтажа оборудования распределительных устройств наружной установки?
5. Как монтируют ячейки камер КСО?
6. Как монтируют шкафы КРУ внутренней установки?
7. Как монтируют шкафы распределительных устройств наружной установки?
8. Какова технология последовательности операций по монтажу вторичных цепей?

## ГЛАВА 10. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

### § 46. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) внутренней установки состоят из трехфазных понижающих трансформаторов высшего (6 или 10 кВ) и низшего (0,4 или 0,69 кВ) напряжения и шкафов РУ (рис. 10.1). Шкафы РУ НН изготавливают вводными, секционными и линейными. Они состоят из шинной и коммутационной частей, разделенных металлическими перегородками.

В шкафах РУ напряжением до 1 кВ размещены коммутационная и защитная аппаратура: выдвигные универсальные и установочные автоматические выключатели, релейная аппаратура АВР, измерительные приборы, а также измерительные трансформаторы тока.

Схемы управления защиты и сигнализации оборудования КТП выполняют на оперативном переменном токе. Подстанции имеют один или два силовых трансформатора мощностью 250, 400, 630, 1000, 1600 и 2500 кВ · А, которые поставляют заполненными трансформаторным маслом с азотной подушкой или с маслорасширителем, совтолом, а также сухими со стекловолокнистой изоляцией. Комплектные ТП с трансформаторами, заполненными трансформаторным маслом, можно применять только при устройстве под ними маслосборных приемков и расстоянии между двумя КТП не менее 10 м.

Комплектные ТП с трансформаторами, заполненными маслом,

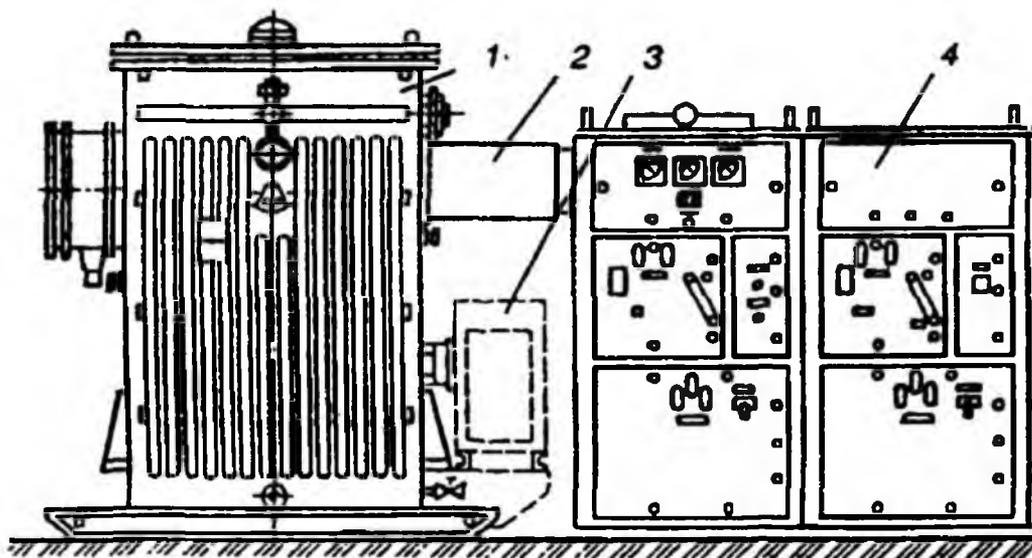


Рис. 10.1. Комплектная трансформаторная подстанция внутренней установки:

1 — трансформатор; 2 — соединительный короб; 3 — шкаф предупредительной сигнализации;  
4 — шкаф РУ 0,4 кВ

и сухие укомплектовывают шкафами предупредительной сигнализации. Разные типы шкафов позволяют комплектовать РУ в зависимости от заказа по различным схемам. При схеме магистрального питания КТП снабжают шкафами ввода ВН, в которых монтируют разъединитель, предохранители и кабельные муфты. При радиальной схеме питания (когда не требуется устанавливать шкаф ввода ВН) на баке трансформатора размещают вводное устройство (короб), в котором монтируют кабельную муфту высокого напряжения с глухим присоединением.

#### § 47. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки (КТПН) мощностью 25—400 кВ · А напряжением 6-10-35 / 0,4 кВ используют для электроснабжения объектов различного назначения. Они состоят из шкафа ввода высшего напряжения (ВН), трансформатора и шкафа низшего напряжения (НН), укомплектованного на отходящих линиях автоматическими выключателями.

Подстанции с воздушным вводом (рис. 10.2) имеют надстройку с разрядниками и шинным спуском для ввода. К воздушным сетям 380 / 220 В их подключают через специально предусмотренный мачтовый вывод. Внутри КТПН разделены на отсеки высокого напряжения

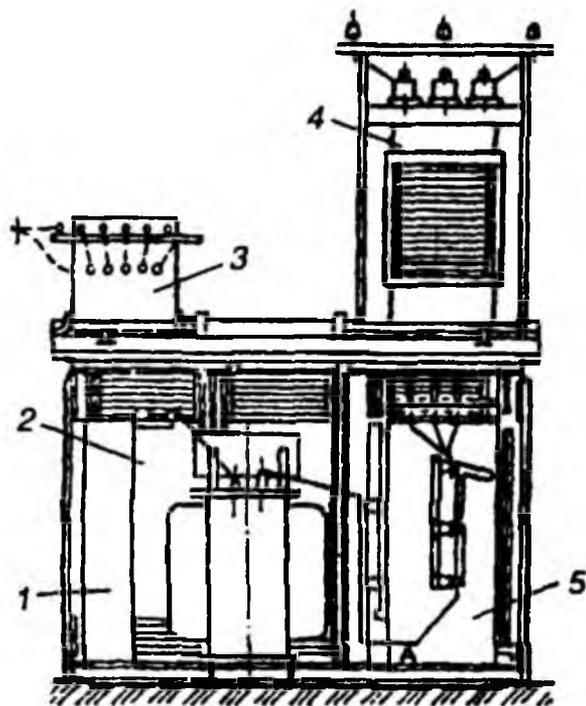


Рис. 10.2. Комплектная трансформаторная подстанция для наружной установки:

1 — щит распределительный 0,23—0,4 кВ; 2 — трансформаторная камера; 3 — мачтовый ввод для подключения ВЛ; 4 — надстройка для разрядников; 5 — отсек с оборудованием высокого напряжения

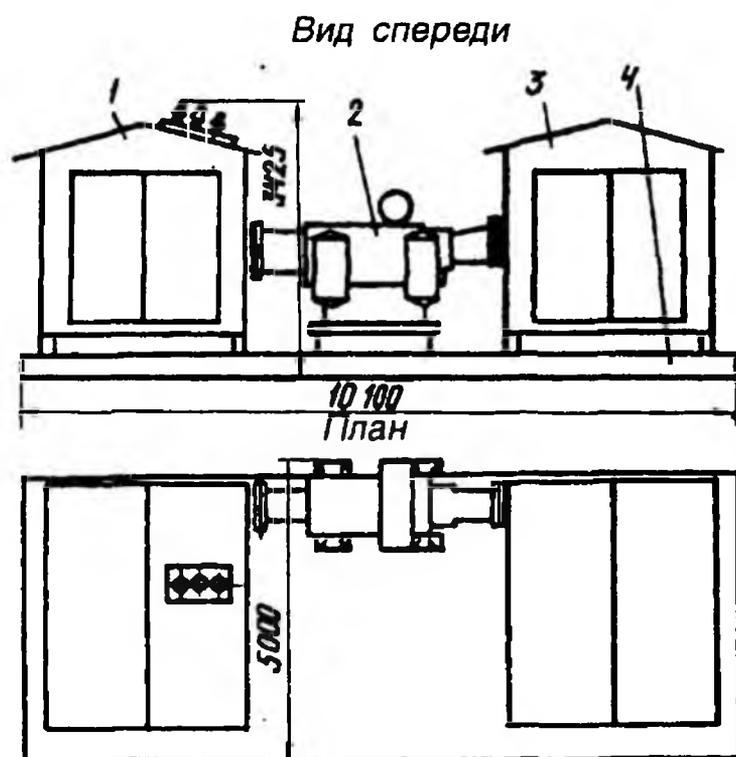


Рис. 10.3. Подстанция КТПН для электроснабжения погружных насосов:  
1 — РУ-6 кВ; 2 — трансформатор; 3 — РУ 0,4 кВ и станция управления ПЭД; 4 — рама

напряжения с разъединителями и предохранителями, трансформаторную камеру и распределительный щит низкого напряжения. При применении кабельного ввода в КТПН верхняя надстройка отсутствует. КТПН напряжением 6-10 / 0,4 кВ часто собирают из объемных элементов. Строительная часть таких подстанций состоит из отдельных объемных блоков, изготавливаемых на заводе железобетонных изделий (все необходимые для монтажа отверстия выполняют также на заводе). Для крепления электрооборудования в панели закладывают специальные металлические детали. Отдельные панели соединяют между собой металлическими связями с помощью сварки или на болтах в объемные блоки.

Подстанции типа КТПН (рис. 10.3) нашли широкое применение в схемах электроснабжения нефтепромыслов.

#### § 48. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Приступая к монтажу КТП *внутренней установки* проверяют оси подстанции, выверяют отметки основания под опорные швеллеры РУ и салазки трансформаторов, а также необходимые размеры строительной части.

Блоки РУ поднимают инвентарными стропами, которые крепят за скобы, установленные в отверстиях на концах опорных швелле-

ров. Если краны отсутствуют, то блоки РУ устанавливают на фундаменты с помощью катков, выполненных из отрезков металлических труб.

Если блоки РУ не имеют опорных швеллеров, для их перемещения увеличивают количество катков (не менее четырех на блок).

Не допускается крепить тяговый трос от лебедки к поперечным связям основания шкафов. Его закрепляют на шкафах в обхват, стремясь не повредить их окраску. Для этого между металлической поверхностью шкафа и тросом прокладывают доски, брусья, толь или рубероид. Многоблочное РУ монтируют поэтапно. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и подъемные скобы с опорных швеллеров. Установочные швеллеры отдельных шкафов соединяют сваркой с помощью перемычек из полосовой стали сечением  $40 \times 4 \text{ мм}^2$ . Борозды в фундаментах после установки блоков РУ и приварки шины заземления к опорным швеллерам заливают цементом и устанавливают по проекту трансформатор.

Распределительное устройство соединяют с трансформатором гибкой перемычкой, закрываемой коробом из листовой стали, который поставляется в комплекте с КТП. При выполнении присоединения к выводам трансформатора необходимо помнить, что чрезмерные изгибающие усилия на вводы при затяжке болтов могут вызвать течь масла. Короб к трансформатору и вводному шкафу РУ крепят болтами. Соединения шин выполняют с помощью шинных сжимов или болтов.

По окончании монтажа блоков КТП проверяют исправность проводки и приборов, надежность крепления болтовых соединений, особенно контактных и заземляющих, работу механических блокировок, состояние изоляторов (не должно быть трещин, сколов, нарушения армировки). После этого подсоединяют кабели высокого и низкого напряжений. На отходящих кабельных линиях напряжением 0,4 кВ выполняют эпоксидные (с помощью комплекта резиновых перчаток) или сухие (лентой ПВХ) разделки. Для заземления КТП швеллеры приваривают к контуру заземления в двух местах (каждый шов — 70 мм).

*Комплектные ТПН* монтируют с помощью крана на автомобильном шасси. На месте монтажа выполняют основание в виде гравийной подушки, при этом объем гравия должен быть не менее объема масла в трансформаторе.

*Трансформаторные подстанции из объемных элементов* готовят на заводах (рис. 10.4). Монтаж объемных трансформаторных подстанций выполняют в такой последовательности: электрооборудование



I—I

7100

6980

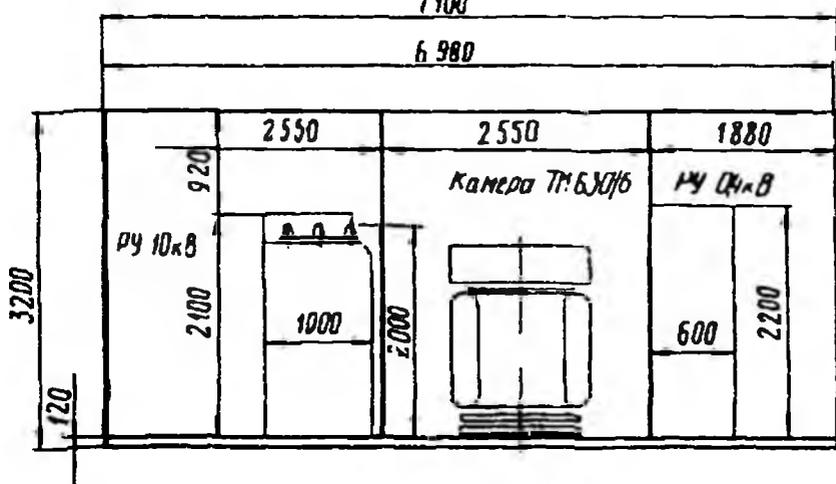


Рис. 10.4. Объемная трансформаторная подстанция:

а — левый блок; б — правый блок

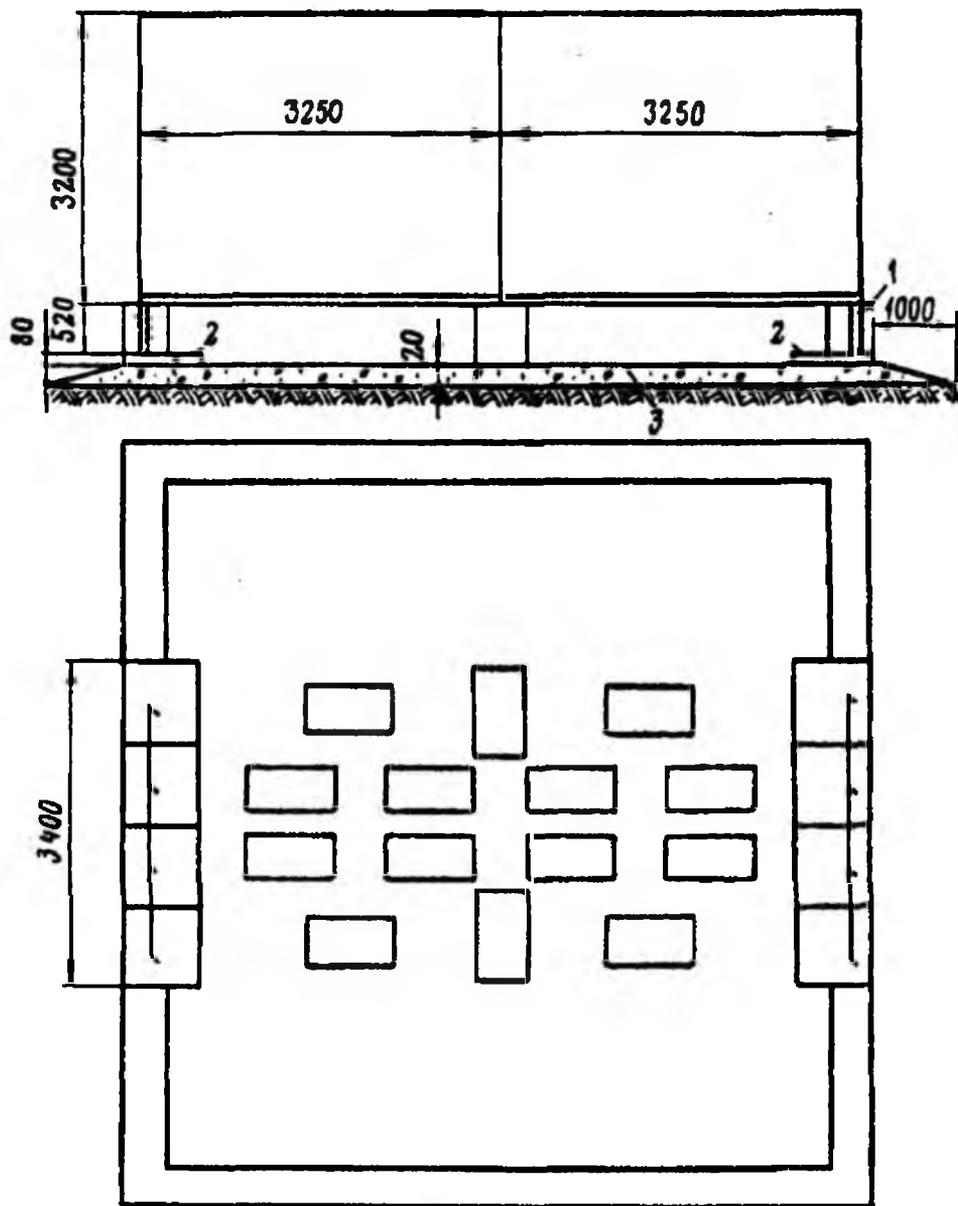


Рис. 10.5. План фундаментов объемной трансформаторной подстанции:

1 — решетка; 2 — плита; 3 — щебеночная подготовка

концентрируют в блок-коробки или отдельные блоки. Эти объемные элементы вместе с электрооборудованием транспортируют на строительную площадку. Здесь собирают блоки, формируя трансформаторную подстанцию. До начала сборки подстанции на строительной площадке завершают сооружение подъездных путей к месту ее установки. Разбивку и привязку подстанции выполняют на местности. Растительный грунт снимают и вынимают для фундамента в соответствии с принятым конструктивным вариантом подстанции (из бетонных блоков марки СБ или кирпича). Фундаменты закладывают на твердый материковый грунт и засыпают их снаружи землей до уровня красных вертикальных отметок. Затем устанавливают вентиляционные жалюзи с сетчатыми решетками, а также закладывают

асбестоцементные трубы диаметром 100 мм и длиной, выходящей за пределы отмостки на 0,5 м (рис. 10.5).

После проверки и приемки фундаментов приступают к установке блоков подстанции. Особое внимание обращают на тщательную нивелировку опорной плоскости фундаментов под блоки.

Блоки устанавливают подъемным краном грузоподъемностью 20 т в такой последовательности: на фундаменты ставят блоки БТП-1 и БТП-2, затем их основания соединяют с фундаментами цементным раствором. Технология сборки строительной части подстанции включает выполнение следующих электромонтажных работ: установку проходных изоляторов; соединение шинами секционных разъединителей с проходными изоляторами в РУ 6-10 кВ; установку соединительных шин между контакторными станциями разных блоков, установку и подключение силовых трансформаторов; прокладку кабельной перемычки между щитами № 1 и 2 блоков БТП-1 и БТП-2; ввод в здание подстанции кабельных концов (высокого и низкого напряжения) и выполнение заземляющего устройства.

Внедрение блочных трансформаторных подстанций позволяет сократить сроки их строительства примерно в пять раз и продолжительность электромонтажных работ в монтажной зоне вдвое.

В связи с сокращением объема строительных работ, применением экономичных материалов и прогрессивной технологии заготовки и сборки подстанции себестоимость работ уменьшается на 18 %.

Использование объемных трансформаторных подстанций дает возможность передать значительный объем работ на заводы-изготовители.

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких элементов состоят комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки?
2. Из каких элементов состоят комплектные трансформаторные подстанции наружной установки?
3. Какова технологическая последовательность операций монтажа комплектных трансформаторных подстанций внутренней установки?
4. Как монтируют трансформаторные подстанции из объемных элементов?
5. Как монтируют КТПН?

## ГЛАВА 11. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 110 кВ

### § 49. ОБОРУДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

В ОРУ (ТП) предусматривают проезд вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий; габарит проезда должен быть не менее 4 м по ширине и высоте (рис. 11.1).

Гибкие шины монтируют из многопроволочных проводов. Соединения гибких шин выполняют в петлях у опор сваркой, а ответвления в пролете — способом, не требующим разрезания шин.

Шины ОРУ подвешивают на одинарных гирляндах изоляторов. Сдвоенные гирлянды применяют лишь в случаях, когда одинарная гирлянда не удовлетворяет условиям механической прочности. Применение разделительных (врезных) гирлянд не допускается. Закрепления гибких шин и тросов в натяжных и подвесных зажимах в отношении прочности должны соответствовать требованиям, приведенным в ПУЭ. При определении нагрузок на гибкие шины учитывают вес гирлянд изоляторов и спусков к аппаратам и трансформаторам, а при расчете нагрузок на конструкции дополнительно вес человека с инструментом и монтажными приспособлениями.

Коэффициент запаса механической прочности для подвесных изоляторов при нагрузках должен быть не менее 3 по отношению к испытательной нагрузке. Расчетные механические усилия, передающиеся при коротком замыкании жесткими шинами на опорные изоляторы, принимают в соответствии с требованиями ПУЭ.

Коэффициент запаса механической прочности в сцепной арматуре для гибких шин при нагрузках должен быть не менее 3 по отношению к разрушающей нагрузке.

Для крепления и изоляции проводов и грозозащитных тросов в открытых распределительных устройствах (ОРУ) применяют подвесные изоляторы, которые состоят из изолирующего тела (стеклянного ПС или фарфорового ПФ), шапки из ковкого чугуна, стального стержня. С помощью цементной связки шапка и стержень армированы в изолирующем теле. Изоляторы ПС и ПФ предназначены для работы в районах с незагрязненной атмосферой, а ПСГ и ПФГ — в районах с загрязненной атмосферой.

Силовые масляные выключатели предназначены для включения, отключения и переключения рабочих токов при нормальном и токов КЗ при аварийных режимах, которые могут возникнуть в

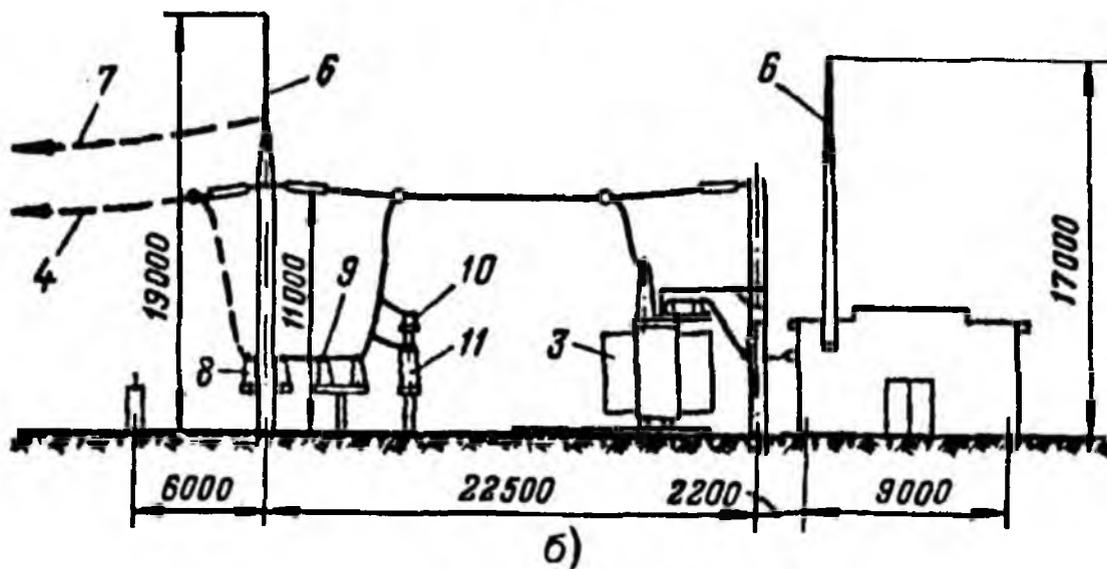
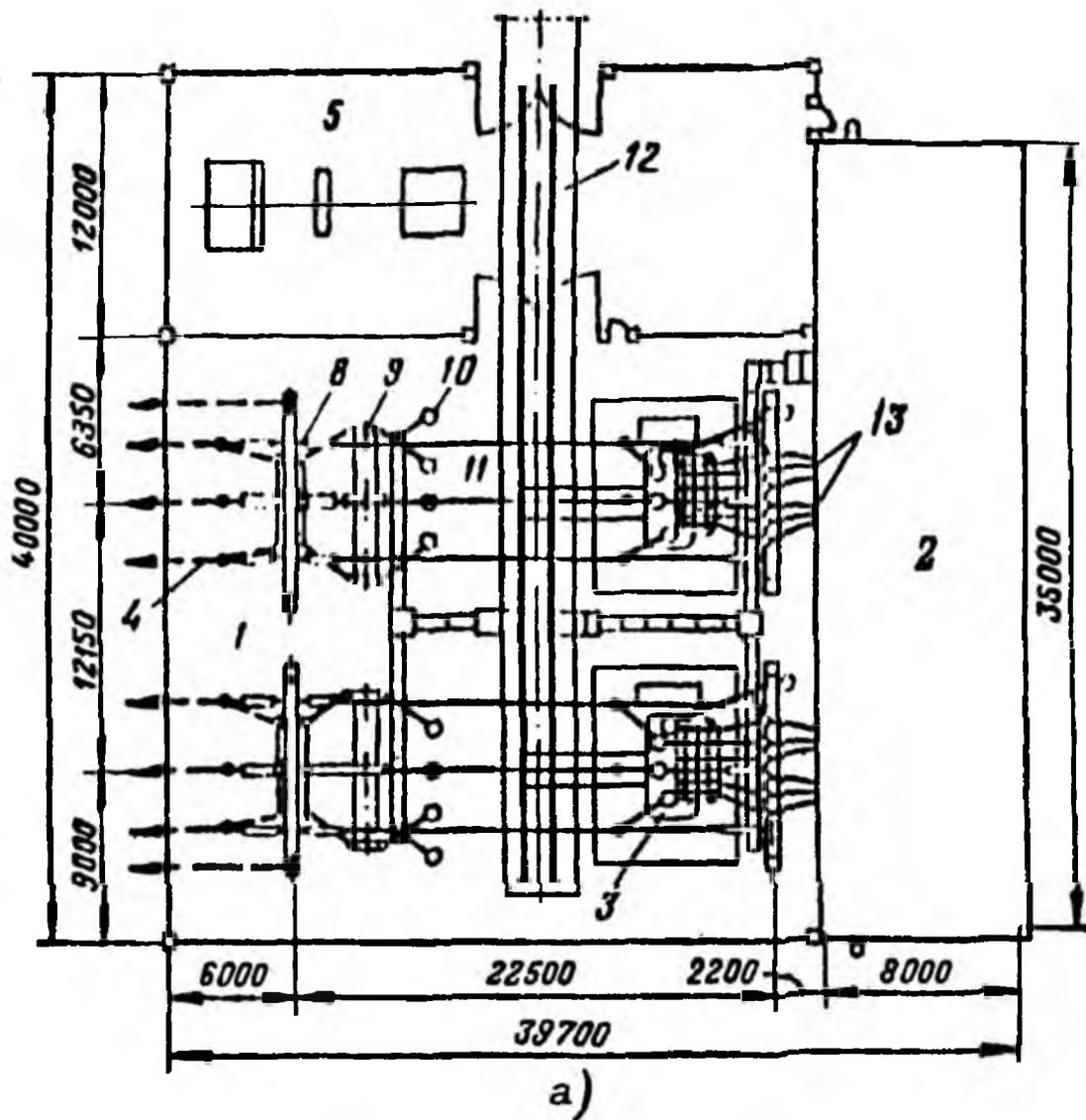


Рис. 11.1. План и разрезы типовой ГПП  $110/6-10$  кВ с двумя трансформаторами мощностью  $40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ :

а — план; б — разрез; 1 — ОРУ 110 кВ; 2 — ЗРУ 6—10 кВ; 3 — трансформатор; 4 — ВЛ 110 кВ; 5 — ремонтная площадка; 6 — молниеотвод; 7 — защитный трос; 8 — разъединитель; 9 — отделитель; 10 — короткозамыкатель; 11 — разрядник; 12 — железнодорожный путь; 13 — выводы от расщепленных обмоток трансформатора

линиях ОРУ. В зависимости от дугогасительной среды выключатели разделяют на жидкостные и газовые. Наиболее распространенными жидкостными выключателями являются масляные, которые в зависимости от объема классифицируют на много- и малообъемные. Для наружных РУ подстанций напряжением 35 кВ широко применяют многообъемные масляные выключатели серий С, МКП, У и др.

*Выключатели МКП* относят к масляным быстродействующим трехфазным аппаратам с отдельным баком на каждую фазу. Все полюсы выключателей связаны между собой и управляются приводом. Выключатели имеют два разрыва на полюс и применяются на токи 0,63 и 1 кА для напряжений 35—110 кВ и наружной установки. В выключателях на 35 кВ три бака (фазы) смонтированы на общем каркасе, а на 110 кВ каждый бак устанавливается отдельно на фундаменте. Все выключатели имеют встроенные трансформаторы тока.

Конструкция выключателя МКП-35 на напряжение 35 кВ показана на рис. 11.2. На крышке 3 смонтированы два ввода 5, наружная часть которых защищена фарфоровыми изоляторами 2. Под крышкой установлены трансформаторы тока 4 и приводной механизм 1, собранный в сварном корпусе. В нижней части корпуса укреплена бакелитовая направляющая труба 6 с внутренним масляным буфером. Через буфер и направляющую трубу проходит изолирующая штанга 7, внизу которой укреплены подвижные контакты 9. На нижнем конце токопроводящего стержня укреплены неподвижный контакт и дугогасительное устройство 8, выполненное по принципу поперечно-щелевой камеры масляного дутья.

*Воздушные выключатели ВВУ-35А* являются также коммутационными аппаратами, устанавливаемыми на ОРУ высокого напряжения для разрыва электрических цепей под нагрузкой и отключения токов КЗ.

Дугогасительная камера такого выключателя имеет два главных разрыва. Каждый разрыв шунтирован своим активным сопротивлением с вспомогательными контактами. Равномерное распределение напряжения между двумя разрывами обеспечивается шунтирующими конденсаторами, помещенными в фарфоровую покрывку. Вво-

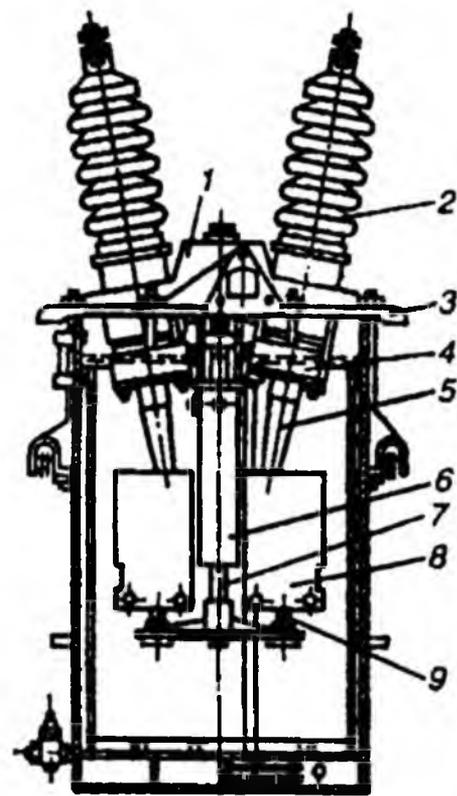


Рис. 11.2. Выключатель МКП-35 в разрезе по полюсу:

1 — приводной механизм; 2, 5 — вводы; 3 — крышка; 4 — трансформатор тока; 6 — труба; 7 — штанга; 8 — дугогасительное устройство; 9 — подвижные контакты

ды в дугогасительную камеру выполнены из эпоксидного компаунда и защищены от увлажнения фарфоровыми крышками. Дугогасительные камеры выключателей на напряжение 35 кВ устанавливают на опорной колонне из полых фарфоровых изоляторов.

Внутри опорной изоляции камеры проходят два воздухопровода из стеклопластика: один — для подачи сжатого воздуха в дугогасительные камеры, другой — для импульсной подачи воздуха при отключении и его сброса при включении.

Основанием полюса или его элемента служит рама с цоколем, который соединен медными трубами с распределительным шкафом выключателя. Шкаф подсоединен к воздухопроводу компрессорной установки подстанции.

Для ручного включения и отключения обесточенных участков электрических цепей, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков, если они снабжены стационарными заземляющими устройствами, применяют разъединители.

*Разъединители* серии РНД (3) горизонтально-поворотного типа изготавливают в виде отдельных полюсов. Стальная рама, на концах которой закреплены два подшипниковых узла, служит основанием каждого полюса.

В подшипниках вращаются валы с опорными изоляционными колоннами, на верхних фланцах которых закреплены ножи контактной системы и контактные выводы. Последние соединены с главными ножами гибкими проводниками из ленточной меди. Разъемный контакт главных ножей контактной системы состоит из ламелей, связанных между собой попарно стяжной шпилькой или болтом с пружиной, обеспечивающей необходимое контактное давление.

Полюс разъединителя, к которому присоединяется привод, называется ведущим, остальные полюсы, присоединяемые тягами к ведущему, — ведомыми. При оперировании разъединителем контактные ножи поворачиваются на угол  $90^\circ$ .

Заземляющий нож представляет собой стальную трубку, один конец которой снабжен ламельным контактом, другой приварен к его валу. Неподвижный контакт заземляющего ножа укреплен на контактном ноже разъединителя. Заземляющие ножи включаются и отключаются ручным, а главные контактные ножи — ручным, электродвигательным или пневматическим приводом.

Для автоматического отключения обесточенного поврежденного участка линии или трансформатора используют отделители. Однополюсные отделители на напряжение 35 кВ соединяют в один трехполюсный аппарат. Привод отделителя обеспечивает автоматическое отключение и ручное включение аппарата.

*Короткозамыкатели* КРН-35 предназначены для создания ис-

кусственного КЗ, вызывающего отключение защитной питающей линии выключателя.

Короткозамыкатель состоит из основания, изоляционной колонки, на которой закреплен неподвижный контакт, и заземляющего ножа, соединяется с приводом тягой. Основание короткозамыкателя представляет собой сварную конструкцию, предназначенную для установки изоляционной колонки с неподвижным контактом. Для совместной работы короткозамыкателя с отделителем в цепь заземления встраивают трансформатор тока ТШЛ-0,5, вторичные обмотки которого соединяются с реле привода отделителя. Основание короткозамыкателя изолируют от земли изоляторами. Тяга привода имеет изолирующую вставку. После включения короткозамыкателя ток проходит по цепи: подводящая шина — неподвижный контакт — нож заземления — гибкая связь — шина, расположенная на изолирующей планке основания, — шина заземления, пропущенная через окно трансформатора тока, — земля.

*Трансформаторы тока ТФЗМ-35* изготавливают одноступенчатыми. Они состоят из первичной и вторичной обмоток, помещенных в фарфоровую покрывку, заполненную трансформаторным маслом. Обмотки выполняют в виде двух звеньев, вставленных одно в другое. Первичную обмотку изготавливают из двух или четырех секций, которые соединяют последовательно, параллельно и смешанно в зависимости от коэффициента трансформации. Переключение секций осуществляется переключками на выводах первичной обмотки.

*Трансформаторы напряжения* представляют собой обычные понижающие трансформаторы малой мощности. Их изготавливают одно- и трехфазными. Вторичное (низшее) напряжение, на которое включают измерительные приборы и приборы защиты, всех трансформаторов напряжения равно 100 В. Такие трансформаторы служат для питания катушек напряжения измерительных приборов.

*Силовые трансформаторы* предназначены для повышения или понижения напряжения переменного тока (рис. 11.3).

В настоящее время применяют различные силовые трансформаторы, которые характеризуются номинальной мощностью, классом напряжения, условиями и режимами работы, конструктивным исполнением. В зависимости от номинальной мощности и класса напряжения их подразделяют на несколько групп (габаритов).

По условиям работы, характеру нагрузки или режиму работы различают силовые трансформаторы общего назначения, регулировочные и специальные (шахтные, тяговые, преобразовательные, пусковые, электropечные).

Условное обозначение различных трансформаторов состоит из букв, характеризующих количество фаз и обмоток, вид охлаждения и переключения ответвлений, и цифр, характеризующих номинальную мощность и класс напряжения, год выпуска трансформатора

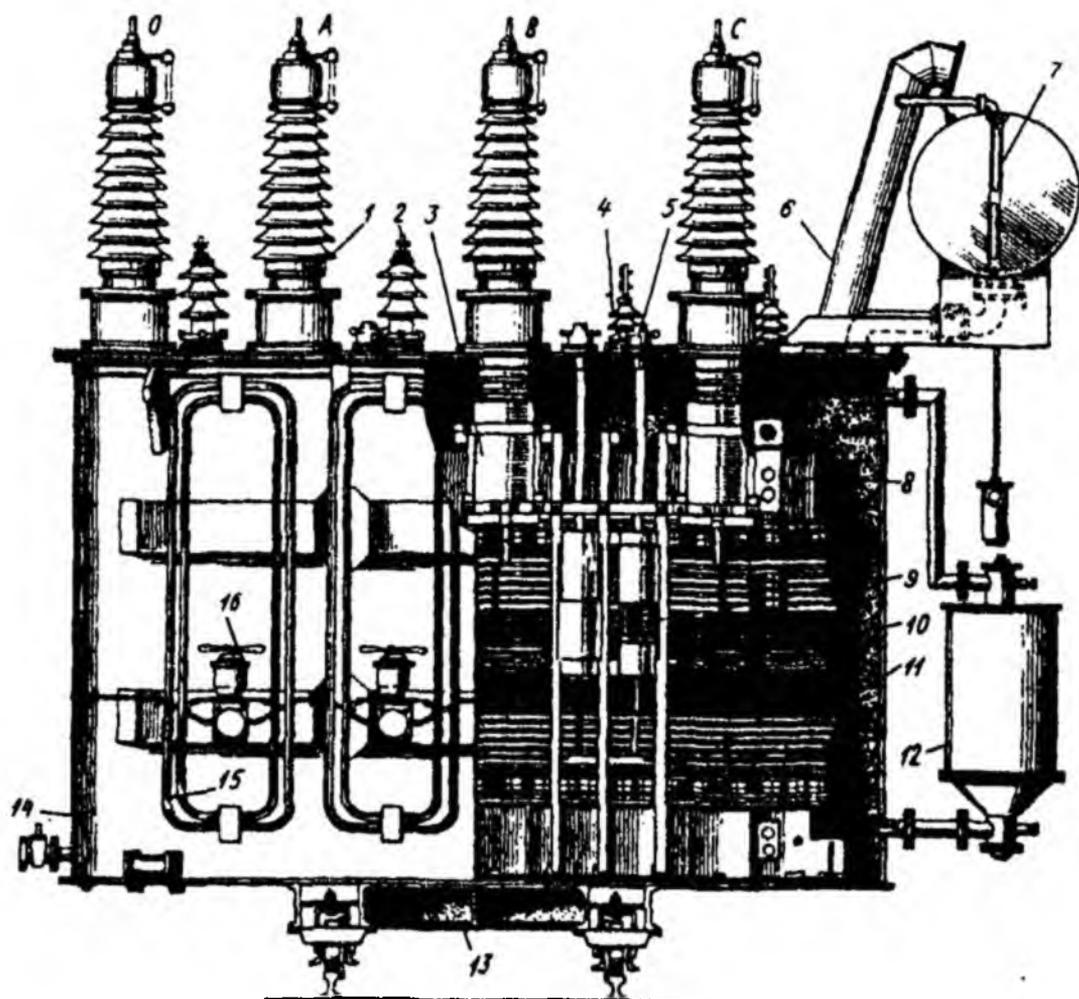


Рис. 11.3. Трехфазный трехобмоточный трансформатор мощностью 16 МВ · А 110/38, 5/11 кВ:

1 — вводы высокого напряжения (в.н.); 2 — вводы среднего напряжения (с.н.); 3 — изоляционный цилиндр; 4 — вводы низкого напряжения (н.н.); 5 — привод переключателя; 6 — выхлопная труба; 7 — расширитель; 8 — магнитопровод; 9 — переключатель ответвлений обмотки (в.н.); 10 — обмотка (в.н.); 11 — экранирующие витки обмотки (в.н.); 12 — термосифонный фильтр; 13 — тележка; 14 — бак трансформатора; 15 — трубчатый радиатор; 16 — электрические вентиляторы

данной конструкции (две последние цифры), климатическое исполнение и категорию размещения.

Буквой Т обозначают трехобмоточные трансформаторы (двухобмоточные обозначения не имеют), буквой Н — трансформаторы с устройством РПН. Применяют и другие буквы: А (для автотрансформаторов перед обозначением числа фаз), Р (для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН после обозначения числа фаз), З (для герметичных масляных трансформаторов или с негорючим жидким диэлектриком с защитной азотной подушкой после обозначения вида охлаждения), С (для трансформаторов собственных нужд в конце буквенного обозначения).

Номинальную мощность и класс напряжения указывают через тире после буквенного обозначения в виде дроби (числитель —

номинальная мощность в киловольт-амперах, знаменатель — класс напряжения трансформатора в киловольтах).

Исполнения трансформаторов, предназначенных для работы в определенных климатических районах, обозначают буквами У, ХЛ, Т (с умеренным, холодным, тропическим климатом).

В настоящее время электротехническая промышленность изготавливает масляные трансформаторы I и II габаритов (мощность до 630 кВ · А, класс напряжения до 35 кВ) типов ТМГ и ТМВГ новой серии. Отличительной особенностью этих трансформаторов является разъемная герметизированная конструкция бака, позволяющая исключать контакт внутреннего объема трансформатора с окружающей средой.

Эти трансформаторы полностью, до крышки, заполнены трансформаторным маслом, и температурные колебания его объема компенсируются за счет изменения объема бака с гофрированными стенками. Трансформаторы заполняют дегазированным маслом под глубоким вакуумом.

В зависимости от типа трансформатора бак изготавливают овальной или прямоугольной формы. Он состоит из верхней уголковой рамы, гофрированной стенки из тонкой листовой стали нижней обечайки с приваренным дном. Из конструкции бака исключены маслорасширитель, термосифонный и воздушный фильтры и радиаторы охлаждения. Герметичное исполнение и применение гофрированных стенок бака позволяют существенно снижать массу и габариты. Срок службы трансформаторов составляет 25 лет при сокращенном объеме текущего ремонта и без проведения капитальных ремонтов. Однако трансформаторы типов ТМГ и ТМВГ требуют более высокого уровня монтажа и эксплуатации. Гофрированные стенки бака выполнены из тонколистовой стали и чувствительны к механическим воздействиям. Поэтому монтажный и эксплуатационный персонал должен соблюдать повышенную осторожность при транспортировке, монтаже и текущих ремонтах герметизированных трансформаторов. При транспортировке трансформаторов раскрепление их с применением пластин не допускается.

В настоящее время внедряют новую серию трансформаторов 35 кВ мощностью 1000—6300 кВ · А. Масса трансформаторов новой серии и потери холостого хода снижены в среднем на 20 %.

## **§ 50. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ**

*Монтаж ошиновки ОРУ* выполняют в определенной технологической последовательности. В соответствии с ППР после приемки под монтаж строительной части ОРУ на площадку завозят необходимые материалы, механизмы и приспособления. До начала мон-

тажа изоляторы и сцепную арматуру развозят по площадке ОРУ, распаковывают изоляторы, осматривают их, обращая внимание на наличие сколов и трещин, прочность цементной связки, соосность стержней и шапок. Если обнаруживают скол, трещину и другие дефекты, изоляторы отбраковывают. Годные изоляторы протирают, а фарфоровые кроме того испытывают мегаомметром. Сопротивление изоляции каждого подвесного изолятора должно быть не менее 300 МОм. Затем подбирают арматуру для гирлянды, комплектуют и собирают изоляторы в гирлянды. Сборку удобно выполнять на лотках, обращая внимание на то, чтобы во всех изоляторах были исправные замки, которые устанавливают в гнезда шапок и ушки.

Далее с помощью барабана, установленного на домкраты или кабельную тележку, раскатывают провода для сборных шин, шинных мостов и спусков. На одном конце провода опрессовывают натяжной зажим и сцепляют его с гирляндой изоляторов. Гирлянду поднимают на траверсу портала. Противоположный конец провода с помощью монтажного натяжного зажима и скобы присоединяют к такелажному тросу и натягивают до предусмотренной проектом стрелы провеса. После визирования на проводе делают отметку и опускают его для монтажа второго натяжного зажима. Далее гирлянду с присоединенным зажимом поднимают и крепят ко второму portalу. Длину проводов сборных шин и шинных мостов можно определять геодезическим методом.

Для определения длин проводов в пролете А — Б устанавливают теодолит, с помощью которого поочередно из точек 7, 1 и 7, 8 находят проекции точек крепления натяжных гирлянд к порталам (рис. 11.4, а, б). С помощью рулетки измеряют расстояние  $L_1$  между проекциями (точками 5) и фактическую длину гирлянды  $l$  (рис. 11.4, в). По специальным таблицам для типовых ОРУ 35 кВ в зависимости от длины пролетов, марки, сечения и количества проводов в фазе, а также окружающей температуры выбирают соответствующие приращения длины провода  $\Delta L$  на стрелу провеса, затем определяют монтажную длину провода:  $L = L_1 + \Delta L - 2l$ .

Если точки крепления натяжных гирлянд к порталам находятся на разных уровнях (переход с низкого портала на высокий), определяют поправку:  $\Delta L_1 = h^2 / 2L_1$ , где  $h^2$  — разность точек подвеса гирлянд (по чертежам проекта). При этом длину провода определяют с учетом стрелы провеса  $L = L_1 + \Delta L + \Delta L_1 - 2l$ .

Длину провода для шлейфа определяют рулеткой, выкладывая шлейф на земле, а стрелу его провеса в точке крепления шлейфа  $f_{ш}$  — по таблицам. Если фактические длины пролетов и марки проводов отличаются от приведенных в таблицах, стрелы провеса определяют расчетным путем.

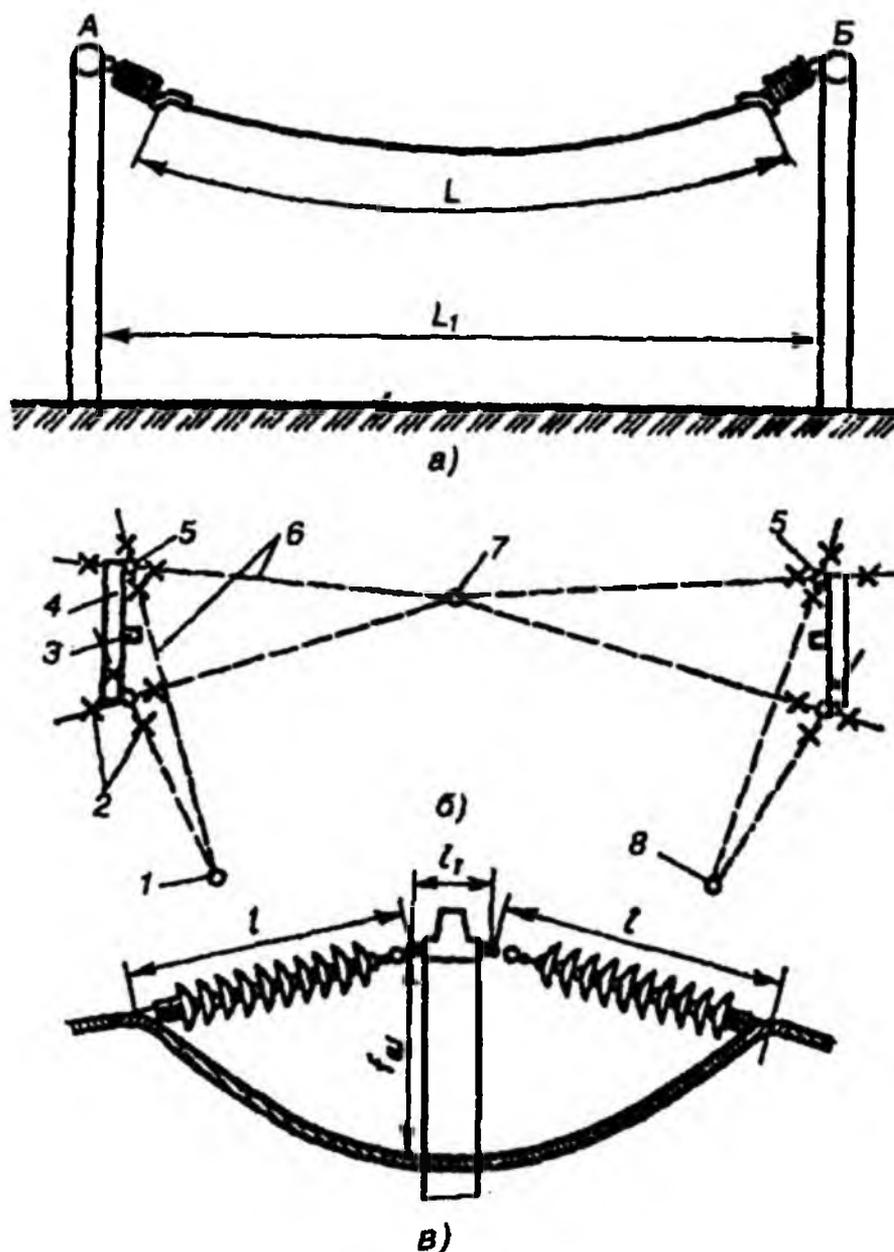


Рис. 11.4. Пролет ошиновки (а) и схема определения длин проводов в пролете (б) и шлейфе (в):

1, 7, 8 — точки установки теодолита; 2, 6 — линии визирования; 3 — скоба для гирлянды; 4 — траверса портала; 5 — точка пересечений линий визирования

*Монтаж масляного выключателя МКП, устанавливаемого на фундамент в ОРУ, выполняют в определенной технологической последовательности. Принимая масляный выключатель для монтажа, проверяют целостность упаковки, распаковывают его и осматривают выключатель снаружи. Далее проверяют комплектность, состояние изоляции, отсутствие течи масла, исправность заглушек, прокладок, предохранительных устройств газовых труб и т.п. Затем осматривают приводной механизм, для чего с помощью домкратов снимают временное запирающее устройство и медленно отключают выключатель. После этого контролируют состояние болтовых и шарнирных соединений отключающих и буферных пружин и тяг*

привода, открывают шкаф привода, отключают выключатель и с помощью лебедки опускают баки.

При внутреннем осмотре выключателя прочищают дугогасительные камеры. В дугогасительном устройстве снимают экран и отвертывают корпус, стопорный винт (в медном наконечнике неподвижного контакта) и медный наконечник. Это позволяет осмотреть положение направляющего болта. Головка болта должна быть расположена против отверстий в латунном стакане, к которому привернуты гибкие связи. Концы болтов, которыми крепятся гибкие связи, не должны выступать внутрь кольцевой выточки стакана, в котором расположена пружина. Далее краном устанавливают выключатель на фундамент и закрепляют его болтами.

Регулируя контактную систему, добиваются совпадения осей подвижных и неподвижных контактов. Их плотность соприкосновения проверяют шупом толщиной 0,05 мм, а поверхности соприкосновения — нанесением тонкого слоя краски.

Поверхность соприкосновения должна составлять не менее 70 % общей площади. Регулировку хода контактов выключателя осуществляют ввинчиванием контактных стержней траверсы. Полный ход подвижных контактов должен быть 270—280 мм, ход в контактах 15—17 мм, а давление в камере — не менее значений, указанных заводом-изготовителем. Завершив проверку контактов, собирают камеры. При этом обращают внимание на правильность прохождения контактных стержней траверсы в отверстиях дугогасительных пластин. Если обнаружено заедание стержней, регулируют наклон ввода. При снятом кожухе проверяют одновременность замыкания и размыкания контактов выключателя с двойным разрывом электрической цепи на фазу.

После подключения неподвижных контактов и контактной траверсы выключателя медленно перемещают ее в положение «Включено». При загорании лампы на неподвижной части выключателя делают первую отметку, при загорании другой лампы этой же фазы — вторую. Расстояние между отмеченными положениями контактной траверсы указывает на равномерность включения контактов. Допускаемая равномерность (в миллиметрах) приводится в заводских инструкциях по монтажу. Так же проверяют равномерность замыкания и размыкания контактов трех фаз между собой.

Перед заливкой аппарата трансформаторным маслом протирают бензином все его изоляционные детали, промывают маслом дно бака и маслоспускной кран, проверяют исправность маслоуказателя. Во избежание увлажнения не рекомендуется заливать масло в сырую погоду; в холодное время года его температура при заливке должна быть на 5—10° выше температуры окружающей среды.

Бакочный выключатель заливают маслом с помощью центрифуги, присоединяя нагнетательную линию к специальному отверстию в

верхней части бака. Через 24 ч после заливки берут пробу масла для его испытания на электрическую прочность (если она не удовлетворяет нормам, масло сушат в выключателе).

Сушку производят с помощью фильтр-пресса, при этом всасывающую линию присоединяют к спускному крану бака, а по нагнетательной линии подают масло к верхней части бака. Для удаления испаряющейся влаги открывают выхлопные отверстия на крышке выключателя и создают зазор между баком и крышкой. Сушку выполняют при температуре масла в баке 55—65° С, поднимая ее постепенно в течение 2—3 ч. Если электрическая прочность масла сохраняется в течение 3—4 ч несколько выше нормы, сушку прекращают.

Постепенно (на 5—10° С за 1 ч) охлаждают выключатель до температуры окружающей среды с обязательной циркуляцией масла через маслоочистительный аппарат.

*Технология монтажа разъединителей* на напряжение 35 кВ предусматривает последовательное выполнение ряда операций.

Разъединители РНД (3) на напряжения 35 кВ завод-изготовитель поставляет собранными и упакованными в ящики. Их доставляют в ОРУ к фундаменту и распаковывают. Комплектность поставки проверяют в соответствии с заводской ведомостью, производят расконсервацию узлов разъединителя и осмотр. Затем выявляют внешние дефекты разъединителя, обращая внимание на наличие трещин и сколов на изоляторах, целостность гибких проводников и лакокрасочных покрытий, прочность болтовых соединений. Далее проверяют контактное давление ламелей в разъемных контактах главных и заземляющих ножей, прикладывая вытягивающее усилие вдоль оси ножа к вставленному в ламели медному шаблону толщиной, равной толщине ножа, входящего в ламели. После проверки разъединитель устанавливают на опорную конструкцию и укрепляют. Поврежденную при монтаже окраску восстанавливают, смазывают контактные и шарнирные соединения. Затем проверяют одновременность работы всех полюсов.

*Монтаж отделителей* начинают с осмотра состояния его изоляции и контактных частей. Для этого проверяют контактное давление на каждом полюсе при отключенном отделителе, при этом прикладывают вытягивающее усилие вдоль ножа к отрезку медной шины толщиной, равной толщине ножа, вставленного в ламельные контакты. Усилие должно быть в смазанном контакте 90—100 Н на каждую пару ламелей. После этого к опорным конструкциям устанавливают и прикрепляют приводы главных и заземляющих ножей. С помощью автокрана все три полюса отделителя поочередно устанавливают и временно прикрепляют к опорной конструкции. При неготовности опорных конструкций выполняют укрупнитель-

ную сборку отделителя на раме, а после установки опор — его монтаж.

Отделитель выверяют по уровню и закрепляют. Устанавливая под фланцы изоляторов прокладки, регулируют зазор (1—3 мм) между торцами контактных ножей во включенном положении. Регулируя длину внутриполюсной тяги, устраняют смещение осей контактных ножей относительно оси полюса, допускаемое в пределах 5 мм. Привод соединяют тягами с приводным механизмом ведущего полюса, ведущий полюс — с ведомыми и привод заземляющих ножей — с их валами. Отделитель и приводы заземляют.

Поврежденную при монтаже окраску выключателей восстанавливают и смазывают контактные и шарнирные соединения. Включением и отключением проверяют правильность работы смонтированного отделителя, действие блокировки главных и заземляющих ножей. При необходимости проверяют одновременность работы всех полюсов.

Технология *монтажа короткозамыкателей* аналогична описанной выше.

Короткозамыкатели с завода на монтажную площадку доставляют в ящиках. Их распаковывают и осматривают основные узлы. Изоляторы очищают от пыли и загрязнений. Далее производят расконсервацию — ветошью, смоченной в уайт-спирите, удаляют защитную смазку и наносят новую, после чего приступают к монтажу короткозамыкателя. На металлическую конструкцию, которую приваривают к железобетонной опоре, устанавливают полюс короткозамыкателя. Привод и трансформатор тока ТШЛ-0,5 крепят к кронштейну, к валу привода и шарниру полюса приваривают тягу, а затем окрашивают. Сваркой соединяют полосу заземления с металлоконструкцией. Сварные монтажные швы зачищают и восстанавливают поврежденную окраску. Все болтовые крепления подтягивают и смазывают шарнирные и контактные соединения.

При *монтаже трансформаторов тока* их распаковывают, протирают и осматривают, обращая особое внимание на наличие трещин и сколов в фарфоровой крышке, целостность маслоуказательного стекла, уровень масла и течи в уплотнениях.

Одноступенчатый трансформатор тока на напряжение 35 кВ устанавливают на опорную конструкцию и закрепляют болтами (при этом обеспечивают доступ к коробке вторичных выводов и съемному листу, расположенному внизу цоколя); присоединяют ошиновку к выводам первичной обмотки; разделяют и присоединяют контрольные кабели к выводам вторичных обмоток; заземляют цоколь, соединяют накоротко и заземляют выводы технологической (индукционной) обмотки.

*Монтаж трансформаторов напряжения* производят также в определенной технологической последовательности.

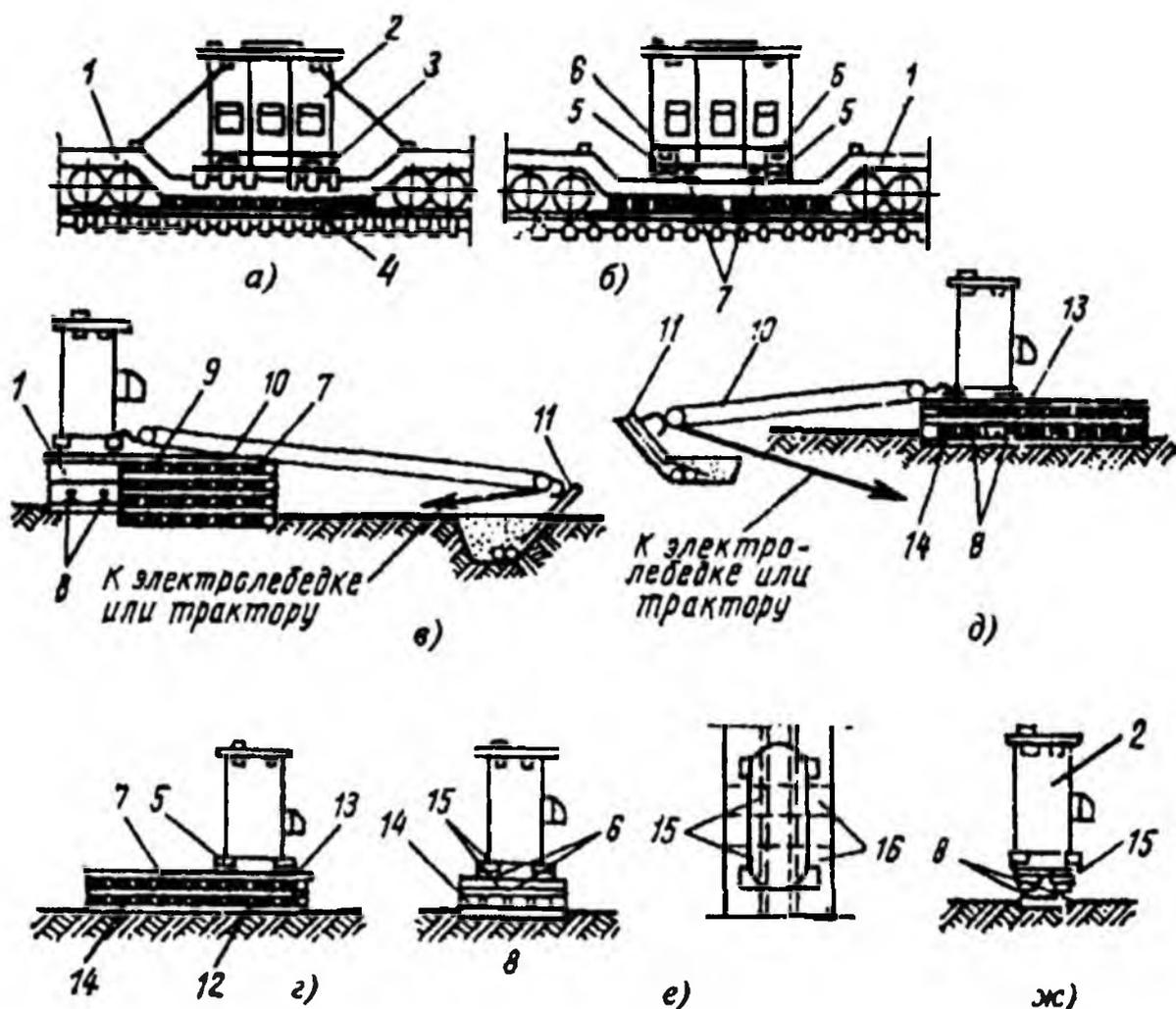


Рис. 11.5. Операция разгрузки трансформатора с применением гидравлических домкратов:

*а* — подклиновка трансформатора шпалами; *б* — опускание трансформатора на рельсы; *в* — перемещение трансформатора на шпальную клеть; *г* — опускание трансформатора на нижнюю шпальную клеть гидравлическими домкратами; *д* — перемещение трансформатора на более низкую клеть; *е* — опускание трансформатора на катки, установленные на железнодорожные рельсы; *ж* — установка трансформатора на рельсах; 1 — транспортер; 2 — трансформатор; 3 — опорные брусья; 4 — подклиновка шпалами; 5 — домкраты; 6 — упоры; 7 — вспомогательные рельсы; 8 — железнодорожный путь; 9 — накладки для соединения рельсов; 10 — полиспаст; 11 — анкер; 12 — первая шпальная клеть; 13 — упор; 14 — вторая шпальная клеть; 15 — каретка; 16 — проемы в шпальной клетке

На монтажную площадку трансформаторы напряжения поступают упакованными в сплошные деревянные ящики. После их распаковки проверяют целостность фарфоровых изоляторов (вводов) и отсутствие течи масла. При необходимости доливают трансформаторы чистым сухим трансформаторным маслом, пробивное напряжение которого не менее 35 кВ. Проверив соответствие размеров опорных конструкций проекту, автокраном устанавливают трансформаторы и после выверки закрепляют их. Затем к ним присоединяют провода ошиновки и вторичных цепей.

Монтажу силовых трансформаторов (рис. 11.5) предшествуют операции, включающие выгрузку, погрузку, транспортировку трансформатора к месту установки, подготовку узлов трансформатора к монтажу.

В случае, если выгрузку трансформатора производят гидравлическими домкратами, сначала проверяют состояние электролебедки, трактора, полиспаста и других средств механизации, а также наличие упоров, приваренных к рельсам. Далее подклинивают транспортер шпалами и устанавливают металлические клинья под колеса.

Шпальную клетку выкладывают на расстоянии 2—3 м от оси ближайшего рельса железнодорожного пути по высоте погрузочной площадки транспортера шириной на 1 м больше разгружаемого трансформатора. Шпалы и брусья выкладки крепят строительными скобами. Шпалы в нижнем ряду, а также под домкратами укладывают сплошным настилом, все остальные ряды — через одну. Грунт должен быть хорошо уплотнен. При большой нагрузке на грунт основание для шпальных клеток под домкраты выполняют из железобетонных плит, заглубленных в землю, укладывают вспомогательные рельсы на транспортере и шпальной клетке и крепят их костылями. При этом на одной стороне трансформатора должно быть одинаковое количество рельсов и домкратных упоров. Трансформатор приподнимают домкратами и подводят рельсы под его дно.

После этого строят полиспаст к трансформатору и крепят свободный конец троса к тяговому механизму. Гидравлическими домкратами плавно перемещают трансформатор с транспортера на шпальную клетку. Затем снимают накладку и рельсы на транспортере, разбирают один ряд прилегающей к нему шпальной клетки и отвозят транспортер в сторону.

На железнодорожном пути (на месте, где стоял транспортер) из шпал выкладывают вторую клетку высотой 0,6—0,7 м с проемами для подачи и установки кареток с катками, после чего укладывают вспомогательные рельсы и перемещают трансформатор с первой шпальной клетки на вторую. Далее устанавливают и закрепляют в проемах шпальной клетки каретки с катками гидравлические домкраты, с помощью которых равномерным нажимом приподнимают трансформатор, разбирают один ряд шпал и, ориентируясь по низшему положению штоков домкратов, постепенно и плавно опускают трансформатор до установки кареток на железнодорожный путь.

Для передвижения трансформатора на своих катках убеждаются в исправности и горизонтальности железнодорожного пути. Затем полиспаст строят к трансформатору и анкеру, а свободный конец троса — к лебедке, с помощью которой постепенно и плавно передвигают трансформатор. При транспортировке особое внимание обращают на положение катков в местах пересечения путей.

В случаях перемещения трансформатора без собственных кареток выравнивают грунтовую дорогу и укладывают на ней сплошной

настил из деревянных досок толщиной 50—60 или брусьев толщиной 100—120 мм. Брусья следует укладывать с интервалом, равным их толщине. Для этого из нескольких деревянных полозьев готовят сани. Полозья оковывают полосовой сталью с незначительно скошенной передней частью для набегания их на катки, которые изготовляют из металлических труб диаметром 150—200 или деревянных бревен твердой породы диаметром 150—200 мм. Сани устанавливают на катки, домкратами поднимают трансформатор, подводят под него сани и плавно передвигают их тяговым механизмом. Освобождающиеся по мере передвижения катки перекаладывают, причем трансформатор должен оставаться не менее чем на половине поверхности катков.

Трансформаторы небольшой массы перемещают на стальном листе. При массе трансформаторов до 15 т их можно перемещать по наклонной плоскости, если их угол наклона к вертикальной плоскости меньше  $150^\circ$ , а отношение размеров наклонной плоскости равно четырем или более.

*Перед монтажом трансформаторов* проверяют основные комплектующие элементы: вводы, встроенные трансформаторы тока, газовое реле, систему охлаждения, расширитель и др., а также герметичность всех его узлов.

Герметичность трансформатора, заполненного маслом (без расширителя), проверяют так: если в течение 3 ч столб масла высотой 1,5 м не вызывает течи в местах, расположенных выше уровня масла, с которым он прибыл, трансформатор считают герметичным. Предварительную проверку в течение 3 ч можно делать сухим воздухом давлением 15 кПа. Трансформатор считают герметичным, если за этот промежуток времени давление снизится не более чем до 13 кПа.

Радиатор трансформатора испытывают давлением трансформаторного масла температурой до  $60^\circ\text{C}$ , значение которого равно давлению столба масла в собранном трансформаторе от нижних точек радиатора до верхних точек расширителя плюс 0,5 м. При наполнении радиатора маслом предварительно отвертывают воздушную пробку и вместо нее устанавливают трубу. Испытания проводят при вертикальном и горизонтальном положениях радиаторов в течение 30 мин.

Герметичность можно проверять, подавая в радиатор сжатый воздух давлением 50 кПа в течение 30 мин. Для определения мест повреждения на все сварные швы предварительно наносят мыльный раствор.

Обнаруженные повреждения заваривают газовой сваркой (устранять течи замазкой или клеем неэффективно, так как они появляются вновь при разогреве масла) и повторно проверяют герметичность керосином. Испытанные радиаторы промывают маслом, подогретым до  $40\text{—}50^\circ\text{C}$ , через фильтр-пресс или центрифугу.

После промывки радиаторов их фланцы уплотняют заглушками на резиновых прокладках. Далее проверяют электродвигатели и крыльчатки вентиляторов. На конец вала электродвигателей насаживают крыльчатки с картонной шайбой и защитным колпаком и крепят специальной глухой шайбой.

Внутреннюю поверхность маслопроводов очищают стальными ершами и промывают несколько раз маслом. Задвижки разбирают, прочищают, собирают и испытывают давлением масла 50 кПа в течение 30 мин.

Маслоохладитель разбирают, очищают изнутри кожух, продувают трубы сжатым воздухом и промывают трансформаторным маслом. После этого проводят испытание, прокачивают чистое масло во временный бак в течение 24 ч.

**Вводы трансформатора 35 кВ** очищают от упаковочного материала, проверяют целостность фарфора, надежность армировки, колпачков и фланцев изоляции, наличие контргаяк.

Через грязевик из расширителя сливают остатки масла и промывают его чистым и сухим трансформаторным маслом. После этого проверяют и вновь устанавливают на место маслоуказательное стекло, испытывают расширитель на герметичность, заполняя его сухим маслом и выдерживая в течение 3 ч.

Выхлопную трубу с внутренней стороны очищают от грязи и ржавчины, после чего устанавливают заглушки на резиновых прокладках. Перед установкой трубы на трансформатор монтируют и уплотняют ее стеклянный диск (мембрану) и испытывают трубу на герметичность маслом в течение 3 ч.

Газовое реле, реле уровня масла и приборы контроля температуры проверяют в лаборатории. Результаты проверки герметичности оформляют актом или протоколом и учитывают при введении трансформатора в эксплуатацию.

При необходимости ревизии трансформатора до вскрытия добиваются выравнивания его температуры с температурой окружающей среды. Для предотвращения увлажнения активной части трансформатора во время ревизии ее пребывание на воздухе не должно превышать времени, предусмотренного ПТЭ. После вскрытия трансформатора целесообразно его ревизию производить в такой последовательности: сначала проверяют затяжку доступных стяжных шпилек ярм, креплений отводов, переключателей и других элементов активной части, убеждаются в достаточности затяжки винтов осевой прессовки обмоток (подтягивание выполняют равномерно по всей окружности; контргайки затягивают). Затем осматривают изоляцию доступных частей обмоток, отводов, переключателей, цилиндров и других элементов активной части и ликвидируют замеченные повреждения.

Далее измеряют сопротивление изоляции: всех стяжных шпилек

ярма относительно активной стали; прессующих колец относительно активной стали и балок ярма.

При наличии загрязнений тонкой струей теплого трансформаторного масла промывают активную часть, бак, после чего масло сливают через грязевую пробку. Затем, медленно опуская активную часть, проверяют правильность расположения верхних направляющих планок относительно стенок бака.

Далее концы отводов подсоединяют к контакторам и вводам. Отключенное на время ревизии заземление активной части на бак восстанавливают. Валы с приводами переключателей устанавливают на место согласно маркировке.

Перед установкой крышки проверяют правильность расположения резиновой прокладки и приклеивают ее клеем № 88 (или 88Н) к раме соединителя. При разрыве прокладки готовят вставку из полосовой маслоупорной резины, разделявают стыки резиновых прокладок на конус (на длине 60—70 мм), при этом середину каждого стыка располагают напротив определенного болта.

Трансформаторы на напряжение до 35 кВ включительно заливают маслом (его температура не ниже + 10° С) без вакуума, при этом температура их активной части должна быть выше температуры масла.

*Технология монтажа трансформатора* объединяет монтажные операции отдельных его узлов.

При монтаже переключающего устройства необходимо установить его привод и подвижные контакты переключателей в исходное положение: один конец горизонтального вала со шпонкой вставить в соединительную муфту вала переключателя, а другой конец и нониусный диск соединить по рискам с нониусным диском вала контактора. При правильном сопряжении всех звеньев переключающего устройства рукоятка ручного привода должна занимать вертикальное положение (ручкой вниз). Правильного положения добиваются регулировкой нониусных дисков вертикального вала.

Далее нужно проверить целостность отводов и состояние контактов контакторов. Включением контакторов от руки проверяют усилие главных и искрогасительных контактов (при проверке штоковым динамометром оно должно быть для главных контактов 130—170 Н, для искрогасительных — 110—140 Н).

Струей чистого, сухого масла следует промыть внутреннюю часть коробки переключающего устройства и залить ее до уровня главных контактов контакторов маслом, пробивное напряжение которого должно быть ниже, чем в баке трансформатора, затем долить коробку маслом до отметки + 35° С в маслоуказателе, после чего установить резиновую прокладку и заболтить крышку.

Через смотровой люк бака трансформатора с помощью фасонного штифта связать шарнирную часть привода с верхней муфтой

штанги, закрепив штифт бандажом из трех-четырех слоев киперной ленты.

При монтаже радиаторов нужно проверить их краны по надписям на рукоятке и убедиться, что они закрыты. Затем снять заглушки, тщательно очистить поверхность фланцев радиаторных кранов и осмотреть состояние деталей. Далее следует уплотнить фланцы запасными резиновыми прокладками или изготовленными на месте из листовой маслостойкой резины толщиной не менее 10 мм с проходным отверстием на 5—7 мм больше отверстия крана.

После этого нужно застропить радиатор за приваренную к его верхней части скобу, поднять и установить на шпильки верхнего крана, навернуть гайки на несколько ниток, навесить радиатор на шпильки нижнего крана и равномерно затянуть все гайки на нижних и верхних фланцах. После окончания монтажа всех радиаторов проверяют работу радиаторных кранов при полном их открытии. При монтаже дутьевого воздушного охлаждения в свободном пространстве между трубами радиатора по чертежу завода-изготовителя необходимо горизонтально установить опорную раму из швеллеров и во избежание вибрации при работе вентиляторов прочно закрепить ее на стенке бака.

На опорных рамах нужно установить вентиляторы и распределительные коробки.

Далее нужно установить шкаф автоматического включения и отключения электродвигателей дутьевых вентиляторов, замерить мегаомметром на напряжение 1000 В сопротивление изоляции всех электрических цепей относительно корпуса (оно должно быть не ниже 0,5 МОм) и проверить вентиляторы на вращение вручную (крыльчатки должны легко вращаться) и при включении убедиться, что они вращаются против часовой стрелки и не имеют биения.

Далее в течение 1 ч проводят гидравлическое испытание смонтированной системы охлаждения давлением 0,2 МПа, с помощью насосов промывают систему маслоохлаждения (при температуре масла 40—50° С), периодически включая центрифугу (или фильтр-пресс) и отбирая пробы масла. Если масло при испытании удовлетворяет нормам, промывку заканчивают.

Расширитель заполняют маслом значительно выше отметок маслоуказателя, закрывают верхнюю задвижку бака трансформатора, а через нижнюю заполняют систему маслом, периодически доливая его в бак из расширителя.

При заполнении системы маслом все пробки открывают для выпуска воздуха, после чего их закрывают и уплотняют. Для обеспечения нормального уровня масла в расширителе полностью открывают две основные задвижки бака трансформатора.

При монтаже вводов трансформатора напряжением 3—35 кВ необходимо заглушки на крышке трансформатора снять, а вместо

них установить вводы на уплотняющих резиновых прокладках. Болты фланцев затянуть равномерно и через смотровой люк присоединить концы обмоток к вводам внутри бака, при этом тщательно затянуть гайки.

При монтаже встроенных трансформаторов тока их необходимо подогреть до температуры, на  $10^{\circ}\text{C}$  выше температуры окружающего воздуха, пригласить наладчиков и провести испытания по нормам, приведенным в ПУЭ. При положительных результатах испытаний следует смонтировать переходный фланец с установленными в нем трансформаторами тока на новых уплотняющих резиновых прокладках и равномерно затянуть болты.

При монтаже расширителя на крышке трансформатора следует установить два кронштейна и временно закрепить на них расширитель.

При сборке маслопровода, соединяющего бак трансформатора с расширителем, нужно обеспечить уклон не менее 2 % в сторону трансформатора во избежание крутых изгибов и обратных уклонов в маслопроводе. На уплотняющих маслоупорных прокладках выполнить соединения всех фланцев маслопровода.

При монтаже газового реле сначала с него нужно снять крышку с поплавковой системой и установить корпус реле горизонтально на пробковых или клингеритовых прокладках, покрытых глифталевым или бакелитовым лаком, при этом смотровое окно должно находиться со стороны, удобной и доступной для наблюдения.

Крышку с поплавковой системой устанавливают на корпус газового реле так, чтобы стрелка на крышке указывала направление от бака к расширителю. В поливинилхлоридных трубах прокладывают концы проводов, присоединяемых к газовому реле.

При монтаже реле уровня масла следует проверить его работу, присоединяя к нему контрольную лампочку, которая гаснет при доливке масла до нормального уровня маслоуказателя.

На верхнем фланце трубы на мягкой резиновой прокладке устанавливают стеклянную диафрагму. При монтаже выхлопной трубы нужно с крышки трансформатора снять заглушку, поставить на ее место выхлопную трубу на резиновой прокладке и по всему периметру фланца равномерно затянуть крепящие болты.

При монтаже термометров температурный датчик термометрического сигнализатора устанавливают с помощью уплотнений из асбестового шнура, пропитанного бакелитовым или глифталевым лаком. Между корпусом прибора и пластиной ставят резиновую прокладку.

Гильзы ртутных и ртутно-контактных термометров заливают маслом и во избежание попадания в них влаги уплотняют.

При монтаже термосифонного фильтра его разбирают, очищают и промывают чистым, сухим трансформаторным маслом, засыпают

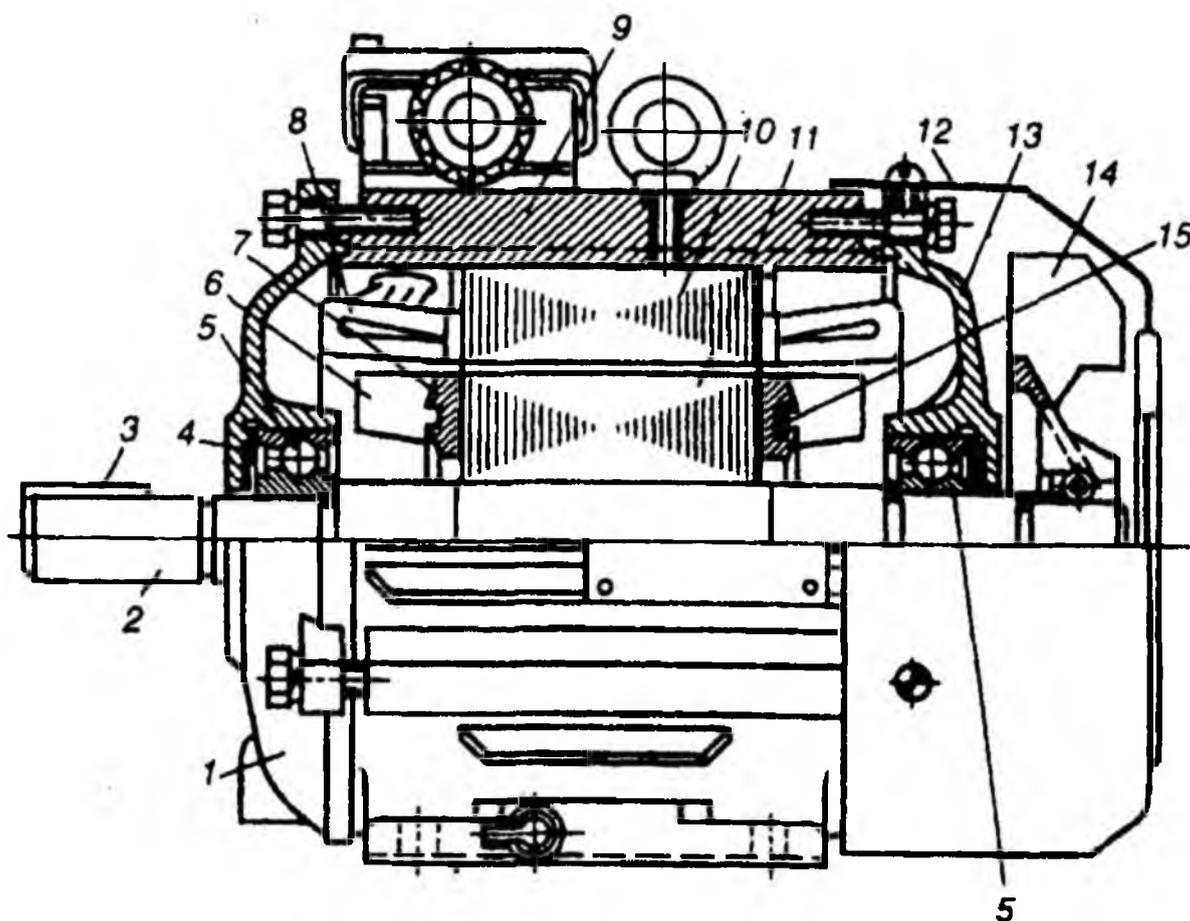


Рис. 12.1. Асинхронный электродвигатель единой серии 4А:

1, 13 — передний и задний щиты; 2 — вал; 3 — шпонка; 4 — установочная пружина; 5 — подшипник; 6 — крыльчатка; 7 — короткозамыкающие кольца; 8 — лобовая часть обмотки статора; 9 — станина; 10, 11 — сердечники статора и ротора; 12 — кожух вентилятора; 14 — вентилятор; 15 — балансировочный грузик

шины; защиты от попадания внутрь машины твердых посторонних тел и воды.

По способу охлаждения электрические машины разделяют на машины с естественным и искусственным охлаждением.

По конструктивному исполнению и способу монтажа электрические машины делят на девять групп: 1М1 — на лапах с подшипниковыми щитами с пристроенным редуктором; 1М2 — на лапах с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите; 1М3 — без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите, с кольцевым фланцем; 1М4 — без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине; 1М5 — без подшипниковых щитов (встраиваемые или пристраиваемые); 1М6 — на лапах с подшипниковыми щитами и стоячковыми подшипниками; 1М7 — на лапах со стоячковыми подшипниками (без подшипниковых щитов); 1М8 — с вертикальным валом; 1М9 — специального назначения.

Наиболее распространенными электрическими машинами являются *асинхронные*.

*Асинхронной* называют машину переменного тока, частота вращения ротора которой зависит от нагрузки. Магнитное поле в асинхронной машине создается переменным током обмоток статора и ротора. Частота вращения ротора отличается от частоты вращения поля. Асинхронные машины по конструктивным признакам подразделяют на бесколлекторные и коллекторные.

Основным типом асинхронной бесколлекторной машины является трехфазный двигатель (рис. 12.1) и двигатель с фазной обмоткой ротора (рис. 12.2). Для уменьшения вихревых токов сердечники статора и ротора набирают из листов электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,5 мм, изолированных один от другого слоем лака. Основные серии асинхронных двигателей 4А и 4АИ включают машины мощностью 0,4—400 кВт. Мощность высоковольтных асинхронных электродвигателей единой серии свыше 400 кВт.

*Асинхронные коллекторные* машины используют в качестве двигателей, но они имеют ограниченное применение.

Машину переменного тока, ротор которой вращается с частотой, равной частоте вращения магнитного поля, созданного обмоткой статора, включенной в электрическую сеть, называют *синхронным электродвигателем*. По конструктивному исполнению все синхронные машины делят на *явнополюсные* и *неявнополюсные*. Явнополюсные машины изготавливают на диапазон частот вращения от нескольких десятков до 1 500 об/мин, неявнополюсные — на 3 000 об/мин. Конструкция синхронных генераторов аналогична конструкции синхронных двигателей. Работа синхронных генераторов основана на принципе электромагнитной индукции. Если через неподвижные щетки, скользящие по двум вращающимся кольцам, к обмоткам полюсов подвести постоянный ток  $I_{\text{в}}$ , он создает магнитный поток. Силовые линии этого потока будут замыкаться через полюса и сердечник статора, в пазы которого закладывается обмотка. При вращении намагниченных полюсов ротора, осуществляемом от турбины, магнитный поток ротора, пересекая обмотку статора, будет индуцировать в ней ЭДС. Так как обмотка статора пересекается магнитным потоком, который изменяет при вращении полюсов свое направление, то индуцируемая ЭДС будет переменной. Чем больше частота вращения, тем больше ЭДС. С увеличением частоты вращения размеры и масса синхронных генераторов уменьшаются.

Промышленность изготавливает двухполюсные генераторы мощностью 2,5; 4; 6; 12; 30; 50; 60; 100; 150; 200; 300; 500; 800 и 1 200 МВт.

Трехфазные синхронные машины мощностью 320—10 000 кВт объединены в единую серию машин 14—20-го габаритов совместно с асинхронными двигателями. Такое объединение позволяет многие

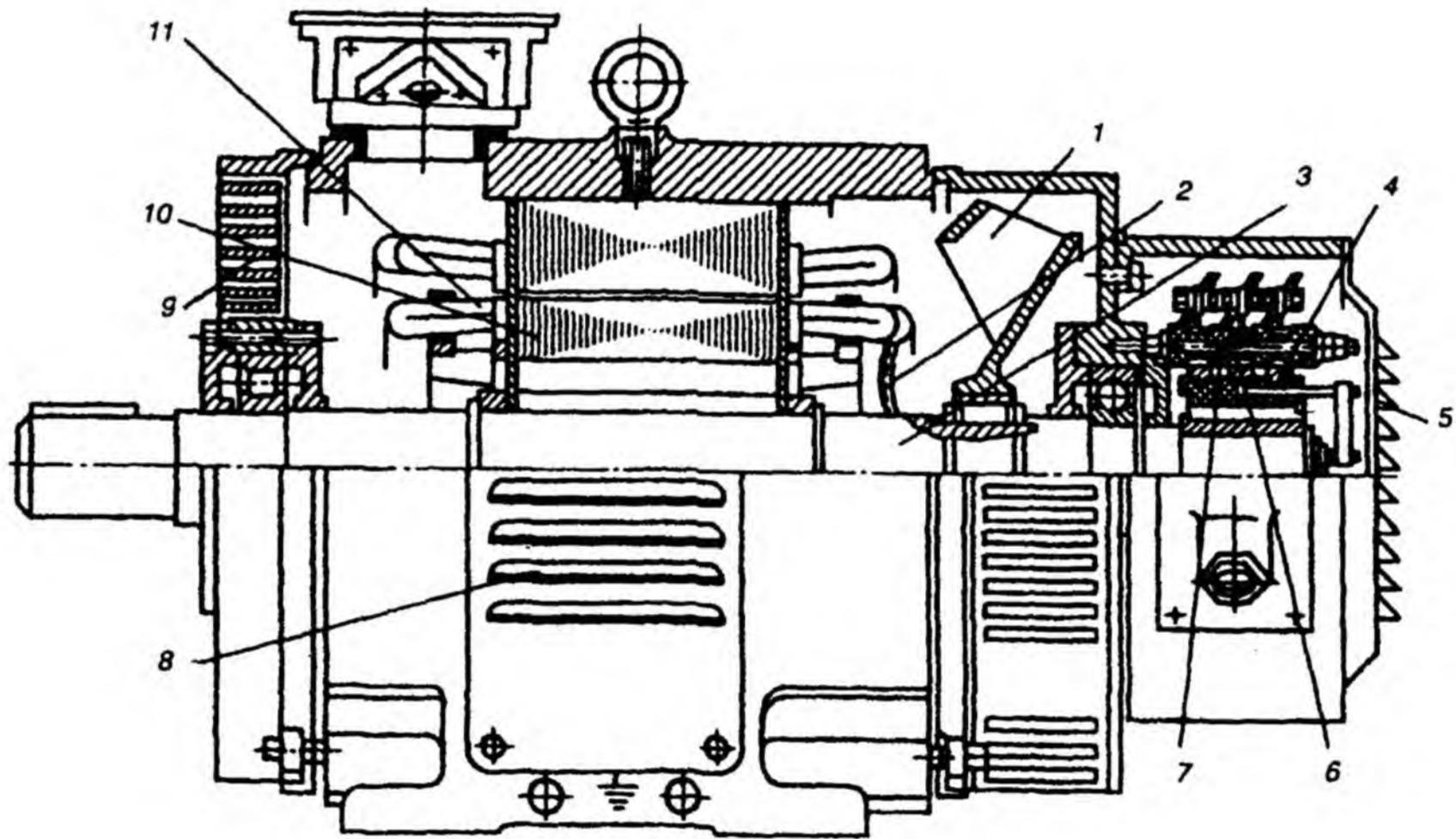


Рис. 12.2. Асинхронный электродвигатель с фазным ротором:

1 — вентилятор; 2 — вывод роторной обмотки; 3, 11 — вал и обмотка ротора; 4 — контактные кольца; 5 — крышка; 6 — щетки; 7 — щеткодержатели;  
8 — жалюзи; 9 — шит; 10 — ротор

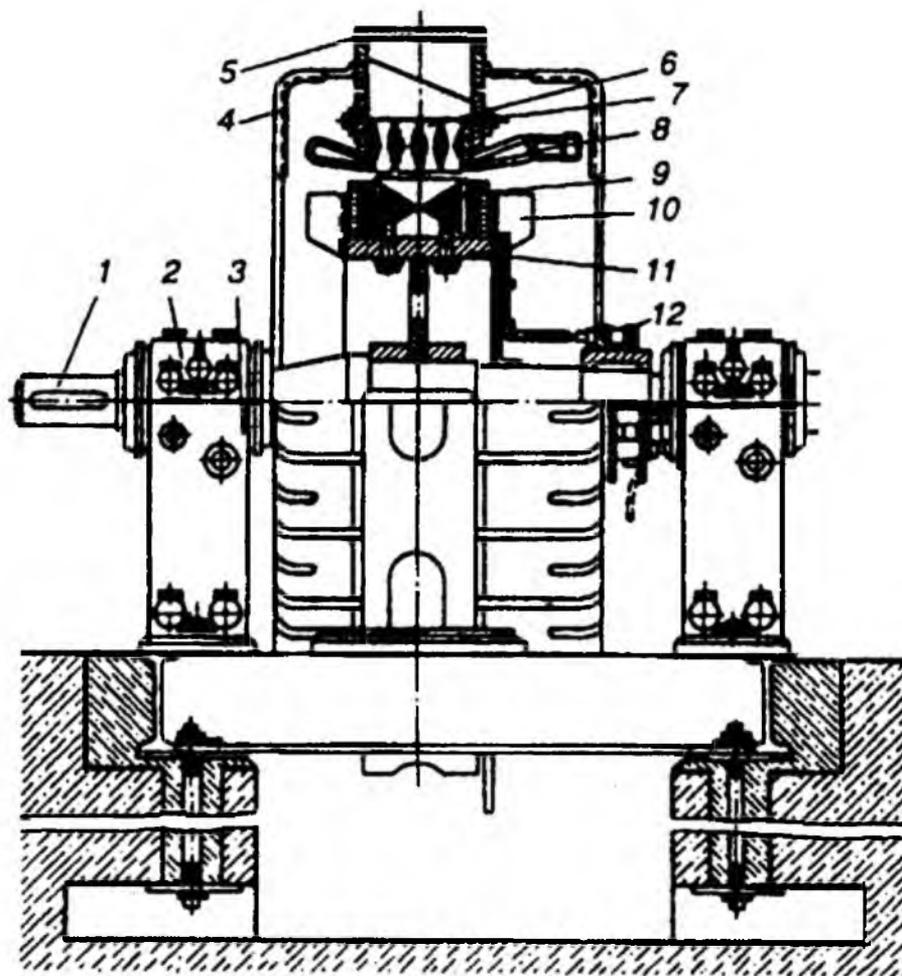


Рис. 12.3. Синхронный генератор:

1 — вал; 2, 3 — крышка и стояк подшипника; 4 — кожух; 5 — корпус; 6, 8 — сердечник и обмотка статора; 7 — шпилька; 9 — полюс; 10 — вентиляционные лопатки; 11 — ротор; 12 — контактные кольца

части машин (сборочные единицы), например, статоры, подшипниковые стояки, фундаментные плиты, выполнять одинаковыми для синхронных и асинхронных двигателей и получать значительную экономию трудозатрат при их совместном производстве.

Синхронный генератор, сердечник *б* статора которого стянут шпильками *7* в неразъемном сварном корпусе *5* показан на рис. 12.3. В открытые пазы вложены катушки обмотки *8* статора; их лобовые части защищены кожухом *4*.

Крестовина ротора *11* сварная. К ободу крестовины болтами прикреплены полюсы *9* с надетыми на них катушками обмоток возбуждения и вентиляторные лопатки *10*. Выводы от обмоток возбуждения подведены к контактными кольцам *12*, напрессованным на вал *1*.

Вал ротора вращается в двух подшипниках скольжения с разъемными головками *2* и вкладышами. Стояки *3* подшипников скольжения установлены на общей с корпусом *5* фундаментной плите. Возбудитель, устанавливаемый на общем с генератором фундаменте,

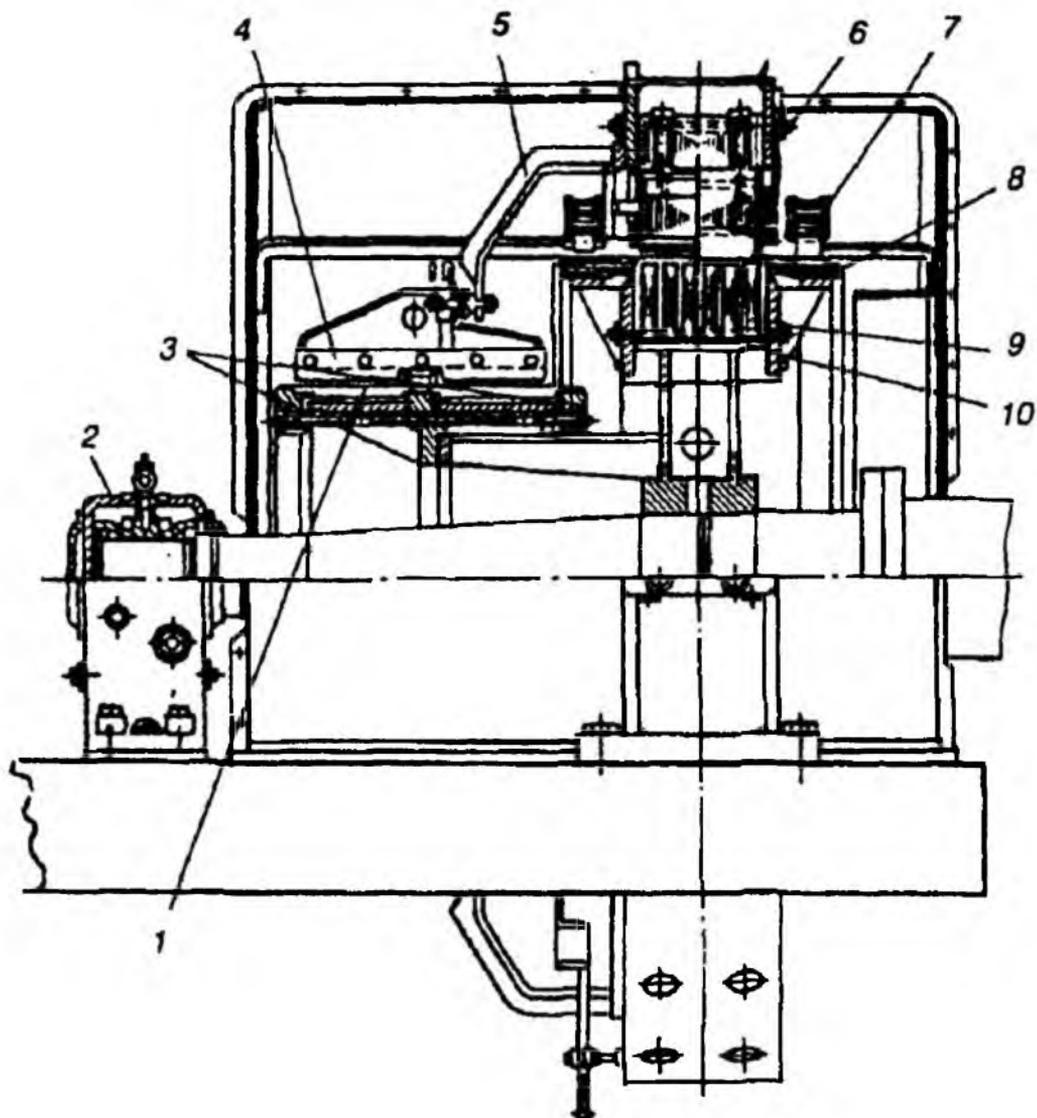


Рис. 12.4. Машина постоянного тока серии П:

1 — пластина коллектора; 2 — подшипник скольжения; 3 — нажимная шайба; 4 — бракет;  
5 — траверса; 6 — шпилька; 7 — компенсационная обмотка; 8 — бандаж; 9 — секция якоря;  
10 — балка

соединяют с его валом клиноременной передачей (на рис. 12.3 не показан).

Машины постоянного тока по своей конструкции являются наиболее сложными. Это объясняется наличием коллектора, щеточного узла, якорной обмотки, а также процессами коммутации, требующими после монтажа машин специальной наладки.

Средние и крупные машины постоянного тока выпускают сериями. Машины мощностью от 1 500 кВт и более имеют якоря, выполненные не из целых листов, а из сегментов.

Для плавного пуска и широкой регулировки частоты вращения двигателей привода прокатных станов применяют систему генератор — двигатель (сокращенно Г — Д). В качестве генератора для этой системы используют машину постоянного тока серии П (рис. 12.4).

Вал машины заканчивается фланцем, который жестко крепится болтами с фланцем вала двигателя. Генератор имеет один стояковый подшипник скольжения 2 (второй подшипник установлен на валу привода), смазка которого осуществляется двумя смазочными кольцами и масляным насосом через трубку (над крышкой подшипника).

Магнитный поток в генераторе данной конструкции замыкается по ярму, набранному из сегментов, стянутых шпильками между плитами сварной станицы. Станина снаружи имеет обшивку из листовой стали.

В связи с тем, что машины постоянного тока выпускают на напряжение до 1 000 В, ток якоря машин мощностью от 1 500 кВт и более достигает нескольких сотен ампер, что вызывает необходимость увеличения длины коллектора. Во избежание прогиба пластин таких коллекторов под действием центробежных сил машину выполняют со сдвоенным коллектором. Пластины 1 коллектора собраны на общей втулке и стянуты между нажимными шайбами 3.

Щетки машины вставлены в гнезда щеткодержателя, укрепленные на бракетах 4, которые через изоляционные прокладки скреплены с траверсой 5. Для соединения бракетов одинаковой полярности над ними проходят два токособирательных кольца. Траверса может поворачиваться для установки щеток на нейтраль.

Для улучшения охлаждения сердечник якоря разделен вентиляционными каналами на шесть пакетов. Распорки между пакетами при вращении якоря действуют как лопасти центробежного вентилятора.

## **§ 52. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПРИБЫВАЮЩИХ С ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ В СОБРАННОМ ВИДЕ**

При монтаже электрических машин руководствуются ПУЭ, СНиП и специальными инструкциями заводов-изготовителей. Одной из основных операций подготовительных работ перед началом монтажа является проверка фундаментов. Проверяют бетон, используемый для фундаментов; главные осевые размеры и высотные отметки опорных поверхностей; осевые размеры между отверстиями для анкерных болтов; глубину отверстий и размеры ниш в стенах фундаментов для затяжки болтов (рис. 12.5).

При проверке фундаментов размеры сверяют с данными машины: продольной осью вала машины, поперечными осями станин, реперами высоты. Проверку производят нивелиром и натянутыми визирными струнами стальных проволок.

Если при проверке обнаружится, что фундамент занижен по высоте, строительная организация обязана нарастить фундамент до требуемых размеров.

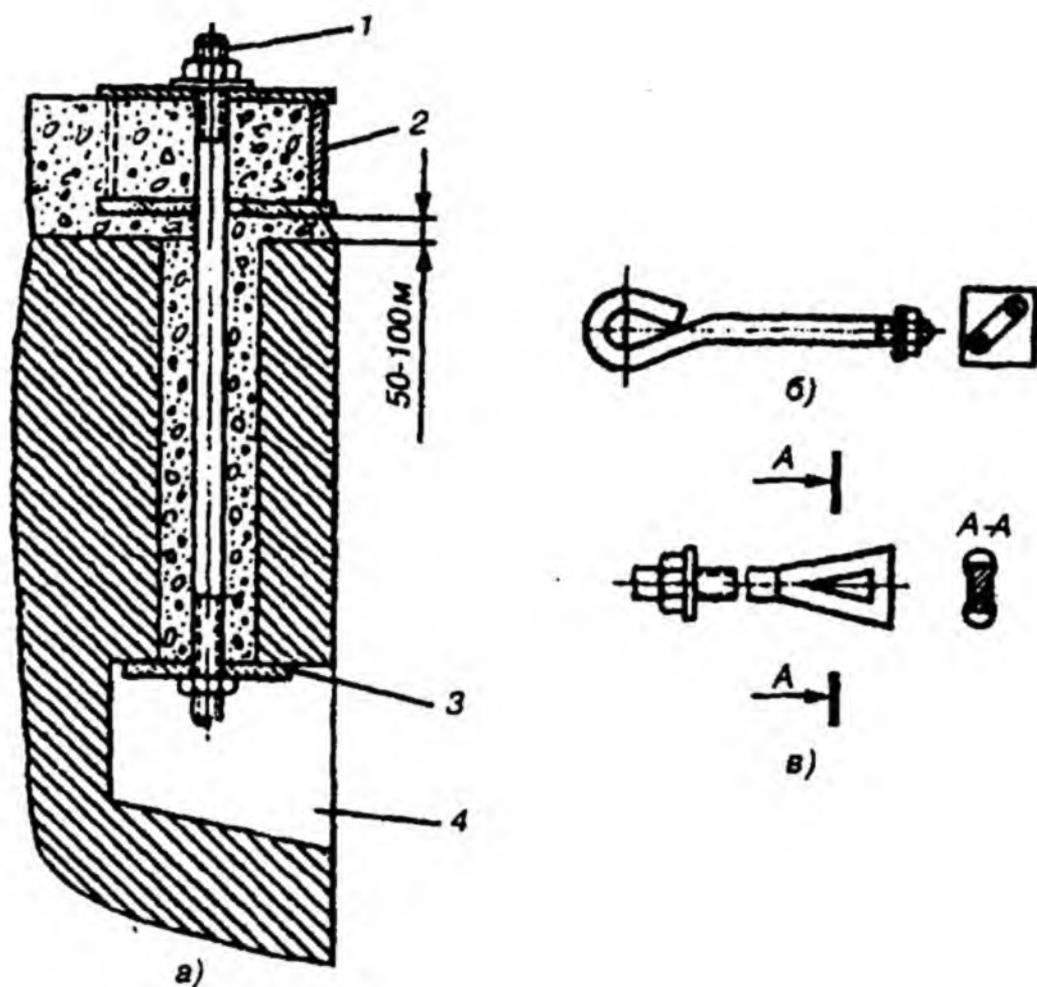


Рис. 12.5. Фундаментные болты:

*а* — с плитками; *б* — крюкообразные; *в* — для крепления салазок; 1 — болт; 2 — плита машины; 3 — анкерная плитка; 4 — ниша

При заниженных фундаментах и общей массе машинного агрегата до 20 т допускается устанавливать машины на отрезках двутавровых балок высотой не более 100 мм; при этом следует применять только тонкие прокладки (регулирующие).

В состав подготовительных работ входит подбор необходимых инструментов, измерительных приборов, такелажных механизмов со стропами, предварительно испытанных по правилам Госгортехнадзора. Далее производят распаковку электрических машин, очистку их от грязи, ржавчины, антикоррозионных покрытий.

Электрические машины, поступившие с завода-изготовителя в собранном виде, на месте монтажа не разбирают, если их правильно транспортировали и хранили.

Подготовка таких машин к монтажу включает в себя следующие технологические операции:

- внешний осмотр;
- очистку фундаментных плит и лап станин;
- промывку фундаментных болтов уайт-спиритом и проверку качества резьбы (прогонкой гаек);

осмотр выводов, щеточного механизма, коллекторов или контактных колец, маслоуказательной и другой арматуры;

осмотр состояния подшипников, промывку подшипниковых стояков и картеров;

проверку зазора между крышкой и вкладышем подшипника скольжения, валом и уплотнением подшипников, измерение зазора между вкладышем подшипника скольжения и валом;

вскрытие подшипников качения и проверку заполнения их консистентной смазкой;

проверку воздушного зазора между активной сталью ротора и статором;

проверку свободного вращения ротора и отсутствие задеваний вентиляторов за крышки торцовых щитов;

проверку мегаомметром сопротивления изоляции всех обмоток, щеточной траверсы и изолированных подшипников.

Если нет уверенности, что во время транспортировки и хранения поступившая в собранном виде машина осталась неповрежденной и незагрязненной, необходимость ее разборки для ревизии определяется специальным актом.

Монтажная организация выполняет такую работу по отдельному заказу. Сначала машины полностью или частично разбирают, а затем приступают к их осмотру. Разборку машин, поступивших в собранном виде, и последующую сборку выполняют в соответствии с инструкцией.

Монтаж электрических машин мощностью до 1000 кВт начинают с выгрузки их с транспортных средств кранами. Перемещение в горизонтальной плоскости и установку на фундамент электродвигателя выполняют с помощью электротали, электрокара или погрузчика.

Осмотр электрической машины проводят на стенде в специально выделенном в цехе помещении.

О выявленных дефектах электромонтажник ставит в известность бригадира, мастера или руководителя монтажа.

Если наружных повреждений не обнаружено, электродвигатель продувают сжатым воздухом. При этом сначала проверяют подачу по трубопроводу сухого воздуха, для чего струю направляют на какую-нибудь поверхность или на ладонь руки. При продувке ротор электродвигателя проворачивают вручную, проверяя свободное вращение вала в подшипниках. Снаружи электродвигатель обтирают тряпкой, смоченной в керосине.

Промывку подшипников скольжения во время монтажа производят следующим образом. Из подшипников удаляют остатки масла, отвернув спускные пробки. Затем, завинтив их, в подшипники

наливают керосин и вращают руками якорь или ротор. Далее вывинчивают спускные пробки и дают стечь всему керосину. После промывки подшипников керосином их необходимо промыть маслом, которое уносит с собой остатки керосина. Только после этого их заполняют свежим маслом на  $1/2$  или  $1/3$  объема ванны.

Смазку в подшипниках качения (роликовых и шариковых) при монтаже машин не заменяют. Заполнение смазкой подшипника не должно превышать  $2/3$  свободного объема подшипника.

Измерение сопротивления изоляции электродвигателей постоянного тока производят между якорем и катушками возбуждения (полюсами), проверяют сопротивление изоляции якоря, щеток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. При измерении сопротивления изоляции подсоединенного к сети электродвигателя необходимо отсоединить все провода, подведенные к электродвигателю от сети и реостата. Между щетками и коллектором при измерении помещают изолирующую прокладку из миканита, электрокартона, фибры, резиновой трубки и т.п.

У электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором производят измерение сопротивления изоляции только обмоток статора по отношению к земле (корпусу) и друг к другу. Это возможно при выведенных шести концах обмотки. Если выведены только три конца обмотки, измерение производят только по отношению к земле (корпусу).

У электродвигателей с фазным ротором кроме определения сопротивления изоляции обмоток статора по отношению к земле и друг к другу измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щеток по отношению к корпусу (между кольцами и щетками должны быть проложены изолирующие прокладки).

Изоляцию обмоток электрических машин измеряют мегаомметром на 1 кВ для машин напряжением до 1 кВ и на 2,5 кВ — для машин напряжением выше 1 кВ. Если результаты измерения сопротивления изоляции обмоток электрических машин до 1 кВ удовлетворяют нормативным показателям, электрические машины могут быть включены без сушки изоляции обмоток.

Такие электродвигатели доставляют к месту монтажа, устанавливают непосредственно на полу, на специальных конструкциях, или на фундаменте. Подъем электродвигателей массой до 50 кг можно осуществлять вручную, при установке их на низкие фундаменты.

Соединение электродвигателя с приводимым им во вращение механизмом выполняют с помощью муфт или через ту или иную передачу (зубчатую, ременную). При всех способах соединения

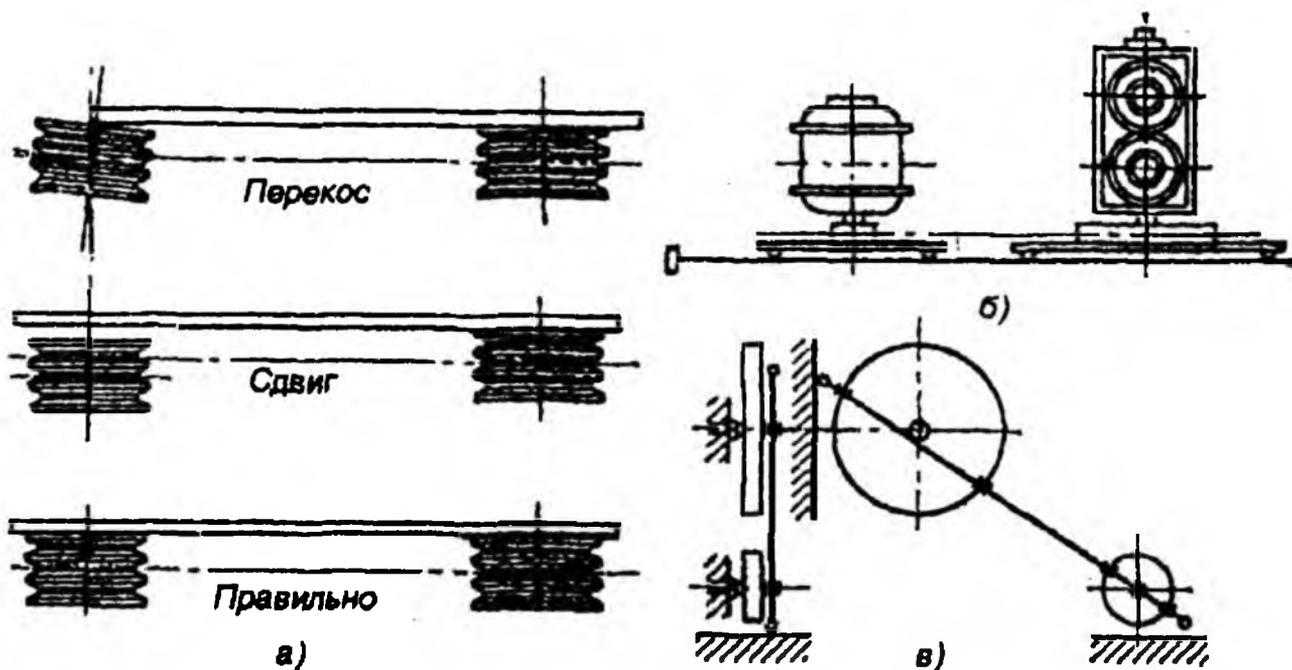


Рис. 12.6. Способы выверки установки электродвигателя при ременной и клиноременной передачах и одинаковой ширине шкивов с помощью линейки (а), скоб и струны (б), шнура(в)

требуется проверка положения двигателя уровнем в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для этого удобнее всего пользоваться «валовым» уровнем, т.е. таким, который в основании имеет выемку в виде «ласточкина хвоста»; его удобно накладывать непосредственно на вал электродвигателя.

Электродвигатели, устанавливаемые непосредственно на бетонном полу или фундаменте, выверяют, подкладывая под лапы электродвигателей металлические подкладки (клинья) для регулирования положения их в горизонтальной плоскости. Деревянные подкладки для этой цели не пригодны, так как при заливке фундаментных болтов цементным раствором они набухают и сбивают произведенную выверку, а при затяжке болтов спрессовываются.

При ременной и клиноременной передачах необходимо соблюдать параллельность валов электродвигателя и вращаемого им механизма, а также совпадение средних линий по ширине шкивов. Если ширина шкивов одинакова, а расстояние между центрами валов не превышает 1,5 м, выверку производят стальной выверочной линейкой (рис. 12.6, а). Для этого линейку прикладывают к торцам шкивов и подгоняют электродвигатель так, чтобы линейка касалась двух шкивов в четырех точках. Если расстояния между центрами валов более 1,5 м, а выверочная линейка отсутствует, выверку электродвигателя производят с помощью струны и временно устанавливаемых на шкивы скоб (рис. 12.6, б). Центры валов подгоняют до получения одинакового расстояния от скоб до струны. Выверку

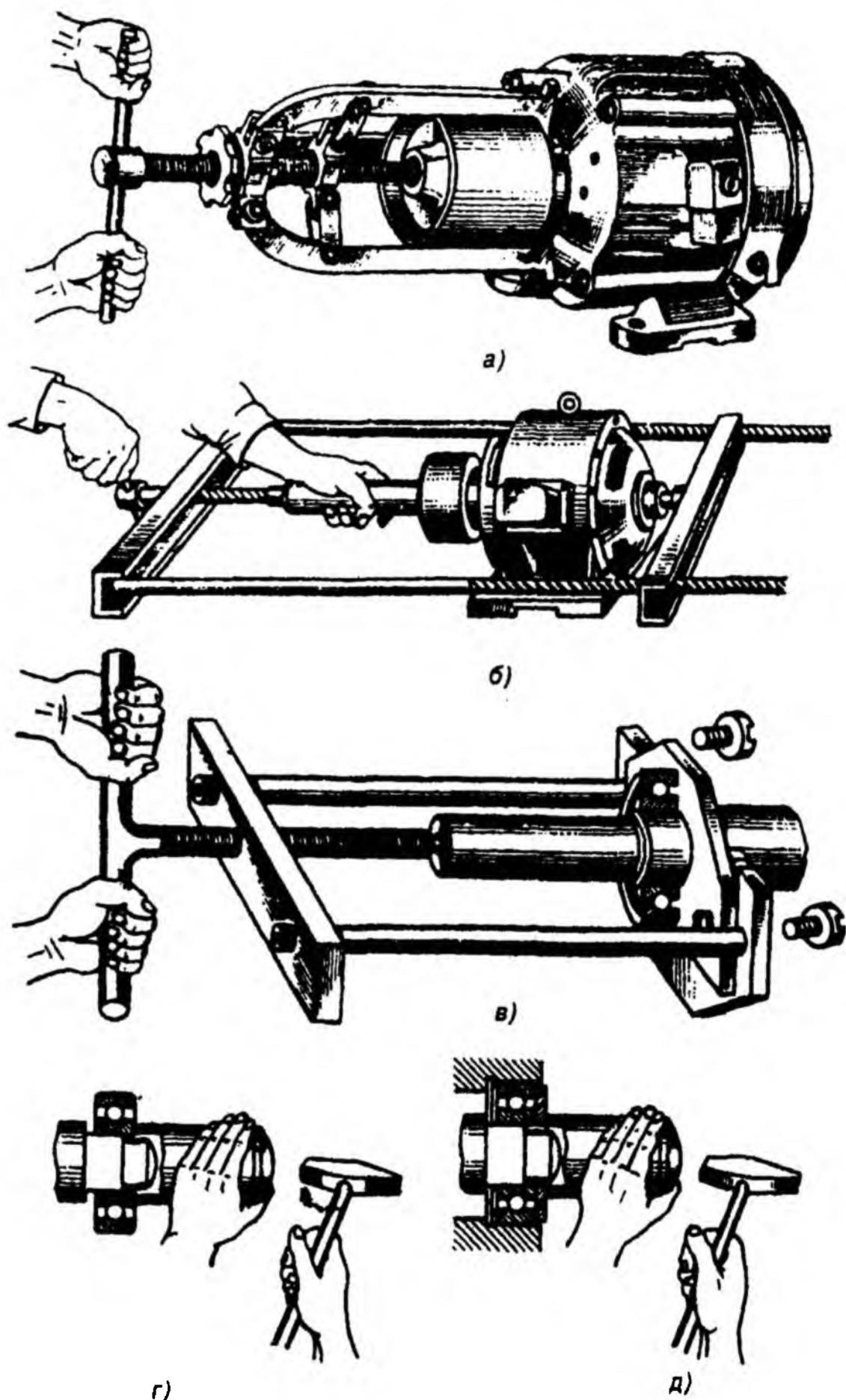


Рис. 12.7. Приемы и способы разборки электродвигателей:

*а* — снятие шкивов и полумуфт с помощью универсального съемника с регулируемым раскрытием тяг; *б* — насадка шкивов и полумуфт с помощью нажимного устройства; *в* — снятие и насадка подшипников с помощью специального съемника; *г* — посадка на вал; *д* — посадка одновременно на вал и расточку подшипников щита

можно производить также тонким шнурком, натягиваемым от одного шкива к другому.

При ременной и клиноременной передачах на вал электродвигателя часто приходится насаживать шкив, а также снимать его. Снятие шкива производят специальными скобами. Наиболее удобными являются универсальные съемники. Съемник с регулируемым раскрытием тяг производит захват детали с наружной или внутренней стороны и развивает тяговое усилие до 20 кН, съемник с самоустанавливающимися тягами от 30 кН, с гидравлическим приводом до 100 кН. Если шкив, полумуфту или шестерню не удастся снять с вала, их подогревают до 250—300°С пламенем газовой горелки. При этом вал охлаждают водой или сжатым воздухом.

Для снятия подшипников качения, как правило, применяют простые съемники. Снятие производят вращением рукоятки центрального винта, упирающегося концом в торец вала. Если подшипник снять не удастся, его подогревают до 100°С, поливая горячим минеральным маслом.

Новый подшипник перед посадкой на вал тщательно промывают бензином. Место посадки на валу тщательно очищают, промывают бензином и смазывают минеральным маслом (табл. 30). Подшипник перед посадкой прогревают в чистом минеральном масле температурой 80—100°С. Посадку производят отрезком трубы (желательно медной), упираемой во внутреннее кольцо подшипника. Шкив, полумуфту, шестерню насаживают на вал специальным винтовым приспособлением (рис. 12.7, а — з).

Применение этого приспособления позволяет все горизонтальные усилия передавать на вал, а не на подшипники. Сначала снимают крышку подшипника с противоположной от привода стороны и конец вала упирают в шкворень приспособления, а затем вращением рукоятки центрального винта надвигают шкив на вал. Для насадки шкивов, полумуфт, шестерен на валы более крупных машин применяют винтовой домкрат, в который упирают конец вала, противоположный приводу.

Насадку шкива, полумуфты или шестерни на вал электродвигателя производят после смывания керосином с вала грязи и ржавчины. После очистки вала в канавку (выемку в валу) закладывают шпонку, конец вала слегка смазывают минеральным маслом и только после этого производят насадку.

Центровку валов соединяемых между собой машин и механизмов выполняют для устранения их боковых или угловых смещений.

В монтажной практике чаще всего используют для этого радиально-осевые скобы. Перед началом центровки полумуфты разъединяют, а валы раздвигают, чтобы скобы и полумуфты при вращении валов не соприкасались.

**Т а б л и ц а 30. Номинальные и допускаемые диаметры посадочных мест под подшипники на валах электродвигателя**

Серия или тип электродвигателя	Размер, мм	
	номинальный	допускаемый в сопряжении с подшипником
4AA56	12 ± 0,006	11,99
4AA63	15 ± 0,006	14,99
4A71	20 + 0,017 + 0,002	20,00
4A80, 4A90	25 + 0,017 + 0,002	25,00
4A100	30 + 0,017 + 0,002	30,00
4A112	35 + 0,020 + 0,003	35,00
A132	45 + 0,020 + 0,003	45,00
4A160	55 + 0,020 + 0,003	50,00
4A180	60 + 0,023 + 0,003	60,00
4A200	65 + 0,023 + 0,003	65,00
4A225	70 + 0,023 + 0,003	70,00
4A250	85 + 0,025 + 0,003	85,00
4A280	85 + 0,026 + 0,003	85,00
4A315	95 + 0,026 + 0,003	95,00
A2, A02, AOK2: габарит 6-й	45 + 0,020 + 0,003	45,00
габарит 7-й	55 + 0,023 + 0,003	55,00

Конструкции радиально-осевых скоб и их крепление на ступицах полумуфт показаны на рис. 12.8. Наружную скобу *б* закрепляют хомутом *5* на ступице полумуфты *3* установленной машины, а внутреннюю скобу *1* — таким же хомутом на ступице полумуфты *2* соединяемой машины. Соединение хомутов со скобами производят болтами *4* с гайками. С помощью измерительных болтов *7* устанавливают минимальные зазоры *а* и *б*. В процессе центровки измеряют боковые *а* и угловые *б* зазоры, используя щупы, индикаторы или микрометры. Индикатор или микрометрическую головку ставят на место болтов *7*.

При измерении щупом его пластинки вводят в зазор с ощути-

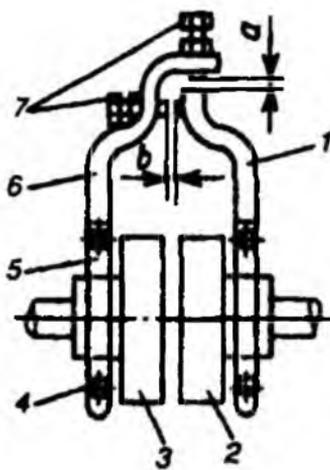


Рис. 12.8. Центровка валов с помощью радиально-осевых скоб:

1, 6 — внутренняя и наружная скобы; 2, 3 — полумуфты; 4, 7 — болты; 5 — хомут

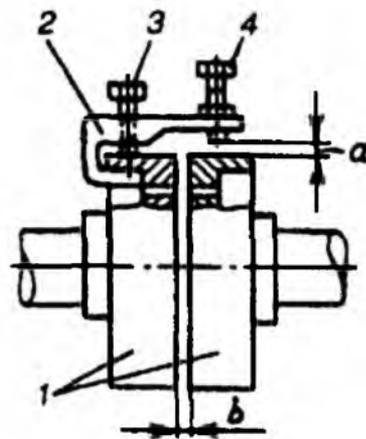


Рис. 12.9. Центровка валов по полумуфтам:

1 — полумуфты; 2 — скоба; 3, 4 — болты

мым трением на глубину до 20 мм. Поскольку при замерах щупом возможны погрешности, значения которых зависят от опыта проверяющего, результаты измерений необходимо контролировать, для чего проворот валов и замеры повторяют.

При правильном выполнении измерений сумма числовых значений четных замеров равняется сумме числовых значений нечетных:

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4 \text{ и } b_1 + b_3 = b_2 + b_4.$$

Считают, что замеры выполнены правильно, если разница между этими суммами не превышает 0,03—0,04 мм. В противном случае, не изменяя положения полумуфт, измерения повторяют более тщательно.

При центровке валов по полумуфтам (рис. 12.9) сначала крепят скобу 2 на ободе полумуфты 1 болтом. Затем определяют боковые зазоры  $a$  между измерительным болтом 4, ввернутым в скобу 2, и внешней поверхностью полумуфты. Далее измеряют угловые зазоры  $b$  при четырех положениях (0, 90, 180 и 270°) полумуфт.

Действительное значение углового зазора в каждом из четырех положений определяют как среднее арифметическое от деления суммы числовых значений  $b$  на количество замеров.

Затяжку гаек фундаментных болтов производят в два приема. При центровке валов выполняют предварительную затяжку стандартными гаечными ключами без надставок. Через 30 мин после окончания подливки бетонной смесью повторно контролируют выверенное положение электрических машин. При достижении подливкой прочности не менее 12 000 кПа, но не ранее чем через 4 сут с помощью надставок окончательно затягивают гайки фундаментных болтов.

Затяжку производят равномерно в два-три обхода в требуемой последовательности. Начинают с фундаментных болтов, расположенных на осях симметрии опорной части, после чего затягивают ближайшие к ним болты, а затем, постепенно удаляясь от оси симметрии, остальные.

Крутящий момент, прилагаемый при затяжке фундаментных болтов, зависит от их диаметра. Зависимость крутящего момента от диаметра резьбы фундаментного болта приведена ниже.

Для ручной затяжки гаек фундаментных болтов применяют одно- и двусторонние гаечные ключи с открытым зевом или накидные на соответствующие размеры гаек, а также динамометрические ключи с предельным крутящим моментом до 1 200 Н · м или трещоточные с моментом до 1 400 Н · м, для механизированной затяжки — электро- или пневмогайковерты с регулируемым предельным крутящим моментом.

Диаметр резьбы:

фундаментного бол-  
та, мм . . . . .

крутящий момент,  
Н · м . . . . .

16	20	24	30	36	42
30—60	50—100	130—250	300—550	600—950	1 000—1 500

### **§ 53. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПРИБЫВАЮЩИХ С ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ В РАЗОБРАННОМ ВИДЕ**

Перед началом монтажа машин по акту производят приемку фундаментов от строительной организации. Очищают резьбовые отверстия фундаментных плит, проверяют качество резьбы и при необходимости исправляют ее. В отверстия фундамента закладывают фундаментные болты, а по периметру фундаментной плиты укладывают стальные или чугунные подкладки. Плиты, имеющие нижние полки, устанавливают на подкладки и клинья, которые размещают в местах сосредоточенных нагрузок.

Плиты, не имеющие нижних полок, устанавливают на подкладки и клинья, укладываемые под ребра жесткости, расположенные в непосредственной близости от фундаментных болтов, под подшипниковые стояки, лапы станин и остальные ребра так, чтобы расстояние между осями соседних подкладок было не более 1 м. Подкладки из-под плиты должны выступать на 35—50 мм. Подготовленную к монтажу плиту устанавливают краном на подкладки, уложенные на фундамент. Плиту ориентируют по осям фундамента визирными струнами (рис. 12.10). Далее фундаментную плиту выверяют по уровню, добываясь горизонтальности тонкими стальными подкладками. Подкладки размещают под плиту, приподнимая ее клиновыми или гидрав-

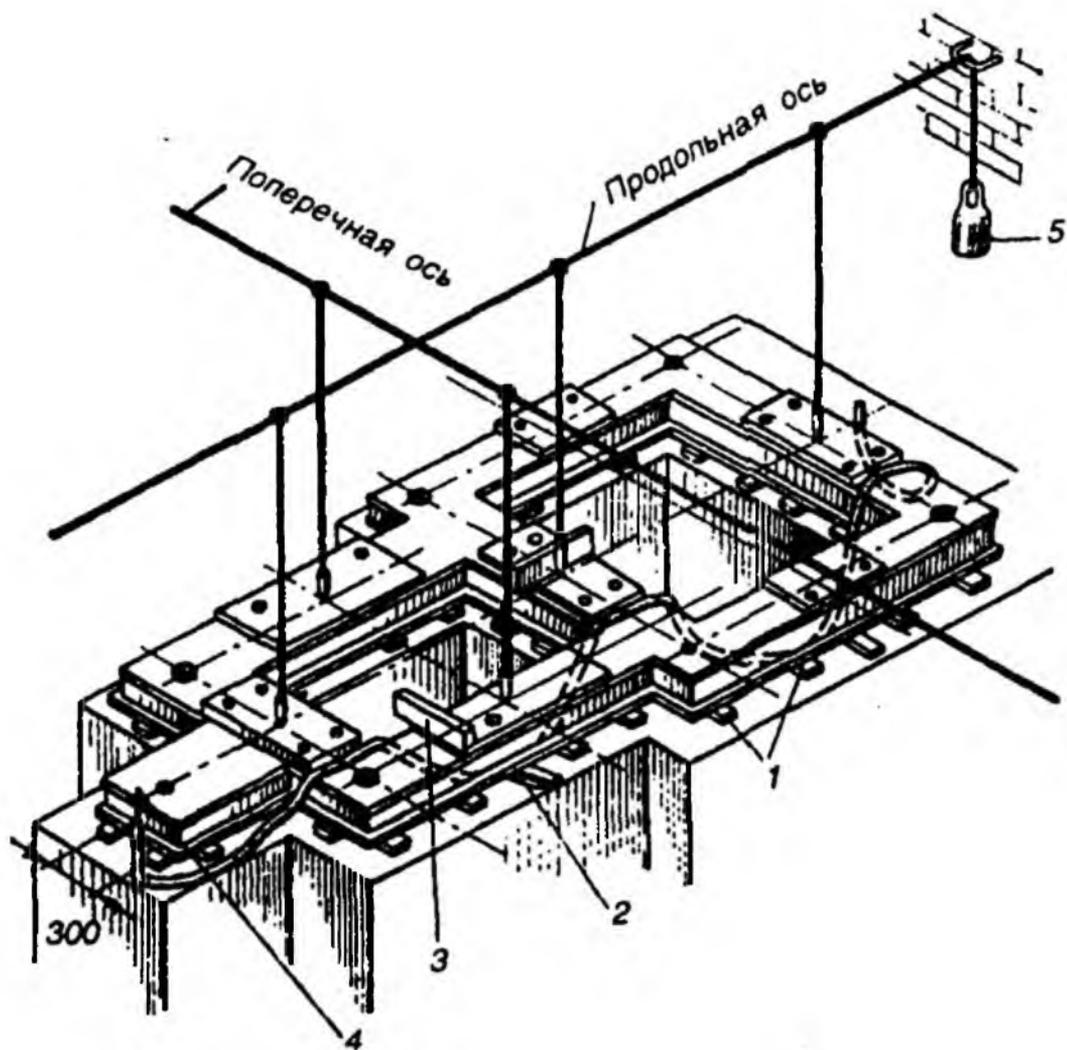


Рис. 12.10. Разметка осей и установка фундаментной плиты электрических машин большой мощности:

1 — подкладки; 2 — стальной клин; 3 — строительный уровень; 4 — гидростатический уровень; 5 — груз

лическими домкратами. При выверке плиты применяют длинную линейку и обычный или гидростатический уровень. После выверки плиты производят ее крепление затяжкой фундаментных болтов.

Если при сооружении фундамента анкерные болты не были установлены, электрическую машину устанавливают на приклеенных анкерных болтах, размещаемых в пробуренных в фундаменте колодцах (рис. 12.11).

При бесподкладочном способе монтажа зазор между поверхностью бетонного фундамента и основанием плиты оставляют 50—60 мм. Площадку под установку домкратов выверяют в горизонтальной плоскости по уровню. Домкраты устанавливают у фундаментных болтов и в местах сосредоточенных нагрузок. Суммарная грузоподъемность домкратов должна быть не менее 1,5-кратной монтажной массы оборудования. После окончательной выверки плиты, установленной на домкратах, производят подливку плиты, за

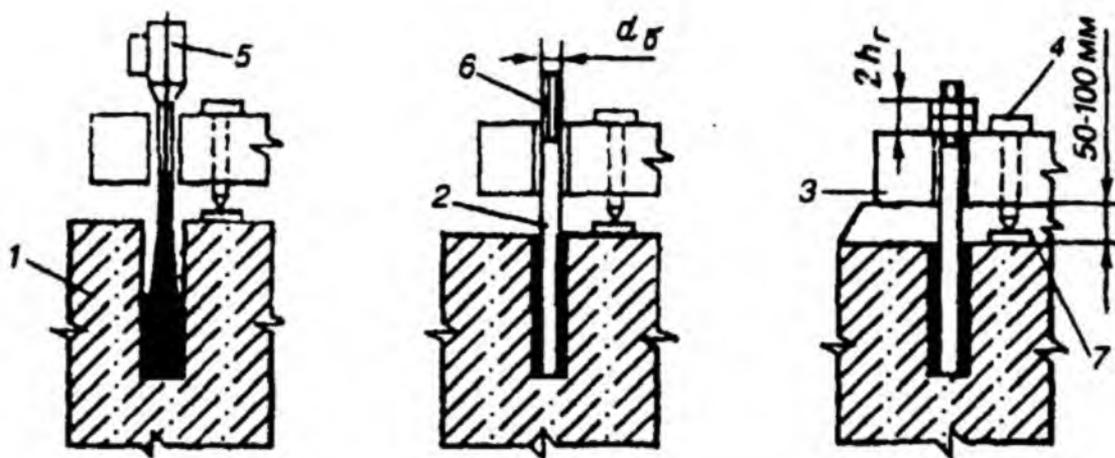


Рис. 12.11. Установка анкерных болтов на эпоксидном клее для крепления электрических машин:

1 — фундамент; 2 — штанга перфоратора с коронкой; 3 — опорная плита машины; 4 — отжимной болт; 5 — воронка для заливки эпоксидного клея; 6 — анкерный болт; 7 — бетонная подливка

исключением мест установки домкратов, которые выгораживают временной опалубкой. Подливку вибрационным способом производит строительная организация, наблюдение за тщательностью подливки ведут ответственные представители электромонтажной организации. После затвердевания подливки снимают домкраты и производят окончательную подливку фундаментной плиты в этих местах. Подливку принимают по акту, в котором должны быть указаны: состав бетонной смеси, количество пластифицирующих добавок, температура бетонной смеси и воздуха во время подливки и вибрирования.

Далее затягивают фундаментную плиту и устанавливают подшипниковые стойки, предварительно прошедшие ревизию. Под подшипниковые стойки помещают металлические (регулируемые) и в необходимых случаях изоляционные прокладки.

Сопротивление изоляции подшипниковых стоек по отношению к плите должно составлять не менее 0,5 МОм; при этом болты крепления стойки к плите должны быть затянуты до укладки валов в подшипники.

После установки вала ротора в подшипники специальным инструментом — шабером, которым удаляют выступающие неровности с поверхности баббитового вкладыша подшипника, подгоняют рабочую поверхность подшипникового вкладыша к шейке вала.

Для заводки ротора массой до 5—6 т в неразъемные статоры применяют приспособление, состоящее из направляющей детали, укрепляемой на корпусе статора, и кареток на шарикоподшипниках, снабженных устройствами для подвески и перемещения ротора (рис. 12.12).

Ответственной операцией монтажа является центровка валов.

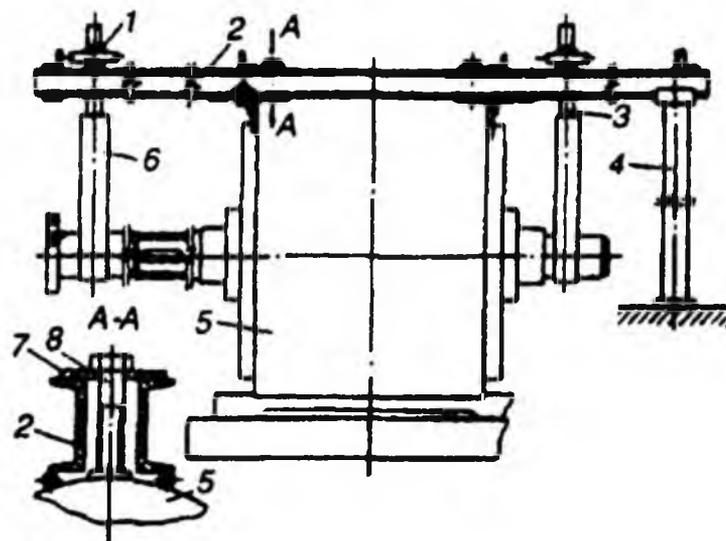


Рис. 12.12. Приспособление для выкатки и заводки роторов массой до 5 т:

1 — каретка; 2 — направляющие швеллеры; 3 — болт; 4 — подпорная стойка; 5 — статор; 6 — подъемная лента; 7 — накладка; 8 — болт

Несоосность валов характеризуется относительным смещением их осей в радиальном и угловом направлениях. В крупных машинах валы имеют естественный прогиб, поэтому трудно добиться строгой параллельности торцовых плоскостей соединительных полумуфт.

При центровке валов допускают отклонения в радиальном и угловом направлениях в пределах 0,03—0,6 мм в зависимости от конструкции соединительной муфты.

Выверку и регулировку воздушного зазора выполняют после окончательной центровки валов, а у машин постоянного тока с разъемным статором — после установки его верхней половины и скрепления последней болтами с нижней половиной. Для этого используют специальные и клиновые щупы (рис. 12.13, а, б). Воздушный зазор измеряют с обеих сторон ротора или якоря в следующих местах: у машин с неявно выраженными полюсами — в четырех точках (при большом диаметре ротора — в восьми); у машин с явно выраженными полюсами — под каждым полюсом против середины полюсного башмака.

Допустимая разность между наибольшим и наименьшим значениями воздушных зазоров в процентах от среднеарифметического не должна превышать у машин: асинхронных и синхронных тихоходных — 10%, быстроходных — 5%, постоянного тока с петлевой обмоткой — 10% (при зазоре до 3 мм) и 5% (при зазоре более 3 мм), с волновой обмоткой эту разность увеличивают в 2—2,5 раза. Зазоры между якорем и добавочным полюсом не должны отличаться более чем на 5%. Неравномерность воздушного зазора для всех электрических машин не должна превышать 10%.

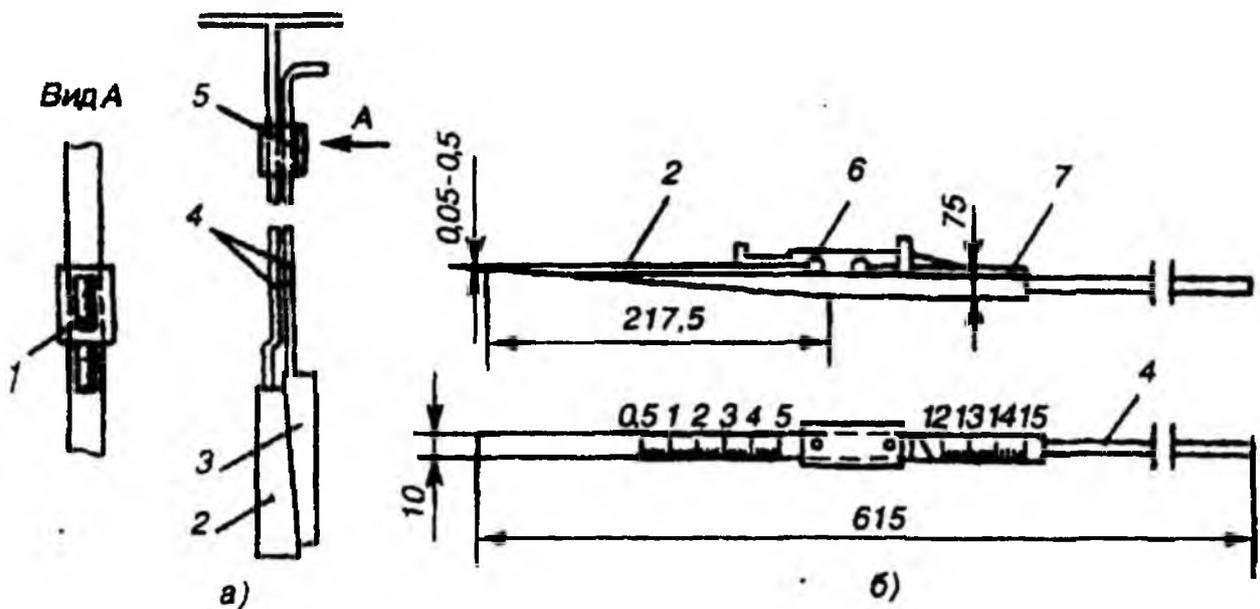


Рис. 12.13. Щупы:

*а* — специальный; *б* — клиновой; 1 — нониус; 2, 3 — клинья; 4 — стержни; 5 — обойма; 6 — движок; 7 — указатель

Воздушный зазор регулируют подбором соответствующих подкладок под лапы станины статора и его разворотом в поперечном направлении относительно продольной оси ротора или якоря.

Сушку обмоток машины производят в том случае, если при ревизии установлен низкий уровень изоляции, не допускающий включения без сушки.

Сушка обмоток может быть выполнена их нагревом: постоянным или переменным током от постороннего источника; горячим воздухом (обдув); потерями в стали (индукционным способом); током КЗ при пониженном напряжении (для генераторов).

Перед сушкой обмотки продувают чистым и сухим воздухом для того, чтобы осевшая пыль после разогрева и размягчения изоляции не прилипла к ее лаковой покровной пленке.

В процессе сушки термометром или термопарой непрерывно измеряют температуру обмоток и стали, не допуская повышения ее выше  $75^{\circ}\text{C}$ . Температуру нагрева увеличивают постепенно — быстрый нагрев может вызвать разрывы в изоляции: при сушке крупных машин температуру увеличивают до  $50^{\circ}\text{C}$  в течение 20 ч; наивысшая температура должна быть достигнута не ранее чем через 30—40 ч.

Сушку обмоток считают законченной, если при установившейся температуре сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции обмоток не изменяются в течение 6—7 ч.

Технологическая последовательность монтажных работ при установке машин большой мощности заключается в распаковке и размещении частей машины на монтажной площадке в машинном зале; очистке частей машины от грязи и ржавчины, очистке поверхности фундамента, выверке в горизонтальной плоскости основания

фундаментной плиты; установке подшипниковых стояков и изоляции от фундаментной плиты тех из них, для которых она предусмотрена предприятием-изготовителем; установке статора и ротора; сопряжении валов; подгонке подшипников и вкладышей, уплотнении подшипников; выполнении внутренних соединений машины; обработке коллектора и контактных колец; монтаже коммутирующих устройств (суппорт, траверсы, щетки); проверке состояния изоляции и при необходимости контрольном прогреве или сушке; установке контрольных шпилек (конических штифтов) для надежного фиксирования положения станин и подшипниковых стояков; монтаже систем смазки и принудительной вентиляции.

Набор инструмента для монтажа электрических машин, поступающих в собранном или разобранном виде, следующий: приспособление для развертывания отверстий в полумуфтах и проворачивания валов, съемник подшипников качения со скобой и хомутом, гидравлический домкрат до 100 кН, приспособление для центровки валов, клиновой щуп для измерения воздушных зазоров, ключ со сменными головками для гаек большого размера, приспособление для центровки машин с промежуточными валами, виброметр, трехзахватный универсальный съемник, клиновой домкрат грузоподъемностью 50 кН, электрошарошка, гидростатический уровень, съемный регулируемый уровень, микрометрический уровень с ценой деления 0,1/1 000 мм, набор инструмента слесаря-монтажника, центробежный ручной тахометр ИО-10, комплекты конических разверток 1:50 диаметром 13—27 мм, микрометрических нутромеров для измерения в пределах 50—600 мм, индикаторных скоб С—300—800 мм, гаечных ключей размером 8—36 мм, комплекты щупов, отвесов и стропов, призма длиной 100—150 мм.

#### § 54. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Как правило, взрывозащищенные электродвигатели поступают с заводов-изготовителей в собранном виде, вместе с технологическим оборудованием. Каждый электродвигатель поставляют с техническим паспортом и инструкцией по монтажу и эксплуатации.

Разборку электродвигателей при монтаже проводят в том случае, если обнаружен обрыв обмоток, или сопротивление (МОм) их изоляции по отношению к корпусу, измеренное мегаомметром на 1 000 В, ниже  $R = U / (1\,000 + 0,01 N)$ , где  $U$  — номинальное напряжение, В;  $N$  — мощность электродвигателя, кВт.

Для электродвигателей на напряжение 6 или 10 кВ сопротивление изоляции обмоток измеряют мегаомметром на 2 500 В, при этом оно должно быть не ниже 6 МОм.

Если сопротивление изоляции обмоток электродвигателя ниже нормы, осуществляют сушку обмоток со снятием вводного устройства для циркуляции воздуха независимо от срока отгрузки с завода-изготовителя.

После сушки проверяют плотность прилегания сопрягаемых деталей взрывонепроницаемых оболочек. Зазор должен быть не более указанного в заводской инструкции по монтажу и эксплуатации электродвигателя. Если электродвигатель не удовлетворяет этим требованиям, его нельзя использовать как взрывозащищенный.

Электродвигатели серии ВАО на напряжение 380/660 В мощностью до 315 кВт имеют шесть типов вводных устройств К1—К6, которые допускают непосредственный ввод бронированных кабелей с бумажной изоляцией, кабелей и проводов в трубах с изоляцией жил из резины и поливинилхлоридного пластика.

Устройства К5 и К6 электродвигателей ВАО 315—450 имеют отверстия для ввода двух кабелей и отличаются друг от друга только диаметрами вводных отверстий (табл. 31). Вводные устройства крепят к фланцам электродвигателей четырьмя болтами и могут быть повернуты на 90°, т.е. установлены вводными отверстиями влево, вправо, вверх и вниз.

Т а б л и ц а 31. Трубная резьба ввода электродвигателей серии ВАО

Габарит электродвигателя	Вводное устройство	Трубная резьба ввода, мм	Габарит электродвигателя	Вводное устройство	Трубная резьба ввода, мм
0—1	К1	19	9	К4	65
2—3	К1	25	315	К5	50 × 50
4—6	К2	32	355—450	К6	50 × 65
7—8	К3	50			

Внутри корпусов вводных устройств электродвигателей 0—9-го габаритов установлено по три силовых проходных контактных зажима и один заземляющий зажим у электродвигателей 315—450-го габаритов — шесть силовых и два заземляющих зажима (рис. 12.14). Силовые зажимы соединены попарно контактными пластинами с отверстиями диаметром 10 мм, что позволяет присоединять к одной фазе по одной жиле каждого из двух вводимых кабелей. При этом контактные плоскости наконечников фазных жил одного кабеля должны быть повернуты на 180° по отношению к контактным плоскостям наконечников другого кабеля для присоединения наконечников одной фазы с двух сторон контактной пластины.

При вводе одного кабеля в электродвигатели серии ВАО 315—450 категорически запрещается снимать из второго вводного отверстия заводскую заглушку во избежание нарушения взрывозащищенных свойств вводного устройства. Вводные устройства электродвигателей серии ВАО маркировки В4Г и В4Д с 0-го по 9-й габариты — стальные сварные, расположены сверху электродвигателей и могут

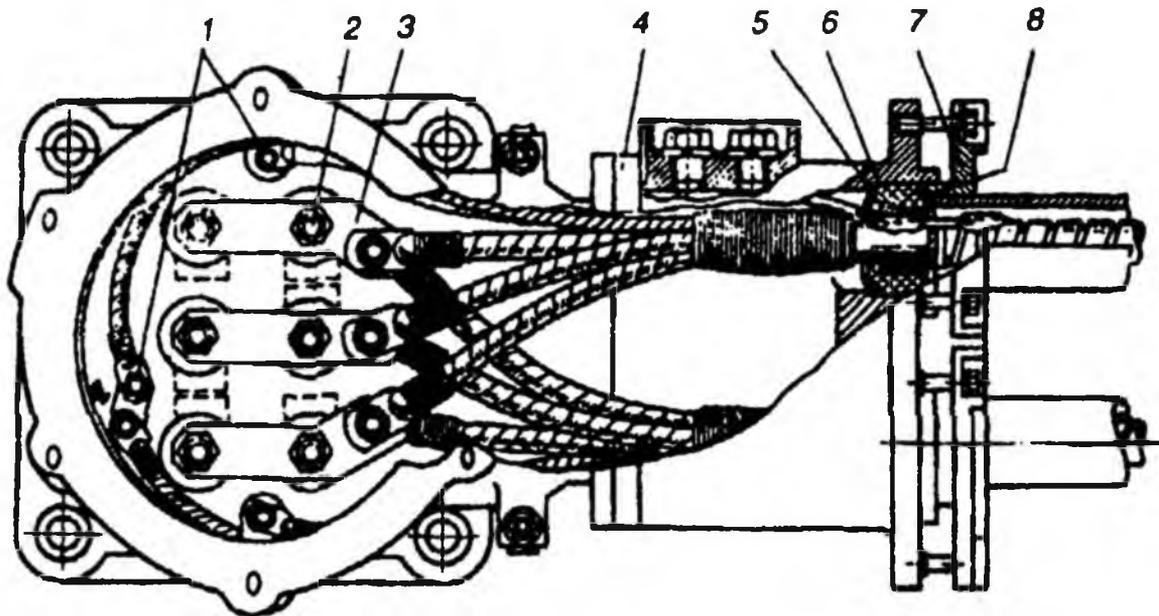


Рис. 12.14. Вводное устройство электродвигателей ВАО:

1 — заземляющий зажим; 2 — силовой зажим; 3 — контактная пластина; 4, 6 — кабельная и нажимная муфты; 5 — уплотнительное кольцо; 7, 8 — упорная и нажимная шайбы

быть повернуты на  $90^\circ$ . Для электродвигателей 0—5-го габаритов используют вводное устройство типа К1, 6—9-го габаритов — К3. Ниже приведены трубные резьбы в нажимных муфтах вводных устройств для различных габаритов электродвигателей с маркировкой В4Г и В4Д.

Габарит электродвигателя . . . . .	0—1	2—5	6—7	8—9
Трубная резьба ввода, мм . . . . .	19	25	50	65

Перед вводом проводов и кабелей в электродвигатели сначала с корпуса вводного устройства снимают нажимную муфту, затем из гнезда кабельной муфты вынимают нажимную шайбу и удаляют надрезанные слои резинового кольца или сверлят в кольце отверстие по диаметру оболочки кабеля. Диаметр отверстия не должен превышать диаметра оболочки кабеля более чем на 1—1,5 мм (кольцо надевают на наружную оболочку кабелей марок ВБВ и АВБВ).

При вводе проводов в резиновое кольцо по меткам сверлят четыре отверстия диаметром, равным диаметру вводимого провода, и снимают крышку, отвернув торцовым ключом болты, крепящие ее к корпусу вводного устройства. При подводе к электродвигателям кабелей марок ВБВ и АВБВ от основной трассы их прокладывают открыто на перфорированных лотках или монтажных профилях без дополнительной защиты от возможных механических воздействий и независимо от высоты прокладки. Если расстояние от нижней

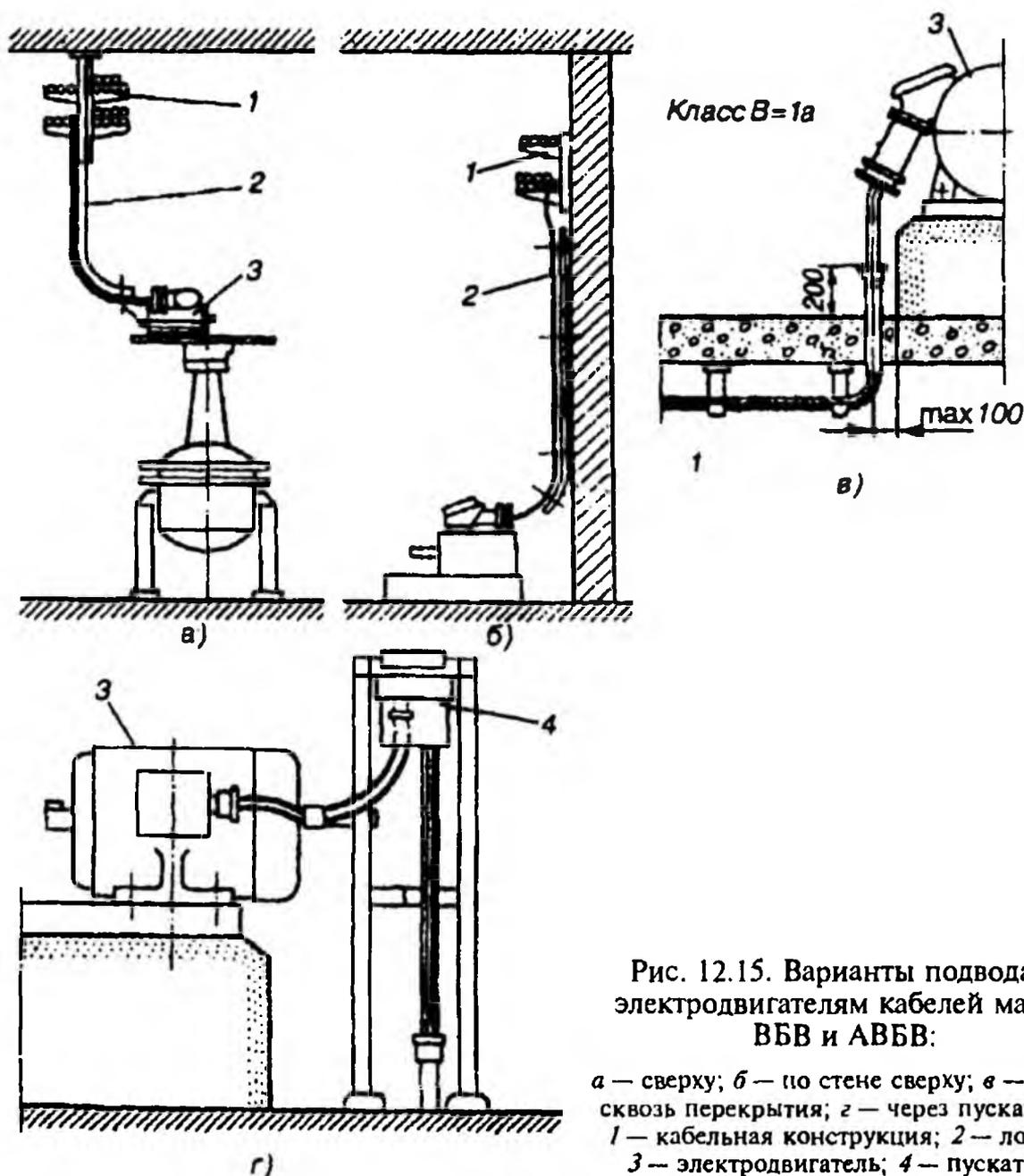


Рис. 12.15. Варианты подвода к электродвигателям кабелей марок ВБВ и АВБВ:

*а* — сверху; *б* — по стене сверху; *в* — снизу  
сквозь перекрытия; *г* — через пускатель;  
1 — кабельная конструкция; 2 — лоток;  
3 — электродвигатель; 4 — пускатель

муфты вводного устройства электродвигателя до места крепления кабеля на лотке не более 0,7 м, дополнительных креплений кабеля не делают, а при больших расстояниях ставят перфорированный лоток с прокладкой по нему кабеля. Варианты подвода кабелей марок ВБВ и АВБВ к электродвигателям приведены на рис. 12.15.

Открыто прокладываемые бронированные и небронированные кабели других марок с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией (например, ВВБГ; ВРБГ; СБГ и др.) при подводе к электродвигателям защищают от возможных механических воздействий на высоте не ниже 2 м от пола или площади обслуживания. Защиту кабеля осуществляют монтажными профилями, стальными коробами, водогазопроводными трубами. Длина жил кабелей, присоединяемых к зажимам электродвигателей приведена в табл. 32.

Т а б л и ц а 32. Длина секторных жил (мм) для присоединения к электродвигателям серии ВАО 315—450-го габаритов

Площадь сечения жил, мм <sup>2</sup> (тип жил)	Крайняя жила			Средняя жила			Нулевая жила		
	Наконечник								
	мед- ный	медно- алю- миние- вый	алю- миние- вый	мед- ный	медно- алю- миние- вый	алю- миние- вый	мед- ный	медно- алю- миние- вый	алю- миние- вый
25 (С, СО)	280	270	275	270	260	265	260	250	255
35 (С, СО)	275	270	270	265	260	265	255	250	255
50 (С, СО)	265	255	270	255	245	260	245	235	250
70 (С)	260	250	255	250	240	245	240	230	235
70 (С)	—	255	260	—	245	250	—	235	240
95 (С, СО)	255	245	250	245	235	240	235	225	230
120 (С, СО)	255	240	245	245	230	235	235	220	225
150 (С)	—	240	245	—	230	235	—	220	225

П р и м е ч а н и е . Буквенные обозначения: С — секторная многопроволочная, СО — секторная однопроволочная.

При подводе к электродвигателям проводов или кабелей в трубах, выходящих из пола, трубы должны иметь привязку, указанную в проекте. После установки электродвигателей на место трубы доводят до вводного устройства и вводят на короткой резьбе в нажимную муфту. Защиту бронированных кабелей на участке между трубами, выходящими из пола, и вводным устройством электродвигателя можно выполнять монтажным профилем или стальным коробом.

При замере трубы нажимную муфту притягивают болтами до отказа к кабельной муфте (или корпусу вводного устройства у электродвигателей до 3-го габарита). Болты затягивают равномерно во избежание перекоса нажимной муфты и повреждения резьбы болтов.

Если диаметр подводимой трубы меньше диаметра отверстия в нажимной муфте вводного устройства, в нажимную муфту ввертывают переходную футорку. При выводе труб из пола они имеют разъемные соединения. Если кабель затянут в трубу до установки электродвигателя, разъемное соединение не собирают.

К электродвигателям, которые установлены на основаниях, подверженных вибрации, подвод выполняют так:

во взрывоопасных зонах всех классов — гибкими переносными кабелями с резиновой изоляцией (от пусковых аппаратов, установленных как у электродвигателей, так и в электропомещениях (без дополнительной защиты от механических повреждений));

во взрывоопасных зонах классов В-1б, В-1г — гибкими проводами в водогазопроводных трубах с переходом на резиновые напорные рукава при условии их соответствия окружающей среде (пары бензина, бензола и т.п.);

во взрывоопасных зонах классов В-1а, В-1 — гибкими проводами в водогазопроводных трубах с переходом на герметичные металлорукава типа Р1-Ц-А и Р11-Ц-А.

Для соединения герметичных металлорукавов с электродвигателями и аппаратами в отверстие вводного устройства ввинчивают штуцеры или к трубе привинчивают накидную гайку металлорукава.

### Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируют электродвигатели?
2. Чем отличается машина постоянного тока от машины переменного?
3. Каков принцип действия асинхронного электродвигателя?
4. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электрических машин, прибывающих к заказчику в собранном виде?
5. Как центруют валы соединяемых между собой электрических машин?
6. Какова технологическая последовательность операций по монтажу электрических машин, прибывающих к заказчику в разобранном виде?
7. Что называют бесподкладочным способом установки и выверки фундаментных плит?
8. Как производят выверку и регулировку воздушного зазора крупных электрических машин?
9. Как и для каких целей сушат обмотки электрических машин?
10. В чем особенности технологии монтажа взрывозащищенных электродвигателей?

## ГЛАВА 13. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

### § 55. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ И СХЕМАХ ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Реактивная мощность в электроустановках появляется от действия намагничивающего тока асинхронных двигателей (60—65 % общей реактивной мощности), трансформаторов (20—25 %), индуктивности воздушных ЛЭП, реакторов, вентильных преобразователей и других устройств (10 %). В зависимости от характера применяемого электрооборудования реактивная мощность может быть значительной и составлять до 130 % активной полезной мощности. Прохождение значительной индуктивной составляющей тока

по питающим и распределительным сетям и через трансформаторы приводит к возникновению дополнительных потерь энергии во всех элементах системы внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия (в активных сопротивлениях генератора и ЛЭП). Так, для элемента с сопротивлением  $R$  мощность потерь в нем составит

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \Delta P_a + \Delta P_p.$$

Таким образом, дополнительные потери  $\Delta P_p$  на нагрев, обусловленные реактивной мощностью  $Q$ , пропорциональны квадрату ее значения. Чтобы уменьшить дополнительные потери  $\Delta P_p$ , необходимо увеличить сечение проводов, т. е. повысить затраты или принять другие технически и экономически оправданные меры (например, установка конденсаторов) от реактивного тока возникает дополнительное падение напряжения в проводах ЛЭП и трансформаторах, которое снижает напряжение на электроприемнике, что особенно существенно для протяженных промышленных сетей и питающих линий передачи. При питании активно-индуктивной нагрузки через элемент сети с активным сопротивлением  $R$  и реактивным  $X$  падения напряжения составят

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_a + \Delta U_p,$$

где  $\Delta U_a$  — падения напряжения, обусловленные соответственно активной и реактивной мощностью.

Дополнительное падение напряжения  $\Delta U_p$  увеличивает отклонение напряжения на зажимах приемника от номинального при изменениях нагрузок и режимов электрической сети, что приводит к понижению вращающих моментов двигателей, уменьшению светоотдачи осветительными приборами и к другим нежелательным последствиям. Все это требует увеличения мощности или применения средств регулирования напряжения с помощью комплектных конденсаторных установок.

*Конденсаторной установкой (КУ)* называют электроустановку, состоящую из конденсаторов и относящегося к ней вспомогательного электрооборудования (выключателей, разъединителей, разрядных сопротивлений и т.п.).

Конденсаторная установка состоит из одной или нескольких конденсаторных батарей или из одного или нескольких отдельно установленных конденсаторов, присоединенных к сборным шинам через отдельные коммутационные аппараты.

*Конденсаторной батареей* называют совокупность двух или более конденсаторов, соединенных электрически между собой.

*Секцией конденсаторной батареи* называют часть батареи, снаб-

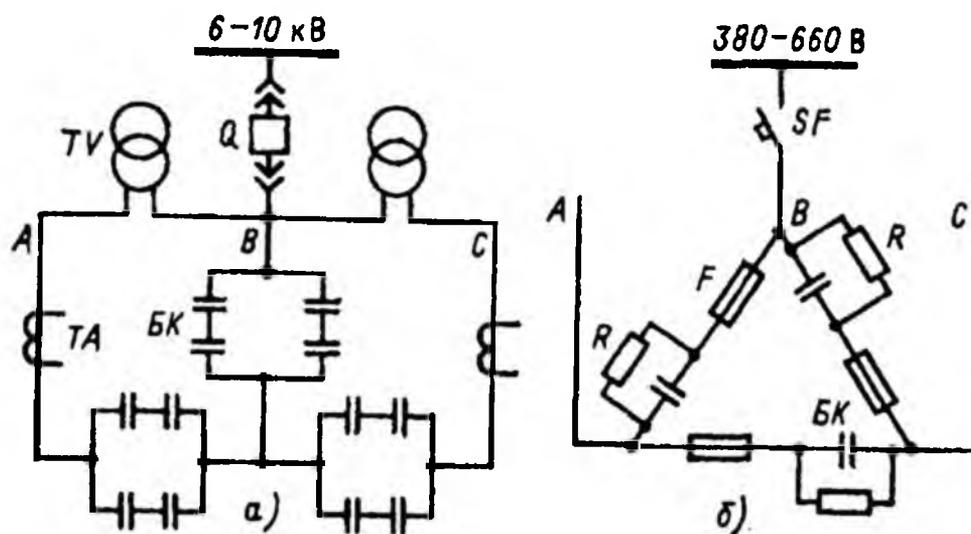


Рис. 13.1. Схема конденсаторных установок

женную выключателем или разъединителем, служащим для отключения только одной этой секции от остальной части батареи (под напряжением или после отключения всей батареи в целом).

Конденсаторные установки присоединяют к сети через отдельный аппарат управления, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат управления с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Обе эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяют в треугольник или звезду. Применяется также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи.

Если конденсаторные батареи включают параллельно нагрузке — это поперечная компенсация, а при последовательном включении — продольная компенсация.

При отключении конденсаторы сохраняют напряжение остаточного заряда, представляющее опасность для персонала и затрудняющее работу выключателей. По условиям безопасности требуется применение разрядных устройств. В качестве разрядных устройств применяют два однофазных трансформатора напряжения типа НОМ по схеме, показанной на рис. 13.1, а. Для батарей 380—660 В вместо НОМ по той же схеме включают сопротивления или лампы накаливания (две лампы и более — последовательно в каждой разрядной ветви). В новых конденсаторах применяются встроенные разрядные сопротивления  $R$  внутри или снаружи бака конденсатора, которые располагают параллельно емкости конденсаторов (рис. 13.1, б).

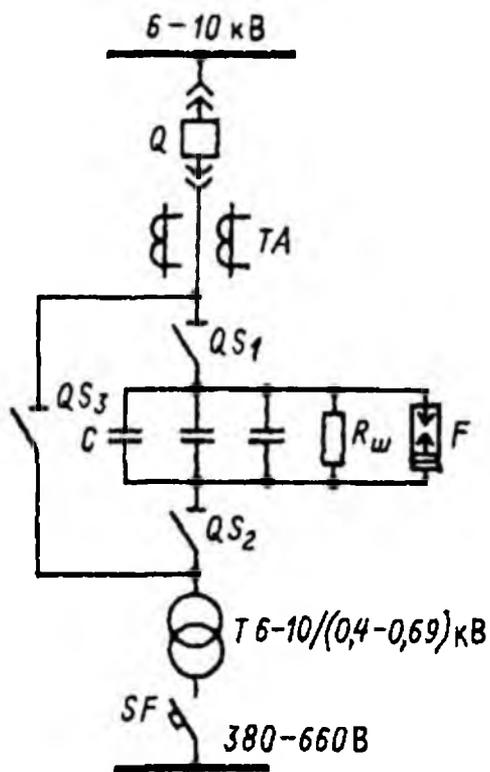


Рис. 13.2. Схема установки продольной емкостной компенсации (УПК)

Поперечную емкостную компенсацию выполняют комплектными конденсаторными установками (КУ), которые устанавливают в цехе рядом с комплектными трансформаторными подстанциями или около крупных электроприемников. Комплектную конденсаторную установку собирают в шкафах с аппаратурой защиты, измерения, управления и с разрядным устройством. На рис. 13.1 показаны две схемы КУ: высокого (6—10 кВ) и низкого (380—660 В) напряжения.

Установки продольной компенсации УПК практически не являются источниками мощности. Шунтирующее сопротивление  $R_{ш}$  (см. рис. 13.2), превышающее сопротивление конденсаторов примерно в 10 раз, устраняет резонансные явления в УПК. Главное назначение продольной компенсации —

частичная компенсация индуктивного сопротивления участков электрической сети для уменьшения потери напряжения в них.

## § 56. ЗАЩИТА И МОНТАЖ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от токов короткого замыкания, действующую на отключение без выдержки времени.

Независимо от защиты всей КУ в целом в батареях с параллельным соединением конденсаторов последние снабжают групповой защитой от токов короткого замыкания при помощи плавких предохранителей, причем число конденсаторов в одной группе должно быть не менее пяти и номинальный ток одной группы — не более 100 А.

Групповая защита не требуется, если конденсаторы снабжены встроенной индивидуальной защитой секций. В любом случае предохранители должны обеспечивать надежное отключение при наименьших и наибольших величинах тока короткого замыкания в данной точке сети.

При коммутировании КУ возникают перенапряжения и броски тока, в особенности при включении на параллельную работу с другими батареями или секциями. Необходимы специальные быс-

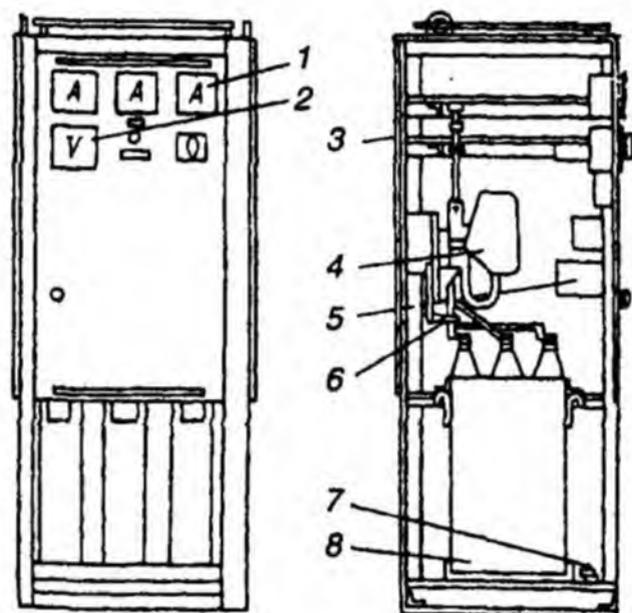


Рис. 13.3. Общий вид установки КУ-0,38-110:

1 — амперметр; 2 — вольтметр; 3 — предохранитель; 4 — контактор; 5 — панель управления;  
6 — трансформатор тока; 7 — заземляющий болт; 8 — конденсатор

тродействующие выключатели, имеющие повышенную износостойкость контактной и механической частей, рассчитанные на такие броски и допускающие частые переключения. Обычные выключатели на напряжение 6—10 кВ, а также автоматы и контакторы 380 В, не рассчитанные на чисто емкостную нагрузку, выбирают с запасом по номинальному току не менее чем на 50 %.

Защиту батарей выбирают с учетом отстройки от токов включения и разряда конденсаторов. При защите батарей предохранителями ток плавкой вставки  $i_b$  определяют по формуле

$$i_b \leq 1,6 n \frac{Q_k}{\sqrt{3} U_n},$$

где  $n$  — общее количество конденсаторов БК (во всех фазах);  $Q_k$  — номинальная мощность однофазного конденсатора;  $U_n$  — линейное напряжение.

При защите автоматическим выключателем последний должен иметь комбинированный расцепитель, обеспечивающий защиту с плавной регулировкой уставки тока. Уставку тока  $i_y$  выбирают исходя из допустимой перегрузочной способности конденсаторов 130 % и определяют так:

$$i_y \leq 1,3 n \frac{Q_k}{\sqrt{3} U_n},$$

В случаях, когда известно, что уровень напряжения сети в месте присоединения КУ будет временами при включенных конденсато-

рах превышать 110 % номинального напряжения установки, предусматривают защиту, отключающую установку при указанном повышении напряжения и работающую с выдержкой времени 3—5 мин, а также обратное автоматическое ее включение после восстановления первоначального уровня напряжения.

Равенство емкостей всех трех фаз КУ должно контролироваться тремя амперметрами, указывающими ток в каждой фазе присоединения батареи. Конденсаторные установки мощностью до 400 кВАр снабжают только одним амперметром.

При монтаже КУ с общим количеством масла в одной установке более 600 кг их располагают в отдельном помещении с выходом наружу или в общее помещение, отвечающее в отношении огнестойкости требованиям, приведенным в ПУЭ.

Конденсаторные установки с общим количеством масла до 600 кг можно размещать в помещениях щитов управления и распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В; монтаж КУ аналогичен монтажу комплектных РУ.

#### **Контрольные вопросы**

1. Как влияет реактивная мощность на работу системы внутривидеочного и внешнего электроснабжения предприятия?
2. Какую установку называют конденсаторной?
3. Какие схемы соединений конденсаторных батарей применяют в сетях до и выше 1000 В?
4. Как защищают батареи конденсаторов от перенапряжений и бросков тока?
5. Как монтируют шкафы КУ?