

Рис. 4.17. Пример зануления (заземления) приборов и аппаратов, имеющих специальный вывод «земля»:

*a* — соединение с заземляющим зажимом щита; *б* — соединение с заземляющим зажимом на стойке каркаса щита или станива; 1 — прибор (аппарат); 2 — кабельный наконечник; 3 — нулевой защитный неразрезанный проводник; 4 — заземляющий зажим щита; 5 — заземляющий зажим на стойке каркаса щита или станива; 6 — стойка каркаса щита или станива

Зануление (заземление) щитовых конструкций в целом должно осуществляться путем присоединения щитов, пультов и ста-

тивов к близко расположенным заземляющим проводникам сети заиуления (заземления) объекта или металлоконструкциям производственного назначения, металлическим открытым трубопроводам всех назначений, кроме трубопроводов с горючими и взрывоопасными смесями, канализации и центрального отопления. Зануление щитовых конструкций может быть выполнено также присоединением к заземляющему зажиму этих конструкций рабочего нулевого провода питающей электрической сети.

## РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

### МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

#### 5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### КЛАССИФИКАЦИЯ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

По функциональному назначению трубные проводки подразделяют на импульсные (импульсные линии связи), командные (командные линии связи), питающие (линии питания), обогревающие (линии обогрева), охлаждающие (линии охлаждения), вспомогательные (вспомогательные линии), дренажные (выбросные линии) и линии капилляров манометрических термометров (или линии манометрических регуляторов температуры).

**Импульсные трубные проводки.** Импульсной называют трубную проводку (или часть ее), соединяющую отборное устройство с контрольно-измерительным прибором, датчиком или регулятором. Она пред-

назначена для передачи воздействий или регулируемой технологической среды на чувствительные органы контрольно-измерительных приборов, датчиков или регуляторов непосредственно или через разделительные среды. К импульсным трубным проводкам относятся также капилляры манометрических термометров и регуляторов температуры, соединяющие термочувствительные элементы (термобаллоны) с манометрическими измерительными устройствами приборов и регуляторов.

**Командные трубные проводки.** Командной называют трубную проводку (или часть ее), соединяющую между собой отдельные функциональные блоки автоматики (датчики, переключатели, вторичные измерительные приборы, преобразователи, вычислительные, регулирующие и управляющие устройства, исполнительные механизмы). Она предназначена для передачи командных сигналов (давления воздуха, воды, масла) от передающих

блоков к приемным. К числу таких проводов можно отнести пневматические трубопроводы из красномедных и полиэтиленовых труб, а также нашедшие широкое применение пневмокабели (см. § 5.14).

**Питающие трубные проводки.** Питающей называют трубную проводку (или часть ее), соединяющую измерительные приборы и средства автоматизации с источниками питания (насосами, компрессорами и другими источниками). Она предназначена для подачи к приборам и средствам автоматизации (датчикам, преобразователям, вычислительным, регулирующим и управляющим устройствам, усилителям, позиционерам) жидкости (воды, масла) или газа (воздуха) с избыточным давлением, изменяющимся в заданных пределах, используемых в качестве носителей вспомогательной энергии при обработке и передаче командных сигналов. К числу таких трубопроводов могут быть отнесены коллекторы сжатого воздуха на пневматических щитах, приборах или маслопроводах, подводящих масло к гидравлическим регуляторам от маслонасосных станций.

**Обогревающие, охлаждающие, вспомогательные и дренажные трубные проводки.** Обогревающей называют трубную проводку (или часть ее), с помощью которой подводят (и отводят) теплоносители (воздух, вода, пар и др.) к устройствам обогрева отборных устройств, измерительных приборов, средств автоматизации, щитов и потоков импульсных, командных и других трубных проводов.

Охлаждающей называют трубную проводку (или часть ее), через которую подводят (и отводят) охлаждающие агенты (воздух, вода, рассол и др.) к устройствам охлаждения отборных устройств, датчиков, исполнительных механизмов и других средств автоматизации.

Вспомогательной называют трубную проводку (или часть ее), с помощью которой: а) подводят к импульсным линиям связи защитные жидкости или газы, создающие в них встречные потоки для предохранения от агрессивных воздействий, закупорки, засорения и других явлений, вызывающих порчу и отказ в работе отборных устройств, измерительных приборов, средств автоматизации и самих импульсных линий; б) подводят к приборам, регуляторам, импульсным линиям связи жидкости или газы для периодической промывки или продувки их во время эксплуатации; в) создают параллельный поток части продукта, отбираемого из технологического аппарата или трубопровода для

анализа, с целью ускорения подачи пробы к измерительному прибору, удаленному от места отбора (например, к анализатору жидких нефтепродуктов и др.).

**Дренажные проводки.** Дренажной называют трубную проводку (или часть ее), через которую сбрасывают продукты продувки и промывки (газы и жидкости) из приборов и регуляторов, импульсных и командных линий связи, вспомогательных и других линий в отведенные для этого места.

## ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МОНТАЖУ ТРУБНЫХ ПРОВОДК

К трубным проводкам, применяемым при монтаже приборов и средств автоматизации, с абсолютным рабочим давлением не ниже 4,66 кПа (35 мм рт. ст.) и избыточным давлением не выше 100 мПа предъявляются следующие требования.

Трубные проводки должны обладать необходимой механической прочностью при воздействии на них (со стороны протекающих по ним сред, в том числе и в период продувок и испытаний) максимально возможных давлений при максимально возможных температурах. Материалы труб должны быть стойкими против агрессивных воздействий как со стороны протекающих, так и со стороны окружающих сред. Прходные сечения труб импульсных и командных линий связи должны обеспечивать передачу сигналов информации на заданные расстояния с временем запаздывания не более максимально допустимого для конкретных условий.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Опорная конструкция.** Представляет собой конструкцию в виде кронштейнов, специальных стоек и стендов, обхватов для колонн и других изделий, закрепленную на строительном или технологическом основании и предназначенную для удержания на проектной отметке тяжести монтируемых трубных и электрических проводов, приборов, отдельных частей систем и средств автоматизации.

**Несущая конструкция.** Представляет собой конструкцию, в виде стальных коробов, лотков, полок и других изделий, опирающуюся на опорные конструкции. Несущая конструкция служит для закрепления и поддержания трубных и электрических проводов и средств автоматизации.

**Трубная проводка систем автоматизации.** В общем случае представляет собой совокупность труб различного назначения и трубных кабелей (пневмокабелей), соединительных и присоединительных устройств, запорной арматуры и защитных устройств, собранных в цельную конструкцию, проложенную и закрепленную на элементах зданий и сооружений или на технологическом оборудовании.

**Внутренняя трубная проводка.** Представляет собой трубную проводку (или часть ее), проложенную в закрытом помещении.

**Наружная трубная проводка.** Представляет собой проводку (или часть ее), проложенную по наружным стенам зданий и сооружений под навесами, по эстакадам и другим наружным сооружениям.

**Открытая трубная проводка.** Представляет собой трубную проводку (или часть ее), проложенную открыто по стенам, потолкам, эстакадам и в открытых каналах.

**Скрытая трубная проводка.** Представляет собой трубную проводку (или часть ее), проложенную внутри стен, полов, потолков, за обшивками технологических аппаратов, в закрытых каналах и туннелях, в земле в фундаментах.

**Групповая трубная проводка.** Представляет собой трубную проводку, состоящую из четырех и более труб или пневмокабелей, проложенных вместе на одной опорной конструкции.

**Трубный блок.** Представляет собой определенное число труб необходимой длины и конфигурации, уложенных и закрепленных в определенном порядке на опорных деталях (обоймах) или несущих конструкциях и полностью подготовленных к соединению со смежными элементами трубных проводок или таких же трубных блоков.

## 5.2. НОМЕНКЛАТУРА ТРУБ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Для трубных проводок применяют трубы, приведенные в табл. 5.1—5.11. В целях сокращения типоразмеров соединителей, крепежных и других монтажных изделий рекомендуется применять:

а) стальные водогазопроводные трубы обыкновенные легкие с условным проходом 8; 15; 20; 25; 40 и 50 мм (табл. 5.1);

б) бесшовные холоднодеформированные трубы из углеродистых и легированных сталей наружным диаметром 8; 10; 14; 16 и 22 мм с толщиной стенки не менее 1 мм (табл. 5.2);

в) бесшовные холодно- и теплодеформированные трубы из коррозионно-стойкой

Таблица 5.1. Трубы стальные водогазопроводные

Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Трубы					
		легкие		обыкновенные		усиленные	
		Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг
6	10,2	1,8	0,37	2,0	0,40	2,5	0,47
8	13,5	2,0	0,57	2,2	0,61	2,8	0,74
10	17,0	2,0	0,74	2,2	0,80	2,8	0,98
15	21,3	2,35	1,10	—	—	—	—
15	21,3	2,5	1,16	2,8	1,28	3,2	1,43
20	26,8	2,35	1,42	—	—	—	—
20	26,8	2,5	1,50	2,8	1,66	3,2	1,86
25	33,5	2,8	2,12	3,2	2,39	4,0	2,91
32	42,3	2,8	2,73	3,2	3,09	4,0	3,78
40	48,0	3,0	3,33	3,5	3,84	4,0	4,34
50	60,0	3,0	4,22	3,5	4,38	4,5	6,16

Пример условного обозначения: 20×2,5 ГОСТ 3262—75 — труба обыкновенная, нецинкованная, обычной точности изготовления, немерной длины, с условным проходом 20 мм, толщиной стенки 2,5 мм, без резьбы и без муфты; М-20 × 2,5, ГОСТ 3262—75 — то же с муфтой; Р-20 × 2,5-4000, ГОСТ 3262—75 — то же мерной длины с резьбой

стали наружным диаметром 6; 8; 10; 14; 16 и 22 мм с толщиной стенки не менее 1 мм. Для трубных проводок давлением свыше 10 МПа применяют трубы наружным диаметром 15; 25 и 35 мм (табл. 5.3);

г) медные трубы наружным диаметром 6 и 8 мм с толщиной стенки не менее 1 мм (табл. 5.4);

д) алюминиевые трубы и трубы из алюминиевых сплавов наружным диаметром 6 и 8 мм с толщиной стенки не менее 1 мм (табл. 5.5);

е) трубы из полиэтилена низкой плотности размером 6 × 1 и 8 × 1,6 мм (табл. 5.6) и по ГОСТ 18599—83 (табл. 5.7);

ж) трубы напорные из полиэтилена высокой плотности (табл. 5.8);

з) гибкие поливинилхлоридные трубы внутренним диаметром не менее 4 мм с толщиной стенки 1 мм (табл. 5.9);

и) резиновые технические трубки по ГОСТ 5496—78 внутренним диаметром 8 мм и толщиной стенки 1,25 мм (табл. 5.10);

к) пневматические кабели (пневмокабели) с полиэтиленовыми трубками по ТУ 16.505.720—75 размером 6 × 1 или 8 × 1,6 мм (табл. 5.11).

Кроме указанных труб, в технически обоснованных случаях применяют бес-

Таблица 5.2. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные

Наружный диаметр, мм	Масса 1 м трубы, кг, при толщине стенки, мм													
	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3	3,2	3,5	4
8	0,173	0,201	0,228	0,240	0,253	0,275	0,296	0,315	0,339					
10	0,222	0,260	0,297	0,314	0,332	0,364	0,395	0,426	0,462	0,497	0,518	0,537	0,561	
14	0,321	0,379	0,435	0,462	0,489	0,542	0,592	0,640	0,709	0,773	0,814	0,852	0,906	0,986
15	0,345	0,408	0,470	0,499	0,529	0,586	0,641	0,694	0,771	0,842	0,888	0,931	0,993	1,085
22	0,518	0,616	0,711	0,758	0,805	0,897	0,986	1,074	1,202	1,326	1,406	1,484	1,597	1,776
25	0,592	0,704	0,815	0,869	0,923	1,030	1,134	1,237	1,387	1,533	1,628	1,72	1,856	2,072
35	0,838	1,000	1,160	1,239	1,318	1,474	1,628	1,780	2,004	2,223	2,367	2,510	2,719	3,058

Пример условного обозначения:  $14 \times 2 \times 6000$ , ГОСТ 8734-75 — труба наружным диаметром 14 мм, толщиной стенки 2,0 мм, длиной 6000 мм из стали марки 20, с поставкой по механическим свойствам и химическому составу (по группе В)

Таблица 5.3. Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм												
	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3	3,2	3,5	4
6	1	1,2	1,4	1,5									
8	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2							
10	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2,2	2,5					
14	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3			
16	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3			
22	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3	3,2	3,5	

Пример условного обозначения:  $25 \times 2 - 12 \times 18N10T$ , ГОСТ 9941-81 — труба из стали марки  $12 \times 18N10T$  наружным диаметром 25 мм, толщиной стенки 2 мм, обычной точности изготовления, немерной длины

Таблица 5.4. Трубы медные

Наружный диаметр, мм	Масса 1 м, кг, при толщине стенки, мм			
	1	1,2	1,5	2
6	0,140	0,161	0,189	0,224
8	0,196	0,228	0,272	0,335
10	0,252	0,295	0,356	0,447

Пример условного обозначения:  $M2-M-10 \times 1,5 \times 4000$ , ГОСТ 617-72 труба из меди марки M2, тянутой, мягкой, наружным диаметром 10 мм, толщиной стенки 1,5 мм, мерной длины 4000 мм:  $M2-T-10 \times 1,5 \times 4000$ , ГОСТ 617-72 — то же твердая

шовные трубы из нержавеющей стали по ГОСТ 9941-81 наружным диаметром 6; 8; 10; 14; 22 мм с толщиной стенки не менее 1 мм. При соединении бесшовных труб свар-

Таблица 5.5. Трубы катаные и тннутые из алюминия и алюминиевых сплавов

Наружный диаметр, мм	Масса 1 м при толщине стенки, мм			
	1	1,5	2	2,5
6	0,051	0,075	0,101	—
8	0,063	0,087	0,107	—
10	0,081	0,114	0,143	0,168

Примечание. Теоретическая масса определена для алюминиевого сплава с плотностью 2,85 г/см<sup>3</sup>.

Пример условного обозначения:  $8 \times 1,5D1M$ , ГОСТ 18475-82 — труба круглая наружным диаметром 8 мм, толщиной стенки 1,5 мм, немерной длины, из сплава D1, отожженная

Таблица 5.6. Трубы из полиэтилена низкой плотности (высокого давления)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м трубы, кг
6,0	1,0	0,016
8,0	1,0	0,022
8,0	1,6	0,030

Пример условного обозначения:  $8 \times 1,6 TU 6-19-272-85$  — труба диаметром 8 мм, толщиной стенки 1,6 мм

кой толщина их должна быть не менее 1,5 мм. Для трубных проводок высокого давления могут применяться трубы наружным диаметром 15; 25 и 35 мм.

Для монтажа трубных проводок к приборам и средствам автоматизации применяют трубы: стальные строительной длиной не менее 6 м; медные, алюминиевые, полиэтиленовые и полихлорвиниловые в бух-

Таблица 5.7. Трубы из полиэтилена низкой плотности (ГОСТ 18599—83)

Наружный диаметр, мм	Средний тип С, $P_{раб} = 0,6$ МПа		Тяжелый тип Т, $P_{раб} = 1$ МПа	
	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг
10	—	—	2,0	0,051
12	—	—	2,0	0,064
16	2,0	0,088	2,7	0,112
20	2,0	0,128	3,3	0,175
25	2,7	0,190	4,2	0,270
32	3,4	0,301	5,3	0,432
40	4,3	0,475	6,7	0,636
50	5,4	0,735	2,8	1,07

Таблица 5.8. Трубы напорные из полиэтилена высокой плотности (ГОСТ 18599—83)

Наружный диаметр, мм	Средний тип С, $P_{раб} = 0,6$ МПа		Тяжелый тип Т, $P_{раб} = 1$ МПа	
	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м, кг
10	—	—	2,0	0,052
12	—	—	2,0	0,065
16	—	—	2,0	0,091
20	—	—	2,0	0,118
25	2,0	0,151	2,3	0,170
32	2,0	0,197	2,9	0,282
40	2,3	0,282	3,6	0,434
50	2,8	0,444	4,5	0,671

Таблица 5.9. Трубы гибкие поливинилхлоридные (ТУ 6.19-254—84)

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
6	1,0	21	4,0
10	1,0	27	4,0
11	1,0	31	3,0
13	1,5	36	5,5
15	2,0	38	7,0

Таблица 5.10. Трубки резиновые технические (ГОСТ 5496—78)

Внутренний диаметр, мм		Толщина стенки, мм			
номинальный размер	предельные отклонения	номинальный размер			предельные отклонения
6,0	$\pm 0,5$	1,25	2,0	3,0	$1,25 \pm 0,3$ ; $2 \pm 0,4$ ; $3 \pm 0,5$
8,0	$\pm 1,0$	1,25	2,0	3,0	
10,0					

Таблица 5.11. Кабели пневматические

Марка	Кабель из полиэтиленовых трубок	Число трубок	Наружный диаметр и толщина стенки трубок, мм	Наружный диаметр кабеля, мм	Масса 1 км кабеля, кг	Область применения
ТПО	Пневматический в оболочке из лент поливинилхлоридного пластика	7	6 × 1	21,4	259	В условиях воздействия паров кислот, щелочей и в среде с повышенной влажностью при отсутствии механического воздействия
		12	6 × 1	28,7	416	
		19	6 × 1	33,8	573	
		7	8 × 1	27,8	371	
		12	8 × 1	37,4	590	
		7	8 × 1,6	27,8	428	
		12	8 × 1,6	37,4	689	
ТПВБГ	Пневматический в обмотке из лент поливинилхлоридного пластика с защитным покрытием БГ	7	8 × 1,6	30	710	Для наружной и внутренней прокладки во взрыво- и пожароопасных помещениях в условиях возможных механических воздействий, при отсутствии в атмосфере веществ, разрушающих броню
ТПББГ	Пневматический в обмотке из лент кабельной бумаги с защитным покрытием БГ	7	8 × 1,6	27	620	То же, за исключением взрыво- и пожароопасных помещений
		12	8 × 1,6	35	850	

Пример условного обозначения: ТПО 7 × 8/1,6, ТУ 16 — 505.720 — 75 — пневматический кабель с семью полиэтиленовыми трубками наружным диаметром 8,0 мм и толщиной стенки 1,6 мм.

Таблица 5.12. Минимальные радиусы внутренней кривой изгиба труб

Наименование труб	Наружный диаметр, мм	Радиус внутренней кривой изгиба трубы, мм	
		Гибка в холодном состоянии	Гибка в горячем состоянии
Стальные водогазопроводные неоцинкованные и оцинкованные	13,5	54,0	40,0
	21,3	85,0	65,0
	26,8	87,0	80,0
	33,5	134,0	100,0
	48,0	240,0	180,0
Бесшовные из углеродистой стали	8	32,0	24,0
	10	40,0	30,0
	14	56,0	42,0
	16	72,0	54,0
	22	88,0	66,0
Медные	6	12	—
	8	16	—
	10	20	—

тах — 25 м; резиновые массой до 10 кг. Трубный кабель длиной не менее 150 м.

При монтаже труб, поставляемых в бухтах (полиэтиленовых, поливинилхлоридных, медных и алюминиевых), и трубных кабелей следует сводить к минимуму число мест их соединений, максимально используя их строительную длину.

**Пневмокабели.** В настоящее время широко применяют при монтаже командных трубных проводок пневмокабели. Они по сравнению с металлическими трубами обладают существенными преимуществами: большой строительной длиной (свыше 150 м), стойкостью к агрессивным средам и вибрациям, невысокой стоимостью, а также упрощают выполнение монтажных работ и значительно повышают производительность труда. Пневмокабель (рис. 5.1) представляет собой пучок пластмассовых труб, свитых спирально и заключенных в общую оболочку.

Пневмокабель применяют для фиксированного монтажа трубных проводок в диапазоне температур от  $-40$  до  $+60$  °С. Пневмокабель предназначен для транспортирования воздуха и веществ, к которым стоек материал труб, при условном давлении до 0,6 МПа.

### 5.3. РАЗБИВКА ТРАСС И ПРИВЯЗКА ТРУБНЫХ ПРОВОДК К СТРОИТЕЛЬНЫМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОНСТРУКЦИЯМ

#### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И НОРМИРУЕМЫЕ РАССТОЯНИЯ

При разбивке трасс и привязке трубных проводок необходимо учитывать следующие важные для монтажа обстоятельства.

1. Трубные проводки к приборам и средствам автоматизации следует прокладывать по кратчайшему расстоянию между соединяемыми приборами: параллельно и перпендикулярно стенам, перекрытиям и колоннам с минимальным количеством поворотов, пересечений с технологическими коммуникациями и наименьшим числом разъемных соединений труб; возможно дальше от технологического оборудования, подвергаемого частым разборкам, от мест, опасных для обслуживающего персонала, и где возможны нагрев до температуры свыше 60 °С для пневмокабеля, а также механические и химические повреждения; в местах, удобных для их монтажа, обслуживания, ремонтов; трубные проводки не должны затруднять обслуживание и ремонт технологического оборудования.

2. Трассы прокладки полиэтиленовых труб и небронированных пневмокабелей на открытых конструкциях и наружных установках должны быть выбраны с учетом защиты их от действия прямых солнечных лучей элементами зданий, эстакад, электриче-

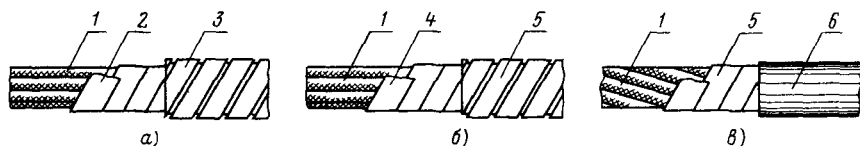


Рис. 5.1. Семитрубный пневмокабель марок ТПББГ (а), ТПВБГ (б) и ТПО (в): 1 — трубы полиэтиленовые; 2 — обмотка из лент кабельной бумаги с защитным покровом ББГ; 3 — броня из двух стальных лент; 4 — обмотка из лент из поливинилхлоридного пластиката с защитным покровом ББГ; 5 — обмотка лентой из полиамидной пленки; 6 — оболочка из поливинилхлоридного пластиката

ских и трубных проводов и т. п. Во всех случаях, когда направления трубных проводов пневмокабелей и электропроводов совпадают, рекомендуется выполнять их совмещенными (в общих каналах, туннелях, на эстакадах), если это допустимо по условиям совместной прокладки.

3. Радиусы изгиба труб должны быть минимальными. Для пневмокабеля они должны составлять не менее 10 его наружных диаметров (при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$ ); для районов с пониженными температурами (от  $-40$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ ) допустимый радиус изгиба должен быть не менее 20 наружных диаметров кабеля. При совместной прокладке трубных и электрических проводов по установленным сборным кабельным конструкциям трубы и пневмокабели следует располагать ниже электропроводов.

Расстояние в свету от трубных проводов и пневмокабелей должно быть: до технологических трубопроводов высокого давления и трубопроводов, несущих жидкости или газы, химически активные к материалам оболочек кабелей, — не менее 500 мм; до трубопроводов с горячими жидкостями или газами и до других теплоизлучающих поверхностей с температурой до  $100^{\circ}\text{C}$  — не менее 100 мм, при более высокой температуре расстояние должно быть таким, чтобы температура нагрева полиэтиленовых труб и пневмокабелей не превышала  $60^{\circ}\text{C}$ , либо необходимо предусматривать их защиту экраном с расстоянием в свету между экраном и пневмокабелем не менее 100 мм.

Для экономии места и материалов, а также уменьшения на трубных проводках сбора осадков (в виде пыли и влаги) поддерживающие конструкции необходимо выбирать с минимальными горизонтальными поверхностями, причем расстояния между поддерживающими конструкциями для лотков или легких мостов как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости должно быть не более 2 м; расстояние между поддерживающими конструкциями для коробов должно составлять не более 3 м, а для мостовых конструкций, устанавливаемых между колоннами, — не более 6 м.

При разбивке трасс под установку защитных коробов необходимо учитывать следующие требования: расстояние по горизонтали от коробов до стен, колонн, стоек, эстакад и других вертикальных элементов зданий и сооружений, а также между параллельно проложенными коробами должно быть не менее 50 мм; расстояния по вертикали от потолков или балок перекрытия и т. п. до крышек коробов должно составля-

ть не менее 300 мм.

При расположении под потолком нескольких коробов в один горизонтальный ряд расстояние до потолка должно быть увеличено с расчетом свободного доступа к крышкам коробов, находящихся в середине ряда или около стены. Кроме того, расстояние между коробами и технологическими трубопроводами должно составлять: при параллельной прокладке — до трубопроводов, проходящих под коробами или с их боков, не менее 100 мм, над ними — не менее 250 мм; при пересечении — до трубопроводов, проходящих под коробами или с их боков, не менее 50 мм, над ними — не менее 250 мм.

Расстояние между коробами и трубопроводами с горячими жидкостями или газами должно быть: при параллельной прокладке — до трубопроводов, проходящих с любой стороны, не менее 250 мм; при пересечении — до трубопроводов, проходящих под коробами или с их боков, не менее 100 мм; над ними — не менее 250 мм.

При проверке направления трасс необходимо убедиться в том, что при установке поддерживающих конструкций и других элементов не будут повреждены скрытые электропроводки и нарушена прочность строительных конструкций.

## ПОРЯДОК РАЗБИВКИ ТРАСС

Трассы для трубных проводов размечают в следующей очередности.

1. Исходя из места расположения трубной проводки, выделенного технологической частью проекта, по стенам, колоннам, перекрытиям наносят в натуре линию проходящей трассы. 2. Размечают места крепления и установки поддерживающих конструкций и других элементов трассы. 3. Проверяют правильность разбивки трассы на соответствие ее проекту.

Нанесение в натуре линий трассы начинают с определения координат начала и конца ее, а при большой протяженности трассы — с определения промежуточных координат на расстоянии не более 15 м методом нанесения отчетливых меток (мелом, углем, краской и др.). Строительные отметки по высоте и расстоянию от осей строительных конструкций до исходных отметок указаны в чертежах проекта автоматизации или проекта производства работ. Исходными являются отметки, нанесенные на конструкциях зданий и сооружений строительной организацией.

Наносят координаты следующим обра-

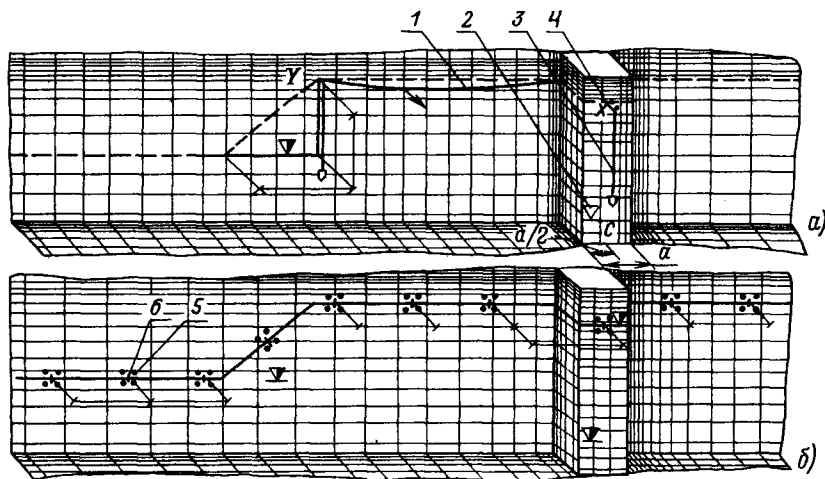


Рис. 5.2. Пример разметки трубной трассы для прокладки пневмокабелей:

*a* — нанесение линий трассы; *b* — разметка мест крепления и установки поддерживающих конструкций; 1 — шнур; 2 — строительная отметка; 3 — отвес; 4 — точка начала разметки трассы; 5 — место пробивки отверстия для крепления поддерживающих конструкций; 6 — осевая линия поддерживающей конструкции

зом (рис. 5.2). Если необходимо найти точку трассы *X* на колонне, то определяют вначале вертикальную метку оси колонны, например делением ее ширины пополам. По этой отметке с помощью отвеса наносят вертикальную ось, на которую затем переносят имеющуюся строительную высотную отметку и делают горизонтальную отметку *C* на оси. От отметки *C* по оси колонны отмеряют заданное расстояние по вертикали до искомой точки и наносят на оси колонны горизонтальную отметку. Пересечение меток и является искомой точкой *X*.

Если необходимо найти точку трассы *Y* между колоннами, то от ранее определенной точки *X* отмеряют по горизонтали заданное расстояние до искомой точки и наносят вертикальную метку. В пересечении вертикальной и горизонтальной меток и находится искомая точка *Y*.

Следующие координаты трассы определяют аналогичным способом. Между найденными точками координат наносят линию трассы с помощью шнура, натертого мелом (на белой стене и потолке — цветным мелом).

Разметку мест установки поддерживающих конструкций и других элементов трассы выполняют следующим образом: наносят на линии трассы осевые вертикальные линии поддерживающих конструкций и других элементов, отмеряя расстояние от начала трассы; в соответствии с типами поддержи-

вающих конструкций и других элементов, а также способами их крепления размечают места пробивки или сверления отверстий, места прилегания конструкций для пристрелки и приварки, нанося не менее двух взаимно перпендикулярных линий прилегания (верхней и боковой либо нижней и боковой); при прокладке труб по железобетонным основаниям проверяют арматуроискателем отсутствие арматуры в местах сверления и пробивки отверстия или забивки дюбеля. Если это место попало на арматуру, то опорную конструкцию или другой элемент нужно сместить вдоль линии трассы, не превысив указанного выше расстояния между опорными конструкциями.

После окончания разметки трассы со всеми ее элементами сверяют нанесенную в натуре трассу с проектом автоматизации или проектом производства работ.

### УСТАНОВКА ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

Устанавливают поддерживающие конструкции и другие элементы трубных проводов в следующей очередности: подготавливают строительные (основания) и поддерживающие конструкции и другие элементы проводки к установке; устанавливают и крепят поддерживающие конструкции к строи-



тельным основаниям и конструкциям; проверяют правильность установки поддерживающих конструкций; устанавливают короба, лотки, мосты и другие элементы на поддерживающие конструкции, а также крепят трассовую проводку.

Крепят поддерживающие конструкции следующими основными способами: с использованием закладных элементов (вмазанных штырей, дюбелей с распорной гайкой и т. п.); пристрелкой пистолетом ПЦ-84 и приваркой. Каждый способ крепления поддерживающих конструкций требует соответствующей подготовки строительных конструкций.

Подготовку строительных конструкций (оснований) при креплении поддерживающих конструкций с использованием закладных элементов производят в таком порядке: пробивают (сверлят) отверстия (гнезда) по разметке; очищают поверхность строительной конструкции и гнезда от остатков кладки, раствора, бетона, грязи и т. п.; удаляют штукатурку (при ее наличии) на всей площади прилегания поддерживающей конструкции. Очищают поверхность металлическими скребками, стальными щетками или другим инструментом; устанавливают закладные элементы в строительную конструкцию (основание).

Пробивные и сверлильные работы необходимо выполнять с применением стандартного дыропробивного и сверлильного инструмента (см. разд. 3).

#### 5.4. ОБРАБОТКА ТРУБ

Поступающие на монтажную площадку или МЗМ трубы перед обработкой тщательно осматривают. При осмотре могут быть выявлены некоторые дефекты труб: трещины, свищи, плены, рванины, вмятины (глубиной более 0,5 мм) и овальности (свыше

10% диаметра). Трубы, имеющие указанные дефекты, не применяют при монтаже приборов и средств автоматизации. Трубы, отобранные и проверенные на прямолинейность и на проходимость сжатым воздухом, подвергают дальнейшей обработке.

Обрабатывают трубы по технологическим картам, разрабатываемым монтажной организацией, выполняющей эту работу, или по утвержденным типовым технологическим картам. Трубы, изготовленные из легированных сталей, разрезают механическим способом с применением труборезов или других специальных устройств. Трубы из меди перед обработкой отжигают, нагревая до светло-вишневого каления и быстро охлаждая в воде. Иногда медные трубы поступают с завода отожженными (мягкими). В этом случае отжиг не требуется. После отжига трубы выравнивают с помощью специальных приспособлений или лебедки; отожженные медные трубы натягивают; за счет натяжения трубы легко выравниваются по всей длине.

Все операции по подготовке труб к монтажу выполняют на специальных площадках или цехах МЗМ, оборудованных стендами с труборезими. В связи с увеличением объемов работ по монтажу приборов и средств автоматизации, а соответственно и увеличением работ по монтажу трубных проводов в практику монтажных работ начали внедряться универсальные станки и технологические линии по комплексной обработке труб (см. разд. 3).

**Правка труб.** Трубы, имеющие недопустимую кривизну, должны быть выправлены. Для правки стальных труб используют механизмы или приспособления с электрическим, гидравлическим или пневматическим приводом. Для правки медных труб могут быть использованы ручные приспособления (рис. 5.3). Изогнутую трубу вставляют в приспособление (жестко закрепленное на основа-

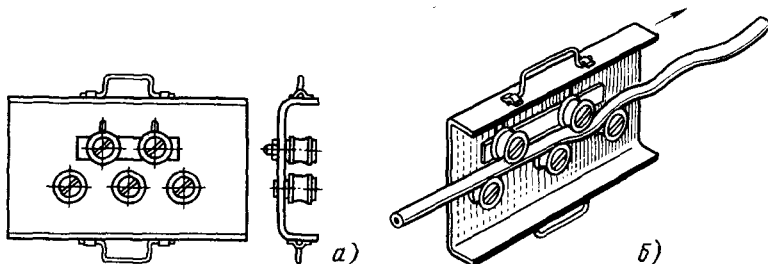


Рис. 5.3. Приспособление для правки медных труб:

а — общий вид; б — правка трубы

нии монтажного верстака) и вручную протягивают между роликами. Если приспособление перемещают по трубе, то один ее конец закрепляют.

**Очистка труб.** Наружную поверхность труб очищают металлическими щетками на стеллажах с постепенным поворачиванием очищаемой трубы вокруг ее оси или на специальных линиях по обработке труб. Внутреннюю поверхность очищают металлическими ершиками, пропуская их внутри трубы. После очистки с поверхности трубы кистью смахивают металлическую пыль и затем трубу продувают воздухом.

При особом указании в проекте трубы, арматуру и другие элементы трубных проводок обезжиривают четыреххлористым углеродом.

**Разметка труб.** Место рабочего, производящего очистку труб, должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию. Разметку труб производят с применением измерительного инструмента: металлической линейки, метра, измерительных рулеток, штангенциркуля, чертилок, кернера и т. п. Трубы размечают на стеллажах, отмеряя заданную длину трубы и нанося риски с последующей керновкой кернером. При разметке указывают места реза, оси, контуры отверстий под штуцера, точки начала и конца изгиба, линии фасонной обрезки концов труб и т. п.

При изготовлении гнутой детали определяют и размечают заготовительную длину прямого участка трубы. Длина прямого участка трубы (мм) для получения гнутой детали определяется по формуле

$$L = d\pi R / 180 + l = 0,01745,$$

где  $d$  — угол изгиба, град;  $R$  — радиус изгиба, мм;  $l$  — длина прямого участка для зажима трубы при гнутье, мм.

Разметка мест реза в гнутых деталях и элементах трубных проводок производится после выполнения гибочных работ.

При разметке стальных труб, подлежащих огневой резке, необходимо учитывать припуск 3—4 мм на каждый рез трубы.

**Резка труб и снятие заусенцев.** Резку стальных труб рекомендуется производить на приводных станках при помощи ижовочных полотей, металлических или абразивных кругов толщиной 2—3 мм. Медные и стальные трубы можно резать ручными ижовками и труборезами.

При резке металлическим диском трубу укладывают на свободно вращающиеся длинные ролики. Во время резки труба получает вращение непосредственно от вращающегося диска. При резке длинных труб их

концы должны поддерживаться боковыми стойками с ограждениями. При ручной резке разрезаемую трубу закрепляют в трубоприжиме или слесарных тисках. Газопламенную резку труб выполняют ацетилено-кислородными, бензо (керосино)-кислородными резками, а также с применением заменителей ацетилена (пропан-бутана и т. п.).

При резке труб необходимо выполнять следующие требования: а) обрез трубы должен быть чистым, без заусенцев (заусенцы снимают зенкерами или напильниками), а при газопламенной резке — без наплывов; б) труба должна быть отрезана под заданным углом к оси трубы, отклонение от которого не должно превышать 0,5 мм на диаметре; в) резка труб должна производиться до конца без излома; г) после резки ручными труборезами концы труб не должны иметь завальцовки.

Для разбортки медных труб применяют специальное приспособление, названное разборткой. При разбортке конец трубы зажимают между губками в гнезде соответствующего диаметра, затем ввертывая винт с коническим пуансоном, производят разбортку конца трубы. Перед разборткой необходимо надеть на конец медной трубы накидную гайку.

**Сверление отверстий.** Сверление отверстий в стальных трубах производится на сверлильных станках с помощью электро- или пневмосверлилок. Перед сверлением отверстий в трубе проверяют наличие разметки, определяющей положение отверстий. Затем трубу закрепляют в приспособлении. После сверления острые кромки отверстия защищают от заусенцев напильником или трехгранным шабером.

Резьбу на водогазопроводных трубах нарезают на трубонарезных станках резьбонарезными тангенциальными плашками или вручную клуппами. Труба, закрепленная в зажимном самоцентрирующем устройстве подвижной каретки, подается к резьбонарезной головке. Нарезка резьбы производится вращающейся и самораскрывающейся головкой с тангенциальными плашками. Для предотвращения быстрого износа режущего инструмента в зону нарезки резьбы должна подаваться охлаждающая жидкость.

При нарезке резьбы вручную трубу закрепляют в зажимном устройстве (трубоприжиме, тисках), установленном на слесарном верстаке. Затем поверхность конца трубы смазывают машинным маслом и с помощью клуппа нарезают резьбу на заданную длину.

Поверхность нарезанной резьбы на трубах должна быть чистой, без рвани и вы-

крашивания. После нарезки резьбу проверяют резьбовыми калибрами (кольцами).

**Гибка труб.** Гибка труб производится на трубогибочных станках и ручных трубогибах. Гибка стальных труб на трубогибочных станках производится с помощью подвижных и неподвижных роликов; станок настраивают на заданный угол изгиба. При гибке ручным гидравлическим трубогибом трубу устанавливают между нажимной и опорными колодками. Затем ручным гидравлическим насосом перемещают нажимную колодку, которая радиусным ручьем изгибает трубу под заданным радиусом и углом.

Медные трубы гнут ручными трубогибами. Изгибаемую трубу заводят между двумя роликами, при этом конец ее должен проходить сквозь хомут (крючок) неподвижного ролика. Затем вручную изгибают трубу, вращая рукоятку с подвижным роликом вокруг неподвижного. Радиус внутренней кривой изгиба трубы выбирают по табл. 5.12.

Размеры радиуса внутренней кривой изгиба трубы в табл. 5.12 приняты из расчета: а) для стальных труб, изгибаемых в холодном состоянии, — четыре наружных диаметра и для труб, изгибаемых в горячем состоянии, — три наружных диаметра; б) для медных труб, изгибаемых в холодном состоянии, — два наружных диаметра.

На изогнутой трубе не должно быть складок, трещин или иных дефектов. Овальность сечения труб в местах изгиба, опреде-

ляемая отношением разности наибольшего и наименьшего наружных диаметров изогнутой трубы к наружному диаметру трубы до гибки, не должна превышать 10%.

**Окраска труб и несущих конструкций.** Окраска защитит наружные поверхности трубных проводок от коррозии.

Несущие конструкции, по которым прокладывают трубные проводки, защищают от коррозии такими же покрытиями, какие применяют для защиты трубных проводок. Защитные покрытия выбирают в зависимости от температуры трубной проводки и характера окружающей среды. Рекомендуемые защитные покрытия для трубных проводок и несущих конструкций для различных окружающих сред приведены в табл. 5.13.

Окраску труб производят в специально оборудованных помещениях с приточно-вытяжной вентиляцией. Нанесение краски на поверхность труб может осуществляться пистолетами-краскораспылителями (пневматическими и электромеханическими) и ручными кистями. Внутреннюю окраску труб производят на МЗМ на технологических линиях для обработки труб. Перед нанесением краски поверхности труб необходимо хорошо очистить, а в некоторых случаях обезжирить.

Окрашенные поверхности должны быть гладкими, без пропусков, морщин и трещин. Цвет окраски трубных проводок в зависимости от заполняющих их сред должен выбираться проектной организацией в соответствии с «Указанием по рациональной цветовой отделке поверхности производственных помещений и технологического оборудования промышленных предприятий» (СН 181-70). При отсутствии соответствующих указаний применяют черный цвет.

Таблица 5.12. Минимальные радиусы внутренней кривой изгиба труб

Наименование труб	Наружный диаметр, мм	Радиус внутренней кривой изгиба трубы, мм	
		Гибка в холодном состоянии	Гибка в горячем состоянии
Стальные водопроводные неоцинкованные и оцинкованные	13,5	54,0	40,0
	21,3	85,0	65,0
	26,8	87,0	80,0
	33,5	134,0	100,0
	48,0	240,0	180,0
Бесшовные из углеродистой стали	8	32,0	24,0
	10	40,0	30,0
	14	56,0	42,0
	16	72,0	54,0
	22	88,0	66,0
Медные	6	12	—
	8	16	—
	10	20	—

## 5.5. ПРОКЛАДКА ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

Применяют следующие способы прокладки трубных проводок: а) прокладка по месту одиночных и групповых трубных проводок; б) прокладка групповых трубных проводок готовыми трубными блоками (полносорный способ).

**Прокладка одиночных труб.** Образование потока труб, собираемого в блоки, предшествует разводка одиночных труб, идущих от отборных устройств, исполнительных механизмов, датчиков, отдельно стоящих приборов. Трубные проводки, собранные из труб, фасонных частей, арматуры и соответствующего вспомогательного оборудования, должны образовывать непрерывную прочную с плотными соединениями линию. ↓

Таблица 5.13. Защитные покрытия для трубных проводов, стальных коробов и несущих конструкций

Материал	Применение	Растворитель
Грунтовка ГФ-021 (ГОСТ 25129-82) Грунтовка ГФ-0119 (ГОСТ 23343-78)	Для всех атмосферных и химически стойких покрытий; высыхает при 18-23 °С за 48 ч	Сольвент (ГОСТ 1928-79 или ГОСТ 10214-78), ксилол (ГОСТ 9410-78 или ГОСТ 9949-76)
Шпатлевка ХВ-005 (ГОСТ 10277-76)	Для подготовки металлических поверхностей под окраску эмалями	Растворитель Р-4 (ГОСТ 7827-74)
Шпатлевка НЦ-008 (ГОСТ 10277-76)	Для подготовки металлических поверхностей под окраску нитроэмалями	То же
Эмаль ПФ-115 Эмаль ПФ-133 (ГОСТ 926-82)	Для окраски предварительно загрунтованных поверхностей, атмосферостойкая	Сольвент, ксилол
Лак БТ-577; краска БТ-177 (ГОСТ 5631-79)	Антикоррозионное и декоративное термостойкое покрытие; высыхает при 18-23 °С за 16-24 ч	Сольвент, уайт-спирит (ГОСТ 3134-78)
Эмаль НЦ-1200 (ТУ-6-10-1011-75)	Атмосферостойкая, прочная, хорошо сцепляется с окрашиваемой поверхностью; высыхает за 20-30 мин	Растворитель 646 (ГОСТ 18188-72)
Белила свинцовые (ГОСТ 12287-77)	Для атмосферостойких покрытий; высыхает при 18-22 °С не более 24 ч	Олифы ГОСТ 7931-76)
Лак ПФ-170 (ГОСТ 15907-70)	Для защиты металла от действия слабых агрессивных сред при температуре 200-350 °С; высыхает при 80 °С не более 2 ч	Ксилол, сольвент и уайт-спирит
Лак каменноугольный (ГОСТ 1709-75)	Для защиты металла от действия слабых кислот и щелочей, а в композиции с перхлорвиниловым лаком в отношении 1:1 для более сильной концентрации этих сред	Бензол (ГОСТ 8448-78), сольвент, ксилол; композиция с перхлорвиниловым лаком разводится растворителем Р-4 (ГОСТ 7827-74)
Лак БТ-5100, БТ-5101 (ГОСТ 312-79, ТУ 6-10-1270-72)	Для кратковременной защиты; высыхает полностью за 2 ч	Смесь уайт-спирита, скипидара и бензола
Лак ХВ-784, эмаль ХВ-785 (ГОСТ 7313-75)	Для защиты труб и конструкций от воздействия агрессивных газов, кислот и слабых щелочей; высыхает при 18-22 °С за 1 ч	Растворитель Р-4
Эмаль ВН-780 (ТУ 6-10-1298-72)	Хорошая химическая стойкость к кислотам, щелочам и другим реагентам; хорошая водостойкость. Наносить непосредственно по металлу в два-три слоя, по грунтовке ГФ-20 в один-два слоя	Сольвент, ксилол, скипидар, уайт-спирит
Эмали перхлорвиниловые марки ХВ-1100, цветов: зеленая, серо-синяя, красная, защитная (ГОСТ 6993-79)	Для защиты атмосферостойких покрытий и покрытий, стойких против действия слабых агрессивных сред; сохнут при 18-22 °С не более 1 ч	Растворитель Р-4

Трубные проводки прокладывают по кратчайшим расстояниям между соединяемым приборами и агрегатами в местах, доступных для монтажа, обслуживания и ремонта, с минимальным числом поворотов и пересечений, в местах без резких колебаний температур окружающего воздуха, не подверженных сильному нагреванию или охлаждению, возможно дальше от технологических агрегатов и электрооборудования, а также от мест, где возможны сотрясения, вибрации или механические повреждения.  $\Delta$

Одиночные и **групповые** трубные проводки, а также несущие конструкции для них разрешается прокладывать по стенам, перекрытиям, колоннам и прочим элементам зданий, а также по эстакадам, несущим технологические трубопроводы или специально устанавливаемым. Трубные проводки всех назначений, как правило, должны прокладываться на расстоянии 25–30 мм от стен и перекрытий.  $\Delta$  Одиночные трубные проводки, кроме алюминиевых труб, труб из нержавеющей стали и труб из пластмассы, допускается прокладывать непосредственно по стальным, бетонным и кирпичным поверхностям с прикреплением скобами или хомутами.

**Прокладка групповых трубных проводов.** Групповые трубные проводки прокладывают: на общих несущих конструкциях и мостиках, на стальных гнутых профилях типа уголок, на перфоконструкциях (см. разд. 3) и на прямоугольных и пакетных обоймах (рис. 5.4).

Прокладка трубных проводов скрыто под штукатуркой, в заливаемых бетоном перекрытиях или непосредственно в земле запрещается; при необходимости подвода к приборам и оборудованию по полу

трубные проводки должны прокладываться в каналах со съёмным перекрытием.

Трубные проводки из цветных металлов и пластмассы защищают от механических повреждений. Все трубные проводки, заполняемые средой с температурой выше 80 °С, проложенные на расстояниях менее 2,5 м от пола, ограждают от возможных прикосновений людей. Трубные проводки всех назначений и капилляры манометрических термометров, проходящие через зоны повышенного нагрева, надежно защищают от излучения теплозащитными экранами. Трубные проводки для измерения давления или разрежения приборами типа дифференциальных манометров, проходящие через зоны с повышенным нагревом, должны выполняться двухпроводными независимо от наличия теплого экрана.

В пыльных помещениях трубные проводки должны быть проложены в один слой на расстояниях от стен, позволяющих удалять пыль щетками, смыванием водой или обдувкой воздухом. В особо сырых помещениях конструкции, несущие трубные проводки, должны разбираться для очистки, окраски или их замены новыми. При невозможности применения разборных конструкций постоянно устанавливаемые несущие конструкции должны быть изготовлены из стальных профилей толщиной не менее 4 мм.

Расстояния в свету как по горизонтали, так и по вертикали между параллельными трубными проводками к приборам и средствам автоматизации (кроме теплопроводов и трубопроводов, заполненных горючими жидкостями или газами) и открыто проложенными небронированными силовыми или контрольными кабелями должно быть не ме-

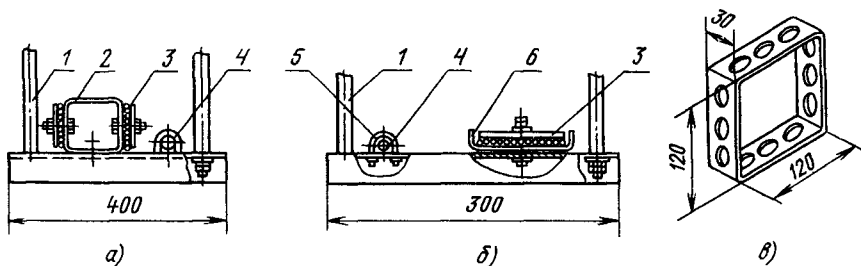


Рис. 5.4. Примеры прокладки труб:

а — прокладка одиночной трубы и групповая прокладка труб на прямоугольной обойме; б — прокладка одиночной трубы и групповая прокладка на пакетной обойме; в — общий вид прямоугольной обоймы (поз. 2 на рис. 5.4, а); 1 — подвеска; 2 — прямоугольная обойма; 3 — групповая скоба; 4 — одиночная труба; 5 — хомут; 6 — пакетная обойма

нее 0,5 м. Прокладка трубных проводок на меньших расстояниях допускается при условии защиты кабелей от механических повреждений на протяжении всего участка сближения плюс по 0,5 м с каждой стороны сближения.

Трубные проводки, заполненные горючими газами, которые тяжелее воздуха, или жидкостями, должны быть расположены ниже или сбоку электрических проводок на расстоянии не менее 1 м; при меньшем расстоянии между ними устанавливают экран из материала, препятствующего возникновению электрической дуги. Трубные проводки, заполненные горючими газами, которые легче воздуха, должны располагаться выше или сбоку электропроводок на расстоянии не менее 1 м.

Расстояние в свету между холодными трубными проводками к приборам и средствам автоматизации и силовыми или осветительными электрическими проводами и кабелями при пересечениях должно быть не менее 0,5 м; при необходимости уменьшения этого расстояния кабель должен быть защищен от механических повреждений на протяжении всего пересечения плюс по 0,5 м с каждой стороны пересечения.

Расстояние в свету между трубными проводками, излучающими теплоту, и электрическими проводками при их пересечении должно быть не менее 1 м; при необходимости уменьшения этого расстояния на трубную проводку должна быть наложена тепловая изоляция на протяжении всего пересечения плюс по 1 м с каждой стороны пересечения.

**Проходы для трубных проводок.** Проходы для труб через стены и перекрытия в зависимости от категорий смежных помещений выполняют открытыми или уплотненными.

Трубные проводки, проходящие через наружные или внутренние стены и перекрытия, выполняют по рабочим чертежам или типовым конструкциям в открытом или уплотненном исполнении.

Открытые проходы для трубных проводок через стены и перекрытия нормальных помещений выполняют: при групповых проводках через стены — в виде открытого проема, обрамленного угловой сталью, или в виде заделанного в стене стального короба; при групповых проводках через перекрытия — в виде заделанного в перекрытии стального короба (см. табл. 5.15).

В случае прокладки одиночных проводок через стены и перекрытия в строительные конструкции (см. табл. 5.15) заделывают

закладные трубы.

После завершения монтажных работ по прокладке одиночных и групповых трубных проводок, включая пневмоблоки, через наружные или внутренние стены зданий и сооружений, открытые проходы между отопляемыми и неотапливаемыми помещениями, а также через внутренние стены сырых, особо сырых, пыльных помещений и помещений с химически активной средой уплотняют легкопробиваемыми строительными материалами (цемент с песком, глина с песком, глина с цементом и песком или смесь асбеста с гипсом). Конструкция проходов должна быть выполнена таким образом, чтобы при необходимости возможно было обеспечить замену трубных проводок без нарушения стен и перекрытий в месте прохода. Уплотненные проходы трубных проводок выполняют тогда, когда по условиям эксплуатации смежные помещения не должны сообщаться между собой, а также при переходе из одной взрыво- или пожароопасной зоны в другую и при переходе из взрыво- или пожароопасной зоны в нормальное помещение.

*Открытыми* называют проходы, выполненные в виде проемов в стенах и перекрытиях зданий и сооружений, через которые проходят трубные проводки и которые не требуют уплотнения герметизирующими материалами или уплотненные легкими замазками. Открытые проходы должны иметь обрамление, исключающее разрушение проемов в процессе эксплуатации. Открытые проходы через наружные стены или через стены между отопляемыми и неотапливаемыми помещениями должны уплотняться теплоизоляционными и негорючими материалами (для проемов) и невысыхающими замазками (для гильз).

Открытые проходы пластмассовых труб и пневмокабелей через внутренние стены нормальных помещений должны быть выполнены с помощью гильз, заделанных в стены, или через строительные проемы. В гильзы с обеих сторон должны быть установлены пластмассовые втулки. Диаметр гильз в зависимости от числа и диаметра пластмассовых труб определяют по табл. 5.14.

При прокладке пластмассовых труб и пневмокабелей в коробах открытые проходы следует осуществлять через проемы, используя отрезки короба. При переходе короба через наружные стены или через стены между отопляемыми и неотапливаемыми помещениями внутренняя полость короба уплотняется минеральной ватой на толщину стены.

*Уплотненными* называют проходы, вы-

Таблица 5.14. Условный проход гильз для прохода пластмассовых труб

Условный проход гильзы, мм	Число труб различных диаметров, мм		
	6	8	10
20	1	1	1
25	4	1	1
32	7	5	3
40	19	7	7
50	31	19	7

полненные либо с помощью стальных плит с установленными на них переборочными соединениями или с сваренными в них патрубками, либо с помощью коробов с песочным затвором (для групповых проводок и пневмокабеля), либо с помощью гильз с сальниками (для одиночных проводок). Стальные плиты, коробка, гильзы и патрубки уплотненных проходов должны быть сделаны в стены и перекрытия так, чтобы газы, пары и пыль не проникали через щели и зазоры в соседние помещения. Уплотненные проходы выполняют тогда, когда по условиям эксплуатации смежные помещения не должны сообщаться между собой или когда оба смежных помещения либо одно из них относятся к категории взрыво- или пожароопасных помещений.

Открытые проемы в стенах или перекрытиях обрамляют способом, исключаящим произвольное изменение размеров проемов в процессе эксплуатации. Конструкция обрамления открытых проемов должна допускать возможность смены труб без разрушения (даже частичного) стены или перекрытия в месте прохода. Проемы выполняют по действующим нормалам.

Примеры проходов трубных проводок через стены помещений приведены в табл. 5.15.

**Защита от вибраций.** При наличии вибраций трубных проводок должны быть приняты меры либо к полному устранению, либо к изменению частоты и уменьшению амплитуды колебания до значений, при которых обеспечиваются прочность и плотность трубных проводок.

Для устранения или уменьшения вибраций применяют устройства, с помощью которых устраняют вибрации и сохраняют механическую прочность и герметичность трубных проводок в коробах, углах или на мостиках с дополнительным закреплением в точках, отстоящих одна от другой на неравных расстояниях; закрепление труб во всех опорных точках, введение герметических

гибких соединений, введение амортизирующих прокладок, скрепление труб между собой бандажами и т. д.

**Уклоны.** При монтаже трубных проводок должны быть выдержаны соответствующие уклоны. Трубные проводки прокладывают с односторонними уклонами, обеспечивающими сток конденсата и отвод воздуха или газов из импульсных и командных трубных проводок. Если односторонний уклон неосуществим, допускается деление труб на участки (ступени), как показано на рис. 5.5.

В самых низких точках каждой ступени трубных проводок, заполненных паром, воздухом или газом, должны быть установлены отстойные сосуды или устройства для спуска конденсата, если конфигурация трубопровода препятствует стоку конденсата иным путем. В самых высоких точках каждой ступени трубных проводок, заполненных жидкостями, должны быть установлены газосборники для сброса воздуха или выделяющихся из жидкостей газов, если конфигурация трубопровода препятствует выходу воздуха или газа иным путем. При измерении расхода жидкостей и пара уклон должен быть в сторону дифманометра, при измерении расхода воздуха или газа — в сторону сужающего устройства или сборника конденсата. Трубные проводки, заполняемые сухим воздухом или сухими газами, допускается прокладывать без уклонов. Трубные проводки с различными уклонами, закрепляемые на общих несущих конструкциях, прокладывают по наибольшему уклону.

Горизонтальные трубные проводки в зависимости от назначения линий и измеряемых величин прокладывают со следующими минимальными уклонами: импульсные линии манометров, тягомеров, газоанализаторов и концентратометров с уклоном 0,05; импульсные линии для расходомеров и уровнемеров с уклоном 0,1; командные линии пневматических и гидравлических регуляторов с уклоном 0,05 и сливные самотечные маслопроводы гидравлических регуляторов и общие сливные (выбросные) линии с уклоном 0,1.

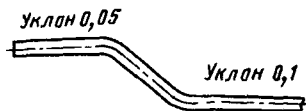
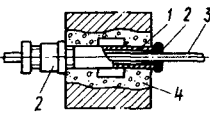
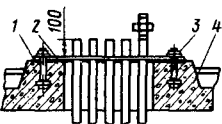
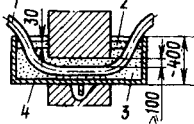
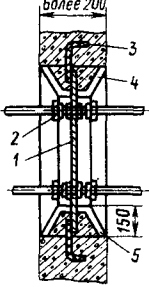
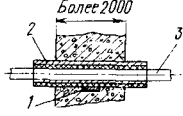
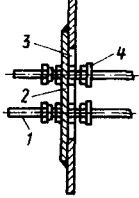
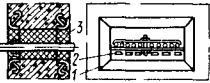
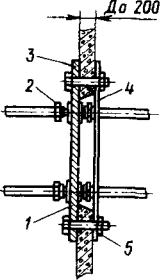
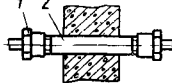


Рис. 5.5. Деление труб на участки с разными уклонами

Таблица 5.15. Примеры проходов трубных проводок через стены помещений

Вид прохода	Эскиз	Вид прохода	Эскиз
<p>Открытый проход труб пневмокабелей через внутренние стены нормальных помещений: 1 — стальная втулка с резьбой, устанавливается только при проходе пластмассовых труб или пневмокабеля; 2 — сальник; 3 — пневмокабель; 4 — цементная стяжка</p>		<p>Уплотненный проход групповых трубных проводок, выполненный через стальную плиту с патрубками: 1 — уплотнение; 2 — плита стальная; 3 — болт закладной; 4 — цементная стяжка</p>	
<p>Открытый проход пластмассовых труб и пневмокабелей, проложенных в коробе, через стены между отопляемыми и неотапливаемыми помещениями: 1 — пневмокабель; 2 — цементная стяжка; 3 — песок; 4 — стальной короб</p>		<p>Уплотненный проход групповых трубных проводок, выполненный через стальную плиту с переборочными соединителями: 1 — плита стальная; 2 — соединители; 3 — закладная деталь; 4 — цементная стяжка; 5 — обрамление</p>	
<p>Открытый проход одиночных стальных труб через наружные стены или стены между отопляемыми помещениями: 1 — труба закладная; 2 — асбестовое уплотнение; 3 — труба стальная</p>		<p>Уплотненный проход пластмассовых труб (или пневмокабелей), выполненный через стальную плиту с металлическими переборочными соединителями: 1 — труба пластмассовая; 2 — плита стальная; 3 — перегородка стальная; 4 — соединители</p>	
<p>Открытый проход групповых трубных проводок (однослойных блоков) через наружные стены или стены между отопляемыми или неотапливаемыми помещениями (при проходе через внутренние стены нормальных помещений уплотнение прохода не выполняется): 1 — короб стальной; 2 — перфорированный уголок; 3 — уплотнение</p>		<p>Уплотненный проход пневмокабелей через стены взрывоопасных помещений: 1 — плита стальная; 2 — соединитель; 3 — уплотнение; 4 — стальная оболочка; 5 — блок</p>	
<p>Уплотненный проход одиночных труб и пневмокабеля через стены взрывоопасных помещений (втулка устанавливается только при проходе пластмассовых труб и пневмокабеля): 1 — труба закладная; 2 — сальник</p>			



**Температурная компенсация.** При прокладке трубных проводок необходимо учитывать изменение длины проводок, если колебания температуры за счет окружающей и заполняющей трубопровод среды превышают для стальных труб  $32^\circ\text{C}$  и для медных  $20^\circ\text{C}$ . В некоторых случаях эти колебания бывают настолько велики, что в результате вызываемые ими сжатия и расширения приводят к появлению опасных напряжений в трубопроводах. Чтобы избежать таких напряжений, при прокладке трубных проводок следует предусматривать температурные компенсаторы.

Основным элементом, самокомпенсирующим температурные изменения длины трубных проводок, является поворот труб. Для использования поворотов трубных проводок при самокомпенсации глухие крепления труб располагают на расстояниях, определяемых по графику температурной компенсации минимальной длины для прямых участков трубопровода с одним прямоугольным поворотом (рис. 5.6).

График составлен по соотношениям:

$$\text{для стальных труб } l_{кр} = 0,063 \sqrt{\Delta l D};$$

$$\text{для медных труб } l_{кр} = 0,067 \sqrt{\Delta l D};$$

$$\text{для пластмассовых труб } l_{кр} = 17,3 \sqrt{\Delta l D}.$$

Минимальная длина прямого участка трубопровода

$$l_{кр} = \sqrt{1,5 \varepsilon \Delta l D / \sigma_{изг}},$$

где  $l_{кр}$  — минимальное расстояние от поворотов до точки жесткого крепления трубной проводки, м;  $D$  — наружный диаметр трубной проводки, мм;  $\Delta l$  — изменение длины трубной проводки, мм;  $\varepsilon$  — модуль упругости (для стали —  $21 \cdot 10^4$  МПа, для меди — 9 МПа, для пластика —  $4 \cdot 10^3$  МПа);

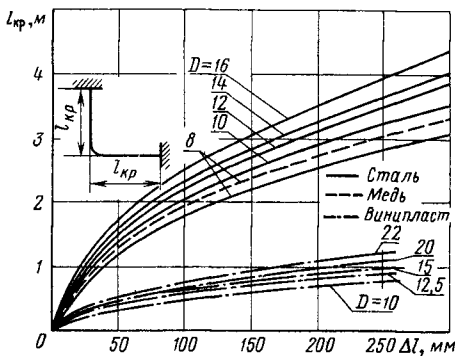


Рис. 5.6. График определения температурной компенсации для прямых участков трубопроводов с одним прямоугольным поворотом

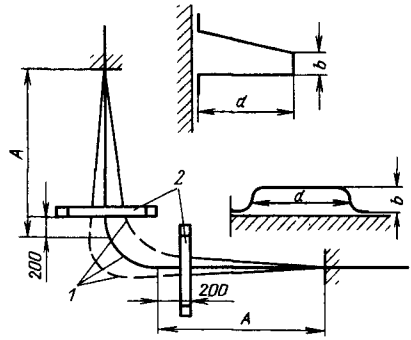


Рис. 5.7. Размеры крепежных скоб на компенсационном участке:

1 — трубы полиэтиленовые; 2 — крепежные скобы; A и d — размеры, определяемые по табл. 5.16; размер b зависит от диаметра трубы

$\sigma_{изг}$  — допустимое напряжение на изгиб (для стали — 80 МПа, для меди — 30 МПа, для пластика — 40 МПа).

Запас прочности в зависимости от условий работы трубопровода принимается от полутора до четырехкратного.

При таком способе температурной компенсации прямой участок трубопровода, расположенный под углом к другому прямому участку трубопровода, воспринимает его удлинение за счет собственной упругой деформации. Крепление трубных проводок на таких поворотах следует предусматривать скобами, допускающими перемещение труб по обе стороны поворота на расстоянии 200 мм от изгиба (рис. 5.7).

Конфигурацию скобы выбирают в зависимости от вида крепления трубной проводки. При размещении *глухой опоры* (глухой опорой называют скобу, не допускающую перемещения трубной проводки на расстоянии A от поворота трубной проводки) длину скобы d выбирают по табл. 5.16.

При определении температуры изменений длины трубной проводки  $\Delta l$  в зависимости от коэффициента линейного расширения можно пользоваться графиком (рис. 5.8), который составлен по формуле

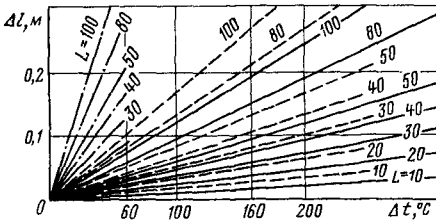
$$\Delta l = \alpha h \Delta t,$$

где  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения; h — начальная длина трубной проводки, м;  $\Delta t = t_x - t_n$  — изменение температуры трубной проводки,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_x$  — конечная температура;  $t_n$  — начальная температура в период эксплуатации трубопровода.

При составлении графика коэффициент линейного расширения  $\alpha$  принят: для ста-

Таблица 5.16. Размеры скоб для крепления трубных проводов на компенсационном участке (рис. 5.7)

Расстояние от скобы до поворота трубной проводки $A$ , м	$d$ , мм, для металлических труб диаметром, мм					$d$ , мм, для винилпластовых труб диаметром, мм			
	сталь и медь			сталь		10	12,5	15–20	22
	8 × 1	10 × 2	12 × 2	14 × 2	16 × 3				
До 0,5	—	—	—	—	—	115	80	60	45
До 1	38	30	24	20	18	350	300	270	200
От 1 до 2	120	100	82	75	65	—	—	—	—
От 2 до 2,5	200	150	128	118	100	—	—	—	—
От 2,5 до 3	300	220	188	170	150	—	—	—	—
От 3 до 3,5	—	—	250	240	225	—	—	—	—

Рис. 5.8. Температурные изменения  $\Delta l$  длины трубной проводки:

— сталь; — винилпласт; — медь

ли — 0,000012; для меди — 0,000165; для полиэтилена низкой плотности — 0,00022; для полиэтилена высокой плотности — 0,00010; для поливинилхлорида — 0,00025.

**Пример.** Для определения температурного изменения длины трубопровода из полиэтилена низкой плотности принимаем:  $h = 100$  м,  $t_k = 45^\circ\text{C}$ ;  $t_n = 15^\circ\text{C}$ .

Удлинение составит:  $\Delta l = 100 \cdot 0,0002 \times 45 - (-15) = 1,32$  м.

При переходе через температурные швы зданий на трубных проводках устанавливают П-образные гладкие компенсаторы (рис. 5.9). На трубных проводках, монти-

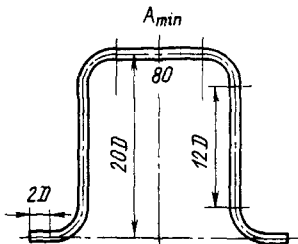


Рис. 5.9. Компенсатор П-образный для перехода трубопроводов через температурные швы зданий;

$D$  — наружный диаметр;  $R = 4D$  — радиус изгиба

руемых горизонтально с уклонами, П-образные компенсаторы располагают так, чтобы компенсатор не являлся наивысшей или наименьшей точкой трубной проводки и исключалось накопление в компенсаторе воздуха или конденсата.

## 5.6. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА НАРУЖНЫХ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ

Прежде чем приступить к прокладке наружных трубных проводов, необходимо точно определить места установки щитов, отборных устройств датчиков, индивидуальных приборов и других устройств, которые будут соединяться между собой трубопроводами. Определив направление и места прокладки трубных проводов, приступают к разметке. Разметку трубных проводов производят натягиванием шнура вдоль направления будущих потоков трубных проводов согласно рабочим чертежам. Вдоль натянутого шнура на наружных конструкциях, стенах, колоннах и т. п. размечают точки крепления будущего трубопровода или пучка труб. Затем приступают к установке опорных конструкций или подготовке места крепления скоб.

При монтаже наружных трубных проводов нельзя приваривать опорные и несущие конструкции трубных проводов и скобы к технологическим трубопроводам, работающим под давлением.

При прокладке наружных трубных проводов через дороги для перевозки грузов высота должна быть 5–6 м (не менее) от уровня земли до опоры трубной проводки. При переходе через железнодорожное полотно расстояние от головки рельса до наружной поверхности тепловой изоляции должно быть не менее 6 м. При прокладке трубных проводов на высоте менее 2 м от уровня земли места для прохода людей должны быть снабжены подходами и переходами с лестницами.

Открытые трубные проводки должны обладать механической прочностью, способной противостоять воздействию ветров, гололедов и атмосферных осадков, имеющих место в соответствующем географическом районе. При определении нагрузок на трубные проводки по данным Гидрометеослужбы принимают наиболее невыгодные сочетания нагрузок от ветра, гололеда и атмосферных осадков, наблюдавшихся не реже одного раза в пять лет. Если температура окружающего воздуха может достигнуть значений, при которых вещество, заполняющее трубные проводки, может замерзнуть, загустеть или выделить замерзающие компоненты, для обогрева трубной проводки параллельно с ней должна быть проложена обогревная трубная проводка. На необогреваемую трубную проводку совместно с обогревной трубной проводкой должна быть наложена тепловая изоляция. Для указанных условий трубы из пластмассы применять запрещается.

Тепловая изоляция, накладываемая на трубные проводки к приборам и средствам автоматизации с обогревными трубными проводками, должна соответствовать следующим техническим требованиям для всех географических широт территории СССР: обладать температуроустойчивостью и массой, не вызывающих недопустимых механических напряжений в трубной проводке; не разрушаться от действия воды и масел; иметь необходимую механическую прочность; обладать огнестойкостью и антисептичностью и устойчивыми теплоизоляционными свойствами в течение всего амортизационного срока; не оказывать разрушающего действия на металл изолируемой поверхности; не выделять вредных газов при нагревании или охлаждении и обладать простотой и удобством для монтажа и демонтажа.

Конструкция тепловой изоляции, наложенной на трубные проводки с обогревной трубной проводкой, должна обеспечивать свободный доступ, без разрушения ее, ко всем узлам трубной проводки, подлежащим контролю, в процессе эксплуатации, в том числе к отборным и сужающим устройствам, конденсационным, уравнительным и прочим сосудам, разъемным соединениям и ответвлениям трубных проводок к приборам местного монтажа. Через каждые 8—10 м в тепловой изоляции должны быть устроены закрывающиеся отверстия для проверки температуры обогревной трубной проводки.

В отдельных случаях допускается прокладка металлических трубных проводок

к приборам и средствам автоматизации под общей тепловой изоляцией с технологическими трубопроводами, выделяющими теплоту, при соблюдении вышеприведенных требований.

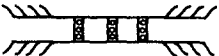
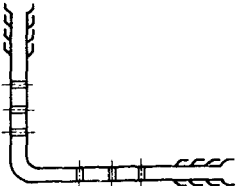
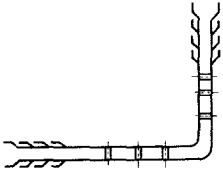
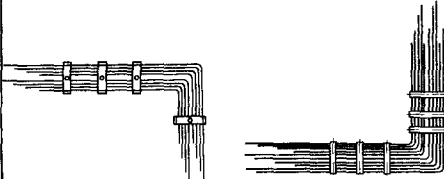
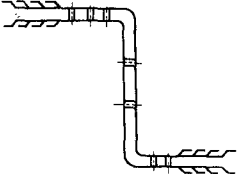
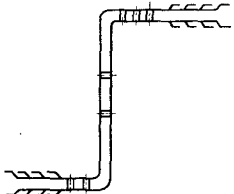
При прохождении трубных проводок через зоны повышенного нагрева, недопустимо для трубных проводок, на последние накладывают защитную тепловую изоляцию при соблюдении следующих требований: а) уклоны обогревных трубных проводок должны соответствовать уклонам обогревных трубных проводок; б) в нижних точках обогревной трубной проводки должны устанавливаться устройства для отвода конденсата; в) в месте подключения обогревной трубной проводки к магистрали теплоносителя обязательна установка запорной арматуры. Обогревная трубная проводка к запорной арматуре должна подключаться разъемным соединением; г) температура обогревной трубной проводки под тепловой изоляцией должна быть равна температуре, при которой вещество, заполняющее трубную проводку, сохраняет свое нормальное состояние.

## 5.7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ТРУБНЫХ БЛОКОВ

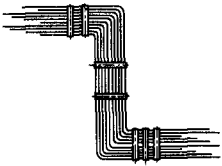
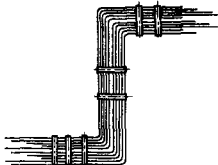
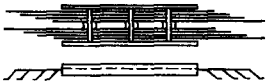
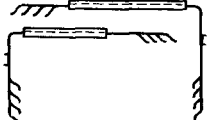

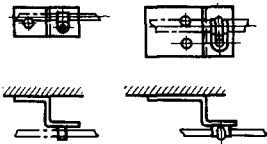
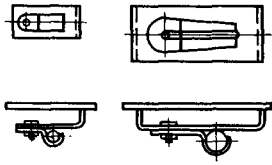
Для сокращения трудозатрат и сроков монтажа, снижения стоимости монтажных работ и повышения их качества трубные проводки от отдельных отборных устройств и первичных приборов до исполнительных механизмов и операторных помещений до начала монтажных работ собирают на МЗМ в трубные блоки. При большом их числе и протяженности, исчисляемой часто километрами, прокладка трубных проводок блочной конструкции дает большую экономию времени и затрат труда. Блочный способ монтажа трубных проводок дает возможность максимальной индустриализации трудоемких и значительных по объему монтажных работ. Трубные блоки, изготовленные в МЗМ, легко собирать, закреплять и опробовать на месте монтажа.

Для изготовления трубных блоков применяют чертежи типовых конструкций или чертежи, разработанные в ППР. Для выбора типовых конструкций трубных блоков можно пользоваться табл. 5.17. Например, по чертежам ГПИ «Проектмонтажавтоматика» ТК4-30-77 (табл. 5.17) собирают блок на мостовом каркасе, изготовленном из перфорированного профиля размером 32 × 16 × × 2,5 мм или из равнополых гнутых углов

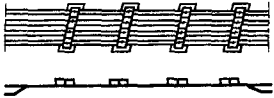
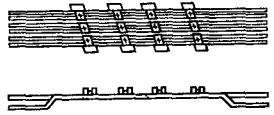
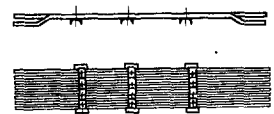
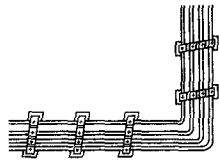
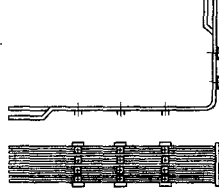
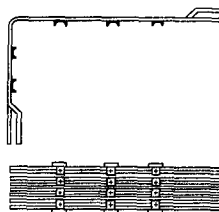
Таблица 5.17. Трубные блоки и несущие конструкции

Назначение	№ ТК	Эскиз
Блоки бескаркасные на обойме 120 для прокладки и крепления труб в блоки бескаркасным способом: прямые	ТК4-16-77	
угловые: а)	ТК4-17-77	
б)	ТК4-18-77	
в)	ТК4-19-77	
зетовые: а)	ТК4-21-77	
б)	ТК4-22-77	

Продолжение табл. 5.17

Назначение	№ ТК	Эскиз
в)	ТК4-23-77	
г)	ТК4-24-77	
Блоки мостовые для прокладки и крепления труб в блоки на мостовых конструкциях: прямые	ТК4-30-77	
угловые: а)	ТК4-31-77	
б)	ТК4-32-77	
прокладка одиночных труб: а) на бетонной (кирпичной) стене	ТК4-40-77	
б) на металлической конструкции	ТК4-41-77	

Продолжение табл. 5.17

Назначение	№ ТК	Эскиз
Блоки импульсных труб для прокладки и крепления импульсных труб в блоки на металлических полках, мостах и лотках с высокими бортами: прямые:	а) ТК4-33-77	
б)	ТК4-34-77	
в)	ТК4-36-77	
угловые:	а) ТК4-35-77	
б)	ТК4-37-77	
в)	ТК4-38-77	

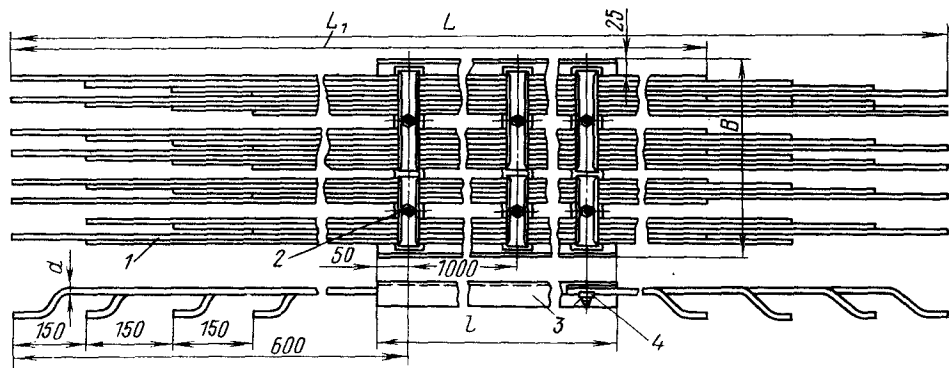


Рис. 5.10. Блок трубный на мостовом каркасе:

1 — трубы; 2 — скоба; 3 — мост; 4 — болт с гайкой;  $L_1$  — длина блока по проекту;  $L$  — максимальная длина блока;  $B$  — ширина блока;  $l$  — длина моста

ков по ГОСТ 19771—74 размером  $25 \times 25 \times 2,5$  и  $32 \times 32 \times 2,5$  мм. Ширина таких каркасов в зависимости от числа укладываемых труб может быть выбрана 400, 450, 500 и 600 мм, длина 6000, 12000 мм для труб наружным диаметром 8, 10, 12, 14 и 16 мм. Максимальная длина такого трубного блока не должна превышать 12000 мм. На таких каркасах могут быть уложены трубные проводки от 12 до 32 труб наружным диаметром 8 мм; до 24 труб наружным диаметром 10 мм; до 12 труб наружным диаметром 14 мм.

Изменение направления трубной прокладки, выполненной мостовыми блоками, осуществляется угловыми блоками (табл. 5.17), собранными на отрезках перфорированного профиля, а также блоками разной высоты, выполненными на тех же несущих конструкциях — перфорированных профилях. Угловые блоки позволяют менять направление трубных проводок как в одной, так и в разных плоскостях. При этом изгиб может быть выполнен под прямым углом. В смонтированных трубных проводках угловые вставки одновременно являются участками, компенсирующими температурные изменения (удлинения или сокращения) труб.

Трубные блоки, собранные в МЗМ и доставленные к месту прокладки трубных проводок, закрепляют на строительных конструкциях отдельными деталями крепления или закладными частями. Соединение труб в блоках может быть неразъемным (пайка, сварка) или разъемным — на резьбовых соединениях. Для пайки, сварки или установки резьбовых соединений на концах труб предусмотрены отгибы (утки) (рис. 5.10). Соединения располагают со смещением, чтобы обес-

печить место между соседними трубами для выполнения пайки, сварки или работы гаечным ключом при резьбовых соединениях.

Мостовые трубные блоки рекомендуется применять для прокладки трубных проводок высокого давления (более 20 МПа) и с небольшим числом труб, преимущественно разных диаметров, в условиях, когда трубную проводку необходимо механически усилить каркасом независимо от того, что наличие несущих каркасов увеличивает металлоемкость, массу и габариты блоков.

Монтажные организации широко применяют бескаркасные трубные блоки на пакетных скобах (рис. 5.11) и на прямоугольных обоймах (рис. 5.12). Блоки на пакетных скобах или так называемые пакетные блоки для медных труб наружным диаметром 8 мм собирают в пакетных скобах, располагаемых на расстоянии 500—600 мм друг от друга для медных и на расстоянии 600—1000 мм для стальных труб. Размеры пакетных скоб допускают прокладку в них до трех рядов труб, что дает возможность собирать блоки с большим числом труб. При производственной необходимости предусматривают возможность изготовления укрупненных блоков, предназначенных для совместной прокладки пакетного блока со стальными трубами воздушных коллекторов и защитных труб для электропроводки.

Укрупненный блок собирают на стальных угольниках, располагаемых на расстоянии 1500—1800 мм друг от друга. Изменение направления трубной проводки, прокладываемой пакетными блоками или блоками на прямоугольных обоймах, осуществ-

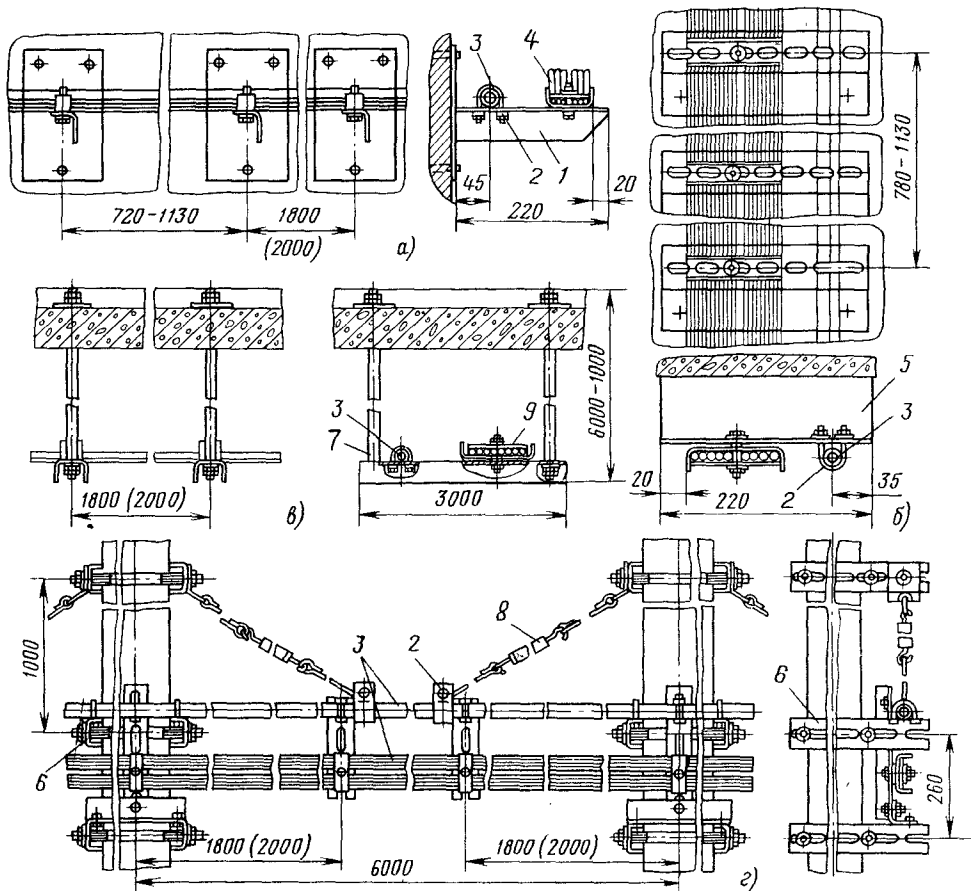


Рис. 5.11. Блоки трубные пакетные:

*а* — на кронштейнах; *б* — на Z-образных полках; *в* — на подвесках; *г* — на обхватах колонн; 1 — кронштейн; 2 — хомут; 3 — труба; 4 — блок трубный; 5 — полка Z-образная; 6 — обхват; 7 — подвеска; 8 — муфта натяжная; 9 — швеллер

входят угловыми вставками или изгибом труб.

Соединение труб отдельных блоков между собой может быть выполнено пайкой, сваркой или разъемными соединениями. Утки на концах труб в пакетных блоках, соединяемых пайкой или сваркой, можно не отгибать. Для выполнения такого соединения следует освободить трубы в одной или двух пакетных скобах на концах блока, закрепленного на месте прокладки трубной проводки. Это позволяет отводить в сторону соединяемые трубы и производить поочередную пайку труб. Для применения разъемных соединений необходимо на концах труб отгибать утки, располагая их со смещением по отношению друг к другу.

При расстоянии между опорами 2000 мм и более применяют мостовые блоки (рис. 5.13).

В трубных блоках на обоях и в пакетных блоках могут применять также и стальные трубы наружным диаметром 6 и 8 мм, которые в последнее время все чаще применяют для трубных проводок систем автоматизации.

Основное преимущество бескаркасных блоков по сравнению с блоками, имеющими несущий каркас, заключается в том, что бескаркасные блоки позволяют прокладывать большое число труб, так как они занимают при этом значительно меньше места и исключают изготовление жестких каркасов.



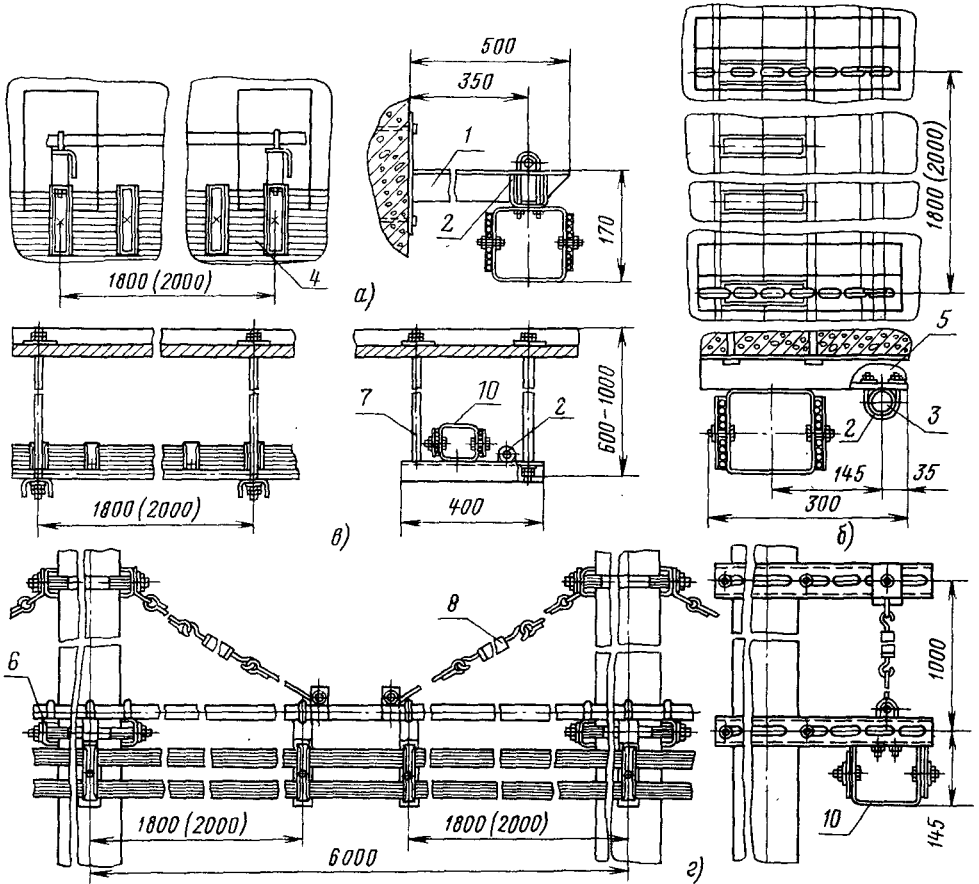


Рис. 5.12. Блоки трубные бескаркасные на обойме:

а — на кронштейнах; б — на Z-образных полках; в — на подвесках; г — на обхватах колонн; 1—9 — см. рис. 5.11; 10 — обойма

### Транспортировка трубных блоков.

Трубные блоки указанных выше конструкций изготавливают в заготовительных мастерских и в установленные сроки доставляют с помощью специальных транспортных средств на монтажную площадку. Длина и масса изготовленных трубных блоков обычно определяются условиями их транспортировки на монтажную площадку, а также условиями подъема и размещения на монтажной отметке. Примерная длина блока 4—10 м и масса до 1500 кг.

Исходя из конструкций трубных блоков, а также их массы и габаритов, выбирают тот вид транспортных средств, который позволяет доставить трубные блоки в технически исправном состоянии и с соблюдением требований техники безопасности. Для перевоз-

ки блоков пакетной конструкции используют специальный навесной стенд, который изготавливают из труб и закрепляют на раме автомашины ГАЗ-53. Для перевозки трубных блоков на прямоугольных обоймах и других конструкциях применяют специальный автоприцеп.

Погрузку и выгрузку трубных блоков всех конструкций производят с помощью специальных грузоподъемных механизмов. В заготовительных мастерских обычно для погрузки используют автокраны и край-балки грузоподъемностью не менее 2 т. Для выгрузки блоков на монтажной площадке обычно используют краны или другие грузоподъемные строительные механизмы. При установке блока на заданную монтажную отметку используют электролебедки, ручные

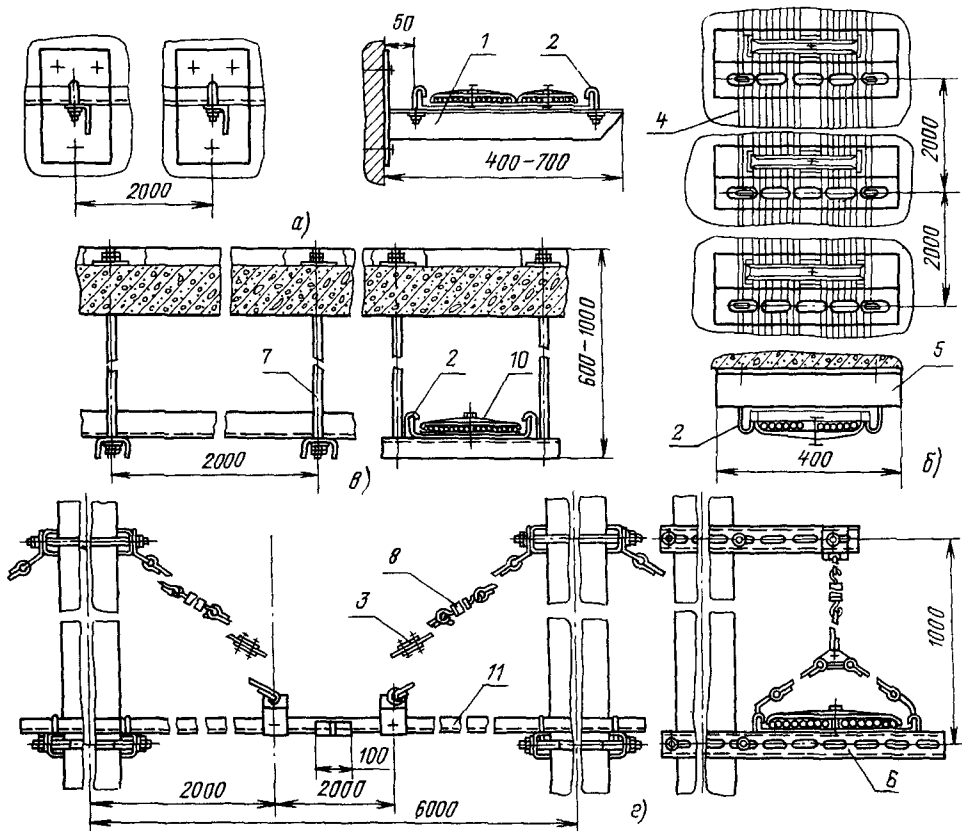


Рис. 5.13. Блоки трубные мостовые:

*а* — на кронштейнах; *б* — на Z-образных полках; *в* — на подвесках; *г* — на обхватах колонн; 1, 4–9 — см. рис. 5.12; 2 — крюк; 3 — зажим тросовый; 10 — мост; 11 — блок

тали, полиспасты и, если имеется возможность, строительные грузоподъемные механизмы или автокраны.

Трубные блоки, узлы и длинномерные трубы рекомендуется поднимать двумя стропами, чтобы угол наклона стропа к горизонтали был не менее  $45^\circ$ . Не допускается в этом случае крепление одним стропом за середину блока или трубы.

После установки трубных блоков на заданную монтажную отметку и закрепления на установленном месте приступают к соединению трубных проводок.

## 5.8. БЛОЧНЫЙ МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДОК

При выполнении монтажа полносборным способом трубные проводки собирают на монтажной площадке из готовых

трубных блоков, изготавливаемых в МЗМ монтажных управлениях. Трубным блоком называют определенное число труб необходимой длины и конфигурации, уложенных и закрепленных в определенном порядке на опорных деталях (обоймах) или несущих конструкциях и полностью подготовленных к соединению со смежными элементами трубной проводки. Трубные блоки по конструкции разделяют на два основных типа: блоки с несущим каркасом (каркасные и мостовые блоки) и бескаркасные.

Трубные блоки после их соединения между собой должны образовывать непрерывные и механически прочные трубные линии, от качества выполнения которых зависят правильность и надежность работы приборов и средств автоматизации. Трубные блоки монтируют по стенам, перекрытиям, колюнам и прочим элементам зданий и

установленных опорных конструкциях, а также на специально установленных для технологических трубопроводов эстакадах.

Монтажные работы по прокладке трубных блоков начинают с разметки. Отметки для опорных конструкций, на которых монтируют блоки, отсчитывают от плоскости пола, потолка или каких-либо частей стен и колонн. По окончании разметки выверяют и закрепляют опорные конструкции, по которым прокладывают одиночные трубные проводки или устанавливают трубные блоки. Расстояние между опорными конструкциями трубных блоков не должно превышать 2—3 м (в зависимости от конструкции и размера блоков).

Способы монтажа трубных проводок блочной конструкции выбирают в зависимости от их назначения, конструктивных исполнений и мест привязки к строительным сооружениям и конструкциям. Наиболее распространенные узлы, применяемые при блочном монтаже трубных проводок систем автоматизации, приведены на рис. 5.11, 5.12.

Монтаж трубных блоков выполняют на закрепленных к стене кронштейнах, Z-образных полках, перфопрофилях и других несущих конструкциях (см. рис. 5.11, а и б, 5.13, а и б и разд. 3). Трубный блок поднимают на заданную отметку с помощью грузоподъемных устройств (мостовой кран, лебедка, таль и т. д.), укладывают на несущие конструкции и временно закрепляют. При групповой прокладке трубных блоков в горизонтальной плоскости рекомендуется в первую очередь устанавливать на несущую конструкцию трубный блок, расположенный ближе к стенке, а за ним последующие.

Предварительное закрепление трубных блоков к несущим конструкциям, как правило, выполняют скобами и хомутами, при этом затяжку гаек крепления выполняют таким образом, чтобы обеспечивалось перемещение блока для его стыковки с соседним блоком. Затем соединяют трубы с помощью нормализованных соединений (см. разд. 3), выверяют по трассе прямолинейность соединений между собой блоков и окончательно закрепляют их к несущим конструкциям.

При прокладке пакетных блоков их крепят к несущим конструкциям с помощью болта с гайкой, входящих в комплект блоков. Допускается перемещение пакетных обойм вдоль труб до совмещения крепежного блока с отверстием (перфорацией) в несущей конструкции.

Если предусматривается прокладка коллектора сжатого воздуха (стальная труба от 4" и выше), то в первую очередь его закреп-

ляют к несущим конструкциям, а затем монтируют трубные блоки.

Мостовые блоки укладывают на кронштейны или Z-образный профиль и временно закрепляют с помощью болтового соединения (крюк с гайкой). После соединения труб и выверки прямолинейности трассы соединяют мосты и окончательно их прикрепляют к несущим конструкциям.

По потолочным перекрытиям прокладку трубных блоков осуществляют на перфорированном П-образном стальном профиле или уголке, подвешенном к подвескам, прикрепленным к потолочным перекрытиям или металлическим балкам (см. рис. 5.11, в, 5.12, в и 5.13, в). Трубные блоки перед закреплением к подвескам устанавливают на основании из перфорированных П-образного профиля или уголка и временно закрепляют на опорных конструкциях нормализованными скобами или хомутами, а при монтаже мостовых блоков — крюками. После временного закрепления трубных блоков к основаниям их поднимают на заданную отметку и прикрепляют к подвескам. Трубные блоки, подвешенные к подвескам, соединяют в стыках между собой, выверяют прямолинейность трассы и окончательно закрепляют к основаниям.

При монтаже мостовых блоков после соединения их между собой выверяют прямолинейность трассы, затем соединяют мосты и окончательно их крепят к основаниям. Крепление блоков должно выполняться без изгибания последних.

Прокладка трубных блоков по колоннам может осуществляться на обхватах, выполненных из перфорированных профиля или уголка (рис. 5.11, г, 5.12, г и 5.13, г).

Перед установкой трубных блоков на несущие конструкции в местах, присоединяемых к подвескам, блоки прикрепляют к перфорированному профилю. При прокладке мостовых блоков в конструкции моста должны быть установлены крюки, обеспечивающие закрепление подвесок. Трубные блоки поднимают на заданную отметку, устанавливают на обхватах и временно закрепляют болтом с гайкой, хомутом и т. п. Длина подвесок должна обеспечивать устранение прогиба трубной трассы или отдельно-го блока в середине пролета.

Выбор конструкций блока для прокладки трубных проводок должен осуществляться также с учетом категории объекта и условий монтажа. Например, для помещений с пожароопасной или взрывоопасной пылью, которая может оседать на трубных проводках, следует применять конструкции блока, не имеющие больших площадей.

Как правило, монтаж трубных проводок систем автоматизации выполняется после окончания строительных работ и монтажа технологического оборудования или параллельно с ними. Это следует учитывать при выборе конструкций трубных блоков и заготовок, чтобы их можно было своевременно изготовить, завести на объект и установить на заданную монтажную отметку.

## 5.9. КРЕПЛЕНИЕ И СОЕДИНЕНИЕ ТРУБНЫХ ПРОВОДОК

### КРЕПЛЕНИЕ ТРУБНЫХ ПРОВОДОК

Крепление трубных проводок к стенам, перекрытиям и несущим конструкциям допускается осуществлять резьбовыми и нерезьбовыми крепежными изделиями, обеспечивающими прочность закрепления труб при любом положении их в пространстве. Крепежные детали должны выдерживать нагрузку не менее 1000 Н без каких бы то ни было деформаций. Диаметры крепежных болтов выбирают в соответствии с крепежными скобами, но не менее 4 мм.

**Нормируемые расстояния.** Закрепление трубных проводок следует осуществлять на следующих расстояниях:

трубные проводки из цветных металлов  
на горизонтальных участках 0,6—0,75 м;  
на вертикальных участках 0,75—1,0 м;

трубные проводки стальные диаметром от 8 до 14 мм

на горизонтальных участках 0,75 м;  
на вертикальных участках 1—1,5 м;

трубные проводки стальные диаметром от 22 до 60 мм

на горизонтальных участках 2—4 м;  
на вертикальных участках 3—5 м.

При групповой прокладке трубных проводок различных марок и диаметров на общих несущих конструкциях расстояния между точками закрепления труб принимают наименьшие из необходимых.

Трубные проводки на стенах, перекрытиях или несущих конструкциях закрепляют крепежными деталями, легко разбираемыми и вновь собираемыми. Непосредственная приварка трубных проводок к металлическим несущим конструкциям, эстакадам, стальным колоннам и аналогичным элементам зданий и сооружений не рекомендуется.

Конструкции, несущие трубные проводки, разрешается закреплять непосредственно на железобетонных или стальных колоннах

и иных конструкциях зданий и сооружений, при этом конструкцией крепежных устройств должно исключаться разрушение железобетонных колонн, конструкций зданий и сооружений и т. д. Приварку несущих конструкций к металлическим колоннам зданий и сооружений осуществляют без ослабления механической прочности колонн. Непосредственную приварку конструкций, несущих трубные проводки, к иным элементам зданий и сооружений допускают по согласованию с заказчиком или генподрядчиком.

Закрепление трубных проводок на внешней стороне щитов, корпусах приборов и средств автоматизации, а также на разбираемом технологическом оборудовании не разрешается.

У отборных устройств допускается закрепление трубных проводок на разбираемом технологическом оборудовании (не более чем в двух точках), обеспечивающее монтаж и демонтаж оборудования и трубных проводок. Закрепление трубных проводок на неразбираемом технологическом оборудовании допускается по согласованию с заказчиком или генпроектировщиком.

При прокладке в одной плоскости трубных проводок диаметром от 6 до 60 мм (включительно) допускается крепить одной скобой две трубы одного диаметра. В трубных проводках диаметром до 12 мм (включительно) разрешается крепить одной скобой до 16 труб одного диаметра (рис. 5.14 и табл. 5.18). Таблица составлена для случая прокладки на общей несущей конструкции труб различного диаметра. При укладке труб различных диаметров расстояние между соседними трубами должно равняться среднему арифметическому их диаметров.

Трубные проводки, закрепляемые одной скобой, располагают равномерно по обе стороны крепящего болта. При наличии сотрясений или вибраций гайки должны быть контрены или применены шайбы соответствующей конструкции. Болт должен выходить из гайки не менее чем на две нитки и не более чем на высоту гайки. Число прокладываемых шайб не должно превышать более двух под гайкой или более одной под головкой болта. При соединении деталей с кривыми поверхностями (например, ребра жесткости скоб) ось болта должна быть перпендикулярна оси трубы или скрепляемой детали.

Расположение трубных проводок на несущих конструкциях и основаниях, а также способы крепления проводок приведены на рис. 5.15—5.17.

Трубные проводки из стальных углеро-

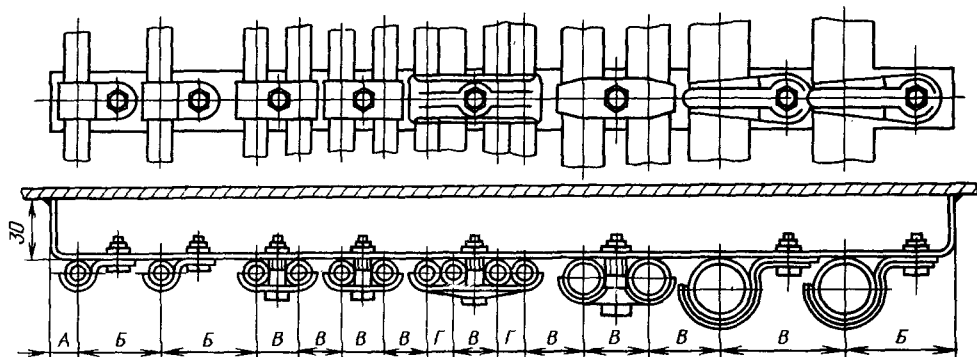


Рис. 5.14. Определение межосевых расстояний и крепление труб равного диаметра на металлической стенке. Размеры  $A$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $B$  даны в табл. 5.18.

Таблица 5.18. Наименьшие расстояния между осями трубопроводов (рис. 5.14)

Диаметр труб		Расстояние между осями, мм			
мм	дюймы	$A$	$B$	$B$	$\Gamma$
6	—	15	25	12	6
8	—	15	30	14	8
10	—	15	35	16	10
12	—	15	40	19	12
14	—	20	45	21	14
16	—	20	45	24	16
21,3	$1/2$	25	55	32	—
22	—	25	65	33	22
26,8	$3/4$	30	60	37	—
33,5	1	35	65	44	—
48	$1\frac{1}{2}$	45	—	62	—
60	2	50	—	77	—

дистых и медных труб при их монтаже одиночными трубами могут быть закреплены на несущих или непосредственно на строительных конструкциях.

Несущие конструкции в зависимости от материала строительных оснований могут быть закреплены к последним следующим образом: если несущие конструкции не имеют крепежных отверстий, то к бетонному и кирпичному основанию без закладных металлических частей их прикрепляют дюбелями-гвоздями, а к металлической поверхности приваривают. При наличии в бетонных и кирпичных основаниях металлических закладных частей (пластин) несущие конструкции приваривают к ним. Если несущие кон-

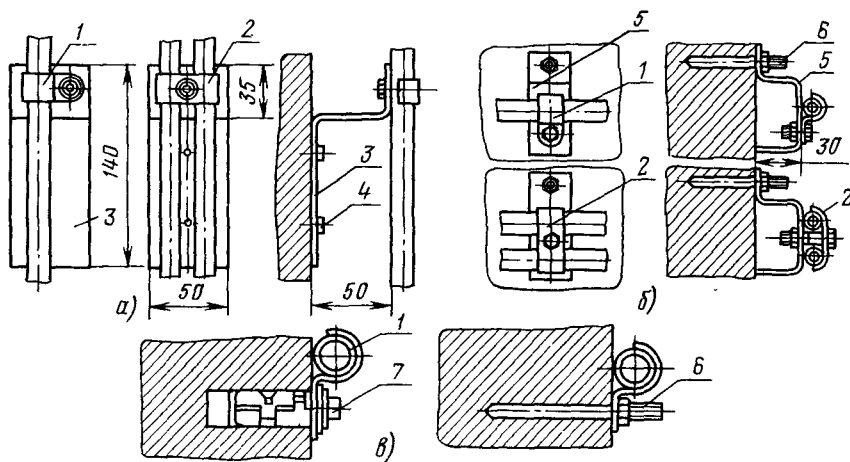


Рис. 5.15. Крепление одиночных трубных проводов диаметром от 8 до 14 мм на бетонных и кирпичных основаниях:

$a$  — на Z-образном перфорированном профиле;  $b$  — на перфорированной полосе;  $в$  — на строительном основании; 1 — скоба типа СО; 2 — скоба типа БС<sub>2</sub>; 3 — Z-образный профиль; 4 — дюбель-гвоздь; 5 — перфорированная полоса; 6 — дюбель-винт; 7 — дюбель с распорной гайкой

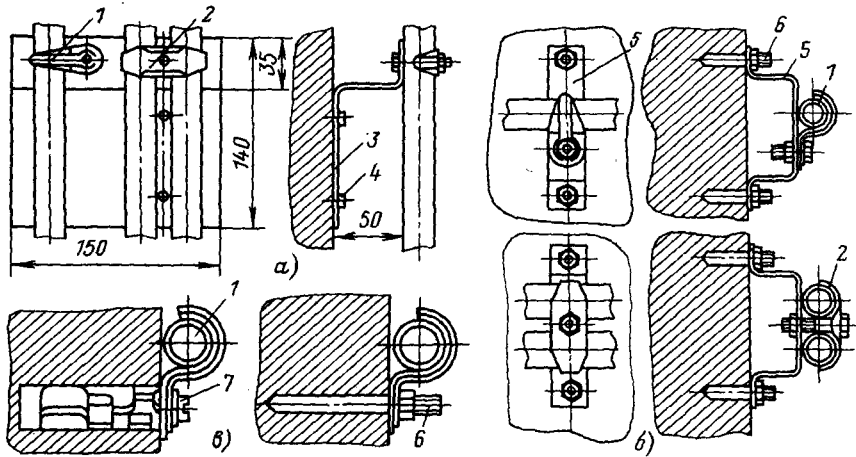


Рис. 5.16. Крепление одиночных трубных проводов диаметром от 22 до 60 мм на бетонных и кирпичных основаниях:

*a* — на Z-образном перфорированном профиле; *б* — на перфорированной полосе; *в* — на строительном основании; 1—7 — см. рис. 5.15

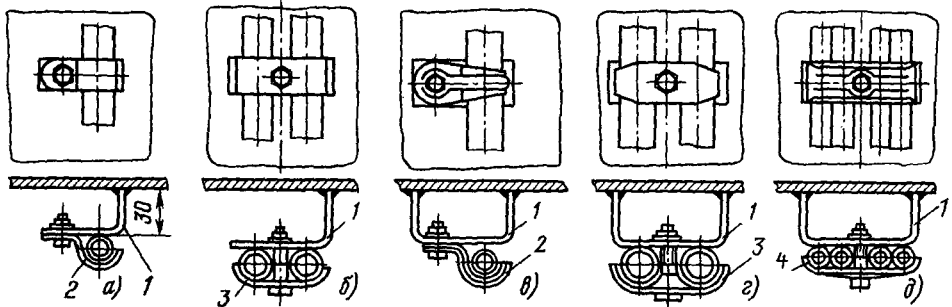


Рис. 5.17. Крепление одиночных трубных проводов на перфорированной полосе, приваренной к металлическому основанию:

*a* — одна труба диаметром 8—14 мм; *б* — две трубы диаметром 8—14 мм; *в* — одна труба диаметром 22—60 мм; *д* — четыре трубы диаметром 8—14 мм; 1 — перфорированная полоса; 2 — скоба типа СО; 3 — скоба типа БС<sub>2</sub>; 4 — скоба типа БСП

струкции имеют крепежные отверстия, то на бетонных и кирпичных основаниях без закладных частей (пластин) их крепят дюбелями-винтами, дюбелями с распорной гайкой и замазанными штырями; при наличии закладных частей эти несущие конструкции приваривают к металлическим основаниям.

К несущим конструкциям и непосредственно к строительным основаниям трубы крепят однолапковыми, двухлапковыми и безлапковыми скобами, при этом крепление скоб к основанию может осуществляться дюбелями-винтами и дюбелями с распорной гайкой. После предварительного закрепления трубных проводов на несущих конструкциях

и основаниях приступают к выполнению соединений труб.

### СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Трубные проводки в зависимости от условий их работы выполняют неразъемными и разъемными.

Неразъемные соединения можно разорвать только с нарушением целостности материала трубы или вращая одну или несколько соединенных труб. В условиях монтажа неразъемные соединения чаще всего выполняют газовой, электро- или аргонодуговой сваркой.

Разъемные соединения можно разобрать без нарушения целостности материала трубы или без вращения соединенных труб. При выполнении разъемных соединений труб необходимо обеспечить: механическую прочность, достаточную для сохранения целостности трубопровода при воздействии на него внутренних и внешних сил при монтаже и в процессе эксплуатации; механическую прочность соединений при воздействии на них давлений заполняющих сосудов сред в процессе испытаний и при эксплуатационных режимах; плотность соединений при воздействии на них давлений заполняющей среды в процессе испытаний и при эксплуатационных режимах; легкость сборки и разборки стандартным или специальным инструментом. Не-разъемные соединения должны также отвечать всем изложенным выше требованиям, предъявляемым к разъемным соединениям, кроме легкости сборки и разборки.

**Расположение соединений.** Соединения любого типа металлических труб запрещается располагать на изогнутых участках. Соединения должны выполняться только на прямолинейных участках трубных проводок (рис. 5.18).

Запрещается расположение соединений на компенсаторах трубных проводок у температурных швов зданий.

При прокладке одиночных трубных проводок разъемные соединители устанавливаются в местах, удобных для эксплуатации. При прокладке одиночных трубных проводок готовыми блоками расстояния между разъемными соединениями определяются требованиями удобства эксплуатации и технологией соединения труб.

Разъемные и неразъемные соединения труб следует располагать в стороне от проходов, агрегатов, обслуживаемых людьми, электродвигателей, электрических щитов

и оборудования, так как попадание на них среды, заполняющей трубные проводки, может вызвать повреждение. При технической невозможности выполнения указанного требования под трубным разъемным соединением помещают защитные козырьки, исключая возможность попадания среды, заполняющей трубные проводки, на людей и оборудование.

При групповых трубных проводках и соединениях блоков труб разъемные и неразъемные резьбовые соединения труб должны располагаться со сдвигом соединений для свободного применения инструмента при монтаже или демонтаже соединений (рис. 5.18).

При сдвиге соединений с изгибом труб (утки) допускается расположение неразъемных соединений труб на прямом участке на расстоянии не менее 50 мм от начала изгиба.

Расположение соединений труб любого типа на опорных несущих конструкциях запрещается. Соединения труб рекомендуется располагать на расстояниях около 200 мм от опорных точек.

Технология выполнения безрезьбовых неразъемных соединений металлических труб должна обеспечивать неизменность структуры, химического состава и механической прочности металла труб в местах их соединений. Неразъемные соединения выполняют с помощью электродуговой, газопламенной или аргонодуговой сварки. Способы сварки стыков трубопроводов приведены в табл. 5.19. Электроды или сварочную проволоку выбирают в зависимости от материала свариваемых труб. Сварные швы должны соответствовать ГОСТ 16037—80.

При соединении трубных проводок на сварке (рис. 5.19) проводится центровка труб. Для труб диаметром свыше 30 мм центров-

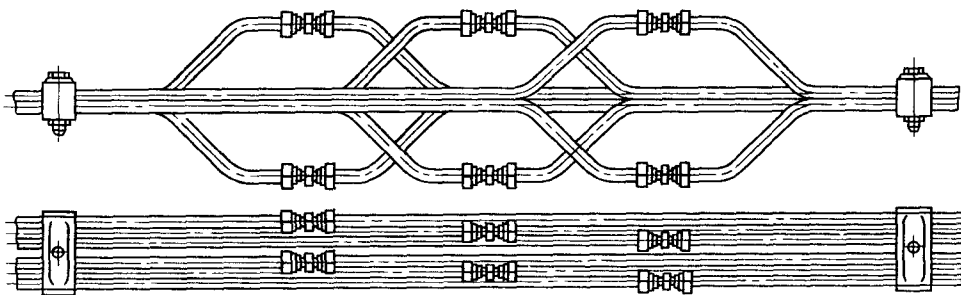


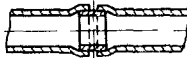

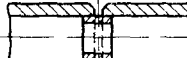


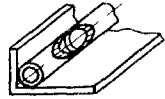


Рис. 5.18. Соединения трубных проводок разъемными соединителями на прямолинейных участках труб

Таблица 5.19. Сварка стыков трубопроводов

Вид соединения и эскиз	Область применения и технология
<p>Стык без разделки кромок</p> 	<p>Сварка тонкостенных труб толщиной стенки до 3 мм, стык собирается с зазором от 0 до 1,5 мм и заваривается с применением присадочного металла</p>
<p>Стык без скоса кромок со вставным кольцом</p> 	<p>Сварка тонкостенных труб с толщиной стенки до 3 мм. Обеспечивается полный гарантированный провар всего сечения</p>
<p>Стык без скоса кромок с раструбом и вставным кольцом</p> 	<p>Сварка тонкостенных труб с гарантированным проваром сечения, когда уменьшение внутреннего диаметра недопустимо</p>
<p>Стык с нормальной разделкой кромок</p> 	<p>Сварка стыков труб с толщиной стенок более 3 мм (наиболее распространенный вид соединения)</p>
<p>Стык с разделкой кромок и вставным кольцом</p> 	<p>В тех случаях, когда требуется особенно тщательный провар всего сечения и допускается местное сужение сечения трубопровода</p>
<p>Стык с внутренней расточкой для постановки опорного кольца</p> 	<p>При необходимости соблюдения точных внутренних размеров</p>
<p>Стык с заточкой для точной центровки</p> 	<p>Для толстостенных труб, когда требуется точная центровка, а прочность сварочного соединения может быть ниже прочности металла труб</p>
<p>Сварной операционный стык</p> 	<p>В монтажных условиях, когда трубопровод проходит в местах, где сварка его обычными способами невозможна</p>

Продолжение табл. 5.19

Вид соединения и эскиз	Область применения и технология
<p>Сварной монтажный стык, выполняемый при помощи зеркала</p> 	<p>В монтажных условиях, когда горелкой можно подойти со всех сторон свариваемого стыка, но прямое наблюдение за стыком невозможно</p>

ку следует выполнять в приспособлении. Трубы, соединяемые внахлестку или при помощи гильзы, вводят в последнюю с таким расчетом, чтобы их стыковка располагалась в средней части гильзы (табл. 5.19). Длина гильзы должна быть не менее двух диаметров соединяемых труб.

Проверку качества сварных швов трубных проводов, присоединяемых к технологическим трубопроводам, производят внешним осмотром и гидравлическим (пневматическим) испытанием полностью смонтированных трубных проводов. Внешнему осмотру подлежат все сварные стыки трубной проводки, при этом сварные соединения бракуют, если обнаружены следующие дефекты: трещины, выходящие на поверхность шва или основного металла в зоне сварки; наплывы или надрезы в зоне перехода от основного металла к наплавленному; прожоги, неравномерности усиления сварного шва по ширине и высоте, а также его отклонения от оси (перекосы) и отступления от размеров швов (указанных в чертежах или инструкциях на сварку).

Сварку стальных труб, трубных проводов, работающих при абсолютном давлении от 0,1 до 100 МПа, и контроль качества сварных соединений следует выполнять в соответствии со СНиП 3.05.05-84 и СНиП 3.05.04-85 в части стальных трубопроводов

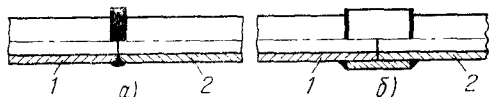


Рис. 5.19. Соединения стальных труб на сварке:

а — стыковое; б — внахлестку; 1, 2 — свариваемые трубы



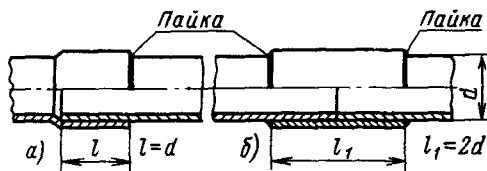


Рис. 5.20. Соединения медных труб пайкой:  
а — вращруб; б — с наружной муфтой

водоснабжения. Конструктивные элементы сварных швов и их типы должны отвечать требованиям ГОСТ 16037—80.

Обнаруженные дефекты в зависимости от их характера могут быть исправлены путем вырезки дефектных швов и заварки вновь. Возможность исправления дефектов определяется на месте представителями монтажной организации и заказчика.

Пайка медных труб допускается для их соединения только твердыми припоями. При пайке труб не допускается протекание припоя и образование наплывов на внутренние поверхности труб. При соединении медных трубных проводов пайкой концы труб отрезают под прямым углом к оси трубы, при этом резка их должна выполняться без сужения (завальцовки) внутреннего диаметра труб у торца.

При соединении труб вращруб конец одной трубы разбортовывают и в разбортованную часть вводят конец другой трубы. Длина  $l$  разбортовки конца трубы должна быть не менее наружного диаметра  $d$  соединяемых труб (рис. 5.20, а). Трубы, соединяемые внахлестку или при помощи наружной муфты, вводят в нее с таким расчетом, чтобы стыковка труб располагалась в средней части муфты; ее длина  $l$  должна быть не менее двух наружных диаметров соединяемых труб (рис. 5.20, б). Подгонка спаиваемых концов труб производится с зазором 0,05—0,15 мм, при котором достигается наибольшая прочность шва.

Пайка производится в пламени ацетилено-кислородной горелки с применением буры (флюс) и припоя ПМЦ-54, латуни марок Л-62, Л-68 или сплава ЛОК62-06-04, ЛОК59-1-03.

Основные требования, предъявляемые к разъемным соединениям трубных проводов:

1. Резьба на трубах и соединительных частях должна быть чистой без заусенцев, сорванная или неполная резьба, составляющая более 10% рабочей части соединений на трубах, не допускается.

2. Уплотнение резьбовых соединений, выполняемых соединительными частями (муфтами, угольниками и т. п.), должно производиться подмоткой на резьбу льняного волокна, смазанного суриком или белилами, тертыми на олифе.

3. Трубы, имеющие наружную коническую резьбу по ГОСТ 6211—81 и предназначенные для работы при  $P_y$  до 1,0 МПа, могут соединяться муфтами, а также ввертываться в муфтовые концы арматуры, имеющие внутреннюю цилиндрическую резьбу.

4. При выполнении фланцевых соединений прокладки должны иметь размеры, соответствующие уплотнительным поверхностям фланцев или соединений. Паронитовые прокладки перед установкой натирают с обеих сторон сухим графитом. Болты (шпильки) трубных проводов, работающих при температуре свыше 300 °С, должны быть перед установкой «прографичены». При выполнении разъемных соединений, включая фланцевые, материалы для прокладок выбирают по табл. 8.7.

**Технология выполнения разъемных соединений.** Для правильного выполнения разъемных соединений трубных проводов необходимо руководствоваться следующим.

При соединении на муфтах, угольниках, тройниках и фитингах (рис. 5.21) необходимо обрезать концы соединяемых труб перпендикулярно оси трубы, при этом допустимое отклонение не должно превышать 0,5 мм. Затем леркой, клупп-трещоткой или плашкой нарезать на концах труб короткую  $l$  и длинную  $l_1$  резьбы (рис. 5.21, б и табл. 5.20). Снять с торцов труб заусенцы с внутренней и на-

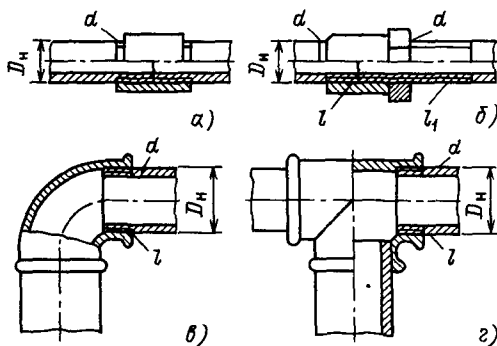


Рис. 5.21. Соединения стальных водогазопроводных труб соединительными частями из ковкого чугуна или стальными:  
а — муфтой; б — на муфтах с контргайкой; в — угольником; г — тройником

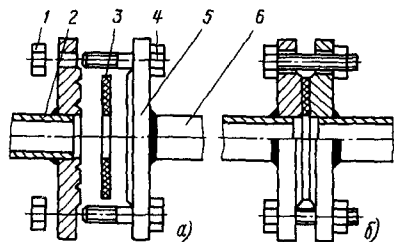


Рис. 5.22. Соединения стальных труб фланцами:

*a* – до сборки; *б* – после сборки; 1 – гайка; 2, 6 – соединяемые трубы; 3 – прокладка; 4 – болт; 5 – фланцы

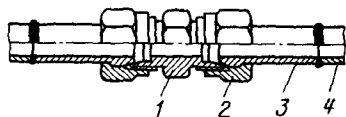


Рис. 5.23. Соединение металлических труб на соединителях с шаровым ниппелем

ружной сторон, подмотать льняное волокно на резьбу одной из труб и смазать суриком или белилами по повиву волокон. Затем на вернуть муфту на резьбу трубы до упора, подмотать волокно на резьбу другой трубы с подмазкой суриком или белилами по повиву волокна и вернуть вторую трубу в муфту до полного затягивания с первой трубой.

При соединении водогазопроводных труб их размеры можно выбрать по табл. 5.20, а соединительные части из ковкого чугуна – по ГОСТ 8943–75 и стали – по ГОСТ 8965–75 для соединения труб, прокладываемых в качестве импульсных, питающих, выбросных, командных, обогранных и защитных. Соединения водогазопроводных труб с условным проходом до 40 мм рассчитаны на  $P_y \geq 1,6$  МПа при температуре окружающей среды 175 °С. Надежность этих соединений зависит от правильности и аккуратности их выполнения.

Соединение водогазопроводных труб фланцами (прокладываемых в качестве импульсных, командных, питающих, дренажных и других линий) показано на рис. 5.22.

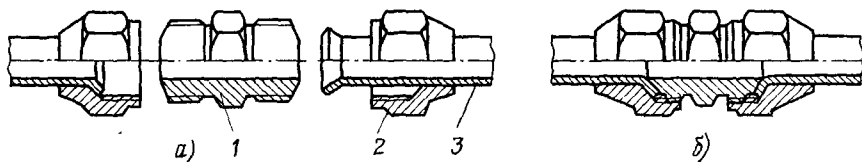


Рис. 5.24. Соединение до сборки (*a*) и после сборки (*б*) труб из цветных металлов на соединителях с развальцовкой

Таблица 5.20. Размеры соединяемых водогазопроводных труб с помощью соединительных частей из ковкого чугуна по ГОСТ 8943–75 или стальных по ГОСТ 8965–75 (рис. 5.21, б)

Присоединительная резьба соединяемых частей, дюймы	Условный проход $D_y$ , мм	Наружный диаметр труб $D_{н.т}$ , мм	Короткая резьба $l_1$ , мм	Длинная резьба $l_2$ , мм
Труб. $1/4$	8	13,5	7	32
Труб. $1/2$	15	21,3	9	38
Труб. $3/4$	20	26,8	10,5	42
Труб. 1	25	33,5	11	47
Труб. $1 1/2$	40	48	13	57
Труб. 2	50	60	10	62

При монтаже стальных труб наружным диаметром 10, 14 и 22 мм применяют соединения с шаровым ниппелем. Соединения рассчитаны на рабочее давление неагрессивной среды до 16 МПа при температуре от –40 до +120 °С. При соединении трубных проводок на соединителях с шаровым ниппелем (рис. 5.23) трубу 4 приваривают к ниппелю 3. Затем наворачивают накидную гайку 2 на штуцер 1 и затягивают ключом.

При соединении медных и алюминиевых труб, прокладываемых в качестве импульсных, командных, питающих, выбросных, при монтаже приборов и средств автоматизации могут быть использованы соединители под разбортовку (рис. 5.24). Рассчитаны на соединение труб, заполняемых средой с давлением  $P_y$  до 6,4 МПа. Их монтируют в следующей очередности. Отрезают концы соединяемых труб перпендикулярно оси трубы; допустимое отклонение не должно превышать 0,5 мм; надевают накидные гайки 2 на концы труб 3; разбортовывают концы труб; прикрепляют поочередно каждую из разбортованных труб накидной гайкой к штуцеру 1 и поочередно затягивают пары гайка – штуцер до упора.

При соединении трубных проводок с помощью наворотных соединительных гаек (рис. 5.25) концы труб 5 обрезают под прямым углом к оси трубы, очищают от

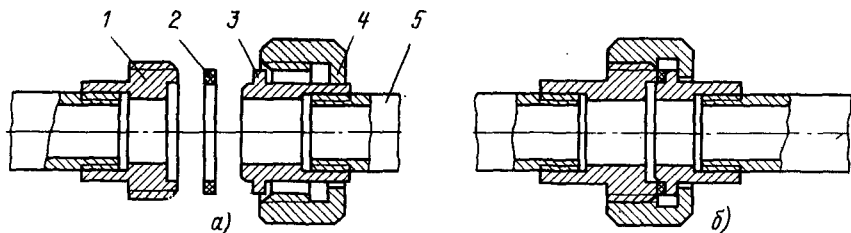


Рис. 5.25. Соединение до сборки (а) и после сборки (б) стальных труб на навернутых соединительных гайках

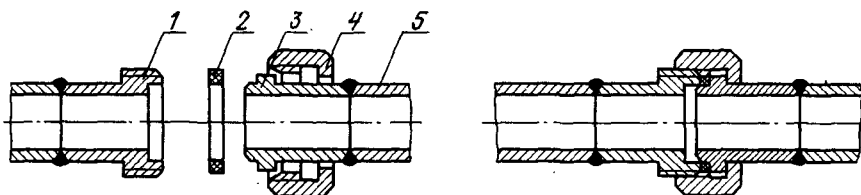


Рис. 5.26. Соединение до сборки (а) и после сборки (б) стальных труб на приварных соединительных гайках:

1 — штуцер; 2 — прокладка; 3 — ниппель; 4 — накидная гайка; 5 — труба

грязи и ржавчины, снимают фаски с наружной и заусенцы с внутренней частей труб, затем нарезают короткую резьбу на длину от 7 до 15 мм. На одну из соединяемых между собой труб надевают накидную гайку 4, затем на концы труб на резьбу подматывают льняные волокна, пропитанные суриком или белилами. На конец трубы 5 с надетой накидной гайкой 4 до упора наворачтывают ниппель 3, на конец присоединяемой трубы — штуцер 1. Между штуцером 1 и ниппелем 3 устанавливают прокладку 2. Поверхность прокладки с обеих сторон натирают серебряным графитом. После проверки чистоты уплотнительных поверхностей соединителя и проверки на соответствие размеров прокладки размерам уплотнительных поверхностей соединителя прокладку устанавливают на цилиндрическую часть ниппеля 3. Поверхность прокладки не должна иметь трещин, разрывов и других повреждений, снижающих плотность соединения.

Ниппель 3 с установленной прокладкой 2 вставляют в расточку штуцера 1 и на резьбу последнего наворачтывают вручную накидную гайку 4. Накидную гайку окончательно затягивают стандартным ключом.

Соединение на приварных соединительных гайках (рис. 5.26) производится так же, как на навертных, но к концам труб приваривают электродуговой или газопламенной сваркой ниппель и штуцер. Электроды или сварочную проволоку выбирают в зависимости от материалов соединяемых дета-

лей. Сварные швы должны соответствовать ГОСТ 16037—80 и СНиП 3.05.05—84. Следует учесть, что ниппель приваривают к трубе с надетой на нее накидной гайкой. Дальнейшую сборку соединителя выполняют в той же последовательности, как для труб, соединенных на навертных соединительных гайках.

При соединении трубных проводов на соединителях с торцевым уплотнением (рис. 5.27) трубу 1 приваривают к ниппелю 2 электродуговой или газопламенной сваркой. Электроды или сварочную проволоку выбирают в зависимости от материала свариваемых деталей. Затем устанавливают паронитовую или медную прокладку 4. Размер прокладки должен соответствовать размерам уплотнительных поверхностей соединителя. Перед установкой прокладки следует проверить чистоту уплотнительных поверхностей соединителя, затем навернуть накидную гайку 5 на штуцер 3 вручную и затянуть стандартным гаечным ключом до отказа.

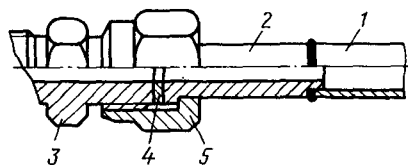


Рис. 5.27. Соединение стальных труб на соединителях с торцевым уплотнением

Присоединения труб к приборам, регуляторам, исполнительным механизмам и вспомогательному оборудованию выполняют только разъемными соединениями. Применение соединений, конструкции которых вызывают необходимость вращения прибора, запрещается. К приборам, средствам автоматизации и вспомогательному оборудованию трубы присоединяют ввертными и наверхними трубными соединителями с цилиндрической и конической резьбой.

Можно присоединять трубы к тягомерам резиновыми и поливинилхлоридными трубками с применением металлических наконечников, которые устанавливают в месте перехода проводки с металлической трубки на резиновую.

### 5.10. ОБРАБОТКА ТРУБ ДЛЯ ТРУБНЫХ ПРОВОДОК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Перед началом работ по обработке и монтажу трубных проводок высокого давления (при рабочих давлениях  $P_p \geq 10$  МПа) необходимо приказом по монтажному управлению назначить из числа инженерно-технических работников ответственное лицо на весь период работ, связанный с обработкой, монтажом трубных проводок, для постоянного наблюдения и контроля за качеством обрабатываемых труб и выполнения монтажных работ, а также за оформлением документации, составляемой в процессе монтажа. Назначенное ответственное лицо с представителями монтажного участка и склада монтажной организации проверяют все элементы трубных проводок и сварочные материалы, поступающие на склад монтажной организации.

Все элементы трубных проводок высокого давления и сварочные материалы, поступающие на склад монтажной организации, должны иметь следующие документы: сертификаты на материалы (трубы, электроды, флюсы и т. п.) заводов-изготовителей; паспорта на изделия (арматуру, соединительные части, крепежные изделия и т. п.); копии ведомостей индивидуальной приемки труб на складе заказчика и акты на обезжиривание элементов трубных проводок, предназначенных для заполнения кислородом. Результаты проверки труб, изделий и сварочных материалов оформляются актом, в котором указывается их соответствие проектным спецификациям, наличие необходимой технической документации и допустимость выдачи этих изделий и материалов в монтаж.

Трубы высокого давления обрабатывают по специально разрабатываемым технологическим картам. Трубы из легированных сталей разрезают только механическим способом. После резки трубы каждый ее отрезок в месте реза проверяют на соответствие наружного, внутреннего диаметров и толщины стенки размерам, установленным ГОСТ и ТУ, а также на отсутствие расслоений, трещин и других дефектов в металле трубы. Концы труб под линзовые уплотнения должны быть обработаны в соответствии с ГОСТ 9400–81.

Подготовка кромок труб, предназначенных для сварки, производится механическим способом. Нарезку резьбы на трубах делают по второму классу точности ГОСТ 16093–81 с последующими внешним осмотром (чистота поверхности) и проверкой мерительным инструментом (длина резьбы, длина сбегов, наружный диаметр резьбы) и калибрами (средний диаметр резьбы). Правильность заготовки торцов под сварку проверяют угольником. Зазор между торцом трубы и прилегающей стороной угольника не должен превышать 0,5 мм. Правильность разделки кромки трубы проверяют специальным шаблоном, который контролирует угол скоса и форму разделки. Отклонение угла не должно превышать значений, указанных в чертеже или технологической карте.

На годные трубы наносят клеймо монтажной организации на расстоянии 200 мм от торца трубы. Трубы, концы которых обработаны для сборки на фланцах, должны быть укомплектованы фланцами. На боковые поверхности фланцев наносят номера труб и их концов и клеймо монтажной организации. Каждая заготовленная труба с комплектуемыми деталями перед выдачей ее в монтаж должна пройти гидравлическое испытание пробным давлением в соответствии с ГОСТ 356–80 и выдержкой времени в течение 5 мин.

Укомплектованные фланцами трубы должны быть заглушены с обоих концов деревянными пробками, а все обработанные поверхности смазаны консистентной смазкой; не смазывают лишь трубы, заполняемые кислородом. При подготовке и монтаже труб высокого давления по возможности следует избегать их гнутья, применяя специальные отводы и угольники.

Арматура высокого давления перед монтажом должна быть расконсервирована, осмотрена и подвергнута гидравлическому испытанию на прочность и плотность пробным давлением в соответствии с ГОСТ

356—80 и выдержкой времени в течение 5 мин; при этом плотность закрытия клапанов проверяют подачей под него давления, равного рабочему.

Гидравлическое испытание заготовок труб, арматуры и деталей на рабочее давление  $P_p \geq 20$  МПа должно производиться в заготовительных мастерских на специально оборудованных рабочих местах, удаленных от мест возможного скопления людей и от проходов. В качестве испытательной среды применяют воду и масло (индустриальное марок 12; 20; 20в). Трубы и детали для трубных проводок, заполняемых кислородом, должны испытываться только водой. При проведении испытаний трубных проводок необходимо по манометру следить за давлением в испытываемых трубопроводах. Если в течение 5 мин не наблюдается падение давления, то давление снижают до рабочего, осматривают испытываемые трубы и детали и выявляют дефекты (выпучины, запотевания и т. п.).

После гидравлического испытания арматуру необходимо продуть, наружную неошкуренную поверхность покрыть натуральной олифой или антикоррозионным покрытием, а уплотнительные поверхности — солидолом (кроме кислородной арматуры). По результатам испытания арматуры составляют протокол, в котором указывают данные проведенных испытаний и допустимость выдачи арматуры в монтаж.

Перед сборкой трубных проводок со всех уплотнительных поверхностей труб, линз, арматуры и фасонных деталей должны быть удалены консервирующие смазки. Перед сборкой фланцевых соединений, уплотняемых на линзах, должно быть проверено качество обработки линз и уплотнительных поверхностей труб и арматуры.

При сборке фланцевого соединения для исключения перекосов болты нужно затягивать завертыванием гаек поочередно при трех и попеременно (крест-накрест) при четырех болтах. Окончательную затяжку гаек производят специальными ключами с регулирующим крутящим моментом, при этом необходимо следить за параллельностью между фланцами и торцами труб.

Применение сварных соединений при изготовлении элементов трубных проводок допускается только в случаях, предусмотренных проектом. Замена фланцевых соединений сварными без разрешения проектной организации запрещается. На принятых сварных соединениях рядом с клеймом сварщика выбивают клеймо контролера, проверившего сварное соединение, и порядковый

номер стыка в соответствии с ведомостью на производство сварочных работ.

После проведения работ по обработке труб высокого давления и подготовки их к монтажу приступают к выполнению работ, связанных с монтажом непосредственно на объекте.

## **5.11. МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И НИЗКОГО ВАКУУМА**

### **МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Монтируют трубные проводки высокого давления по рабочей документации с учетом требований строительных норм и правил СНиП 13.05.09—85, а также с учетом требований специальных технологических инструкций, утвержденных в установленном порядке и при участии ответственного сотрудника, назначенного приказом монтажного управления на весь период выполнения работ по монтажу трубных проводок высокого давления.

Способы монтажа трубных проводок высокого давления определяют в зависимости от конкретных условий работы, наличия грузоподъемных механизмов, инструмента и приспособлений.

Перед началом монтажных работ необходимо тщательно ознакомиться с технической документацией (рабочей документацией, спецификациями, принципиальной схемой и т. п.), с комплектностью трубных проводок высокого давления, изделиями, узлами, деталями, арматурой и другими монтажными материалами. Детали трубопроводов из мастерских монтажного управления или со склада обычно доставляют к месту монтажа на специально оборудованных машинах.

Прямые участки труб с навернутыми фланцами при перевозке укладывают в кузове автомашин на специальные деревянные гребенчатые подкладки, препятствующие перекатыванию и сближению труб при толчках. Длинные трубные трассы (12—20 м), сваренные в секции, перевозят на автомашинах с прицепами (промежуточными и концевым), что предотвращает при перевозке труб образование чрезмерных напряжений, которые могут возникнуть при больших безопорных пролетах и плечах.

Для складирования деталей трубопроводов на каждом монтажном объекте или внешних трассах должны быть устроены спе-

циальные стеллажи и отведено место с деревянным настилом для сборки деталей трубопроводов и арматуры в узлы. Укладывать детали непосредственно на землю не разрешается.

Во избежание повреждений отшлифованных поверхностей гнезд под линзовые уплотнения, а также попадания посторонних предметов во внутренние полости в процессе хранения и транспортирования не разрешается снимать с труб, арматуры и деталей трубопроводов защитные заглушки или пробки. Их снимают только перед присоединением очередных монтируемых деталей или узлов. При перерывах в работе оставшиеся неустановленные детали должны быть убраны в закрытый склад.

Детали трубопроводов и арматуры следует устанавливать в линии в виде собранных элементов, укрупненных узлов и блоков. Сборку производят на деревянном настиле. Особое внимание обращают на то, чтобы маркировка всех деталей соответствовала монтажной схеме. Непосредственно перед сборкой деталей трубопроводов и арматуры на линзовых прокладках в узлы или блоки уплотнительные поверхности и линзы необходимо промыть в керосине и вытереть чистыми тряпками, после чего проверить чистоту внутренних поверхностей арматуры и деталей трубопроводов и составить соответствующий акт.

Резьбу шпилек перед их установкой необходимо покрыть маслографитовой смесью (700 массовых частей машинного масла и 30 чешуйчатого графита). До установки линзы на место во фланцы предварительно вставляют две-три шпильки. После установки линзы трубы сближают и зажимают линзу между торцами деталей трубопроводов полностью вставленными во фланцы шпильками. Гайки шпилек следует затягивать постепенно и в определенном порядке с постоянной проверкой параллельности фланцев. Гайки следует затягивать тарированными ключами с усилием, указанным в табл. 5.21.

При отсутствии тарировочных ключей гайки затягивают обычными гаечными ключами с применением рычагов. При выполнении операции одним рабочим длина рычага (мм)

$$l = 0,035Pd,$$

где  $P$  — усилие затяжки одной шпильки по табл. 5.21;  $d$  — наружный диаметр шпильки, мм.

При сборке трубопроводов из-за неточных размеров заготавливаемых труб могут получиться большие зазоры между фланцами или стыками, подготовленными под сварку замыкающих участков. Во избежание этого замыкающий участок изготовляют по шаблону, точно по месту. Натяги и пере-

Таблица 5.21. Усилия затяжки одной шпильки

Диаметр условного прохода $D_y$ , мм	Усилия затяжки одной шпильки, Н, при условном давлении, МПа							
	20	25	32	40	50	64	80	100
6	1120	1200	1310	1450	1600	1850	2150	2460
10	3120	3350	3670	5050	4500	5200	6000	6600
15	7000	7500	8200	6750/9000	7600/10 000	8750	10 000	11 500
25	11 800	12 700	13 900	15 300	17 000	19 700	22 500	26 000
32	21 000	22 500	24 500	27 000	20 000/30 000	23 000	26 500	31 000
40	21 000	22 500	24 500	27 000	30 000	34 500	29 500	46 000
60	37 500	40 000	44 000	48 500	54 000	62 500	71 000	82 500
70	51 500	55 000	60 000	67 000	74 000	85 000	98 000	114 000
90	77 000	82 000	90 000	99 000	110 000	95 000/127 000	110 000/145 000	127 000
100	100 000	107 000	117 000	97 000/130 000	108 000/144 000	124 000	142 000	165 000

Примечание. В числителе — усилие затяжки одной шпильки для фланцевых соединений:  $D_y = 15$  мм с четырьмя шпильками, 32 мм с шестью шпильками, 90 и 100 мм с восемью шпильками. В знаменателе — усилие затяжки одной шпильки для фланцевых соединений:  $D_y = 15$  мм с тремя шпильками, 32 мм с четырьмя шпильками, 90 и 100 мм с шестью шпильками, 200 мм с восемью шпильками.

напряжения при сборке трубопроводов не допускаются, за исключением случаев, особо оговоренных в проекте.

Фланцевые и резьбовые соединения должны выполняться в соответствии с рабочими чертежами, ГОСТ, нормами машиностроения или нормами той отрасли, к которой относится монтируемый объект. Для удобства установки трубопровода фланцевые соединения для труб  $D_y \geq 60$  мм располагают не ближе чем на 0,3 м от опоры, а при больших проходах — 0,5 м.

Присоединение труб к местам отборов импульсов, приборам и средствам автоматизации должно выполняться разъемными резьбовыми соединениями или фланцевым соединением, причем присоединение должно выполняться теми же элементами, что и фланцевое соединение, за исключением стяжных шпилек, которые заменяют упорными. Гнезда для упорных шпилек должны быть выполнены в соответствии с нормами.

Перед сборкой трубных проводок со всех уплотнительных поверхностей труб, линз, арматуры и фасонных деталей нужно удалить консервирующие смазки. Особенно тщательно промыть и вытереть досуха уплотнительные поверхности всех элементов трубных проводок. Уплотнительные линзы перед установкой на трубных проводках с рабочей температурой до 200 °С (кроме трубных проводок, заполняемых кислородом) смазывают солидолом или другой консистентной смазкой. Линзы, монтируемые на трубных проводках с рабочей температурой выше 200 °С, устанавливаются на место после промывки без смазки. Масла, применяемые для смазки линз, должны храниться в закрытой таре, предохраняющей масло от загрязнения и пыли.

Перед сборкой фланцевых соединений, уплотняемых на линзах, должно быть проверено качество обработки линз и уплотнительных поверхностей труб и арматуры. Для уплотнения фланцевых соединений трубных проводок, заполняемых кислородом, применяют плоские или линзовые прокладки из озоженной меди по ГОСТ 859—78.

При монтаже трубных проводок в первую очередь выполняют обвязку приборов, арматуры и отборов, а затем монтируют трубные проводки, соединяющие обвязки приборов, арматуры и отборов. При этом необходимо иметь в виду следующее:

1. Категорически запрещаются натяги, подгибка и тому подобные перенапряжения труб, за исключением специально оговоренных в рабочей документации.

2. Применение неразъемных сварных соединений при монтаже элементов трубных проводок допускается только при наличии таких соединений в рабочей документации.

3. Все элементы и флюсы не более чем за 2—3 ч до сварки должны просушиваться при температуре 220—250 °С в течение 3—4 ч.

4. При сварке труб (в случае необходимости) производится равномерный по всему периметру стыка подогрев на длине трубы не менее трех толщин ее стенки в соответствии с рабочей технологией. При подогреве необходим оперативный фотопирометрический контроль с точностью  $\pm 10^\circ\text{C}$ .

5. При многослойных сварных швах наложению каждого нового слоя должен предшествовать тщательный осмотр ранее наложенного слоя после очистки его от шлака и брызг.

6. Расстояния в свету между трубами должны обеспечивать удобную их сборку на фланцевых или других соединениях.

7. Крепление труб должно производиться только хомутами и скобами. Безметизное крепление труб не допускается. Крепление нескольких труб одним хомутом или одной скобой не допускается.

8. При прокладке и соединениях труб должны быть приняты меры, обеспечивающие сохранность уплотнительных поверхностей и недопустимость засорения трубных проводок и арматуры.

9. Расстояния между опорами (креплением) трубных проводок высокого давления должны быть следующими:

Наружный диаметр трубы, мм	До 15	До 25	До 35
Расстояние между опорами (креплениями), мм	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—3,0

## МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДК НИЗКОГО ВАКУУМА

Для трубных проводок низкого вакуума с абсолютным рабочим давлением не ниже 4,6 МПа применяют трубы, приведенные в табл. 5.1—5.4. Применение пластмассовых труб не допускается. Для присоединения трубных проводок к приборам следует применять специальные резиновые вакуумные трубы (например, из резины 7889, ТУ 38.5-563—69), при этом не рекомендуется соединять резиновые трубы между собой и устанавливать на них запорную арматуру. Трубные проводки выполняют на всем про-

тяжении из труб одной марки и диаметра; переход на другую марку или диаметр допускается только в местах подключения проводок к приборам и средствам автоматизации.

Трубы, арматура и соединительные части очищают механическим путем от грязи и ржавчины, промывают водой, просушивают и продувают сжатым воздухом или инертным газом. При наличии указаний в проекте или по требованию заказчика трубы, арматура и соединительные части могут быть протравлены с обязательной последующей нейтрализацией до полного обезжиривания внутренней поверхности и просушены. Для продувки и сушки труб применяют сухой воздух или инертный газ, очищенный от масла и пыли.

Соединения трубных проводок выполняют так, чтобы при воздействии на них давления внешней среды не было натекания воздуха внутрь трубопровода.

Трубы для вакуумных проводок можно соединять фланцевыми разъемными соединителями, обработанными по пятому классу точности, с уплотняющими прокладками. Для фланцевых соединений применяют резиновые прокладки при температуре от  $-20$  до  $+130^{\circ}\text{C}$  и фторопластовые от  $-75$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ .

Фланцы должны быть приварными, и их пазовку производят с помощью приспособлений, гарантирующих перпендикулярность плоскости фланца оси трубы. Положение пазованных фланцев фиксируют короткими швами — прихватками, выполняемыми теми же сварщиками, которые варят стыки.

Неразъемные соединения вакуумных трубных проводок выполняют сваркой или пайкой при соблюдении следующих требований.

1. Форма подготовки торцов труб под сварку и зазор между стыкуемыми трубами должны соответствовать ГОСТ 5264—80.

2. Кромки труб и присадочный материал (только при газовой сварке) должны быть очищены до блеска, а затем обезжирены.

3. Зазоры между спаиваемыми концами должны быть минимальными, но обеспечивающими заполнение расплавленным припоем всех пор и неровностей в месте спая.

4. Должны быть обеспечены равномерность нагрева и охлаждения стыков после пайки и правильность выбора температуры, до которой нагреваются спаиваемые детали.

5. Готовый шов должен быть тщательно очищен от следов флюса и промыв.

Температура плавления припоя и обрабатываемых при пайке химических соединений

должна быть выше рабочей температуры вакуумных трубных проводок не менее чем на  $50^{\circ}\text{C}$ .

## 5.12. МОНТАЖ КИСЛОРОДНЫХ ТРУБНЫХ ПРОВОДК

До начала изготовления узлов и блоков и монтажа кислородных трубных проводок линейный персонал, который будет выполнять указанные работы, должен тщательно изучить специфические требования, связанные с монтажом кислородных проводок. Подготовкой и проведением работ по обезжириванию арматуры, соединителей и труб в МЗМ и на монтируемом объекте должны руководить лица, назначенные начальником монтажной организации или участка.

Качество всех материалов и изделий, применяемых при монтаже кислородных трубных проводок, должно отвечать соответствующим стандартам и техническим условиям. Перед монтажом кислородных трубных проводок необходимо проверить соответствие труб спецификации, проекту и стандарту на их изготовление. Трубы, предназначенные для транспортировки газообразного кислорода, на внутренней поверхности которых обнаружены масло и другие жировые и смазочные загрязнения, обезжиривают. Незамасленные (чистые) и отожженные трубы обезжириванию не подлежат. Чистоту труб на замасленность проверяют путем протяжки через трубу пыжа из хлопчатобумажной ткани. Чистые трубы, принятые к монтажу, должны быть закрыты с обоих концов деревянными, пластмассовыми или стальными пробками, заглушками и храниться на стеллажах. Деревянные пробки вставляют в трубу не более чем на  $1/2$  их высоты. Пригодность труб для монтажа, а также их соответствие стандартам фиксируют в акте, составленном по соответствующей форме.

Арматура, монтируемая на кислородных трубных проводках, подвергается ревизии, испытанию на прочность и плотность, а также тщательному обезжириванию.

В цехах производства кислорода, газификационных станций и в помещениях кислородораспределительных пунктов импульсные кислородные трубные проводки могут быть проложены открыто (по стенам или колоннам здания, по технологическим кислородным трубопроводам, по кожухам аппаратов разделения воздуха), а также скрыто в непроходимых каналах как с кислородными, так и с другими трубопроводами. Не допускается прокладывать импульсные кис-



лородные трубные проводки в каналах с трубопроводами горючих жидкостей и газов, а также масел и в кабельных каналах электрических проводок.

Кислородные трубные проводки прокладывают открыто — по стенам или колоннам здания. Если местные условия не позволяют проложить их открыто, можно проложить их в крытых непроходных каналах, предназначенных для трубопроводов газообразного кислорода.

Межпеховые импульсные трубные проводки можно прокладывать по кислородным трубопроводам и эстакадам. Расстояние от кислородной трубной проводки до проложенных на эстакаде трубопроводов с горючими газами и жидкостями должно быть не менее 400 мм.

Не следует прокладывать кислородные трубные проводки через дымоходы, вентиляционные воздуховоды, а также на расстоянии менее 1 м от горячих поверхностей, имеющих температуру выше 150 °С. При монтаже кислородных трубных проводок для соединения труб, как правило, применяют неразъемные соединения (сварка, пайка). Разъемные соединения допускаются только в местах присоединения к оборудованию, арматуре, приборам при разветвлении (тройники) и для устройства монтажных соединений в неудобных для сварки и пайки местах.

При наличии резьбовых соединений применяется подмотка льна, пеньки, а также применение сурика и других материалов, содержащих масла и жиры. Можно использовать свинцовый глет, замешанный на воде.

При использовании соединителей с прокладками материал для изготовления прокладок выбирают в зависимости от давления и температуры измеряемой среды. Например, при максимальном давлении кислорода 0,25 МПа может применяться асбестовый картон; при 1,6 МПа — паронит 56 и паронит 56 графитированный; при 2,5 МПа — паронит КП-2; при 6,4 МПа — фторопласт-4 и асбофторопласт АСТ; при 20 МПа — прокладки металлические плоские из нержавеющей стали, линзовые или овальные из меди и латуни. При выборе прокладок для кислородных проводок во всех случаях необходимо руководствоваться проектом автоматизации.

### 5.13. МОНТАЖ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБНЫХ ПРОВОДК

Пластмассовые трубы по сравнению с металлическими обладают рядом суще-

ственных преимуществ: большой строительной длиной (выше 150 м) и компактностью, невысокой стоимостью, стойкостью ко многим агрессивным средам и вибрациям, легкостью, гибкостью, не требуют окраски, удобны для транспортировки и хранения. Их применение по сравнению с металлическими трубами в 5–6 раз повышает производительность труда, значительно упрощает и ускоряет ведение монтажных работ, повышает надежность и долговечность трубных проводок (особенно при воздействии агрессивных сред), уменьшает эксплуатационные расходы и дает большой экономический эффект.

К отрицательным явлениям, ограничивающим применение пластмассовых труб, относятся: небольшой интервал температур, при которых можно их применять (от –50 до +60 °С); невысокая механическая прочность (предел прочности при разрыве не более 13 МПа при температуре 20 °С); низкая химическая стойкость к нефтепродуктам, солнечной радиации, большой коэффициент линейного расширения и подверженность порче грызунами.

При выборе пластмассовых труб для монтажа средств автоматизации необходимо проверять толщину стенок труб (см)

$$S = Pd / (2\sigma + P),$$

где  $d$  — наружный диаметр трубы, см;  $P$  — давление рабочей среды в трубопроводе, МПа;  $\sigma$  — допустимое напряжение на разрыв для материала стенки трубы, МПа.

Определяющим фактором при подсчете толщин стенок труб является значение допустимого напряжения.

Учитывая, что способность пластмасс сопротивляться воздействию постоянной нагрузки уменьшается с течением времени, допустимое напряжение на разрыв при 20 °С следует принимать 2,5 МПа для труб из полиэтилена низкой плотности; 5 МПа для труб из полиэтилена высокой плотности и 2,5 МПа для поливинилхлоридных труб.

Специфические свойства полиэтиленовых труб выдвигают ряд условий и требований, которые необходимо учитывать при их прокладке. Полиэтиленовые трубы можно прокладывать на скобах и кронштейнах по стенам зданий, на несущих конструкциях технологических трубопроводов, на специальных кабельных конструкциях, в кабельных каналах, открытым способом и в защитных коробах, трубах и т. п.

Прокладку пластмассовых проводок выполняют после окончания в зоне монтажа сварочных работ, штукатурки и облицовки

помещений, монтажа опорных или несущих конструкций, технологических аппаратов и трубопроводов, окончания теплоизоляционных работ горячих трубопроводов и т. п.

Пластмассовые проводки, прокладываемые вблизи нагретых поверхностей технологических аппаратов и трубопроводов, должны быть либо защищены экранами (из теплоизоляционного материала), либо удалены на такое расстояние, чтобы нагрев проводок не превышал температуру, допустимую для данного рабочего давления транспортируемой среды. Рабочее (допустимое) давление для полиэтиленовых труб и пневмокабелей определяется следующими данными:

Температура, °С . . . . .	20	30	40	50	60
Максимальное рабочее давление, МПа . . . . .	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1

Прокладку пластмассовых проводок выполняют без надрезов и других механических повреждений труб.

Совместная прокладка пластмассовых труб с электрическими проводками допускается во всех помещениях, кроме взрыво- и пожароопасных, с соблюдением следующих условий:

1. В двух- и трехканальных коробах пластмассовые трубные проводки прокладывают в отдельных каналах.
2. В лотках, на мостовых конструкциях и по дну каналов — на расстоянии не менее 150 мм от электропроводок.
3. На сборных кабельных конструкциях, укрепленных на элементах здания или установленных на стенках каналов, проводки прокладывают на отдельных полках, при этом трубные проводки должны располагаться ниже электропроводок.

Примеры прокладки пластмассовых труб приведены на рис. 5.28. Прокладку в коробах (рис. 5.28, а и б) применяют для внутренних и наружных проводок при наличии опасности механических повреждений, воздействия прямых солнечных лучей и нагрева свыше 30°С.

В трубах и гибких металлических рукавах (рис. 5.28, в) пластмассовые трубы прокладывают при тех же условиях, что в коробах, а также в местах подключения к приборам (например, на участках от магистрального короба к первичному прибору или клапану). Варианты прокладок по рис. 5.28, г—з применяют для внутренних и наружных проводок в местах, где отсутствуют опасность механических повреждений, длительное воздействие прямых

солнечных лучей и нагрев свыше 30°С. Скрытую прокладку пластмассовых труб (рис. 5.28, и) применяют в исключительных случаях в стенах, полах и перекрытиях зданий и сооружений.

При прокладке пластмассовых труб в защитной стальной трубе или металлическом рукаве число прокладываемых труб выбирается по табл. 5.22 и 5.23 соответственно.

При прокладке пластмассовых труб широко распространены металлические короба и лотки. Во избежание повреждения пластмассовых труб внутренняя поверхность коробов и лотков не должна иметь заусенцев или острых выступающих частей.

Пластмассовые трубы в коробах укладывают свободно в несколько рядов без крепления, при этом трубы не должны переплетаться между собой. Максимально допустимое число труб, укладываемых в одном коробе, приведено в табл. 5.24. Трубы выво-

Таблица 5.22. Число пластмассовых труб, прокладываемых в одной защитной трубе

Условный проход водогазо-проводных труб, мм	Число труб диаметром, мм		Размер электро-сварных труб, мм	Число труб диаметром, мм	
	6	8		6	8
15	2	1	20 × 2,5	2	1
20	3	2	26 × 2,5	3	2
25	6	4	32 × 2,8	8	4
40	16	10	47 × 3	15	10
50	27	16	59 × 3	18	12

Таблица 5.23. Число пластмассовых труб, прокладываемых в одном металлическом рукаве

Наружный диаметр труб, мм	Число труб, прокладываемых в металлическом рукаве, внутренним диаметром, мм									
	12	15	18	20	22	25	29	32	38	50
6	1	2	2	3	3	4	4	5	6	8
8	1	1	2	3	2	3	3	3	4	6
10	1	1	1	2	2	2	2	3	3	5

Таблица 5.24. Максимальное допустимое число труб, укладываемых в одном коробе

Наружный диаметр труб, мм	Максимальное допустимое число труб, мм		
	Сечение короба, мм		
	100 × 100	150 × 150	200 × 200
6	105	240	425
8	60	135	240

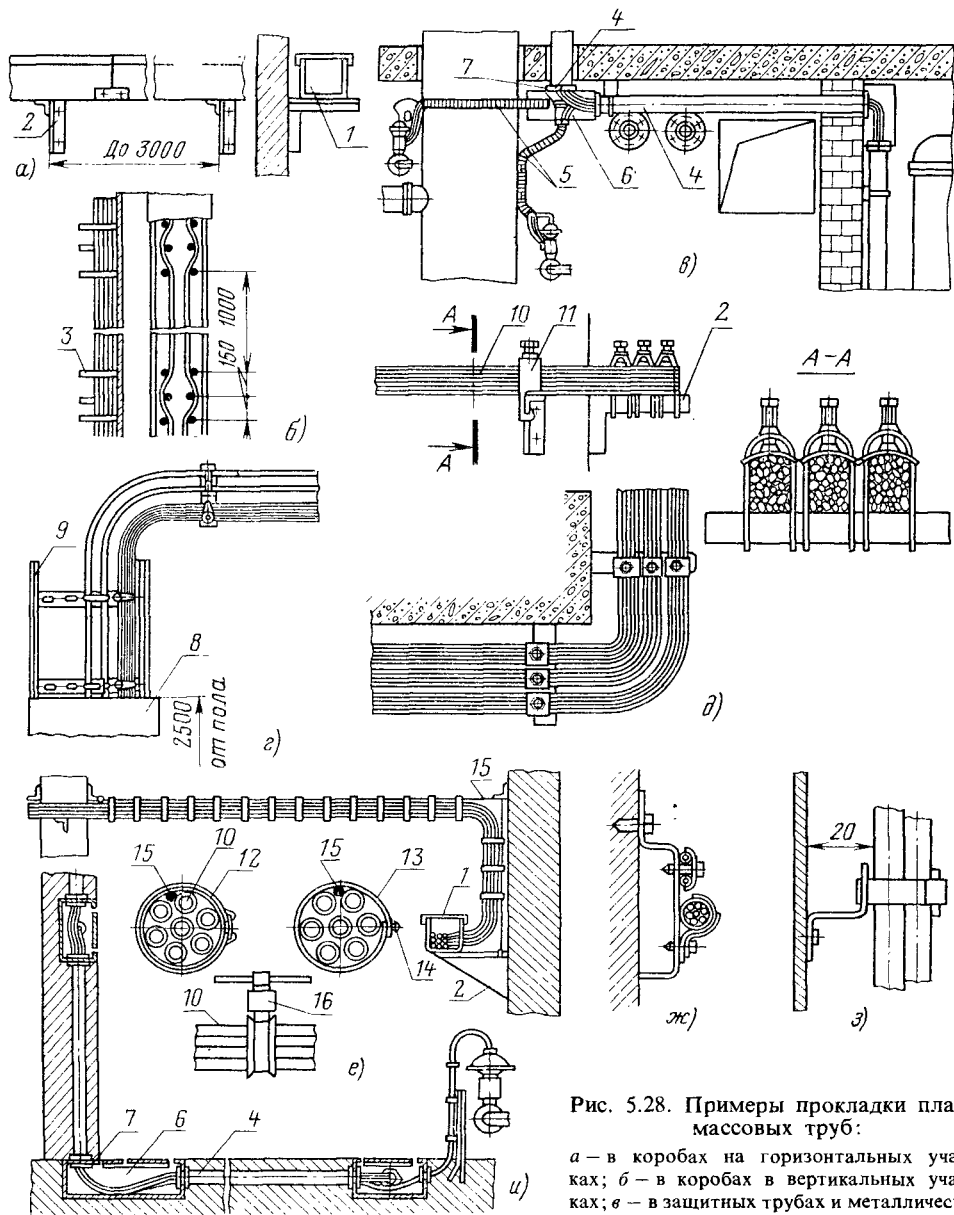


Рис. 5.28. Примеры прокладки пластмассовых труб:

а — в коробах на горизонтальных участках; б — в коробах в вертикальных участках; в — в защитных трубах и металлических рукавах; г — то же с бандажом из пластмассовых полосок-пряжек; д — на крошштейнах с креплением прижимами типа ПКТ; е — прокладка вдоль стальной проволоки с бандажом из пластмассовых полосок-пряжек или поливинилхлоридной перфорированной ленты с кнопкой; ж — на перфорированных полосах с креплением скобами; з — то же с бандажом из пластмассовых полосок-пряжек; и — скрытая прокладка в защитных трубах; 1 — короб; 2 — крошштейн; 3 — стойки; 4 — защитная труба; 5 — гибкий металлический рукав; 6 — протяжная коробка; 7 — пластмассовая втулка; 8 — защитный кожух; 9 — лоток; 10 — пучки пластмассовых труб; 11 — прижим типа ПКТ; 12 — пластмассовая полоска-пряжка; 13 — поливинилхлоридная перфорированная лента; 14 — кнопка; 15 — стальная проволока; 16 — подвеска

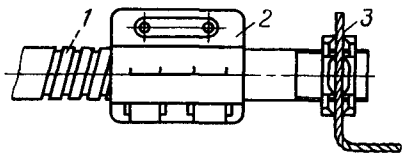


Рис. 5.29. Пример присоединения гибкого металлического рукава 1 к стенкам 3 коробов или протяжных коробок с помощью муфт 2

дят из короба для подключения к приборам и средствам автоматизации открытым способом — через защищенные пластмассовыми втулками отверстия в боковых стенках или дне короба или закрытым способом — с помощью защитных стальных труб или гибких металлических рукавов, присоединяемых к коробу на контргайках или муфтах (рис. 5.29).

Гибкие металлические рукава, применяемые для прокладки пластмассовых трубопроводов, могут быть герметичными и негерметичными типа РЗ с лентой простого профиля. Наиболее распространен металлорукав РЗ-Ц-Х из стальной оцинкованной ленты с хлопчатобумажным уплотнением.

Металлические рукава крепят с помощью скоб типа СО или БС. Расстояние между креплениями металлических рукавов на опорных конструкциях не должно превышать 600 мм. При изгибе металлических рукавов с проложенными в них пластмассовыми трубами радиусы изгиба выбирают в зависимости от внутреннего диаметра металлического рукава:

Внутренний диаметр металлического рукава, мм . . . . .	12	15	18	20	22
Наименьший радиус из- гиба, мм . . . . .	90	100	110	120	130

Гибкие металлические рукава присоединяют к стальным коробам или протяжным коробкам с помощью муфт (рис. 5.29).

## 5.14. МОНТАЖ ТРУБНЫХ КАБЕЛЕЙ (ПНЕВМОКАБЕЛЕЙ)

В тех случаях, когда по одной трубной трассе, связывающей между собой отдельно стоящие исполнительные механизмы, датчики, регуляторы и т. п. со вторичными приборами, установленными на шитах, требуется проложить большое число (пять и более) параллельно идущих трубопроводов, необходимо применять пневмокабели (см. рис. 5.1).

Крепление пневмокабелей выполняют таким образом, чтобы исключить возможность возникновения опасных напряжений и механических повреждений. Для этого пневмокабели прокладывают свободно, без натяга, учитывая изменения их длины при колебаниях температуры окружающей среды, а также собственную массу пневмокабелей, проложенных вертикально.

Наиболее распространенные способы прокладки пневмокабелей рассмотрены ниже.

На открытых несущих конструкциях (рис. 5.30) небронированные пневмокабели прокладывают при отсутствии опасности воздействий на них механических повреждений, прямых солнечных лучей и сред, разрушающих оболочку, попадания на кабель искр, брызг металла.

Если при этих условиях необходимо прокладывать пневмокабели на высоте (например, между зданиями), то рекомендуется их прокладка на тросах (рис. 5.31).

Если имеется опасность небольших механических повреждений, то на открытых несущих конструкциях и тросах следует прокладывать бронированные пневмокабели. При этом окружающая среда не должна разрушающим образом воздействовать на броню кабеля.

В коробах или защитных трубах (рис. 5.32) пневмокабели прокладывают в местах, где есть опасность существенных механических повреждений, воздействия прямых солнечных лучей, попадания искр, брызг металла и нагрева до  $+40^{\circ}\text{C}$  и выше. Прокладка в трубах рекомендуется только для защиты одиночных пневмокабелей на коротких участках.

При необходимости прокладки трубных проводов ниже уровня пола (земли) пневмокабели прокладывают в кабельных каналах (рис. 5.33).

Размотку и прокладку пневмокабелей можно производить при температуре, превышающей  $-15^{\circ}\text{C}$ . При более низких температурах пневмокабели перед размоткой и прокладкой необходимо нагревать в теплом помещении (не менее суток при нормальной комнатной температуре).

При пересечении или параллельной прокладке пневмокабелей с трубопроводами горячей воды, пара или другими теплоизлучающими поверхностями пневмокабели необходимо теплоизолировать или располагать на таком расстоянии от них, чтобы обеспечить температуру не выше  $60^{\circ}\text{C}$ . При отрицательных температурах пневмокабели теряют эластичность, а при повышенных —

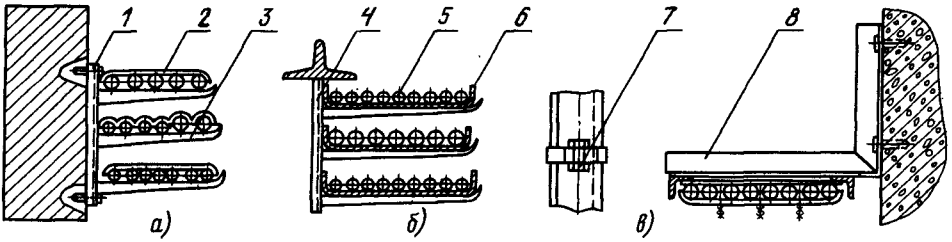


Рис. 5.30. Примеры прокладки небронированных и бронированных пневмокабелей на открытых несущих конструкциях:

*a* – на кабельных полках; *б* – на лотках; *в* – на мостах, с креплением скобами или перфорированными полосами; 1 – кабельная стойка; 2 – перфорированная полоса; 3 – кабельная полка; 4 – мост; 5 – пневмокабель; 6 – лоток; 7 – стальная полоса с пружинкой; 8 – кронштейн

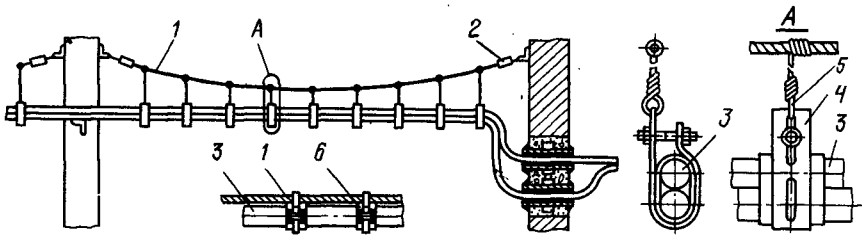


Рис. 5.31. Пример прокладки небронированных пневмокабелей на тросах:

1 – трос; 2 – натяжная муфта; 3 – пневмокабель; 4 – полоса перфорированная; 5 – мягкая проволока; 6 – стальная полоса с пружинкой

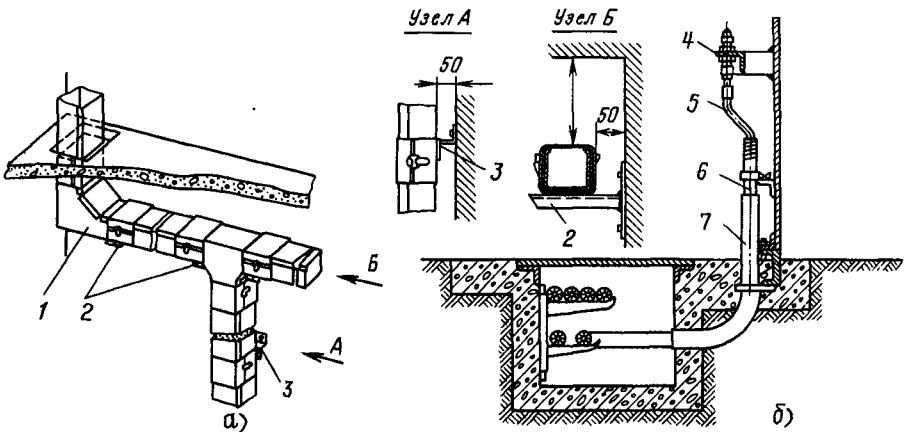


Рис. 5.32. Примеры прокладки небронированных пневмокабелей в коробах и защитных трубах:

*a* – прокладка в коробах; *б* – прокладка в защитных трубах, на участке вывода пневмокабеля из кабельного канала; 1 – короб; 2 – кронштейн; 3 – Z-образный профиль; 4 – соединитель пластмассовых труб переборочный; 5 – пластмассовые трубы; 6 – пневмокабель; 7 – защитная труба

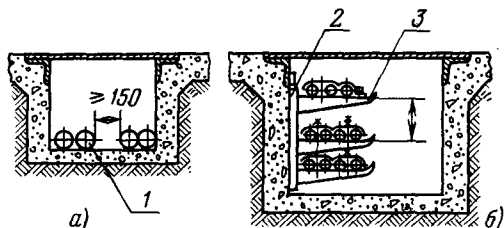


Рис. 5.33. Пример прокладки небронированного пневмокабеля в кабельных каналах:

*a* — по дну канала; *b* — по стенам на кабельных стойках; 1 — пневмокабель; 2 — кабельная стойка; 3 — кабельная полка

прочность, поэтому монтировать их можно при температуре от  $-10^{\circ}\text{C}$ , но с обязательным прогревом по всей длине до температуры, близкой к  $+30^{\circ}\text{C}$ . Прогрев можно осуществить продуванием через пневмокабель теплого воздуха или поместив барабан с кабелем в теплое помещение на 1–3 сут. При положительных температурах радиус изгиба пневмокабеля должен быть больше или равен 6 наружным диаметрам, при отрицательных — 12 наружным диаметрам. Для трубок кабелей допускается изгиб радиусом не менее 40 мм. Расстояние между точками крепления пневмокабеля к кронштейнам или полкам должно быть на горизонтальных участках не более 600 мм, на вертикальных и наклонных участках — не более 1000 мм. Общепринятые для трубопроводов уклоны при укладке пневмокабеля не требуются, так как применение в системах пневмоавтоматики воздуха, хорошо очищенного и осушенного, исключает опасность образования конденсатных пробок.

Пневмокабели можно прокладывать совместно с электрическими проводами и небронированными кабелями цепей измерения и контроля открытым способом в кабельных каналах и защитных коробах при наличии разделяющих металлических перегородок во всех помещениях и установках, за исключением тех случаев, когда по условиям пожаро- и взрывоопасности перечисленные электрические проводки необходимо выполнять во взрывобезопасном исполнении.

Пневмокабели на общих несущих конструкциях прокладывают совместно с бронированными и силовыми кабелями с соблюдением следующих условий: пневмокабели укладывают над силовыми кабелями на отдельных полках с прокладкой между полками металлических или других несгораемых перегородок; в многоканальных защитных коробах во избежание перегрева от силовых кабелей пневмокабель прокладывают в кана-

лах, отделенных от силовых кабелей дополнительной асбестовой прокладкой или промежуточным каналом. Пневмокабель в пожаро- и взрывоопасных помещениях прокладывают так, чтобы не допустить распространения по кабелю пожара и взрывоопасных смесей в смежные помещения. С этой целью проходы пневмокабеля через стены и перекрытия, а также сборные коробки выполняют уплотненными.

Герметизацию пневмокабеля при проходе через стены осуществляют с помощью сальников, специальных гильз или лабиринтовых уплотнений (см. табл. 5.15). В зависимости от категории помещений проходы выполняют без разрыва пневмокабеля и с разрывом. При проходе с разрывом участки пневмокабелей соединяют через патрубки с переборочными соединениями, вмонтированными в стальной лист (бронеплиту), забетонированный в перекрытие или стену (рис. 5.34). Размеры стального листа определяются в зависимости от способа заделки. Размеры отверстия *B* в дне коробки зависят от габаритов пучка труб.

В случае повышения требований к огнестойкости стен и при проходе через наружные стены в бронеплиту сваривают отрезки металлических трубок, выступающих за пределы стены, а проемы заполняют теплоизолирующим материалом. Проход с разрывом пневмокабеля безопаснее, так как исключает возможность проникновения взрывоопасных смесей из одного помещения в другое по межтрубным пустотам пневмокабелей, а металлические детали трубопровода, вмонтированные в стену, исключают возможность распространения огня по пневмокабелю.

В местах присоединения пневмокабелей концы их разделяют так, чтобы длина оголенных трубок была достаточной для их присоединения (с учетом изгибов трубок допустимыми радиусами и запаса не менее 100 мм). При монтаже пневмокабеля необходимо предусмотреть компенсацию температурных изменений (за счет свободной укладки (с запасом длины и скользящими креплениями), применения «уток» на прямолинейных участках проводок длиной более 50 м и компенсирующих поворотов).

Переход с пневмокабеля на проводку отдельными трубами, идущими к приборам и средствам автоматизации, отдаленным друг от друга, осуществляют переборочными соединениями в коробках типа КС (см. разд. 3).

Пример соединения пневмокабеля с трубками в коробке с помощью перебо-

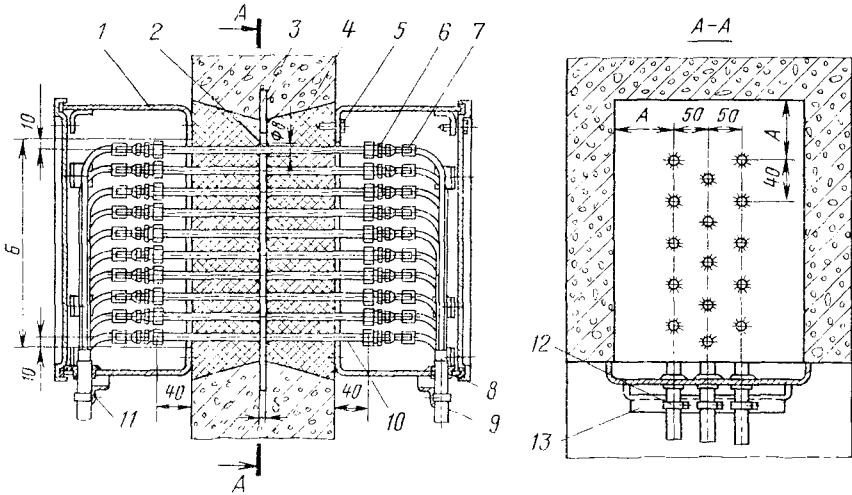


Рис. 5.34. Конструкции прохода пневмокабелей через стены и перекрытия взрыво- и пожароопасных помещений с пределом огнестойкости 1 ч и более:

1 — коробка стальная; 2 — сварка; 3 — лист стальной; 4 — цементная стяжка; 5 — дюбель; 6 — соединение с врезающимся кольцом; 7 — оконцеватель маркировочный; 8 — втулка; 9 — пневмокабель; 10 — труба стальная 8 × 1; 11 — болты с гайками; 12 — скоба; 13 — кронштейн

рочных соединителей дан на рис. 5.35.

При разделке в одном месте нескольких пневмокабелей вместо нескольких коробок применяют переборочные шкафы ШС-40 и ШС-80. Чаще всего переборочные шкафы применяют при вводе пневмокабелей в щитовые помещения.

Если все трубы пневмокабеля идут к приборам, расположенным рядом, например на одной панели щита, то в этом случае переборочные соединители не применяют,

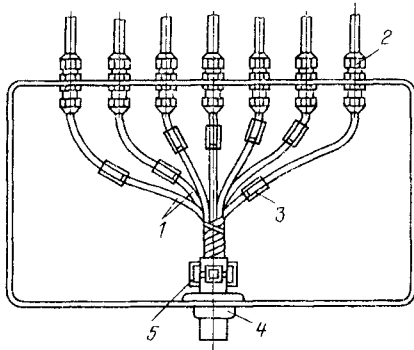


Рис. 5.35. Пример соединения пневмокабеля с трубами в коробке с помощью переборочных соединителей:

1 — трубы пневмокабеля; 2 — соединение; 3 — маркировочный оконцеватель; 4 — втулка пластмассовая; 5 — стойка перфорированная

а пневмокабель прокладывают непосредственно к панелям щита и его трубы подключают непосредственно к приборам или трубной коммутации щита.

Пневмокабели подводят к щитам обычно сверху через защитные коробки и лотки, расположенные на щитах, и разводят к соответствующим панелям. Вводы пневмокабелей в уплотненные шкафиные щиты герметизируют при помощи типовых сальников, применяемых для уплотнения (см. разд. 3 и 4).

Монтажная длина пневмокабелей

$$L_m = L_{тр} (1 + \alpha \Delta t),$$

где  $L_{тр}$  — длина трассы по проекту;  $\Delta t$  — разность температур в период монтажа и эксплуатации;  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения труб.

## 5.15. МОНТАЖ ТРУБНЫХ ПРОВОДОК В ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Трубные проводки в пожаро- и взрывоопасных зонах должны быть проложены так, чтобы пожаро- или взрывоопасные смеси не могли проникнуть по трубным проводкам или вдоль них в другие зоны. Проходы трубных проводок из пожаро- или взрывоопасных зон разных классов должны осуще-

ствляться через герметизированные проемы в стенах и перекрытиях. Для всех питающих или командных линий воздух должен забираться вне пожаро- или взрывоопасной зоны.

Выбросные трубные проводки должны выходить за пределы пожаро- и взрывоопасной зоны, а монтаж трубных проводок должен быть выполнен так, чтобы исключалась возможность подсоса в него пожаро- или взрывоопасных смесей.

При вводе трубных проводок в щиты, находящиеся в помещениях под избыточным давлением, отверстия в стенах и в полу для прохода трубных проводок должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами; проход трубных проводок через стальные переборки (стены) должен осуществляться через сальниковые уплотнения. Трубные проводки прокладывают вдали от силовых электрических полей; при невозможности выполнения этого требования трубные проводки необходимо заземлить на обоих концах, в местах разъемных соединений трубных проводок поставить перемычки из стальной или медной проволоки, обеспечивающие надежную электрическую цепь по обе стороны соединения, а находящиеся вне влияния электрических полей проводки, содержащие порошкообразные или волокнистые движущие среды, должны быть надежно электрически соединены и хорошо заземлены.

Вводы трубных проводок, входящие в пожаро- или взрывоопасные помещения снаружи, перед помещением должны быть заземлены.

Трубные проводки, транспортирующие токсичные или взрывоопасные среды, должны прокладываться раздельными потоками.

Смешанная прокладка трубных проводок (в одном потоке) высокого и низкого давлений или с взрывоопасными транспортируемыми средствами, а также трубных и электрических проводок или трубных проводок систем автоматизации и технологических трубопроводов не разрешается, за исключением вынужденных и технически обоснованных решений. В этих случаях трубные проводки различных назначений должны быть обязательно защищены от взаимных воздействий при их эксплуатации, а также от воздействий со стороны электрических проводок и технологических трубопроводов.

Прокладка трубных проводок, заполняемых маслом в помещениях кислородных установок, не допускается.

## 5.16. ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА ТРУБНЫХ ПРОВОДОК

После завершения монтажных работ все смонтированные трубные проводки перед сдачей в эксплуатацию должны быть испытаны на прочность и плотность. Перед испытанием трубопроводы внимательно осматривают на всем протяжении, проверяют надежность и правильность крепежных деталей разъемных соединений, заглушек и пробок. В процессе осмотра необходимо открыть все вентили и отсоединить трубопровод от всех приборов и аппаратов, а также от трубопроводов, которые в данном случае не подлежат испытанию. После завершения указанных работ приступают к продувке каждого трубопровода сжатым воздухом для удаления твердых частиц, пыли и грязи. Затем к трубопроводам подсоединяют насос или компрессор (в зависимости от типа испытаний) и соединяют с манометром (рис. 5.36), по показаниям которого следят за ходом испытаний.

Прочность и плотность смонтированных трубных проводок проверяют путем гидравлического или пневматического испытания, при котором в проводках создается пробное давление  $P_{пр}$ . Гидравлическими испыта-

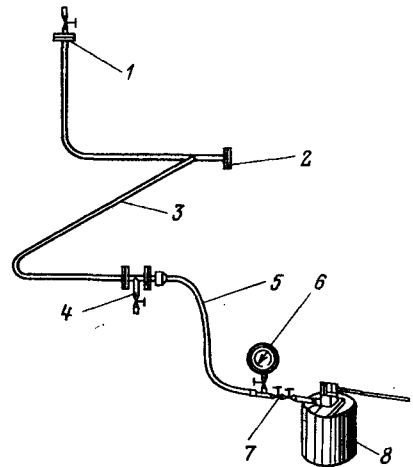


Рис. 5.36. Схема гидравлического испытания трубных проводок с применением ручного насоса:

1 — арматура для выпуска воздуха; 2 — заглушка; 3 — испытываемый трубопровод; 4 — арматура для спуска испытательной жидкости; 5 — подсоединительная трубка; 6 — контрольный манометр; 7 — два запорных вентиля; 8 — ручной насос



ниями проверяют прочность и плотность импульсных и вспомогательных трубных проводок, заполняемых жидкостями, а также негорючими и нетоксичными газами, командных гидравлических проводок, обогревающих и питающих проводок, проводок, предназначенных для работы при низком вакууме.

Прочность импульсных и вспомогательных трубных проводок, заполняемых горючими и токсичными газами, а также кислородом, должна проверяться гидравлическими испытаниями, а их плотность — пневматическими. Исключение составляют трубные проводки, заполняемые кислородом и работающие при давлении меньше 0,07 МПа, прочность которых проверяется пневматическими испытаниями.

Прочность и плотность трубных проводок при наружном диаметре труб до 10 мм,  $P_{пр}$  до 0,25 МПа может определяться пневматическими испытаниями. Прочность и плотность трубных проводок, предназначенных для работы при низком вакууме, проверяют гидравлическими испытаниями. Испытанию, как правило, подвергают всю линию от места отбора до прибора или датчика. В технически обоснованных случаях допускается проводить испытание линии по частям.

Перед испытаниями трубные проводки должны быть отсоединены от приборов и отборных устройств, продуты сжатым воздухом или инертным газом, а при необходимости промыты и плотно заглушены.

Пробное давление  $P_{пр}$ , создаваемое в трубных проводках, как правило, должно быть: при рабочих давлениях  $P_p$  до 0,5 МПа —  $1,5P_p$ , но не менее 0,2 МПа; при  $P_p$  свыше 0,5 МПа —  $1,25P_p$ , но не менее 0,3 МПа. Исключение составляют следующие трубные проводки: выполненные полиэтиленовыми и поливинилхлоридными трубами, предназначенными для работы при  $P_p$  до 0,14 МПа, которые испытываются пневматическим давлением 0,3 МПа, а также предназначенные для работы при рабочем давлении свыше 0,5 МПа, которые испытываются гидравлическим давлением, равным  $1,5P_p$ ; предназначенные для работы под низким вакуумом, которые испытываются на прочность и плотность давлением 0,15 МПа; заполняемые кислородом, рассчитанные на рабочее давление до 0,07 МПа, которые подвергаются пневматическому испытанию давлением, равным рабочему, увеличенному на 0,03 МПа.

При гидравлических испытаниях в качестве испытательной среды используют воду,

которая нагнетается насосом в трубные проводки до нужного давления, определяемого по манометру. При проведении испытаний зимой при температуре окружающего воздуха ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  в качестве испытательной среды используют растворы хлористого кальция в воде или масла промышленные (марки 12, 20, 20в), не замерзающие при  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Как сказано выше, перед испытанием все трубные проводки следует продувать сжатым воздухом или инертным газом. Трубные проводки, заполняемые кислородом, продувают только инертным газом. Сжатый воздух или инертный газ, применяемые для продувки, должны быть осушены и очищены от масла и пыли.

Смонтированные трубные проводки, заполняемые кислородом, при необходимости должны быть обезжирены. Обезжиривание проводят перед испытанием на прочность и плотность четыреххлористым углеродом (чистым для анализа) по ГОСТ 20288—74.

Перед проведением испытаний трубные проводки должны быть отсоединены от приборов и отборных устройств заглушками, конструкция которых должна предотвращать их срыв при пробных давлениях. Трубные проводки, предназначенные для работы при  $P_p = 20$  МПа, должны заглушаться заглушками с указателями. Число заглушек, поставленных перед испытаниями и снятых после испытаний, рекомендуется указывать в протоколе. Для трубных проводок  $P_p = 20$  МПа запись в протоколе обязательна.

Трубопроводы, подводящие испытательную жидкость, воздух или инертные газы от насосов, компрессоров, баллонов и т. п. к трубным проводкам, должны быть предварительно испытаны гидравлическим давлением в собранном виде с запорной арматурой и манометрами.

При гидравлических и пневматических испытаниях трубных проводок давление должно подниматься постепенно по ступеням. Рекомендуемые ступени подъема давления: первая ступень — 0,05—0,2 МПа (предварительное опробование); вторая ступень —  $0,5P_p$ ; третья ступень — до  $P_p$ ; четвертая ступень — до  $P_{пр}$ .

Манометры и вакуумметры, применяемые для испытаний, должны иметь пределы измерения, равные 4—3 измеряемого пробного давления, и класс точности не ниже 1,5. Не рекомендуется проводить гидравлические испытания при температуре окружающего воздуха ниже  $5^{\circ}\text{C}$ . Для испытания трубных проводок, заполняемых кислородом, применять масло не разрешается.

При гидравлических испытаниях устройство для подвода испытательной жидкости должно находиться в самой нижней точке испытываемой трубной проводки, а устройство для отвода воздуха — в самой высшей точке. На промежуточных ступенях подъема давления устраивают выдержку 1—3 мин, во время которой по манометру устанавливают отсутствие падения давления в трубных проводках. При пробном давлении трубные проводки выдерживают в течение 5 мин. Затем давление снимают до рабочего и проводят тщательный осмотр проводок. При этом металлические трубные проводки обстукивают молотком массой не более 0,5 кг.

Трубные проводки, предназначенные для работы при  $P_p = 20$  МПа, должны выдерживаться под пробным гидравлическим давлением в течение 10 мин, после чего давление снижают до рабочего и проводят осмотр трубных проводок при обстукивании их молотком. По окончании осмотра давление снова должно быть поднято до пробного и выдержано в течение 5 мин, а затем снижено до рабочего, при котором должно находиться в течение времени, необходимого для осмотра и обнаружения дефектов.

Трубные проводки считаются годными к эксплуатации, если при гидравлических испытаниях не обнаружено падения давления, а при осмотре не выявлено выпучин, трещин, течей и запотеваний.

По окончании испытания из трубных проводок спускают жидкость и продувают проводки сжатым воздухом.)

При пневматических испытаниях в качестве испытательной среды применяют воздух, при недопустимости его применения — азот или другой инертный газ, имеющийся на объекте. Воздух и инертные газы должны быть свободны от влаги, масла и пыли. При пневматических испытаниях на прочность давление в трубной проводке должно подниматься до пробного и выдерживаться в течение 5 мин; давление в трубных проводках, заполняемых горючими газами, должно выдерживаться в течение 30 мин, затем пробное давление должно быть снижено до рабочего, при котором проводят осмотр и выявляют дефекты.

При невматических испытаниях на плотность давление в трубной проводке должно подниматься до пробного, при котором проводка должна находиться в течение времени, необходимого для осмотра и выявления неплотностей. Для выявления дефектов при осмотре трубных проводок должны применяться пенообразующие растворы.

Не допускается при пневматических испытаниях обстукивать молотком трубные проводки, находящиеся под давлением. В зоне проведения испытаний не должно быть посторонних лиц.

Трубные проводки считаются годными к эксплуатации, если при пневматических испытаниях не обнаружится падение давления, а при осмотре и применении пенообразующих растворов не будет выявлено выпучин, трещин и течей.

## РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

### МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

#### 6.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭЛЕКТРОПРОВОДКАМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

##### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Электропроводки прокладывают по кратчайшим расстояниям между соединяемыми приборами и средствами автоматизации, параллельно стенам, перекрытиям и колоннам, с минимальным количеством поворотов и пересечений, удобно располагают для монтажа и эксплуатации, а также достаточно удаляют от мест с повышенной тем-

пературой, технологического оборудования и электрооборудования, силовых и осветительных линий, избегая перекрещивания с другими электропроводами и технологическими трубопроводами. Трасса выбирается с учетом наименьшего расхода проводов и кабеля. Электропроводки защищают от механических повреждений, коррозии, вибрации и перегрева; координируют относительно строительных сооружений. Трасса должна быть согласована с установкой технологического оборудования и прокладкой трасс электропроводок электроснабжения и силового оборудования.

Удаление трасс электропроводок от со-

оружий, технологических трубопроводов и оборудования при параллельной прокладке должно быть не менее:

а) для открытых электропроводок: 100 мм — от технологических трубопроводов; 400 мм — от трубопроводов, транспортирующих горючие жидкости и газы;

б) для кабелей, прокладываемых в земле: 2000 мм — от теплопроводов; 1000 мм — от газопроводов и трубопроводов, транспортирующих горючие жидкости; 600 мм — от фундаментов зданий; 1000 мм — от фундаментов и опор линий передач до 1 кВ; 2000 мм — от древесных насаждений.

При пересечении трасс электропроводок с технологическими трубопроводами и оборудования удаление должно быть:

а) для открытых электропроводок: 50 мм — от технологических трубопроводов; 100 мм — от трубопроводов, транспортирующих горючие жидкости и газы;

б) для кабелей, прокладываемых в земле, 500 мм — от тепло-, нефте- и газопроводов.

В электропроводах систем автоматизации допускается совместная прокладка в одной защитной трубе, коробе, кабеле или в одном пучке проводов, проложенных на лотках, цепей управления, регулирования, сигнализации, питания напряжением до 380 В переменного и 440 В постоянного тока, включая цепи питания и управления электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек.

Не разрешается совместная прокладка: измерительных цепей приборов и средств автоматизации с проводами другого назначения, которые могут создавать помехи, превышающие допустимые;

взаиморезервируемых цепей питания;

стационарно прокладываемых цепей питания электрифицированного инструмента и освещения щитов напряжением до 42 В;

цепей систем пожарной автоматики;

цепей питания электроприемников особой группы I категории.

Возможность совместных прокладок в одной трубе, канале, коробе, кабеле, пучке проводов измерительных цепей с цепями другого назначения регламентируется указаниями заводов-изготовителей.

Допускается совместная прокладка в одной трубе, коробе, кабеле измерительных цепей от преобразователей термоэлектрических (термопар) или термопреобразователей (термометров) сопротивления к автоматическим электронным потенциометрам и уравновешенным мостам постоянного тока. При

этом количество прокладываемых измерительных цепей не ограничивается.

Электропроводки систем автоматизации в коробах, лотках, защитных трубах (кроме электропроводок противопожарных устройств) допускается прокладывать рядом с аналогично выполненными электропроводами установок электроснабжения, освещения и силового электрооборудования, включая силовые шинопроводы напряжением до 1000 В.

При совместной прокладке кабелей электропроводок систем автоматизации с силовыми кабелями установок электроснабжения и силового электрооборудования в каналах, туннелях и открыто на кабельных конструкциях в производственных помещениях и наружных установках должны соблюдаться следующие требования:

при двустороннем расположении кабельных конструкций (полок) кабели электропроводок систем автоматизации должны размещаться по возможности на противоположной стороне от силовых кабелей;

при одностороннем расположении кабельных конструкций кабели систем автоматизации должны размещаться только под или над силовыми кабелями, при этом между ними следует ставить горизонтально разделительные перегородки;

кабели электропроводок систем автоматизации с взаиморезервируемыми цепями следует прокладывать на разных полках, разделенных перегородками;

разделительные перегородки должны быть негорючими с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

В коллекторах при прокладке кабелей электропроводок систем автоматизации совместно с силовыми кабелями, кабелями связи, водо-, тепло- и воздухопроводами должны соблюдаться следующие дополнительные требования:

при двухрядном расположении кабелей и трубопроводов с одной стороны прохода должны прокладываться сверху кабели связи, под ними теплопроводы; с другой стороны — сверху силовые кабели, под ними кабели электропроводок систем автоматизации, внизу водопроводы;

при однорядном расположении кабелей и трубопроводов сверху должны быть расположены силовые кабели, под ними кабели электропроводок систем автоматизации, под ними кабели связи, внизу — водо- и теплопроводы.

Совместная прокладка в коллекторах кабелей электропроводок систем автоматизации с газопроводами и трубопроводами,

содержащими легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, не допускается.

Во всех случаях прокладки электропроводок систем автоматизации совместно с силовыми кабелями установок электрооборудования и силового электрооборудования электропроводки систем автоматизации, в частности измерительные цепи, не должны подвергаться недопустимому влиянию (магнитному и электрическому) силовых цепей.

В производственных помещениях и наружных установках электропроводки систем автоматизации (кроме электропроводок противопожарных устройств) допускается прокладывать совместно с командными и импульсными проводками (заполненными негорючими средами), выполненными в виде пластмассовых труб или пневмокабелей в коробах, на лотках, кабельных конструкциях.

При этом должны учитываться следующие требования:

в коробах пластмассовые трубы или пневмокабели и электрические проводки должны прокладываться в отдельных каналах многоканальных коробов;

на лотках пластмассовые трубы или пневмокабели должны прокладываться от электрических кабелей или пучков проводов на расстоянии не менее 150 мм;

на кабельных конструкциях пластмассовые трубы или пневмокабели размещаются под электрическими кабелями.

### КАБЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Все элементы кабельных проводок должны быть проложены с учетом удобств монтажа и эксплуатации, а также исключения опасных механических натяжений и повреждений кабеля. Кабели, прокладываемые в местах, где возможны повреждения, должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли.

Наружные электропроводки должны противостоять воздействию ветров, гололедов, осадков и быть защищены от непосредственного действия солнечных лучей.

Электрические проводки от датчиков, первичных измерительных преобразователей, исполнительных механизмов и т. п., устанавливаемых непосредственно на технологическом оборудовании и трубопроводах, рекомендуется объединять в соединительных коробках, ящиках независимо от того, к какой панели щита оператора должны подключаться эти проводки. От соединительных коробок, ящиков предусматривается прокладка магистральных многожильных кабе-

лей до щитового (диспетчерского) помещения. Объединение цепей электропроводок систем автоматизации в магистральных многожильных кабелях производится с учетом требований совместной прокладки цепей различного назначения. В месте ввода кабелей в щитовое помещение следует устанавливать зажимный щит, к сборкам зажимов которого подключаются магистральные кабели, что исключает необходимость подключения жил одного кабеля к различным сборкам зажимов.

При наличии местных щитов, устанавливаемых непосредственно в производственных помещениях, проводки от них до операторных помещений следует выполнять многожильными магистральными кабелями.

В качестве кабельных электропроводок в системах автоматизации находят применение контрольные кабели. Основные данные наиболее широко применяемых марок контрольных кабелей приведены в табл. 6.1.

Наиболее простой является открытая прокладка кабельных электропроводок. Она может осуществляться по стенам, конструкциям зданий, под площадками и перекрытиями производственных помещений, а также по стенам зданий и сооружений, по технологическим и кабельным эстакадам в наружных установках, на кабельных конструкциях. Кабели, в том числе бронированные, расположенные в местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов, транспорта, должны быть защищены от повреждений.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах запрещается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы. Открытая прокладка кабелей по лестничным клеткам не допускается.

Прокладка в каналах, туннелях, коллекторах, блоках допустима в тех случаях, когда затруднена или невозможна открытая прокладка кабеля. Использование каналов в производственных помещениях разрешается только в случаях, когда нет возможности применить открытую прокладку кабелей на кабельных конструкциях. Как правило, следует стремиться использовать каналы и туннели, общие с кабелями установок электрооборудования и силового электрооборудования. Сооружение каналов и туннелей специально для электропроводок систем автоматизации допустимо только в отдельных случаях при наличии технико-экономических обоснований.

При прокладке кабельных электропроводок систем автоматизации в каналах, тун-





Продолжение табл. 6.1

Марка	Сечение жил, мм <sup>2</sup>	Значение характеристик при количестве жил															
		4		5		7		10		10		19		27		37	
		Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км	Наружный диаметр, мм	Масса, кг/км
АКВВБ	2,5	17,8	430	18,7	470	19,7	528	23,6	809	24,9	900	27,2	1064	30,8	1319	33,5	1552
	4,0	19,5	511	—	—	22,5	759	26,8	988	—	—	—	—	—	—	—	—
	6,0	21,4	705	—	—	24,0	873	28,7	1174	—	—	—	—	—	—	—	—
АКВВБГ	10,0	24,4	892	—	—	28,1	1178	33,6	1558	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,5	13,8	307	14,7	340	15,7	390	19,6	641	20,9	722	23,2	868	26,8	1095	29,5	1307
	4,0	15,5	380	—	—	18,5	598	22,8	795	—	—	—	—	—	—	—	—
	6,0	17,4	554	—	—	20,0	702	24,7	966	—	—	—	—	—	—	—	—
	10,0	20,4	717	—	—	24,1	975	29,6	1312	—	—	—	—	—	—	—	—

неях, коллекторах и блоках совместно с силовыми кабелями установок электроснабжения и силового электрооборудования должны соблюдаться требования совместной прокладки. Прокладка кабелей в блоках, как наименее экономичная, допускается только на отдельных участках трассы: в грунтах, агрессивных по отношению к оболочкам кабелей; в местах, где возможны разливы металла, и местах пересечения кабелями дорог, проездов и т. п., а также при необходимости защиты кабелей от блуждающих токов. Для изготовления блоков могут быть использованы железобетонные панели, асбоцементные трубы.

При выполнении электропроводок систем автоматизации, как правило, следует избегать прокладки кабелей в земле (траншеях). Такой вид прокладки допускается при малом числе кабелей в траншее (не более четырех-пяти); на участках территории с неагрессивными по отношению к оболочкам кабеля почвами, не загрязненными другими подземными коммуникациями, только в случае, когда затруднена или невозможна открытая прокладка кабелей.

### ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ В ЗАЩИТНЫХ ТРУБАХ, КОРОБАХ И ЛОТКАХ

Незащищенные изолированные провода, применяемые в электропроводках систем автоматизации, должны быть надежно защищены от механических повреждений, воздействия повышенной температуры, влаги и агрессивной среды.

• **Прокладка в коробах.** Защиту электропроводок, прокладываемых в производственных помещениях и наружных установках с большим количеством проводов в потоке, рекомендуется выполнять сталь-

ными коробами. Стальные короба следует также использовать для прокладки кабелей, если последние, исходя из местных условий, недопустимо или нецелесообразно прокладывать открыто на кабельных конструкциях или стальных лотках. Для открытых электропроводок применяют короба со съемными крышками, для скрытых — глухие. В наружных установках короба должны защищать кабели и провода электропроводок от дождя и снега. Короба в наружных установках прокладывают по конструкциям зданий и сооружений, по технологическим и кабельным эстакадам, в производственных помещениях — по стенам, под перекрытиями зданий, по конструкциям, под площадками и т. п. Допускается прокладка коробов в полах производственных помещений, если конструкция короба предназначена для этой цели.

• Высота установки коробов от пола не нормируется. При наличии условий, которые могут вызвать тягу воздуха внутри коробов (уклон трассы, разность температур), необходимо предусматривать уплотнения, разделяющие трассу коробов на отдельные участки.

• **Прокладка в лотках.** При открытой прокладке электропроводок в сухих помещениях, где отсутствуют газы, вредно действующие на изоляцию проводов и кабелей, и существует возможность механического повреждения, рекомендуется использовать стальные лотки. Высота установки лотков не должна быть меньше 2 м от уровня пола или площадки обслуживания. В щитовых помещениях и помещениях, в которые имеет доступ только обслуживающий персонал, высота лотков не нормируется.

В коробах и лотках рекомендуется прокладывать провода и кабели, собранные бан-

дажами в пучки (до 30 проводов в пучке). На лотках пучки располагают в один ряд, в коробах допускается многорядное расположение. На горизонтальных участках допускается прокладка проводов без объединения их в пучки.

**Электропроводки в защитных трубах.** В качестве защитных труб должны применяться пластмассовые и стальные трубы. Стальные трубы для электропроводок систем автоматизации следует применять, как исключение, в случаях когда не допускается прокладка проводов и кабелей без защитных труб, а применение пластмассовых труб запрещено. В целях расширения области применения пластмассовых труб в электропроводах в порядке опытно-промышленного внедрения при проектировании и монтаже силовых и осветительных сетей разрешается применение:

открытых и скрытых электропроводок в винилпластовых трубах и скрытых в полиэтиленовых трубах в пожароопасных зонах промышленных предприятий в пределах каждого этажа, кроме складских помещений, а также транзитных, горизонтальных и вертикальных прокладок;

полиэтиленовых труб для электропроводок, заключенных в строительные конструкции жилых зданий высотой десять этажей и более (за исключением стояков — междуэтажных вертикальных прокладок), при отсутствии в межквартирных стеновых панелях и панелях перекрытий, поставляемых доместроительными комбинатами, сквозных отверстий под электроустановочные изделия и сквозных ответвительных ниш; на участках выхода скрытых электропроводок наружу (из полов, фундаментов и т. п.) — винилпластовых труб с соответствующей защитой в местах возможных механических повреждений. Защитные трубы в наружных установках прокладывают по конструкциям зданий и сооружений, по технологическим и кабельным эстакадам.

Прокладка защитных труб в земле (траншеях) запрещается. Высота прокладки электропроводок в защитных трубах от уровня пола не нормируется. Исключением являются неметаллические защитные трубы, которые в местах возможных механических повреждений требуют дополнительной защиты отрезками металлических труб, уголков и т. п. Размеры защитных труб (диаметр, длина) должны обеспечивать свободную протяжку кабелей и проводов.

Определение длин защитных труб и их диаметров в зависимости от сложности протяжки провода или кабеля, их наружного

диаметра и числа проводов и кабелей можно произвести по расчетным табл. 6.2—6.5.

Таблица 6.2. Оценка сложности затяжки проводов и кабелей в защитные трубы

Длина, м, затяжки проводов сложности			Примеры конфигураций	Число изгибов
А	Б	В		
100	75	50		Прямая труба
75	50	30		Один изгиб 90° или два 150—120°
50	30	20		Два изгиба 90° или один изгиб 90° и два 150—120°
40	25	15		Три изгиба 90° или два изгиба 90° и два изгиба 150—120°
30	20	10		Три изгиба 90° и два изгиба 150—120°

Примечание. Кружки на концах линий обозначают изгиб линии под углом 90° вверх или вниз.

**Пример.** Требуется определить диаметр стальной трубы для прокладки в ней десяти проводов марки ПРТО сечением жил 1,5 мм<sup>2</sup> и трех проводов марки АПР сечением жил 6,0 мм<sup>2</sup> при длине трубопровода 50 м и двух изгибах под углом 90°.

По табл. 6.2 определяем сложность затяжки проводов А. Диаметр необходимой трубы находим по расчетной формуле из табл. 6.3:

$$0,32D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 = 10 \cdot 4,8^2 + 3 \cdot 5,3^2 = 314 \text{ мм}$$



Таблица 6.3. Расчетные формулы для выбора труб

Сложность затяжки проводов в соответ- ствии с табл. 6.2	Один провод или кабель	Два провода или кабеля		Три провода или кабеля и более
		одинако- вого диаметра	разных диаметров	
А	$0,6D \geq d$	$0,38D \geq d$	$0,38D \geq (d_1 + d_2)/2$	$0,32D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots$
Б	$0,7D \geq d$	$0,38D \geq d$	$0,38D \geq (d_1 + d_2)/2$	$0,4D^2 \geq n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots$
В	$0,8D \geq d$	$0,4D \geq d$	$0,4D \geq (d_1 + d_2)/2$	$0,45D^2 \geq n_1^2 d_1^2 + n_2^2 d_2^2 + \dots$

Примечание. Здесь  $d, d_1, d_2, \dots$  — наружные диаметры проводов или кабелей, мм;  $n_1, n_2$  — число проводов или кабелей данного диаметра;  $D$  — внутренний диаметр трубы, мм.

Таблица 6.4. Расчетные коэффициенты для выбора труб

Водогазопроводные трубы		Внутренний диаметр электросвар- ных труб, мм	Один провод или кабель			Два провода или кабеля		Три провода или кабеля и более		
Трубная резьба, дюймы	Внутрен- ний диа- метр, мм		0,6D	0,7D	0,8D	0,38D	0,4D	0,32D <sup>2</sup>	0,4D <sup>2</sup>	0,45D <sup>2</sup>
1/2	15,75	17	12,6	11,2	9,6	6,3	5,8	79	99	111
3/4	21,25	22,5	17	15,2	12,9	8,5	7,8	144	180	203
1	27	28	21,6	19,3	16,4	10,8	10	233	292	328
1 1/4	35,75	—	28,6	25,6	21,7	14,3	13,2	409	511	575
1 1/2	41	43	32,8	29,3	24,8	16,4	15,2	537	672	756
2	53	55	42,3	37,8	32,1	21,2	19,6	898	1123	1264

Таблица 6.5. Размеры труб в зависимости от числа и сечений одножильных проводов марок АПРТО, ПРТО, АПРН, ПРН, АПВ и ПВ

Сече- ние, мм <sup>2</sup>	Слож- ность затяжки проводов в соответ- ствии с табл. 6.2	Наибольшее допустимое число проводов для труб диаметром, дюймы					
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
1,0	А	5	10	16	28	37	—
	Б	6	12	20	35	46	—
	В	7	14	23	40	53	—
1,5	А	4	8	13	24	31	—
	Б	5	10	17	30	40	—
	В	6	12	19	34	45	—
2,5	А	3	7	11	20	26	44
	Б	4	8	14	25	33	56
	В	5	10	16	28	37	62
4	А	3	6	9	17	22	37
	Б	4	7	12	21	28	46
	В	4	8	13	23	31	52
6	А	2	4	7	14	18	30
	Б	3	6	10	17	23	38
	В	3	6	11	19	25	43
10	А	1	2	3	6	9	15
	Б	1	3	4	8	11	18
	В	1	3	5	9	12	21

с учетом наружных диаметров проводов марки ПРТО-500 сечением  $1,5 \text{ мм}^2$   $d_1 = 4,8 \text{ мм}$  и проводов марки АПР сечением  $6,0 \text{ мм}^2$   $d_2 = 5,3 \text{ мм}$ . Из табл. 6.4 находим ближайшее большее значение расчетного коэффициента  $0,32D^2 = 409$ , которому соответствует водогазопроводная труба диаметром  $1 1/4$ .

## СЕТИ ЗАНУЛЕНИЯ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Для зануления и заземления электроустановок систем автоматизации должна использоваться заземляющая сеть (заземляющее устройство) системы электроснабжения и силового электрооборудования автоматизируемого объекта.

Исключение могут составить некоторые специальные системы автоматического контроля и управления, которые по специфическим условиям работы или требованиям заводов-изготовителей не допускается объединять с общей (с другими электроустановками) системой заземления. Для таких систем допускается предусматривать отдельное заземляющее устройство, которое должно отвечать всем требованиям, предъявляемым к защитному заземлению:

...Выполнение зануления и заземления электр...

троустановок систем автоматизации должно быть согласовано с организациями (подразделениями), проектирующими или эксплуатирующими электротехническую часть автоматизируемого объекта.

Рекомендуется зануление (заземление) в электроустановках систем автоматизации выполнять следующим образом.

Щит питания системы автоматизации соединяется нулевым защитным (заземляющим) проводником с магистралью зануления (заземления) у источника питания; все другие элементы электроустановок систем автоматизации, подлежащие занулению (заземлению), соединяются нулевыми защитными (заземляющими) проводниками со щитом питания.

Зануление (заземление) в электроустановках систем автоматизации следует выполнять:

а) при напряжениях переменного тока 380 В и постоянного тока 440 В и выше во всех случаях;

б) при напряжениях переменного тока выше 42 В и постоянного тока выше 110 В только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Зануление (заземление) не требуется выполнять при номинальных напряжениях 42 В и ниже переменного тока и 110 В и ниже постоянного тока.

Занулению (заземлению) подлежат металлические части электроустановок, не находящиеся под напряжением, но на которых может появиться опасное для жизни напряжение при повреждении электрической изоляции токоведущих частей (проводов, обмоток и т. п.). К ним относятся:

а) металлические корпуса контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, аппаратов управления, защиты, сигнализации, освещения, корпуса электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (вентилей) и т. д.;

б) металлические щиты и пульты всех назначений, на которых устанавливаются электрические приборы, аппараты и другие средства автоматизации; съемные или открывающиеся части щитов и пультов, если на них установлена электроаппаратура напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока; вспомогательные металлические конструкции для установки электроприемников и аппаратов управления;

в) металлические оболочки, броя и муфты контрольных и силовых кабелей, металлорукава, металлические оболочки прово-

дов и кабелей, стальные трубы электропроводок, коробки, металлические корпуса, лотки, кабельные конструкции, кронштейны и другие металлические элементы крепления электропроводок;

г) металлические корпуса стационарных и переносных трансформаторов, корпуса выключательных устройств;

д) металлические корпуса переносных и передвижных электроприемников;

е) приборы и аппараты, размещенные на движущихся частях технологического оборудования;

ж) стационарные металлические защитные ограждения открытых токоведущих частей электроустановок;

з) электрифицированный инструмент.

Не требуется зануление (заземление):

а) отдельными проводниками приборов, аппаратов и средств автоматизации, устанавливаемых на зануленных (заземленных) щитах и пультах или вспомогательных конструкциях, если обеспечивается надежный металлический контакт (без краски, лака и т. п.) между корпусами электроприемников и металлоконструкциями щитов и пультов;

б) корпусов электроприемников, изготовленных полностью из изоляционных материалов, например пластмассовых корпусов;

в) открывающихся и съемных частей зануленных (заземленных) металлических щитов, пультов, ограждений и т. п., если на этих открывающихся и съемных частях установлена электроаппаратура напряжением, не превышающим 42 В переменного или 110 В постоянного тока;

г) отдельно стоящих щитов и пультов, предназначенных для установки неэлектрических приборов и средств автоматизации, например пневматических приборов и регуляторов (без электропитания), манометров (без электрических цепей) и т. п.; электрическая проводка стационарного освещения таких щитов (если оно требуется) должна выполняться в зануленной (заземленной) стальной трубе (вплоть до ввода в осветительную арматуру). Указанные щиты и пульты, если они устанавливаются в помещениях и наружных установках, в которых применено зануление (заземление) электрооборудования с целью уравнивания потенциалов, также следует присоединить к сети зануления (заземления);

д) корпусов электроприемников с двойной изоляцией и корпусов электроприемников, подключаемых к сети через разделительные трансформаторы;

е) металлических скоб, закрепов, отрез-

ков стальных защитных труб в местах прохода кабелей через стены и перекрытия.

В качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников в электроустановках систем автоматизации следует использовать:

нулевые рабочие проводники в электроустановках, нитающихся от систем с глухозаземленной нейтралью, кроме ответвлений к однофазным электроприемникам, для зануления которых должен использоваться отдельный третий нулевой защитный проводник;

специально предусмотренные для этой цели проводники (жилы кабелей, проводов, стальные полосы и т. п.);

стальные трубы электропроводок;  
алюминиевые оболочки кабелей;  
металлические короба и лотки.

Допускается в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников использовать:

металлические конструкции зданий и сооружений производственного назначения;

металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, систем канализации и центрального отопления. При этом должно быть обеспечено надежное соединение указанных конструкций и трубопроводов с заземляющим устройством объекта и непрерывность электрической цепи по всей длине ее использования.

При питании от систем с глухозаземленной нейтралью полная проводимость нулевых защитных проводников должна составлять не менее 50% проводимости фазных проводников. При питании от сети с изолированной нейтралью сечение заземляющих проводников должно составлять не менее  $\frac{1}{3}$  проводимости фазных проводников. Сечение заземляющих жил проводов и кабелей в сетях постоянного тока могут приниматься равными сечению питающих проводников. Во всех случаях размеры заземляющих и нулевых защитных проводников не должны быть меньше размеров, приведенных в табл. 6.6. Выбор заземляющих стальных проводников из круглой, полосовой стали и стальных труб производится по табл. 6.7.

**Требования к выполнению заземляющей сети.** При выполнении заземляющей сети необходимо соблюдать следующие требования:

1) в заземляющей сети должны быть обеспечены непрерывная электрическая цепь по всей ее длине и надежность контактных соединений заземляющих проводников между собой и в местах присоединения к за-

Таблица 6.6. **Наименьшие размеры заземляющих и нулевых защитных проводников**

Наименование	Медные	Стальные			
		Алюминиевые в зданиях	в наружных установках		в земле
Неизолированные проводники: сечение, мм <sup>2</sup> диаметр, мм <sup>2</sup>	4	6	—	—	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами: сечение, мм <sup>2</sup>	—	—	5	6	10
Угловая сталь: толщина полки, мм	1	2,5	—	—	—
Полосовая сталь: сечение, мм <sup>2</sup> толщина, мм	—	—	24	48	48
Водогазопроводные стальные трубы: толщина стенки, мм	—	—	3	4	4
Тонкостенные стальные трубы: толщина стенки, мм	—	—	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные стальные трубы: толщина стенки, мм	—	—	1,5	2,5	Не допускается

земляющим элементам электроустановок систем автоматизации;

2) медные и алюминиевые заземляющие проводники должны присоединяться так же, как и фазные (соединение с помощью зажимов, пайкой, сваркой и т. п.). Прокладку отдельных заземляющих медных и алюминиевых проводников необходимо производить вместе с остальными (в одной трубе, коробе, лотке, кабеле). Во всех случаях, когда у зануляемого (заземляемого) оборудования отсутствуют заземляющие болты, для присоединения нулевых защитных (заземляющих) проводников из цветных металлов необходимо предусматривать приварку флажка с заземляющим болтом;

3) соединение стальных защитных труб электропроводок, используемых в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников, должно производиться с помощью резьбовых муфт; должен быть также обеспечен

Таблица 6.7. Выбор сечения стальных заземляющих проводников в зависимости от сечения фазных

Наименование, ГОСТ и размеры стальных заземляющих проводников, проводимость которых равна примерно 50% проводимости фазных проводников	Сечение стальных заземляющих проводников при сечении фазных проводников или жил кабелей, мм <sup>2</sup>				
	медных				
	до 2,5	4	6	10	16
	алюминиевых				
	до 4	6	10	16	25
Полоса стальная горячекатаная, ГОСТ 103-76, сечение, мм	14 × 4	16 × 4	18 × 4	20 × 4	30 × 4
Сталь круглая, ГОСТ 2590-71, диаметр, мм	6	8	10	12	12
Трубы стальные электросварные, ГОСТ 10704-76, наружный диаметр × толщина стенки, мм	20 × 1,6	25 × 1,8	25 × 1,8	32 × 2	32 × 2
То же, но для соединения манжетами	18 × 1,6	25 × 1,5; 25 × 1,8	25 × 1,6; 25 × 1,8	30 × 1,8	30 × 1,8
Трубы стальные водогазопроводные, ГОСТ 3262-75, наружная резьба, дюймы	1/2	1/2	3/4	1	1

надежный контакт стальных труб с корпусами приборов и аппаратов, стальными соединительными коробками способами, предусмотренными инструкциями по монтажу.

Соединение коробов, лотков, стальных полос, угловой стали должно производиться сваркой или с помощью болтовых соединений, имеющих приспособления против самоотвинчивания с соблюдением требований инструкций по монтажу. Стальные полосы, угловую сталь, используемые в качестве нулевых защитных проводников, следует прокладывать по возможности ближе к фазным проводникам;

4) при использовании в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников алюминиевых оболочек кабелей соединение с зануляемыми (заземляемыми) элементами должно выполняться с помощью гибких медных проводников сечением 6 мм<sup>2</sup> при сечении жил кабелей до 10 мм<sup>2</sup> и сечением 10 мм<sup>2</sup> при сечении жил кабелей 16–35 мм<sup>2</sup>;

5) при установке приборов, аппаратов и средств автоматизации на зануленных (заземленных) щитах, пультях и вспомогательных конструкциях, а также при соединении между собой отдельных щитов и пультов в многосекционные щиты (пульты) в местах соединений должен быть обеспечен надежный металлический контакт (без краски, лака и т. п.). Зануление (заземление) составных щитов и пультов, у которых обеспечен надежный контакт отдельных панелей (шкафов, пультов) между собой и установочной металлической рамой, допускается выполнять в одном месте;

6) зануление (заземление) металлических корпусов отдельно стоящих аппаратов управления электродвигателей исполнительных механизмов и электроприводов задвижек (магнитных пускателей, кнопок управления и т. п.) должно осуществляться с помощью отдельных проводников, присоединяемых к нулевому защитному (заземляющему) проводнику ответвления данного электродвигателя;

7) в случаях, когда коробка, лотки, стальные защитные трубы не используются в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников, они должны быть занулены (заземлены) в соответствии с требованиями, приведенными в данном параграфе, как обычные элементы электроустановки, которые в результате пробоя изоляции проводов или кабелей могут оказаться под напряжением.

## 6.2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

### РАЗМЕТКА ТРАСС ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Перед разметкой трасс электропроводок должны быть определены точные места установки щитов и пультов, средств автоматизации, зажимных щитов, соединительных коробов и ящиков, местных щитов, приборов, регуляторов и других средств автоматизации, а также места прохода трасс через стены и перекрытия. Разметка трасс электропроводок выполняется в соответствии с монтажными чертежами проекта автоматизации и проекта производства работ.

При разметке трасс открытых электропроводок производится отбивка окрашенным шнуром или нанесение другим способом вертикальных и горизонтальных линий. При этом для одиночных труб и кабелей линии указывают точное их местонахождение.

Для пакетов труб или группы кабелей вертикальные линии указывают оси пакетов или групп кабелей, а горизонтальные — верхние их края. При разметке горизонтальных участков трасс электропроводок в защитных трубах необходимо учитывать, что при переходах электропроводок из отапливаемых помещений в неотапливаемые со стороны последних на защитных трубопроводах необходимо установить водосборные трубки.

При разметке трасс электропроводок необходимо учитывать также допустимые радиусы внутренней кривой изгиба кабелей, указанные в § 6.1. Радиус изгиба защитных трубопроводов открытых электропроводок должен быть не менее четырех и скрытых не менее десяти наружных диаметров труб. Допускается радиус изгиба труб, равный шести наружным диаметрам, если вскрытие защитного трубопровода не представляет особых трудностей. Во время разметки трасс электропроводок выполняют также необходимые замеры для изготовления в МЗУ трубных блоков, блоков коробов и заготовок кабелей и жгутов установочных проводов.

После разметки вертикальных и горизонтальных линий, указывающих места прокладки электропроводок, размечают поперечными линиями места установки опорных конструкций и крепежных изделий, а также намечают места установки протяжных и соединительных устройств. При разметке мест крепления электропроводок и установке опорных конструкций необходимо учитывать, что расстояние между опорными конструкциями как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости должно быть не более 2 м под лотки и мосты и 4 м под короба.

Расстояния между креплениями открыто проложенных защитных пластмассовых труб должны быть: 0,5 м для труб диаметром 20 мм; 0,7 м для труб диаметром 25 мм; 0,9 м для труб диаметром 32 мм; 1,1 м для труб диаметром 40 мм и 1,3 м для труб диаметром 50 мм.

❖ Расстояния между креплениями открыто проложенных защитных металлических труб на горизонтальных и вертикальных участках не должны превышать: 2,5 м для труб с условным проходом до 20 мм; 3 м для труб с условным проходом от 20 до 40 мм;

4 м для труб с условным проходом от 40 до 50 мм.

При совместной прокладке труб с различными условными проходами принимается наименьшее расстояние между креплениями. Кроме того, защитные трубы открытых электропроводок должны быть закреплены не далее 0,8 м от приборов, исполнительных механизмов и т. п. и не далее 0,3 м от соединительных и протяжных устройств. Гибкие металлические рукава крепят через 0,5—0,75 м.

Опорные конструкции для прокладки бронированных и небронированных кабелей диаметром более 18 мм устанавливают на расстоянии не более 1 м, а для прокладки небронированного кабеля диаметром до 18 мм не более 0,5 м. Независимо от расстояния опорных конструкций кабеля должны быть закреплены у соединительных коробок, муфт и концевых заделок на расстоянии не менее 0,5 м.

Разметку скрытых электропроводок, выполненных в защитных трубах, проходящих в бороздах стен и потолков или в подливках полов, допускается производить по кратчайшему направлению.

## УСТАНОВКА ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При горизонтальной прокладке потоков кабелей по стенам зданий, в туннелях и каналах применяют сборные опорные кабельные конструкции, состоящие из кабельных стоек и полок закладных подвесок, оснований типа К1155. Кабельные стойки крепят специальной скобой К1149 пристрелкой или сваркой к металлическим закладным устройствам и металлоконструкциям. При прокладке небольшого числа кабелей в потоке (от двух до десяти) применяют подвески К340 и К341, закрепляемые на перфорированном профиле типа Ш32 × 16.

Многоярусные потоки кабелей, проходящие под перекрытиями, прокладывают по кабельным полкам, которые крепят к подвесам. Подвесы представляют собой две кабельные стойки, связанные в нижней части поперечиной или шпилькой, а в верхней — фланцем для крепления к перекрытию. Кабельные подвесы устанавливают друг от друга на расстояниях, не превышающих 0,8 м, т. е. меньших расстояний между сборными кабельными конструкциями. Это объясняется тем, что кабельные подвесы выдерживают меньшую нагрузку, чем кабельные конструкции.

• При прокладке одиночных кабелей и за-

защитных труб электропроводок по стенам и перекрытиям для крепления используют скобы типов СО и СД. Однолапковые скобы СО применяют на вертикальных участках, двухлапковые СД — на горизонтальных. На горизонтальных участках при прокладке труб и кабелей по стенам допускается выполнение промежуточных креплений однолапковыми скобами, при этом лапки скоб должны располагаться ниже кабеля или трубы.

Для прокладки вертикальных потоков кабеля и защитных труб применяют П-образные конструкции из перфорированных уголков или швеллеров различных сечений.

При прокладке кабельных электропроводок широко применяют конструкции из перфорированных профилей, выполненные в виде мостов или лотков. Для установки лотков и мостов на стенах или колоннах применяют кабельные полки соответствующей длины или кронштейны, а для установки под перекрытиями — кабельные подвесы. Такой способ установки позволяет обеспечить укладку на них проводов или кабелей через борт без протягивания в лотках или мостах. Расстояние между соседними полками, на которых устанавливают лотки, должно быть 1,5—2 м. Лотки между собой соединяют болтами диаметром 6 мм и перфорированными полосами с продольными отверстиями.

### ПРОКЛАДКА ЗАЩИТНЫХ ТРУБ И КОРОБОВ

После установки опорных конструкций приступают к монтажу защитных труб и коробов. Защитные трубопроводы во всех случаях, когда это возможно, следует использовать блоками, предварительно собранными в МЗМ. Блоки маркируют порядковыми номерами, указанными на чертежах, от начала потока труб к его концу, поэтому маркировка указывает на последовательность сборки на месте монтажа. Блоки доставляют на место монтажа и устанавливают на опорные конструкции с помощью подъемных механизмов и приспособлений.

Для электропроводок систем автоматизации должны применяться пластмассовые и металлические трубы. Предпочтительным является применение пластмассовых труб. Сортамент труб, рекомендуемых для защитных трубопроводов, и область их применения рассмотрены в § 6.1.

В зависимости от окружающей среды защитные трубопроводы выполняют уплотненными и неуплотненными. Уплотненные электропроводки применяют во взрыво-

опасных зонах (см. § 6.3), а также в помещениях с агрессивной средой и в особо сырых.

**Соединение труб неуплотненных трубопроводов.** Трубы неуплотненных трубопроводов соединяют: а) манжетами с клиновой обоймой; б) гильзами из отрезков труб большого диаметра, привариваемых к трубам; в) при наличии резьбы — прямыми соединительными муфтами непосредственно встык или с помощью вставок. По мере соединения блоков между собой их прикрепляют к опорным конструкциям скобами, хомутами или путем электросварки.

Соединение пластмассовых труб должно выполняться с помощью муфт и раструбов: винилпластовых с последующим склеиванием; полиэтиленовых и полипропиленовых с последующей сваркой в муфтах или горячей обсадкой в раструбах. Изгибание пластмассовых труб производят с предварительным нагревом.

Крепление открыто прокладываемых пластмассовых труб должно допускать их свободное перемещение (подвижное крепление) при линейном расширении или сжатии от изменения температуры окружающей среды. Жесткие крепления устанавливают около мест ввода труб в аппараты и монтажные изделия, в местах прохода труб через стены, а также при вертикальной прокладке в средних точках между соседними компенсаторами.

Крепить пластмассовые трубы рекомендуется при помощи пластмассовых клиц либо металлических скобами с обязательной прокладкой прокладочного материала — прессшпана, паронита и т. п.

Для затяжки проводов и кабелей при прокладке защитных трубопроводов применяют протяжные коробки, расстояние между которыми не должно превышать: 50 м при одном изгибе труб; 40 м при двух изгибах; 20 м при трех изгибах.

Для ответвления и соединения проводов и кабелей, затягиваемых в трубы, устанавливают соединительные коробки. Трубопроводы к соединительным коробкам присоединяют с помощью гибкого металлорукава. На концы защитных труб, входящих в протяжные коробки, корпуса, щиты и пульты, должны быть надеты втулки.

► Крепление труб к несущим и опорным конструкциям. Одиночные трубы крепят скобами типов СО, СД и хомутами. Для крепления двух труб служат скобы типа БС.

◄ Концы защитных труб до затяжки проводов и кабеля закрывают заглушками, предотвращающими попадание в трубы воды, мусора или грязи.

Защитные трубы для скрытых электропроводок закладывают в период сооружений зданий и фундаментов, располагая трубы в бетонизируемых полах на глубине не менее 20 мм от поверхности пола. На выходе полиэтиленовых и полипропиленовых труб из фундаментов, подливок полов наружу должны применяться отрезки и коленья из стальных тонкостенных труб. Полиэтиленовые и полипропиленовые трубы при выходе из фундаментов и полов на стены должны защищаться стальным профилем на высоту до 1,5 м. Места соединения труб уплотняются. Соединение труб должно выполняться так, чтобы вода не попадала в защитные трубы. При необходимости заземления защитного трубопровода для соединения труб необходимо применять хорошо затянутые муфты на сурике. Временно открытые концы труб должны быть плотно закрыты заглушками.

Замоноличивание и заделку скрытых защитных трубопроводов производят только после проверки правильности укладки и соединения труб. Результаты проверки должны быть оформлены актом на скрытые работы.

**Стальные защитные короба.** Для защиты неуплотненных электропроводок с большим числом проводов и кабелей применяют защитные стальные короба сечением 100 × 100, 150 × 150, 200 × 200 мм<sup>2</sup> (см. табл. 3.62). Ответвления, повороты и соединения коробов разного сечения выполняют типовыми соединительными элементами (угольниками, крестами и переходами). Монтаж коробов заключается в установке их на опорные конструкции, стыковке между собой, закреплении с помощью болтов или сваркой к опорным конструкциям и соединении с защитными трубами или металлорукавами. В коробах, прокладываемых на вертикальных участках, должны быть приварены шпильки для крепления пучков и кабелей, прокладываемых между ними змейкой.

Приварка коробов должна проводиться до прокладки кабельных проводов с последующей зачисткой шва от шлака и металлических брызг и покраской мест сварки. Вывод кабелей из стальных коробов производится через отверстия в дне или боковых стенках с применением соединителей: металлорукав — короб, вводы кабельные и сальники.

Короба в месте пересечения осадочных и температурных швов зданий и сооружений должны иметь компенсирующие устройства.

Внутренние поверхности коробов не должны иметь заусенцев, острых кромок и других дефектов, из-за которых может

быть повреждена изоляция проводов и кабелей.

## ЗАТЯЖКА ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ В ЗАЩИТНЫЕ ТРУБЫ

Затяжка проводов должна осуществляться в полностью смонтированные защитные трубопроводы. Перед затяжкой проводов со свободных концов труб удаляют заглушки и продувают трубопровод сжатым воздухом. Затем между протяжными устройствами затягивается стальная проволока диаметром 1—2 мм. Для облегчения протяжки, особенно при больших пучках проводов и на сложных участках трассы, вдувается в трубы тальк. На концы труб в протяжных коробках со стороны подачи проводов и кабелей должны быть установлены пластмассовые втулки типа ВО. Заранее отмеренные и намотанные на инвентарные барабаны или вертушки пучки провода или отрезки кабеля устанавливают у конца трубопровода, с которого начинается затяжка.

В трубах допускается прокладка изолированных проводов и небронированных кабелей с пластмассовой или резиновой оболочкой с минимальным сечением токопроводящих жил: 1 мм<sup>2</sup> для медных и 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводников. Провода и кабели должны быть из одного куска, сращивание не допускается. Затем провода или кабель соединяют с тросом и с помощью лебедки затягивают в трубы. При протягивании проводов через протяжные и ответвительные коробки провода в них вытягивают и укладывают петлей, создавая запас для выполнения ответвления.

Провода, проложенные в защитных трубах на вертикальных участках при длине более 20 м, закрепляют зажимами или другими устройствами, помещенными в протяжных или ответвительных электрофитингах и т. п. Затяжку на участках рекомендуется производить снизу вверх. Защита проводов от конца защитных труб до прибора, исполнительного механизма и других средств автоматизации, ввод в которые не предусматривает присоединение защитной трубы, выполняют обычно металлорукавом. Металлорукава с трубой, коробом и прибором соединяют специальными соединителями типов СМК и СМТ, а также муфтой типа МС-1.

Укладка проводов и кабеля на лотки и короба производится в следующей последовательности. Предварительно заготовленные в МЗМ пучки провода и мерные отрезки кабеля, намотанные на инвентарные бара-

баны, располагают у одного из концов трассы. По трассе устанавливают линейные ролики различных типов и с помощью лебедок прокладывают кабель и пучки провода вдоль трассы. С установленных коробов снимают крышки и укладывают пучки проводов и кабеля. При этом в коробах провода и кабель укладывают многослойно с упорядоченным или произвольным (россыпью) взаимным расположением, свободно без натягов, изломов и петель.

Коэффициент заполнения короба определяется в зависимости от сложности трассы и конкретных типов коробов и кабелей в соответствии с требованием монтажных инструкций.

Крепление проводов и кабеля в коробах производится на вертикальных участках трассы и при расположении коробов крышкой вниз или в боковую сторону при помощи шпилек и пластин, предусмотренных конструкцией короба. Расстояние между точками крепления должно составлять: при боковом расположении крышки не более 3 м; при крышке, направленной вниз, не более 1,5 м; при вертикальном расположении короба не более 1 м. Провода и кабель закрепляют также перед поворотом короба вверх или вниз на расстоянии не менее 0,5 м от начала поворота.

На лотках провода и кабеля должны прокладываться пучками вплотную друг к другу в один слой (кабели, не скрепленные между собой в пучки, также укладываются в один слой). Наружный диаметр пучков проводов и кабелей не должен превышать 100 мм.

Для объединения в пучки и прокладки в коробах следует по возможности подбирать провода и кабели с однотипными изоляцией и оболочками.

Крепление проводов, прокладываемых на лотках на прямых горизонтальных участках трассы, не требуется, за исключением случаев установки лотков на ребро. Крепление проводов и кабеля на вертикальных участках должно выполняться с интервалом не более 0,4 м.

Для крепления кабелей и проводов необходимо применять скобы типов СО, БС<sub>2</sub>, СД, БСП и перфорированную ленту с кнопками.

При креплении пучков проводов и небронированных кабелей металлическими скобами необходимо в местах крепления применять прокладки из прессишпана, пергамина или другого аналогичного материала. Выход проводов из лотков может осуществляться поверх борта или через от-

верстие перфорации. В местах выхода проводов должны быть установлены прокладки, предохраняющие изоляцию или оболочку от повреждения. В местах, где возможны механические повреждения, провода и кабели следует закрывать вторым лотком, образуя своеобразный короб. На проводочных лотках прокладывают пучки проводов и кабеля в один слой с креплением их к лотку перфорированной поливинилхлоридной лентой с кнопками и с расстоянием между точками крепления 30—40 см. Короба, лотки должны маркироваться в начале и конце трассы, у каждого ответвления в пределах каждого помещения согласно проекту. Провода, кабели, пучки проводов и кабелей маркируются в начале и конце трассы, на поворотах и ответвлениях, а также в местах подключения их к оборудованию при помощи бирок, на которых должны быть нанесены маркировочные знаки несмываемой краской.

### ПРОКЛАДКА КАБЕЛЯ

Для прокладки кабеля в производственных помещениях, туннелях, каналах и шахтах кабельные барабаны доставляют на место монтажа и устанавливают на одном из концов трассы.

Перед размоткой кабеля необходимо произвести сверку протоколов заводских испытаний кабеля с документами, указанными на барабане. Установить барабан с учетом того, что размотка кабеля должна производиться сверху, а не снизу. Вывесить барабан с помощью стальной оси и кабельных домкратов, затем снять обшивку и произвести внешний осмотр кабеля на барабане. При прокладке кабеля в холодное время года необходимо перед прокладкой осуществить прогрев кабеля. Размотку и прокладку кабеля без предварительного его прогрева допускается проводить в тех случаях, когда температура воздуха в течение 24 ч до начала прокладки не опускалась, хотя бы временно, ниже температуры:

— 7°С для кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией бронированных, включая с защитным покровом;

— 15°С для кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в резиновой или поливинилхлоридной оболочке, небронированных и бронированных одной профилированной стальной оцинкованной лентой. Прогрев кабеля на барабанах может быть произведен: теплым воздухом помещения, теплым воздухом от воздуходувки (с утеплением барабанов кабеля) и электрическим током.



Прокладка кабеля при пониженной температуре должна выполняться в сроки не более: 1 ч при температуре от 0 до  $-10^{\circ}\text{C}$ ; 40 мин при температуре от  $-10$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ ; 30 мин при температуре от  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже.

При монтаже больших потоков магистральных кабелей необходимо вдоль трассы расставить линейные ролики различных типов, угловые секции роликов, подготовить тяговые лебедки и ограничители кабеля. Для обеспечения присоединения прокладываемых кабелей к тросу тянущей лебедки применяют кабельные захваты, проволочные чулки и зажимы.

После укладки кабель закрепляют скобами и полосками-пряжками на вертикальных участках на каждой опоре и на горизонтальных участках — через одну-две опоры. Крепление кабеля должно исключать деформацию его оболочки и не должно нарушать соединение жил в муфтах и соединительных коробах под действием собственной массы кабеля на вертикальных участках трассы.

При креплении небронированных кабелей под скобы и конструкции в местах крепления подкладывают эластичные прокладки.

Ввод кабеля в соединительные коробки, приборы и средства автоматизации уплотняют сальниками. После прокладки и крепления кабель необходимо промаркировать бирками, которые устанавливают с обеих сторон проходов через стены и перекрытия, у соединительных коробок и у концевых заделок. Маркировка производится в полном соответствии с проектом.

### ПРОХОДЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДК ЧЕРЕЗ СТЕНЫ И ПЕРЕКРЫТИЯ

Проходы электропроводок через стены и перекрытия зданий и сооружений разделяются на одиночные и групповые. В свою очередь одиночные и групповые проходы в зависимости от классификации помещений выполняют открытыми или уплотненными. Уплотненные проходы применяют, если необходимо предотвратить переход среды из одного помещения в другое (см. § 6.3).

Открытые проходы в стенах и перекрытиях выполняют в виде обрамленных проемов, допускающих замену электрических проводов без нарушения стены или перекрытия в месте прохода. Через открытые проходы электрические проводки пропускают транзитом. Одиночные кабели или небольшие группы кабелей сквозь стены и перекрытия прокладывают через отрезки труб.

Открытые проходы через наружные стены или через стены между отапливаемыми

и неотапливаемыми помещениями, а также через внутренние стены и перекрытия сырых, особо сырых, пыльных помещений и помещений с химически активной средой после прокладки электропроводок должны быть уплотнены кирпичом, а отрезки труб — мастикой типа НЗ-1, НЗ-2.

Открытые проходы электропроводок в стальных коробах осуществляют отрезком короба, длина которого на 200 мм больше толщины стены. Крышка короба приваривается к коробу, а сам короб приваривается к обрамлению проема, после чего проем должен быть заделан цементным раствором. При переходе короба через наружные стены и через стены между отапливаемыми и неотапливаемыми помещениями, а также через внутренние стены и перекрытия сырых, особо сырых, пыльных помещений и помещений с химически активной средой внутреннюю полость короба уплотняют минеральной ватой на толщину стены.

Выполнение вводов кабелей и электропроводок в защитных трубах в щиты, пульты, протяжные коробки и т. п. описано в § 4.4.

## 6.3. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДК ВО ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ

### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОПРОВОДКАМ ВО ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ

Выбор способа прокладки электропроводок систем автоматизации во взрывоопасных зонах следует производить в соответствии с табл. 6.8. При этом необходимо учитывать, что в электропроводках систем автоматизации (цепях управления, измерения, сигнализации, питания и др.) во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIа допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами. При этом следует иметь в виду, что приборы и аппараты взрывозащищенных исполнений и без средств взрывозащиты, устанавливаемые в указанных зонах, должны иметь вводные устройства и контактные зажимы, позволяющие осуществлять присоединение алюминиевых проводников.

Во всех случаях при выборе материала жил проводов и кабелей (медных или алю-

Таблица 6.8. Способы прокладки электропроводок систем автоматизации во взрывоопасных зонах

Способ прокладки	Классы взрывоопасных зон					
	В-I	В-Ia	В-Iб	В-Iг	В-II	В-IIa
Бронированные кабели, прокладываемые на кабельных конструкциях и в каналах	+	+	+	+	+	+
То же в стальных коробах с открываемыми крышками	-	+	+	+	-	-
То же на лотках	+	+	+	+	-	-
То же по технологическим и кабельным эстакадам, в траншеях, блоках	-	-	-	+	-	-
Небронированные кабели, прокладываемые в стальных водогазопроводных защитных трубах	+	+	+	+	+	+
То же на кабельных конструкциях при отсутствии механических повреждений и химических воздействий	-	-	+	+	-	+
То же на лотках	-	-	+	+	-	-
То же в стальных коробах с открываемыми крышками	-	+	+	+	-	-
То же в каналах, пылеуплотненных (покрытых асфальтом) или засыпанных песком	-	-	-	-	+	+
То же по технологическим и кабельным эстакадам	-	-	-	+	-	-
Проводами в стальных водогазопроводных защитных трубах	+	+	+	+	+	+

Примечания: 1. Обозначения, принятые в таблице: «+» — следует применять; «-» — не разрешается применять. 2. Прокладку измерительных цепей напряжением не выше 12 В в зонах класса В-Iг и по наружным открытым технологическим эстакадам с трубопроводами для горючих газов и легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) разрешается выполнять проводами в стальных коробах с открываемыми крышками. Прокладка искробезопасных цепей в зонах любого класса может выполняться всеми перечисленными в таблице способами.

миниевых), прокладываемых во взрывоопасных зонах, следует учитывать также рекомендации заводов — изготовителей приборов, аппаратов и средств автоматизации по выполнению их электрических проводов.

Наименьшее допустимое сечение жил проводов и кабелей электропроводок систем автоматизации во взрывоопасных зонах должно составлять: 1 мм<sup>2</sup> для медных и 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводников.

Допускается по рекомендации заводов — изготовителей приборов, аппаратов и средств автоматизации применение медных проводов и кабелей меньших сечений, если вводные устройства и контактные зажимы аппаратуры рассчитаны на присоединение проводников сечением жил менее 1 мм<sup>2</sup> и об этом имеется указание заводов-изготовителей, одобренное государственной контрольной организацией.

Во взрывоопасных зонах любого класса следует применять провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией; кабели с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией в поливинилхлоридной, резиновой и металлической оболочках.

Запрещается во взрывоопасных зонах

классов В-I и В-Ia применять кабели с алюминиевой оболочкой.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов.

Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса на кабельных конструкциях, лотках, в стальных защитных трубах, коробах, каналах, по технологическим и кабельным эстакадам, не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов.

Во взрывоопасных зонах всех классов не допускается совместная прокладка электрических проводов с пластмассовыми трубами или пневмокабелями в одних коробах, на лотках, кабельных конструкциях.

При прокладке кабелей в помещениях с взрывоопасными зонами классов В-I и В-Ia с тяжелыми или сжиженными горючими газами следует, как правило, избегать устройства кабельных каналов, при необходимости устройства каналов последние должны быть засыпаны песком.

В наружной взрывоопасной зоне класса В-Iг кабели на кабельных конструкциях,

в коробах, на лотках, в защитных трубах, а также провода в защитных трубах и коробах должны прокладываться, как правило, по конструкциям зданий и сооружений, по технологическим и кабельным эстакадам.

Наружную прокладку кабелей между взрывоопасными зонами, между наружной взрывоопасной зоной и производственным помещением или операторной рекомендуется выполнять по эстакадам (технологическим и кабельным), стенам и конструкциям зданий и сооружений, не применяя по возможности подземную прокладку кабелей в траншеях, каналах, блоках.

По технологическим эстакадам с трубопроводами с горючими газами и легко воспламеняющимися жидкостями помимо кабелей, предназначенных для управления задвижками указанных трубопроводов, допускается прокладывать до 30 кабелей и защитных труб с проводами или кабелями электропроводок систем автоматизации. Предел огнестойкости конструкций эстакад должен быть не менее 0,75 ч. На указанных эстакадах небронированные кабели должны прокладываться в стальных защитных водопроводных трубах или в стальных коробах с открываемыми крышками; бронированные кабели — на кабельных конструкциях, лотках, в стальных коробах с открываемыми крышками. При этом кабельные конструкции, защитные трубы, лотки и короба следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

Если возникает необходимость прокладки более 30 кабелей и защитных труб с проводами или кабелями, то рекомендуется предусматривать специальные кабельные эстакады.

Если по эстакадам совместно с кабелями и защитными трубами электропроводок систем автоматизации прокладываются силовые и контрольные кабели или защитные трубы электропроводок другого назначения, то сумма кабелей и защитных труб электропроводок всех назначений (помимо кабелей управления задвижками трубопроводов) не должна также превышать 30.

Искробезопасные цепи должны удовлетворять следующим требованиям:

не допускается использование одного кабеля для искробезопасных и искроопасных цепей;

провода искробезопасных цепей не должны иметь петель;

изоляция проводов искробезопасных цепей должна иметь отличительный синий

цвет. Допускается маркировать синим цветом только концы проводов;

провода искробезопасных цепей должны быть защищены от наводок, нарушающих их искробезопасность.

Электропроводки систем автоматизации в пожароопасных зонах могут выполняться всеми способами, принятыми для прокладки в производственных помещениях и наружных установках с учетом следующих требований. В качестве стальных защитных труб в открытых электропроводах, выполняемых проводами, могут применяться стальные тонкостенные трубы с толщиной стенки не менее: 2,5 мм для алюминированных проводов сечением 6 мм<sup>2</sup>; 2,8 мм для алюминированных проводов сечением 10 мм<sup>2</sup> и медных сечением 4 мм<sup>2</sup>. С этими же ограничениями в виде исключения разрешается применять отрезки стальных тонкостенных труб для выхода из пола, фундаментов и т. п.

Разрешается выполнение открытых и скрытых электропроводок в винилпластовых трубах и скрытых в полиэтиленовых трубах в пожароопасных зонах промышленных предприятий в пределах каждого этажа, кроме складских помещений, а также транзитных горизонтальных и вертикальных прокладок. Для электропроводок применяют винилпластовые трубы, классифицируемые по ТУ 6-19-051-249—79 (см. табл. 3.63), либо аналогичные отечественные или зарубежные, классифицируемые по ГОСТ 12.1.017—80 как трудногорючие или с критерием оценки их пожарной опасности  $K = 0,2 \div 0,45$ , определяемым по методике ВНИИПО МВД СССР.

Таблица 6.9. Способы прокладки электропроводок систем автоматизации в пожароопасных зонах

Способ прокладки	Классы пожароопасных зон			
	П-I	П-II	П-IIIa	П-III
Кабелями на кабельных конструкциях	+	+	+	+
То же на лотках	+	-	+	+
То же в стальных коробах с открываемыми крышками	+	-	+	+
То же по технологическим и кабельным эстакадам	-	-	-	+
То же в земле (траншеях)	-	-	-	+
Проводами в стальных и пластмассовых защитных трубах	+	+	+	+
То же в стальных коробах с открываемыми крышками	+	-	+	-

Наиболее предпочтительные способы прокладки проводов и кабелей систем автоматизации, в пожароопасных зонах приведены в табл. 6.9.

Область применения бронированных и небронированных кабелей в пожароопасных зонах определяется требованиями прокладки кабелей в производственных помещениях и наружных установках.

Не допускается в пожароопасных зонах всех классов применять провода и кабели с алюминиевыми жилами. Наименьшее допустимое сечение жил проводов и кабелей электропроводок систем автоматизации в пожароопасных зонах должно быть 1 мм<sup>2</sup> для медики и 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводников. В пожароопасных зонах всех классов не допускается совместная прокладка электрических проводок с пластмассовыми трубами или пневмокабелями в одних коробах на лотках и кабельных конструкциях.

### МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В ЗАЩИТНЫХ ТРУБАХ

Для защиты электропроводок во взрывоопасных зонах применяют обыкновенные стальные водогазопроводные трубы по ГОСТ 3262-75, сортамент и размеры которых приведены в § 5.1.

Заготовка защитных труб для электропроводок, как правило, выполняется в МЗМ монтажных управлений по заранее произведенным замерам и подготовленным эскизам.

Перед началом обработки труб проверяют отсутствие поперечных и продольных разрезков, качество выполнения заводских сварных швов и целостность резьбы. Для защитных трубопроводов электропроводок взрывоопасных помещений и наружных установок не допускается применение тонкостенных легких и некондиционных водогазопроводных труб. Все трубы необходимо очистить от ржавчины и грязи механическим или химическим способом. После очистки окрашивают внутреннюю и наружную поверхности труб, за исключением труб, предназначенных для прокладки в бетоне. Такие трубы необходимо окрашивать только внутри.

Окраска труб выполняется красками и лаками, применяемыми для окраски защитных трубопроводов обычных электропроводок. Окраска труб, прокладываемых в химически активных средах, выполняется красками, предусмотренными в проекте. Цвет окраски защитных труб открытых элек-

тропроводок средств автоматизации должен отличаться от окраски других коммуникаций (технологических трубопроводов, защитных труб силовых электропроводок, трубных проводок средств автоматизации).

Разметка, разрезка, изгибание труб, нарезание резьбы и сборка труб в узлы и блоки производится в МЗМ с помощью станков и механизмов способами и приемами, описанными в разд. 5, с учетом следующих дополнительных требований: а) крепление защитных труб в блоках выполняют с помощью скоб, хомутов и других крепежных изделий. Крепление должно быть надежным и исключать перемещение труб. Запрещается прибегать к креплению труб сваркой; б) расстояние между защитными трубами в блоках для электропроводок, прокладываемых во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIа, должно быть 20 мм; конструкция блока должна предусматривать наименьшее скопление взрывоопасной пыли и удобство ее удаления (однорядное исполнение несущих металлоконструкций с наименьшей горизонтальной площадью); в) все соединения труб выполняют на трубной цилиндрической резьбе по ГОСТ 6357-81. Во всех соединениях на каждой трубе должно быть не менее пяти полных неповрежденных ниток резьбы. Нарезка резьбы на трубах должна быть не ниже класса точности В и проверяться калибрами-кольцами проходными ИР и непроходными НЕ выборочно через каждые 40-50 нарезок.

**Прокладка защитных труб.** При прокладке защитных труб следует руководствоваться следующими общими положениями для электропроводок во взрывоопасных помещениях: а) прокладка трубопроводов должна осуществляться в строгом соответствии с указаниями проекта. В случаях вынужденного отступления от проекта изменение трасс должно быть согласовано проектной организацией или заказчиком; б) скрытая прокладка защитных труб в зонах классов В-I, В-Iа, В-II и В-IIа должна быть углублена не менее чем на 20 мм и защищена слоем цементного раствора; в) открытая прокладка защитных труб в зонах классов В-I и В-Iа параллельно технологическим трубопроводам, несущим легковоспламеняющиеся продукты, рекомендуется располагать ниже технологических трубопроводов с легкими горючими газами или ЛВЖ и выше трубопроводов с тяжелыми или сжиженными горючими газами; г) при совместной прокладке с технологическими трубопроводами на эстакадах в зоне класса В-Iг защитные трубопроводы следует располагать со стороны,

свободной от трубопроводов с легковоспламеняющимися продуктами, исключив возможность попадания технологических продуктов на защитные трубы электропроводок; д) открытая прокладка защитных труб в сырых и особо сырых помещениях, а также в помещениях с резким изменением температуры, где в трубах может образоваться конденсат, должна иметь уклон не менее 3 мм на 1 м трассы в сторону трубок-водосборников; е) расстояние между местами крепления открыто проложенных труб как на горизонтальных, так и на вертикальных участках не должно превышать 2,5 м для труб диаметром 20 мм и 3 м для труб диаметром 25—50 мм; ж) защитные трубы должны быть закреплены у места ввода в электроаппараты и электродвигатели на расстоянии не более 0,8 м, а в коробке на расстоянии не более 0,3 м.

**Протяжка, соединение и ответвление проводов и кабелей.** Для протяжки проводов и кабелей, а также их ответвления во взрывоопасных зонах всех классов применяют взрывоопасные коробки типов КПП, КПД, КТО, КТД, КПЛ, изготавливаемые заводами Главэлектромонтажа по ТУ 36.1739—74. Для соединения и ответвления применяют коробки с зажимами типов У614 и У615 со степенью защиты JP54, выпускаемые заводами Главэлектромонтажа по ТУ 36.12—80. В пожароопасных установках коробки с зажимами рекомендуется выносить за пределы пожароопасных зон. В случае необходимости сборок зажимов в пределах пожароопасных зон должны применяться коробки с зажимами, предназначенные для использования в условиях пожароопасных сред со степенью защиты не ниже JP44.

Коробки в зависимости от назначения разделяются на проходные, ответвительные и разделительные. Проходные коробки предназначены для создания нормальных условий протягивания проводов в трубопроводах большой длины и сложной конфигурации; ответвительные — для ответвления (без разрыва жил проводов) части проводов от общего потока трассы; разделительные — для выполнения разделительных уплотнений. Соединение проводов в разделительных коробках не допускается.

Расстояния между протяжными коробками при монтаже зависят от марки проводов и кабелей, которые прокладываются в трубах, размера труб, сложности протяжки и определяются проектной рабочей документацией. Запрещается устанавливать соединительные и протяжные коробки в полу помещения. Если защитные трубы про-

кладывают в сырых, особо сырых помещениях, на наружных установках, а также в помещениях, где в трубах может образоваться конденсат, необходимо выполнять монтажный уклон трассы не менее 3 см на 10 м трубной проводки в сторону трубок-водосборников. Уклон не допускается выполнять в сторону разделительных уплотнений.

Водосборник представляет собой отрезок водогазопроводной трубы длиной 200—300 мм, на конце которой на короткой резьбе устанавливается муфта по ГОСТ 8966—75 с пробкой по ГОСТ 8963—75. Водосборник к защитным трубопроводам присоединяют с помощью водопроводного тройника по ГОСТ 8948—75.

Соединения защитных труб электропроводок между собой, с патрубками фитингов и коробок, а также с вводными устройствами приборов и средств автоматизации должны быть выполнены на трубной цилиндрической резьбе. Каждая труба в соединении должна содержать не менее пяти полных неповрежденных ниток резьбы. Соединение труб может быть разъемным и неразъемным.

Неразъемное соединение выполняется с помощью соединительных стальных прямых муфт по ГОСТ 8966—75. Муфта наворачивается на конец одной трубы с короткой резьбой; вторая труба также с короткой резьбой ввертывается в муфту. При выполнении разъемного соединения на конце одной трубы нарезают длинную резьбу, на которую наворачивают сначала контргайку, а затем муфту. К муфте подводят вторую трубу с нарезанной короткой резьбой и муфту наворачивают на нее до упора. Контргайка привертывается к муфте вплотную. Применять установочные заземляющие гайки в качестве контргаек запрещается. Длины нарезки длинной и короткой резьб приведены в табл. 6.10.

Таблица 6.10. Длина резьбы на концах труб

Условный проход		Длина резьбы, мм		Условный проход		Длина резьбы, мм	
мм	дюймы	длинная	короткая	мм	дюймы	длинная	короткая
20	3/4	54	16	40	1 1/2	75	22
25	1	62	18	50	2	80	24
32	1 1/4	68	20	70	2 1/2	98	27

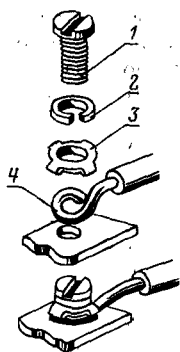


Рис. 6.1. Присоединение однопроволочных алюминиевых жил:

1 — винт; 2 — прижимная шайба; 3 — шайба-звездочка типа ШЗ; 4 — кольцо жилы провода

Все резьбовые соединения при монтаже защитных труб электропроводок должны быть выполнены с подмоткой на резьбу пенькового волокна, пропитанного в сурике, разведенном на олифе. Применение вместо сурика масляных красок не допускается.

Затяжка проводов и кабеля в проложенные защитные трубы производится в обычном порядке.

Соединение и ответвление жил кабеля и проводов должны выполняться: а) в зонах классов В-I и В-II — во взрывозащищенных коробках пайкой или опрессовкой; б) в зонах классов В-Ia, В-IIa, В-Iб и В-Iг — в соединительных коробках типов У614 и У615 на зажимах, во взрывозащищенных коробках типов КПП, КПД, КТО, КТД, КПЛ пайкой, сваркой или опрессовкой.

При выполнении винтовых соединений с помощью зажимов необходимо предотвращать самоотвинчивание винтов (болтов) путем установки стопорных или пружинных шайб или окраски резьбы. Не допускается применение зажимов с нажатием на жилу проводника торцом винта без прокладки или поджимного башмака, а также применение в зажимах винтов менее М4. Пример присоединения алюминиевой однопроволочной жилы дан на рис. 6.1.

### ПРОКЛАДКА КАБЕЛЯ

Кабельные электропроводки средств автоматизации независимо от класса помещения должны быть выполнены в соответствии с правилами, предъявляемыми к прокладке кабеля в обычных помещениях, и с учетом следующих дополнительных требований. При открытой прокладке кабеля необходимо выдерживать расстояние не менее 150 мм от задвижек, вентиляей, обратных клапанов и другой технологической аппаратуры. При переходе кабеля через осадочные и температурные швы зданий и сооружений необходимо предусматривать компенсацию кабеля,

выполненную в виде свободного провеса по обе стороны шва. В переходах через трубопроводы и в местах с возможными механическими повреждениями необходимо выполнять защиту кабельных проводок металлическими трубами, коробами, угловой сталью и т. п. Устройства защиты должны быть жестко прикреплены к строительным конструкциям. Ввод кабелей в приборы и средства автоматизации должен осуществляться при помощи вводных арматур. Места вводов должны быть надежно уплотнены. Броня кабелей, кабельные конструкции и элементы крепления должны быть окрашены красками или лаками, стойкими к воздействию окружающей среды. Запрещается устанавливать соединительные и разделительные муфты внутри взрывоопасных зон, а также в непосредственной близости технологических аппаратов взрывоопасных наружных установок, за исключением установки на кабелях с искробезопасными цепями, если в них возникает необходимость. При прокладке кабелей на кабельных конструкциях и в лотках в пожароопасных зонах классов П-I, П-II, П-IIa и П-III они должны быть удалены от мест открытого хранения (размещения) горючих веществ на расстояние не менее 1 м. По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и жидкостями, проходящими по территории зоны класса П-III, небронированные кабели рекомендуется прокладывать в коробах и стальных защитных трубах, бронированные — на кабельных конструкциях. При этом стальные защитные трубы, короба и кабельные конструкции следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопровода, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

### УПЛОТНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

При переходе труб электропроводки из помещения со взрывоопасной зоной класса В-I или В-Ia в помещение с нормальной средой или во взрывоопасную зону другого класса с другой категорией или группой взрывоопасной смеси или наружу труба с проводами в местах прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение в специально для этого предназначенной коробке.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-II и В-IIa установка разделительных уплотнений не требуется. Если во взрывоопасной зоне кабель проложен в стальной трубе, то при переходе трубы из этой зоны в невзрывоопасную или в помещение со взрывоопасной зоной другого класса либо

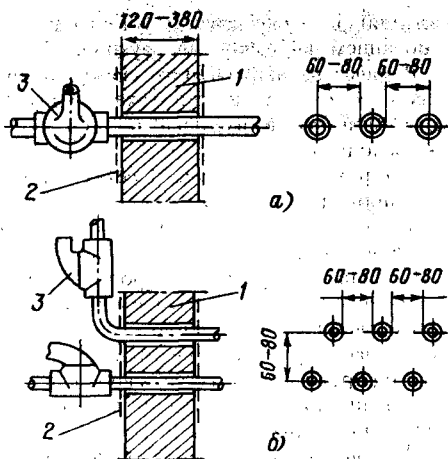


Рис. 6.2. Проходы трубопроводов из взрывоопасной зоны в невзрывоопасную или в помещение со взрывоопасной зоной другого класса либо с другой категорией или группой взрывоопасной смеси:

*a* — проход одного — трех трубопроводов; *b* — то же, но четырех и более трубопроводов; 1 — заделка цементным раствором; 2 — штукатурка и затирка; 3 — коробка проходная разделительная типа КПД

с другой категорией или группой взрывоопасной смеси труба с кабелем в месте прохода через стену должна также иметь разделительное уплотнение в специально предназначенной для этого коробке. Разделительное уплотнение не ставится, если труба с кабелем выходит наружу, а кабели прокладываются далее открыто или труба служит для защиты кабеля в местах возможных механических воздействий и оба конца ее находятся в пределах одной взрывоопасной зоны.

Разделительные уплотнения устанавливаются:

в непосредственной близости от места входа трубы во взрывоопасную зону;

при переходе трубы из взрывоопасной зоны одного класса во взрывоопасную зону другого класса — в помещении взрывоопасной зоны более высокого класса;

при переходе трубы из одной взрывоопасной зоны в другую такого же класса — в помещении взрывоопасной зоны с более высокой категорией и группой взрывоопасной смеси.

Допускается установка разделительных уплотнений со стороны невзрывоопасной зоны или снаружи, если во взрывоопасной зоне установка разделительных уплотнений невозможна.

Уплотнение переходов одиночных труб или нескольких труб, выходящих из взрывоопасных помещений через стены, полы и междуэтажные перекрытия, выполняют с помощью цементного раствора по всей толщине стены или перекрытия (рис. 6.2).

Для прохода многих труб через стены и перекрытия зданий и сооружений применяют металлические плиты, изготавливаемые в МЗУ. В плиты вваривают отрезки труб с резьбой на обоих концах. На одном конце для разделительного уплотнения проводов и кабеля устанавливают проходную разделительную коробку типа КПЛ.

Места сварки должны быть проверены на плотность. Плиты устанавливают в проем стены и заделывают цементным раствором.

Использование соединительных и ответвительных коробок для выполнения разделительных уплотнений не допускается.

Проходы кабельных электропроводок через стены и перекрытия выполняют через отрезки стальных труб или через специальные сварные короба с песком.

Уплотнение кабеля, проходящего через отрезки труб, выполняют одним из следующих способов:

1) для зон классов В-I, В-Ia и В-II кабель уплотняют с помощью сальников типов У57, У58 и У60 по ТУ 36.108 — 72 (рис. 6.3). При этом в зонах класса В-I сальники должны устанавливаться с обеих сторон прохода. Отрезок трубы заделывают цементным раствором по всей толщине стены или перекрытия;

2) проходы одиночных кабелей в зонах В-I, В-Ia и В-II следует выполнять в отрезках водогазопроводных труб, заделанных це-

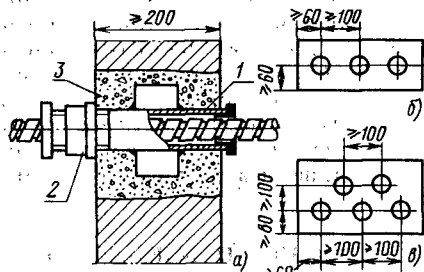


Рис. 6.3. Проходы кабеля с сальниковым уплотнением из взрывоопасных зон одного класса во взрывоопасные зоны другого класса; в помещении с нормальной средой или наружу:

*a* — общий вид; *b* — расположение однорядного прохода; *в* — то же, но двухрядного; 1 — труба; 2 — сальник; 3 — цементный раствор

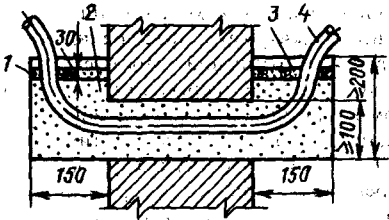


Рис. 6.4. Проход кабеля в коробах с уплотнением песком:

1 — короб; 2 — песок фракции не более 0,7 мм; 3 — бетон марки 300; 4 — кабель

ментным раствором. Кабель уплотняют составом УС-65 на расстоянии 100–120 мм от конца трубы с набивкой кабельного джута или асбестового шнура с обеих сторон составом УС-65. При этом отношение диаметра кабеля к внутреннему диаметру трубы должно быть равно или меньше 0,5. Во взрывоопасных зонах класса В-I уплотнение кабеля следует выполнять с обеих сторон стены, а в зонах классов В-Iа и В-II — со стороны взрывоопасной зоны;

3) проходы кабелей во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIа могут быть выполнены с уплотнением кабелей набивкой в трубу на глубину 120–150 мм цемента марок 300–500 с песком в соотношении (по объему) 1:10, глины с цементом марок 300–500 и песком в соотношении 1,5:1:10; глины с песком в соотношении 1:3;

4) уплотнение в коробах осуществляется песком фракции не более 0,7 мм (рис. 6.4).

Разделительные уплотнения проводов и кабелей, проложенных в трубах, должны выполняться в коробках типа КПЛ с уплотнением кабельным джутом или асбестовым шнуром с заливкой уплотнительным составом УС-65. Разделительные уплотнения, установленные в трубах, должны испытываться избыточным давлением воздуха 250 кПа в течение 3 мин. При этом допускается падение давления не более чем до 200 кПа.

## ЗАНУЛЕНИЕ И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Во взрывоопасных зонах занулению (заземлению) подлежат все электропроводки независимо от напряжения и рода тока. Исключение составляют искробезопасные цепи, зануление (заземление) которых, как правило, не допускается, если того не требуют условия работы искробезопасного прибора. Необходимость выполнения зануления (за-

земления) в этом случае устанавливается требованием заводской инструкции.

В качестве зануляющих (заземляющих) проводников в электроустановках систем автоматизации во взрывоопасных зонах должны использоваться:

в одно- и двухфазных сетях — третьи жилы проводов и кабелей;

в трехфазных сетях — четвертые жилы проводов и кабелей.

Стальные трубы электропроводок и алюминиевые оболочки кабелей, которые в невзрывоопасных установках допускается использовать в качестве зануляющих (заземляющих) проводников, во взрывоопасных зонах должны применяться лишь как дополнительные проводники.

Для зануления (заземления) датчиков и других средств автоматизации, гальванически не связанных с системой электроснабжения (питающихся, например, от вторичных приборов или преобразователей через имеющиеся в них трансформаторы), допускается применение специально предназначенных для этой цели проводников, проложенных как в общей оболочке с подключаемыми к ним проводами, так и отдельно от них.

## 6.4. КОНЦЕВЫЕ ЗАДЕЛКИ И СОЕДИНЕНИЯ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

Концевые заделки и соединения кабелей и проводов должны обеспечить герметизацию кабеля и предотвратить проникновение влаги под оболочки кабелей и изоляцию жил, а также защиту изоляции жил, освобожденных от заводских оболочек, от воздействия внешней среды. Качество изоляции концевой заделки должно быть не ниже качества изоляции кабелей и проводов. При концевой заделке кабеля выполняются его разделка, собственно заделка, маркировка и заземление металлической оболочки и брони. Кроме того, выполняется оконцевание, прозвонка и маркировка жил, а также надежное присоединение к зажимам соединительных коробок, щитов, пультов, приборов и других средств автоматизации.

### РАЗДЕЛКА КОНЦОВ КАБЕЛЯ

Разделка концов кабелей является подготовительной операцией для их дальнейших соединений или концевых заделок.

Для выполнения разделки конца кабеля определяют необходимую длину разделки  $A$  (рис. 6.5, а), которая равна расстоянию от



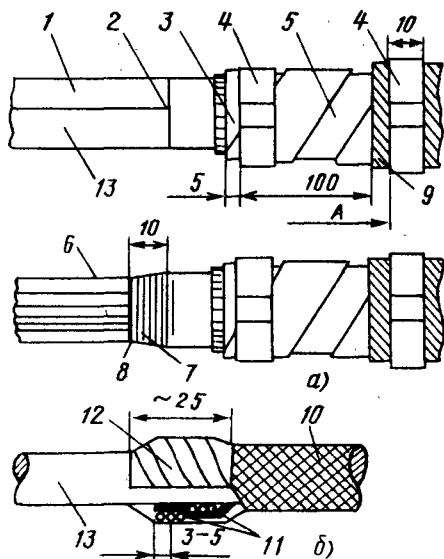


Рис. 6.5. Разделка конца кабеля бронированного (а) и с экранирующей оплеткой (б):

1 — продольный надрез; 2 — кольцевой надрез; 3 — джутовая подушка; 4 — бандаж из бронеленты или стальной оцинкованной проволоки; 5 — броня; 6 — жилы в заводской изоляции; 7 — бандаж из шпагата или ниток № 00; 8 — поясная изоляция; 9 — наружный джутовый покров; 10 — экранирующая оплетка; 11 — бандаж из медной проволоки; 12 — обмотка поливинилхлоридной липкой лентой; 13 — оболочка

бандажу закрепленного конца кабеля до наиболее удаленного контакта плюс 100 мм запаса на выполнение оконцевания и присоединения жил кабеля к контактам приборов, аппаратов и сборкам зажимов.

Лишний конец кабеля отрезают слесарной ножовкой или секторными ножницами типов НС-1 и НС-2, предварительно наложив временные проволочные бандажы на расстоянии 20–30 мм по обе стороны от места реза. На наружный джутовый покров на расстоянии от конца кабеля, равном длине разделки, накладывают бандаж шириной 10–12 мм из бронеленты или оцинкованной стальной проволоки диаметром 1 мм.

Джутовый покров размазывают и обрезают у бандажу. На расстоянии 100 мм от выполненного бандажу на броню кабеля накладывают такой же второй бандаж и, отступив 3–5 мм в сторону конца кабеля, броню надрезают по кольцевой линии ножовкой и удаляют с разделяемого конца кабеля. Удаляют джутовую подушку и бумажную ленту с оболочки. Оболочку кабеля

очищают от битума, протирая ее тряпкой, смоченной в бензине, и вытирают насухо.

Если кабель имеет экранированную оплетку, то ее разделяют следующим образом: а) в намеченном месте обрезают экранирующую оплетку и сдвигают ее по кабелю на расстоянии 25–30 мм и на этом месте на оболочку накладывают бандаж из трех витков медной проволоки диаметром 1 мм; б) сдвигают экранирующую оплетку через наложенный бандаж в первоначальное положение и рядом с бандажом на оболочку накладывают поверх экранирующей оплетки второй бандаж из трех витков медной проволоки диаметром 1 мм; в) конец экранирующей оплетки обрезают, отступив на 3–5 мм от бандажу, и места среза оплетки и бандаж покрывают на длине около 25 мм тремя слоями липкой поливинилхлоридной ленты (рис. 6.5, б).

После удаления с кабеля брони или экранирующей оплетки с его конца снимают пластиковую оболочку из негорючей резины, для чего на ней делают сначала продольный, а затем кольцевой надрез. Надрезы выполняют специальным ножом, исключаящим повреждение изоляции жил.

На тканевую или бумажную обмотку жил (поясную изоляцию) у среза оболочки накладывают бандаж шириной 10 мм из шпагата или ниток № 00. Обмотку сматывают с конца кабеля и обрезают у бандажу (рис. 6.5, а). Бандаж пропитывают клеем БФ или покровным электроизоляционным лаком БТ-99 по ГОСТ 8017–74.

## КОНЦЕВЫЕ ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЯ

**Концевые заделки кабелей с резиновой изоляцией жил.** Заделку выполняют следующим способом: а) заготавливают поливинилхлоридные трубки в зависимости от сечения жил кабеля в соответствии с табл. 6.11. Концы трубок срезают под углом 25–30°; б) на жилы разделанного кабеля надевают поливинилхлоридные трубки так, чтобы срезанные под углом концы находили на обмотку из прорезиненной ленты или при ее

Таблица 6.11. Выбор поливинилхлоридных трубок

Изоляция жил кабеля	Внутренний диаметр трубки, мм, для жил сечением, мм <sup>2</sup>					
	0,2	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0
Резиновая	—	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
Полиэтиленовая	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0

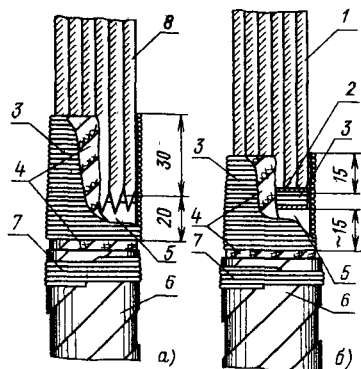


Рис. 6.6. Концевая заделка кабелей с жилами в резиновой и полиэтиленовой изоляции (а) и с жилами в поливинилхлоридной изоляции (б):

1 — жила; 2 — поясная изоляция; 3 — бандаж из крученого шпагата; 4 — липкая поливинилхлоридная лента; 5 — оболочка; 6 — броня; 7 — бандаж из проволоки; 8 — жила в поливинилхлоридной трубке

отсутствии на оболочку; в) на жилы с надетыми на них поливинилхлоридными трубками у корешка заделки наматывают липкую поливинилхлоридную ленту с 50%-ным перекрытием каждого витка. Ширина обмотки поливинилхлоридной лентой должна быть около 50 мм, в том числе 20 мм по оболочке; г) на намотку из поливинилхлоридной ленты накладывают бандаж из крученого шпагата диаметром 1 мм. Бандаж пропитывают бакелитовым лаком или электроизоляционным покровным лаком БТ-99.

Концевая заделка кабеля, выполненная для подключения к зажимам, расположенным непосредственно у места концевой заделки, показана на рис. 6.6, а. Если концевую заделку кабеля выполняют для подключения к зажимам, расположенным на некотором расстоянии от места закрепления кабеля, то для экономии поливинилхлоридных трубок и уменьшения толщины пакета заделку выполняют следующим способом (рис. 6.7): а) жилы собирают в плотный пучок, который связывают через 150–200 мм временными перевязками; б) на каждую жилу надевают поливинилхлоридную трубку только на длину жилы для ответвления от пучка. Эта трубка должна заходить внутрь пучка на расстояние не менее 15 мм; в) пучок жил обматывают липкой поливинилхлоридной лентой с 50%-ным перекрытием витков в один слой.

По мере наложения обмотки временные перевязки с пучка удаляют; г) на ре-

зервные жилы надевают на всю длину поливинилхлоридные трубки отдельно от общего пучка и прикрепляют к нему бандажами и поливинилхлоридной липкой лентой; д) на начало обмотки из липкой поливинилхлоридной ленты накладывают бандаж из крученого шпагата диаметром 1 мм. Бандаж пропитывают бакелитовым лаком или электроизоляционным покровным лаком БТ-99.

Концевые заделки кабелей с полиэтиленовой изоляцией жил выполняют так же, как и с резиновой (см. рис. 6.6). Особенностью концевой заделки кабелей с полиэтиленовой изоляцией жил является то, что трубки надевают на все жилы и на всю их длину независимо от расстояния места крепления кабеля до места присоединения жил.

Концевую заделку кабелей с поливинилхлоридной изоляцией жил (см. рис. 6.6, б) выполняют следующим способом: а) жилы расправляют, выравнивают, собирают в пучок и на корешок заделки накладывают обмотку из липкой поливинилхлоридной ленты. Ширина обмотки должна быть 30–35 мм, в том числе по оболочке 15–20 мм;

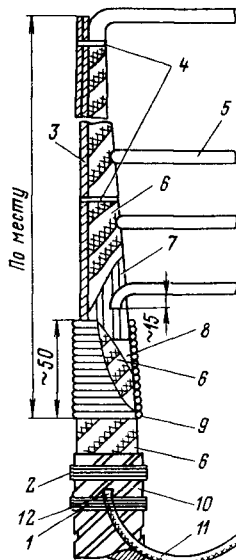


Рис. 6.7. Концевая заделка кабеля:

1 — бандаж из медной проволоки; 2 — бандаж из стальной проволоки; 3 — резервная жила; 4 — бандаж из липкой поливинилхлоридной ленты; 5 — жилы в поливинилхлоридной трубке; 6 — обмотка поливинилхлоридной лентой; 7 — изоляция жилы; 8 — поливинилхлоридная оболочка кабеля; 9 — бандаж из крученого шпагата; 10 — броня кабеля; 11 — заземляющий проводник; 12 — место пайки заземляющего проводника

б) на намотку из ленты накладывают бандаж из крученого шпагата диаметром 1 мм. Бандаж пропитывают бакелитовым лаком или электроизоляционным покровным лаком БТ-99.

Концевые заделки с применением термоусаживаемых трубок (ТУТ) (рис. 6.8). Для выполнения концевых заделок применяются следующие термоусаживаемые трубки:

радиационно-модифицированные (терморад ТТ) по ТУ 6-19-051-446-83; электроизоляционные по ТУМИ 631-81;

с клеящим подслоем из бутилкаучука по ТУ 013-145-82, краткие технические данные которых приведены в табл. 6.12.

Для обеспечения герметичности в местах установки термоусаживаемых трубок применяют клеящий подслоем из бутилкаучука или клея-расплава марки ГИПК 14-17 по ТУ 6-05-122-80. Концевую заделку кабелей выполняют в следующей последовательности: с полосы бутилкаучука шириной 10-15 мм снимают целлофановую оболочку; согласно табл. 6.12 подбирают соответствующего размера ТУТ;

оболочку кабеля, полосу бутилкаучука и внутреннюю поверхность ТУТ обезжиривают бензином, ацетоном или уайт-спиритом с помощью протирочного материала; надевают ТУТ на кабель; на предварительно нагретую до 50-60°C оболочку кабеля накладывают полосу

Таблица 6.12. Сортамент и размеры ТУТ по ТУ 013-145-82

Сортамент	Наружный диаметр оконцовываемого кабеля, мм	Длина муфты, мм	Размеры ТУТ, мм			
			до усадки		после полной усадки	
			Внутренний диаметр	Толщина стенки	Внутренний диаметр	Толщина стенки
ТУТ12/6	8-10	35	12	0,5	6	1,0
ТУТ14/7	8-10	35	14	0,5	7	1,0
ТУТ16/8	10-13	35	16	0,5	8	1,0
ТУТ20/10	14-17	40	20	0,5	10	1,0
ТУТ24/12	18-21	40	24	0,5	12	1,0
ТУТ30/15	22-26	45	30	0,5	15	1,0
ТУТ40/20	27-36	50	40	0,8	20	1,5

бутилкаучука так, чтобы она перекрывала срез оболочки кабеля с заходом на жилы кабеля не более 8 мм;

надвигают ТУТ так, чтобы она перекрывала полосу бутилкаучука с заходом на жилы кабеля не менее чем на 20 мм от среза оболочки;

производят усадку ТУТ, нагревая ее до 120-200°C с помощью газовой горелки типа ГПВМ-01 по ТУ 36-667-77 в комплекте со специальными насадками либо специальными электрическими нагревателями. Усадку начинают со стороны кабеля, при этом для равномерного нагрева ТУТ и во избежание местных перегревов сопло нагревательного инструмента должно постоянно быть в движении. Нагрев прекращают при появлении зеркального блеска.

### КОНЦЕВЫЕ ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЯ И ПРОВОДОВ В ШТЕПСЕЛЬНЫЕ РАЗЪЕМЫ

Для разъемных соединений проводов и кабелей с медными жилами применяют штепсельные разъемы серий ШР, СШР, Р, 2РМ и типа А. Штепсельные разъемы серий ШР, СШР, Р и 2РМ делятся на приборные, предназначенные для присоединения кабелей и проводов к аппаратуре, и кабельные для соединения кабелей между собой непосредственно или через перегородки. По типу корпуса штепсельные разъемы делятся на прямые и угловые. Основные технические данные штепсельных разъемов приведены в табл. 6.13.

Заделка экранированных кабелей и пакетов проводов в общей экранирующей или паццерной оплетке в штепсельные разъемы серий ШР, СШР и Р (рис. 6.9). После удаления лишней длины кабеля или пакета проводов

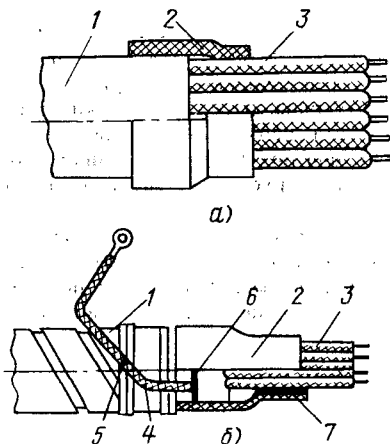


Рис. 6.8. Концевая заделка кабеля с применением термоусаживаемых трубок (ТУТ): а - в винилпластовой или найрнтовой оболочке; б - бронированных; 1 - кабель; 2 - муфта из ТУТ; 3 - жилы кабеля; 4 - заземляющий проводник; 5 - место пайки заземляющего проводника к броне; 6 - то же к экрану кабеля; 7 - клеящий подслоем

Таблица 6.13. Основные технические данные штепсельных разъемов

Тип разъема	Условный размер корпуса, мм	Число контактов	Диаметр контактов, мм	Рабочее напряжение, В	Допустимые токовые нагрузки, А
ШР	16, 20, 28, 32, 36, 40, 48, 55, 60	1—8, 13—16, 22, 25, 26, 33, 40	1,5; 2,5; 3,5; 5,5; 9	850	20, 35, 50, 100, 200
СШР	20, 28, 32, 36, 48, 55, 60	2, 3, 4, 7, 10, 15, 20, 26, 30, 45, 50	2,5	850	35
5Р	—	3	—	380	50
6Р	—	100, 150	—	115	7
7Р	—	52	—	500	10
2РМ	14, 18, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42	2, 4—8, 10, 12, 15, 17, 19, 24, 30, 33	1; 1,5; 2,3	560, 700	4—10, 16, 18, 32, 36
А	—	6, 8, 10, 14, 20	—	600	6

закрепляют экранирующую оплетку на расстоянии 250 мм от конца кабеля временным бандажом из медной проволоки диаметром 0,5–0,7 мм и удаляют лишнюю часть экранирующей оплетки. Затем на оплетку кабеля (пакета) надевают экранирующую гайку

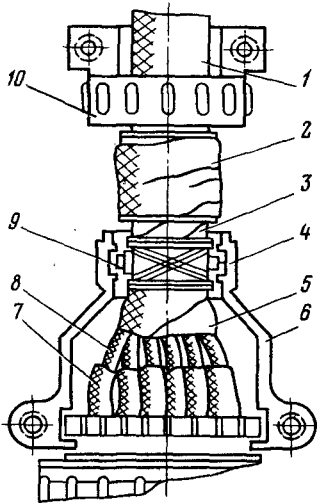


Рис. 6.9. Заделка экранированного кабеля в штепсельный разъем серий ШР, СШР и Р:

1 — экран кабеля; 2 — обмотка из листовой резины; 3 — шайба с припаянным экраном; 4 — бандаж из ниток; 5 — обмотка поливинилхлоридной лентой; 6 — половина патрубков; 7 — поливинилхлоридные трубки; 8 — изолированные жилы кабеля; 9 — штифт; 10 — экранирующая гайка

штепсельного разъема и шайбу. Шайбу устанавливают на расстоянии 10–15 мм от конца среза оплетки. Конец оплетки отгибают на шайбу и припаивают припоем ПОС-40. Концы проволок отрезают вровень с краями шайбы.

Конец кабеля разделяют, как показано на рис. 6.10; жилы кабеля облуживают и надевают на них отрезки поливинилхлоридных трубок длиной 15 мм. После этого жилы поочередно вставляют в гнезда хвостовиков контактов с таким расчетом, чтобы срез изоляции не доходил до хвостовика на 1–2 мм, и припаивают по порядку, начиная с заднего ряда. После проверки качества пайки места пайки закрашивают цапонлаком и надвигают на них поливинилхлоридные отрезки трубок до упора в изолятор разъема.

Затем жилы разделяют на две равные части и между ними пропускают металлический штифт, на который надета поливинилхлоридная трубка. Штифт сдвигают как

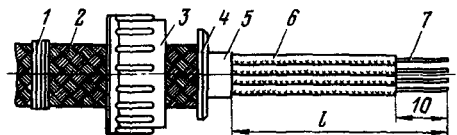


Рис. 6.10. Разделка экранированного кабеля: 1 — временный бандаж; 2 — экран кабеля; 3 — экранирующая гайка; 4 — шайба с припаянным экраном; 5 — оболочка кабеля; 6 — изолированные жилы; 7 — голые жилы

можно ближе к оболочке кабеля и с обеих сторон обматывают пучок жил двумя слоями поливинилхлоридной ленты. Обмотка должна заходить на 10–15 мм на оболочку или прорезиненную ленту. Штифт закрепляют бандажом из крученых ниток и на подмотку из поливинилхлоридной ленты надвигают шайбу с оплеткой. Нитки покрывают лаком № 1. Для кабельных штепсельных разъемов заделку кабеля и проводов производят без штифтов. Затем накладывают сначала одну, потом вторую половину патрубка, скрепляют их двумя винтами, до отказа заворачивают экранирующую гайку и снимают временный бандаж.

Заделку неэкранированных кабелей и пакетов проводов в штепсельные разъемы серий СШР, ШР и Р выполняют так же, как заделку экранированных, за исключением операций, связанных с заделкой экрана. Дополнительной операцией является крепление кабеля (пакета) в прижиме неэкранирующей гайки. Для этого после установки и скрепления обеих половин патрубка на кабель (пакет) в месте прилегания прижима накладывают подмотку из нескольких слоев листовой резины толщиной 1 мм и шириной 25–30 мм и закрепляют ее сверху поливинилхлоридной лентой. На патрубок навинчивают неэкранирующую гайку и устанавливают скобу прижима.

Заделка экранированных кабелей и пакетов проводов в общей экранирующей оплетке в штепсельные разъемы серии 2РМ с экранирующей гайкой (диаметры корпусов 22–42 мм). Для заделки кабеля (пакета) в штепсельный разъем серии 2РМ с экранирующей гайкой выполняют те же операции, что и при заделке в разъемы серий ШР, СШР и Р, за исключением операций, связанных с задел-

кой экранирующей оплетки. Если заделка экрана выполняется с применением конических или цилиндрических обкладок, то после отрезки кабеля, закрепления экранирующей оплетки временным бандажом и удаления лишней ее длины надевают экранирующую гайку 3, наружную 4 и внутреннюю 5 обкладки (рис. 6.11, а). Внутреннюю обкладку вводят под оплетку кабеля и оггибают проволоки оплетки вокруг ее фланца. Затем надвигают наружную обкладку на конец оплетки так, чтобы оплетка оказалась зажатой между ними, и заворачивают край наружной обкладки внутрь (рис. 6.11, а и б). Заделка экрана с помощью шайбы 9 аналогична заделке экрана в штепсельный разъем типа ШР (рис. 6.11, в).

После подготовки кабеля к пайке (разделка конца кабеля, облуживание жил и т. п.) на конец кабеля надевают втулку крепления фиксатора и патрубок, на который навинчивается экранирующая гайка так, чтобы втулка фиксатора вошла в патрубок, а обкладки были прижаты к торцу патрубка. Патрубок вместе с оплеткой сдвигают на 18–20 мм и закрепляют временным бандажом. После подпайки жил к половине рядов контактов устанавливают крестообразный фиксатор и закрепляют временной перевязкой. Фиксатор располагают таким образом, чтобы он делил весь пучок жил на четыре равные части. После подпайки всех жил пучок жил обматывают двумя слоями поливинилхлоридной ленты с обеих сторон фиксатора, поверх поливинилхлоридной ленты накладывают бандаж из ниток. Затем от патрубка отвинчивают заземляющую гайку, патрубок сдвигают вплотную к корпусу и закрепляют гайкой патрубок. Втулку фиксатора вставляют в патрубок и закернивают в двух местах. Об-

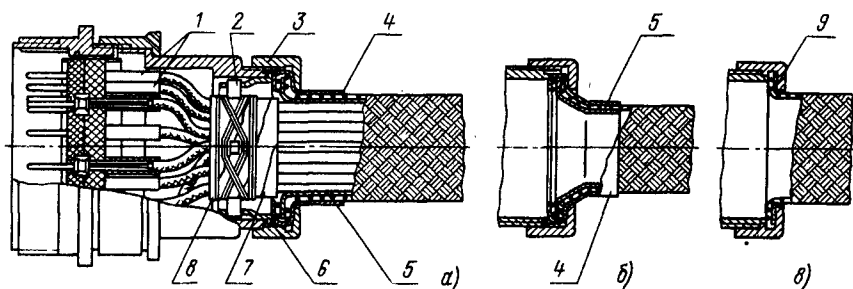


Рис. 6.11. Заделка экранированных кабелей в разъем серии 2РМ с корпусами диаметром 22–42 мм:

а — заделка экранированного кабеля с применением цилиндрических обкладок; б — заделка экрана в конические обкладки; в — заделка экрана шайбой; 1 — поливинилхлоридная трубка; 2 — фиксатор; 3 — экранирующая гайка; 4 — обкладка наружная; 5 — обкладка внутренняя; 6 — втулка фиксатора; 7 — обмотка поливинилхлоридной лентой; 8 — бандаж из ниток; 9 — шайба

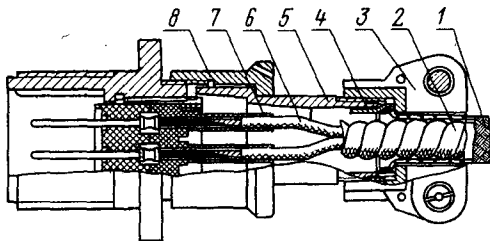


Рис. 6.12. Заделка экранированного кабеля в разъемы серии 2РМ с корпусами диаметром 14, 18 и 22 мм:

1 — экран кабеля; 2 — поливинилхлоридная лента; 3 — прижим; 4 — шайба; 5 — патрубок; 6 — изолированная жила кабеля; 7 — поливинилхлоридная трубка; 8 — гайка патрубка

кладки или шайбу с закрепленным экраном придвигают вплотную к торцу патрубка и закручивают экранирующую гайку. Общий вид заделки показан на рис. 6.11, а.

Заделка экранированных кабелей и пакетов проводов в общей экранирующей оплетке в разъем серии 2РМ с неэкранирующими гайками (диаметры корпусов 14, 18, 22 мм) производится следующим образом. Накладывают временный бандаж, удаляют лишнюю часть экранирующей оплетки, надевают неэкранирующую гайку и шайбу, к внутренней стороне шайбы припаивают оплетку. Разделяют конец кабеля, зачищают и облуживают концы жил, надевают патрубок и сдвигают вместе с шайбой и оплеткой на 50–60 мм по кабелю. На жилы надевают отрезки поливинилхлоридных трубок и припаивают жилы к хвостовикам контактов разъема; место пайки очищают от флюса и покрывают цапонлаком. На корень заделки накладывают обмотку из липкой ленты, надевают патрубок и соединяют с корпусом разъема. Шайбу с оплеткой вставляют в патрубок и закручивают неэкранирующую гайку; на нее устанавливают прижимы, плотно схватывающие кабель. Общий вид заделки приведен на рис. 6.12.

Заделка в штепсельные разъемы серии 2РМ небронированного кабеля и проводов производится в той же очередности, что и заделка экранированных, но исключается подпайка оболочки к шайбе и между шайбой и втулкой фиксатора устанавливается дополнительно резиновая втулка. В разъемах с диаметрами корпусов 14, 18 и 22 мм вместо фиксатора и втулки фиксатора устанавливают вторую шайбу.

Разъемы типа А позволяют выполнять заделку неэкранированного кабеля и пакетов проводов с уплотнением и без уплотнения

ввода в корпус разъема. В зависимости от наружного диаметра кабеля или пакета проводов (жил) может быть разбит на два–пять потоков, как показано на рис. 6.13. Диаметр потока не должен быть более 12 мм.

Кабель в трехвтулочный разъем при использовании одной втулки вводят в среднюю втулку, при использовании двух втулок — в крайние. Ввод кабеля (пакета) в пятивтулочный разъем (расположение втулок показано на рис. 6.14) выполняют при использовании: двух втулок — во вторую и третью втулки; трех втулок — в первую, третью и пятую втулки; четырех втулок — во вторую–пятую втулки. Неиспользованные втулки должны быть заглушены резиновыми заглушками диаметром 15 мм и толщиной 3–4 мм.

Заделка неэкранированного кабеля без уплотнения производится следующим образом. Конец кабеля (пакета) отрезают на необходимую длину и разделяют. Жилы кабеля (провода пакета) разделяют на потоки и надевают на них поливинилхлоридную или резиновую трубку наружным диаметром не более 12 мм и длиной около 50 мм. Корпус разъема отделяют от изолятора с контактами и во втулки его вводят потоки кабеля (пакета). Концы проводов зачищают на длину 7–8 мм, облуживают жилы кабеля

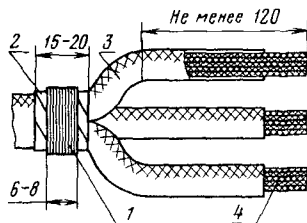


Рис. 6.13. Разделение кабеля или пакета проводов на потоки:

1 — бандаж из ниток; 2 — обмотка поливинилхлоридной лентой; 3 — поливинилхлоридная трубка; 4 — изолированные жилы кабеля

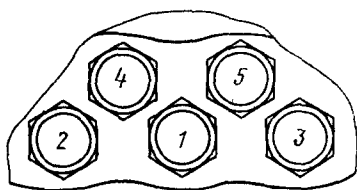


Рис. 6.14. Расположение втулок в пятивтулочном разъеме типа А

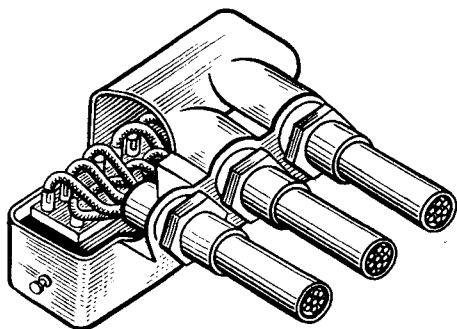


Рис. 6.15. Заделка кабелей в штпсельный разъем типа А

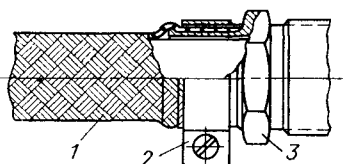


Рис. 6.16. Заделка экрана на втулке разъема типа А:

1 — экран кабеля; 2 — хомут; 3 — шейка втулки разъема

и припаивают к хвостовикам контактов. Места пайки очищают от флюса и закрашивают цапонлаком. Изоляцию жил, выполненную бумажной или шелковой пряжей, пропитывают лаком № 1. Изолятор с контактами вкладывают в корпус и закрепляют винтами. Излишек проводов вытягивают из корпуса, а изоляционные трубки, надетые на пакет проводов, сдвигают по нему в корпус через втулку. Общий вид заделки показан на рис. 6.15.

Уплотнение ввода в разъем выполняют обмоткой из двух слоев поливинилхлоридной ленты, захватывающей шейку втулки разъема и кабель (провод) на длину 50 мм. Обмотка ленты на шейке втулки закрепляется биндажом шириной 6–10 мм из ниток. Биндаж пропитывают лаком № 1.

Разъемы типа А предназначены, как правило, для неэкранированных проводов и кабеля. При заделке экранированного кабеля (провода) экран натягивают на шейку втулки, отгибают назад на длину шейки и закрепляют хомутом (рис. 6.16).

### СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ

Соединение кабелей осуществляется в следующей очередности: а) соединяемые

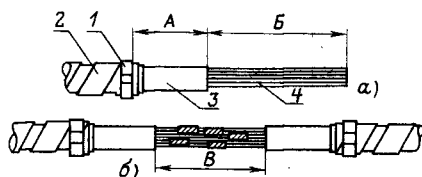


Рис. 6.17. Подготовка кабеля к соединению: а — разделка концов кабеля; б — соединение жил кабеля; 1 — биндаж; 2 — ленточная броня; 3 — поливинилхлоридная или резиновая оболочка; 4 — жилы кабеля

концы кабелей разделяют, как показано на рис. 6.17. Длина разделяемых концов жил и оболочек кабеля в зависимости от числа жил определяется из табл. 6.14. Если кабели имеют джутовый покров, то на одном из кабелей покров сматывают с разделяемого конца на длину 700–800 мм и закрепляют временной перевязкой; б) соединяемые концы кабелей закрепляют на подставке один против другого так, чтобы расстояние между торцами оболочек было равно размеру  $B$  (табл. 6.14). Концы жил соединяют между собой пайкой или сваркой и изолируют липкой поливинилхлоридной лентой или изоляционной гильзой. Затем восстанавливают оболочку при помощи изоляционных лент, термоусаживаемых трубок и лент из стеклоткани с эпоксидным клеем. Если кабель бронированный, то после восстановления оболочки производят пайку заземляющего медного проводника сечением не менее  $6 \text{ мм}^2$  к лентам брони на концах соединяемых кабелей.

Восстановление оболочек кабеля при помощи многослойной намотки стеклоткани с эпоксидным клеем производится в следующей последовательности:

зачищают концы оболочек; покрывают концы оболочек лаком КО-916 на длину не менее 30 мм и сушат 10–15 мин; накладывают один слой ленты ЛЭТСАР на оболочку концов кабеля с 50%-ным перекрытием; надвигают трубку на место соединения с захо-

Таблица 6.14. Длина разделяемых концов жил и оболочек кабеля

Сечение жил, мм <sup>2</sup>	Число жил	Длина разделки, мм		
		А	Б	В
0,75–1,0	2–4	70	150	150
0,75–1,0	6–10	70	200	200
0,75–2,5	14–19	70	250	250
0,75–2,5	24–37	70	300	300

дом на оболочку кабелей; производят усадку трубки пламенем газовой горелки или пистолетом типа ПС-1;

обматывают лентой ПВХ в два слоя с 50%-ным перекрытием витков жилы кабелей с заходом на оболочки не менее 10 мм; зачищают и обезжиривают поверхности оболочек и ленты брони до технологических бандажей;

производят намотку из четырех слоев ленты из стеклоткани с 50%-ным перекрытием витков заподлицо со срезами брони; накладывают обмотку из двух слоев ленты поверх ранее наложенной обмотки до технологических бандажей.

Ленту из стеклоткани перед намоткой предварительно промазывают эпоксидным клеем, приготовленным на месте монтажа из следующих компонентов: эпоксидная смола ЭД-20 — 100 частей; полиэтиленполиамин — 10 частей; дибутилфталат — 15 частей; пудра алюминиевая ПАП-1 или ПАП-2 — 10 частей. Жизнеспособность клея 45—60 мин.

Восстановление оболочки кабелей при помощи изоляционных лент производится в следующей последовательности: изолированные жилы сближают и обматывают двумя слоями ПВХ ленты с 50%-ным перекрытием витков; зачищают и обезжиривают поверхность оболочек на расстоянии 50 мм от места среза, протирая участок оболочки тампоном из ветоши, смоченным в бензине; покрывают обезжиренные участки слоем лака КО-916 и сушат в течение 10—15 мин; накладывают на оболочку на место, где был нанесен лак, обмотку из ленты марки ЛЭТСАР-ЛП в один слой с 50%-ным перекрытием и вытягивают в процессе намотки так, чтобы ширина ее составляла половину исходной; накладывают подмотку из двух-трех слоев ленты ЛЭТСАР с 50%-ным перекрытием.

Восстановление оболочки кабелей при помощи термоусаживаемых трубок выполняется в следующей последовательности: надевают термоусаживаемую трубку на оболочку одного из концов сращиваемых кабелей, размер трубки выбирают по табл. 6.12.

### ОКОНЦЕВАНИЕ И СОЕДИНЕНИЕ МЕЖДУ СОБОЙ ЖИЛ КАБЕЛЯ И ПРОВОДОВ

Оконцевание жил проводов и кабелей производится кольцом, штырем или наконечником. Оконцевание однопроволочных медных жил проводов и кабелей сечением 0,5 и 0,75 мм<sup>2</sup> и многопроволочных медных жил сечением 0,35; 0,5; 0,75 мм<sup>2</sup> произво-

дится, как правило, штырем с последующим присоединением пайкой к контактам или наконечникам.

Однопроволочные медные жилы проводов и кабелей сечением 1; 1,5; 2,5; 4 мм<sup>2</sup> оконцовываются штырем или кольцом, а многопроволочные провода этих же сечений — с помощью наконечников или непосредственно под винт или болт (кольца, штыря) с последующим облуживанием. Если конструкция выводов и зажимов приборов, аппаратов, сборок зажимов требует или допускает иные способы присоединения однопроволочных и многопроволочных медных жил проводов и кабелей, должны применяться способы присоединения, указанные в соответствующих стандартах и технических условиях на эти изделия. Оконцевание алюминиевых жил проводов и кабелей сечением 2,0 мм<sup>2</sup> и более осуществляется штырем или кольцом, при этом присоединение к приборам, аппаратам, сборкам зажимов возможно лишь зажимами, позволяющими выполнять непосредственное присоединение к ним алюминиевых проводников соответствующих сечений. Для снятия изоляции с проводов и жил кабеля сечением 0,75; 1,0; 1,5 мм<sup>2</sup> применяют клещи КК-1М, для жил сечением 1,5; 2,5; 4 мм<sup>2</sup> — клещи ККСИ. Изоляцию жил сечением 4 мм<sup>2</sup> и более допускается снимать ножом, при этом запрещается делать кольцевые надрезы изоляции во избежание повреждений проволок жилы.

Зачистку медной жилы производят мелкой наждачной шкуркой до металлического блеска. Алюминиевую жилу зачищают шкуркой под слоем технического вазелина.

Заделку среза изоляции жилы, имеющей хлопчатобумажную оплетку, если не требуется ее маркировка, производят оконцевателями типа ОП или У540, или муфточками из ПВХ трубки с внутренним диаметром, обеспечивающим плотное одевание ее на изоляцию жилы провода или кабеля. Маркировку выполняют маркировочными оконцевателями типов ОКМ, А671, У541 и муфточками длиной 15—20 мм из ПВХ трубки. Маркировочные надписи на оконцевателях и муфточках делают разборчиво с высотой знаков 3—4 мм маркировочной краской марки БМК4, которая готовится по следующему рецепту (в составных частях):

трубка из поливинилхлоридного пластика по ГОСТ 19034—82 — 10 частей;  
растворитель Р-4 по ГОСТ 7827—80 или ацетон по ГОСТ 2603—79 — 70 частей;  
спирт этиловый технический по ГОСТ 18300—72 — 10 частей;



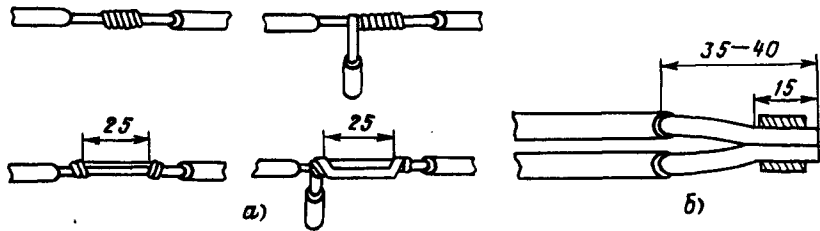


Рис. 6.18. Соединение жил проводов и кабелей перед пайкой:

а — скручивание медных жил перед пайкой; б — скручивание алюминиевых жил перед пайкой

нигрозин спирторастворимый по ГОСТ 9307-78 — 10 частей.

Для приготовления краски в стакане на водяной бане при температуре 60—80 °С растворяют измельченные трубки из поливинилхлоридного пластика в растворителе Р-4 или ацетоне. Полученный раствор тщательно перемешивают, а затем в него добавляют спиртовой раствор нигрозина.

Соединение и ответвление медных и алюминиевых жил проводов и кабелей должно производиться в протяжных устройствах или муфтах пайкой или сваркой. Подготовка жилы к пайке заключается в снятии с нее изоляции и зачистке, как было описано выше. Медные жилы сечением до 2,5 мм<sup>2</sup> включительно перед пайкой скручивают, как показано на рис. 6.18, а, а жилы сечением до 6 мм<sup>2</sup> соединяют с помощью гильз (рис. 6.18, б) из медной или латунной ленты толщиной 0,3—0,5 мм, которые располагаются на жилах так, чтобы стык находился в середине гильзы. Гильзы и жилы предварительно облуживают. Алюминиевые жилы укладывают внахлестку и скручивают так, чтобы в месте присоединения жил образовался желобок (рис. 6.18, б).

Пайка медных жил должна производиться припоем ПОС-30 с бескислыми флюсами, а пайка алюминиевых жил — припоями А и Б (табл. 6.15) с флюсом ВАМИ, который

Таблица 6.15. Припой для пайки медных и алюминиевых жил

Марка припоя	Компоненты, % (по массе)					Температура плавления, °С
	Олово	Свинец	Сурьма	Цинк	Медь	
ПОС-30	30	68	2	—	—	245
ПОС-40	40	58	2	—	—	230
А	40	—	—	58,5	1,5	400—450
Б	35	1,0	0,5	39	—	225—250

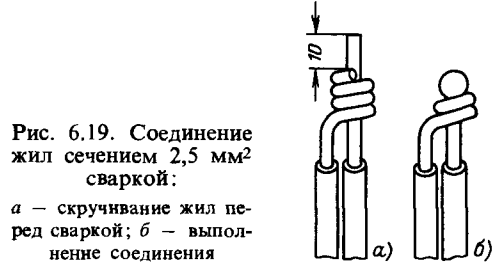


Рис. 6.19. Соединение жил сечением 2,5 мм<sup>2</sup> сваркой:

а — скручивание жил перед сваркой; б — выполнение соединения

состоит из 50% хлористого калия, 30% хлористого натрия и 20% криолита марки К-1. Для пайки жил к контактам штепсельных разъемов применяют припой ПОС-40. Запрещается применять легкоплавкие припои типа висмут — олово — свинец — кадмий, а также использовать в качестве флюса хлористый цинк.

Электросварка применяется для соединения между собой медных или алюминиевых жил, а также жил компенсационных проводов. Для сварки применяют трансформатор мощностью 300 Вт, напряжением 220/12 В, угольный электрод, держатель угольного электрода с медным зажимом для присоединения провода от трансформатора и плоскогубцы с изолированными ручками и зажимом для присоединения второго провода от трансформатора. Перед сваркой жилы скручивают, как показано на рис. 6.19. Для сварки алюминиевых жил применяется флюс ВАМИ, а для медных жил и жил компенсационных проводов — бура.

## 6.5. ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Полностью смонтированные электропроводки независимо от назначения и класса помещения, где они проложены, перед проведением испытаний должны быть подвергнуты внешнему осмотру. При внешнем осмотре выявляется соответствие выполненных

электропроводок проекту автоматизации и требованиями СНиП 3.05.07—85 «Системы автоматизации».

При внесении изменений в проект, согласованных с проектной организацией или заказчиком, при внешнем осмотре проверяют соответствие электропроводок внесенным изменениям.

Внешним осмотром электропроводок проверяют: правильность установки конструкций и монтажа труб, коробов, лотков и т. п.; правильность выполнения соединений и разветвлений проводов и кабелей, а также их оконцеваний и подсоединений к зажимам; выполнение антикоррозионных покрытий и заземления. Для электропроводок систем автоматизации во взрыво- и пожароопасных помещениях при внешнем осмотре дополнительно проверяют выполнение требований, предъявляемых к электропроводкам этих помещений. Дефекты, обнаруженные в результате внешнего осмотра, должны быть устранены.

После внешнего осмотра электропроводок проводят измерение сопротивления изоляции.

Измерение сопротивления изоляции электрических цепей производят в полностью смонтированных электропроводках между всеми жилами кабеля или всеми жилами проводов в защитном трубопроводе

(коробе), а также между каждой жилой и металлической защитной оболочкой кабеля или защитным трубопроводом (коробом). При этом все контрольно-измерительные приборы, исполнительные механизмы и электрическая аппаратура должны быть отключены, а провода и кабели присоединены к сборкам зажимов соединительных коробок, щитов и пультов средств автоматизации. Напряжение мегаомметра при измерении должно быть: а) 1000 В для силовых электропроводок в помещениях всех классов; б) 1000 В для электропроводок во взрывоопасных помещениях всех классов и пожароопасных класса П-1; в) 500 В для остальных проводов. Сопротивление изоляции проводников должно быть не меньше 1 МОм. Результаты измерения заносят в протокол. Сдача электропроводок производится при сдаче всего комплекса работ по монтажу приборов и средств автоматизации (см. разд. 1).

К акту сдачи прикладывают: а) рабочую проектную документацию с внесенными в процессе монтажа изменениями; б) протоколы и акты на скрытые работы (прокладка электропроводок в земле, в фундаментах, в полу и т. п.); в) протоколы измерения сопротивления изоляции проводов и кабеля; г) протоколы прогрева кабеля перед прокладкой в зимних условиях.

## РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

# МОНТАЖ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

## 7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Температура и температурные шкалы.** Степень нагретости, или тепловое состояние, твердого тела, жидкости или газообразной среды характеризуется температурой и основывается на способности одного тела передавать тепло другому при разной степени нагретости и находиться в состоянии теплового равновесия при одинаковой степени их нагретости. Это явление теплового обмена между телами с различной степенью нагретости, а также изменение физических свойств тел при нагревании легли в основу устройства и принципа действия приборов для измерения температуры.

Эти приборы составляют самую распространенную группу приборов контроля тех-

нологических параметров. Методы контроля температуры делятся на механические, тепловые, электрические, излучательные и др.

В зависимости от принципа действия приборы для измерения температуры делят на следующие группы:

1) термометры расширения, основанные на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры;

2) манометрические термометры, основанные на изменении давления веществ при постоянном объеме при изменении температуры;

3) термопреобразователи сопротивления, основанные на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при изменении температуры;