

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ

1.1. Назначение и классификация трубопроводов

Трубопровод — сооружение, состоящее из плотно соединенных между собой труб, деталей трубопроводов, запорно-регулирующей аппаратуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежных деталей, прокладок, материалов и деталей тепловой и противокоррозионной изоляции и предназначенное для транспортирования газообразных, жидких и твердых веществ.

К технологическим трубопроводам относятся находящиеся в пределах промышленного предприятия или группы этих предприятий трубопроводы, по которым транспортируют различные вещества, в том числе сырье, полуфабрикаты, промежуточные и конечные продукты, отходы производства, необходимые для ведения технологического процесса или эксплуатации оборудования.

Условия изготовления и монтажа технологических трубопроводов определяются разветвленной сетью большой протяженности и различием конфигурации обвязки технологического оборудования; разнообразием применяемых материалов, типов труб, их диаметров и толщин стенок; характером и степенью агрессивности транспортируемых веществ и окружающей среды; различием способов прокладки (в траншеях, без траншей, в каналах, тоннелях, на стойках, двух- и многоярусных эстакадах, на технологическом оборудовании, а также на разных высотах и часто в условиях, не удобных для производства работ); числом разъемных к неразъемным соединений, деталей трубопроводов, арматуры, компенсаторов, контрольно-измерительных приборов и опорных конструкций.

Для того чтобы смонтировать 1 т стальных технологических трубопроводов, необходимо помимо труб израсходовать в среднем различных деталей и арматуры, масса которых составляет до 22 % от массы трубопровода (табл. 1.1).

При изготовлении и монтаже технологических трубопроводов используются терминами, приведенными далее.

Т а б л и ц а 1.1

Расход материалов и изделий при монтаже 1 т стальных технологических трубопроводов

Наименование	Расход материалов и изделий при монтаже в зависимости от типа трубопровода			
	внутрицехового		межцехового	
	кг	шт.	кг	шт.
Трубы	810	—	968	
Отводы	97	16,5	9,7	1,65
Тройники	5	0,8	0,5	0,05
Переходы	5,5	2,1	0,5	0,2
Заглушки	2,3	1,5	0,2	0,15
Фланцы	48	5,5	4,8	0,55
Болты, гайки, шпильки, шайбы	12		1,2	—
Прокладки	1,5		0,2	—
Опоры и подвески	18	9	15	7,5
Арматура	178	3,5	17,8	0,35

Линия — участок трубопровода, по которому транспортируется вещество с постоянными рабочими параметрами. В проекте линии трубопровода присваивается отдельный индекс.

Узел (рис. 1.1) — часть линии трубопровода, ограниченная транспортным габаритом. Узел трубопровода (сборочная единица) состоит из одного или нескольких элементов и арматуры, собранных с помощью неразъемных и разъемных соединений. Узел может быть установлен в проектное положение сразу или направлен для последующей укрупненной сборки в трубопроводные блоки. Узлы бывают плоские, у которых ось находится в одной плоскости, и пространственные, у которых ось находится в двух и более плоскостях.

Элемент (рис. 1.2) — часть узла трубопровода (сборочная единица), состоящая из сваренных между собой отрезков труб и деталей или нескольких деталей.

Трубопроводный блок — линия или часть линии трубопровода, которая состоит из одного или нескольких узлов, арматуры и отрезков труб, собранных с помощью разъемных и неразъемных соединений. Блок по размерам и конфигурации может быть установлен в проектное положение без предварительного укрупнения.

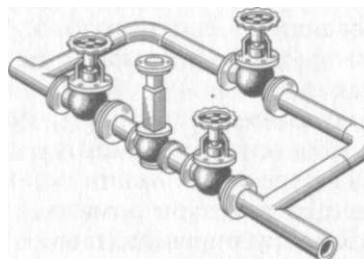


Рис. 1.1. Узел трубопровода

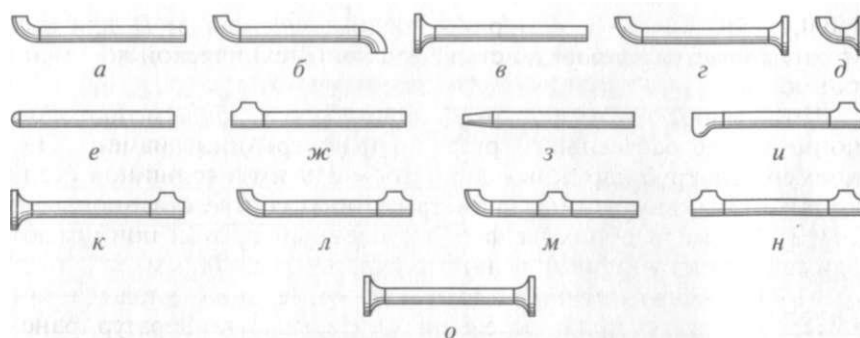


Рис. 1.2. Элементы трубопроводов:

а — труба и отвод; б — отвод, труба и отвод; в — труба и фланец; г — фланец, труба и отвод; д — фланец и отвод; е — труба и заглушка; ж — труба и тройник; з — труба и концентрический переход; и — тройник, труба и эксцентрический переход; к — тройник, труба и фланец; л — тройник, труба и отвод; м — труба и тройник, труба и отвод; н — тройник, труба и тройник; о — фланец, труба и фланец

Деталь — часть линии трубопровода, предназначенная для соединения отдельных его участков с изменением и без изменения направления, проходного сечения (отвод, переход, тройник, заглушка, фланец) и его крепления (опора, подвеска, болт, гайка, шайба, прокладка).

Секция — часть линии трубопровода (сборочная единица), состоящая из нескольких сваренных между собой труб одного диаметра, ось которых составляет одну прямую линию и общая длина находится в пределах транспортного габарита.

Плеть — линия или часть линии трубопровода, состоящая из нескольких сваренных между собой секций трубопроводов. Плеть обычно собирают и сваривают на месте прокладки трубопровода.

Основная характеристика трубопровода — внутренний диаметр, определяющий его проходное сечение, необходимое для прохождения заданного количества вещества при рабочих параметрах эксплуатации (давление, температура, скорость). При строительстве трубопроводов для сокращения числа видов и типоразмеров входящих в состав трубопроводов соединительных деталей и арматуры, используют единый унифицированный ряд условных проходов.

Условный проход D_n — номинальный внутренний диаметр присоединяемого трубопровода. Труба при одном и том же наружном диаметре может иметь разные номинальные внутренние диаметры. Для арматуры и соединительных деталей технологических трубопроводов наиболее часто применяют следующий унифицированный ряд условных проходов, мм: 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600; 800; 1 000; 1 200;

1 400; 1 600. Для труб этот ряд — рекомендуемый, и D для них устанавливается в проекте, стандартах или технической документации.

При выборе трубы для трубопровода под условным проходом понимают ее расчетный округленный внутренний диаметр. Например, для труб наружным диаметром 219 мм и толщиной стенки 6 и 16 мм, внутренний диаметр которых соответственно равен 207 и 187 мм, в обоих случаях за условный проход принимают ближайший из унифицированного ряда D , т.е. 200 мм.

Механическая прочность труб, соединительных деталей и арматуры снижается при определенных интервалах температур транспортируемого по трубопроводу вещества или окружающей среды. Понятие «условное давление» введено для учета изменений прочности соединительных деталей и арматуры трубопроводов под действием избыточного давления и температуры транспортируемого вещества или окружающей среды.

Условное давление p_y — наибольшее избыточное давление при температуре вещества или окружающей среды 20 °С. При этом давлении обеспечивается длительная работа арматуры и деталей трубопровода, имеющих заданные размеры, обоснованные расчетом на прочность при выбранных материалах и характеристиках их прочности, соответствующих температуре 20 °С. Например, для арматуры и деталей трубопроводов из стали 20, работающих при избыточном давлении 4 МПа и транспортирующих вещество при температуре 20 °С, условное давление $p_y = 4 \text{ МПа}$ при температуре 350 °С — $p_y = 6,3 \text{ МПа}$.

Для сокращения числа типоразмеров арматуры и деталей трубопроводов установлен унифицированный ряд условных давлений (ГОСТ 356-80), МПа: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 160; 250.

Рабочее давление $p_{\text{раб}}$ — наибольшее избыточное давление, при котором обеспечивается заданный режим эксплуатации арматуры и деталей трубопроводов.

Пробное давление $p_{\text{пр}}$ — избыточное давление, при котором должно проводиться гидравлическое испытание арматуры и деталей трубопроводов на прочность и плотность водой с температурой не менее 5 и не более 70 °С.

На трубопроводы и трубы ГОСТ 356—80 «Арматура и детали трубопроводов. Давления условные, пробные и рабочие» не распространяется, а является рекомендуемым, p_y и $p_{\text{пр}}$ для них устанавливаются проектом, стандартами или технической документацией.

Технологические трубопроводы классифицируют по роду транспортируемого вещества, материалу труб, рабочим параметрам, степени агрессивности среды, месту расположения, категориям и группам.

По роду транспортируемого вещества технологические трубопроводы можно разделить на нефтепроводы, газопроводы, паропроводы, водопроводы, мазутопроводы, маслопроводы, бензопроводы, кислотопроводы, щелочепроводы, а также специального назначения (трубопроводы густого и жидкого смазочного материала, трубопроводы с обогревом, вакуум-проводы) и др.

По материалу, из которого изготовлены трубы, различают трубопроводы стальные (из углеродистой, легированной и высоколегированной стали), из цветных металлов и их сплавов (медные, латунные, титановые, свинцовые, алюминиевые), чугунные, неметаллические (полиэтиленовые, винилпластовые, фторопластовые, стеклянные), футерованные (резиной, полиэтиленом, фторопластом), эмалированные, биметаллические и др.

По условному давлению транспортируемого вещества трубопроводы разделяют на вакуумные, работающие при давлении ниже 0,1 МПа, низкого давления, работающие при давлении до 10 МПа, высокого давления (более 10 МПа) и безнапорные, работающие без избыточного давления.

По температуре транспортируемого вещества трубопроводы подразделяют на холодные (температура ниже 0 °С), нормальные (1...45 °С) и горячие (от 46 °С и выше).

По степени агрессивности транспортируемого вещества различают трубопроводы для неагрессивных, малоагрессивных, среднеагрессивных и агрессивных сред. Стойкость металла в коррозионных средах оценивают скоростью проникновения коррозии — глубиной коррозионного разрушения металла в единицу времени, мм/год. К неагрессивной и малоагрессивной средам относят вещества, вызывающие коррозию стенки трубы, скорость которой менее 0,1 мм/год, среднеагрессивной — в пределах 0,1...0,5 мм/год и агрессивной — более 0,5 мм/год.

Для трубопроводов, транспортирующих неагрессивные и малоагрессивные вещества, обычно применяют трубы из углеродистой стали; транспортирующих среднеагрессивные вещества, — трубы из углеродистой стали с повышенной толщиной стенки (с учетом прибавки на коррозию), из легированной стали, неметаллических материалов, футерованные; транспортирующих высокоагрессивные вещества — только из высоколегированных сталей, биметаллические, из цветных металлов, неметаллические и футерованные.

По месторасположению трубопроводы бывают внутрицеховые, соединяющие отдельные аппараты и машины в пределах одной технологической установки или цеха и размещаемые внутри здания или на открытой площадке, и межцеховые, соединяющие отдельные технологические установки, аппараты, емкости, находящиеся в разных цехах.

Внутрицеховые трубопроводы по конструктивным особенностям могут быть обвязочные (около 70 % общего объема внутрице-

ховых трубопроводов) и распределительные (около 30%). Внутрицевые трубопроводы имеют сложную конфигурацию с большим числом деталей, арматуры и сварных соединений. На каждые 100 м длины таких трубопроводов приходится выполнять до 120 сварных стыков. Масса деталей, включая арматуру, в таких трубопроводах достигает 41 % общей массы трубопроводов в целом.

Межцевые трубопроводы характеризуются довольно длинными прямыми участками (длиной до нескольких сот метров) со сравнительно небольшим числом деталей, арматуры и сварных соединений. Масса деталей в межцевых трубопроводах (включая арматуру) составляет около 3...4%, а масса П-образных компенсаторов — около 7 %.

Стальные трубопроводы разделяют на *категории* в зависимости от рабочих параметров (температуры и давления) транспортируемого по трубопроводу вещества и *группы* в зависимости от класса опасности вредных веществ и показателей пожарной опасности веществ.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества разделяют на четыре класса опасности (ГОСТ 12.1.005—88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ГОСТ 12.1.007—76* «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»): 1 — чрезвычайно опасные; 2 — высокоопасные; 3 — умеренно опасные; 4 — малоопасные.

По пожарной опасности (ГОСТ 12.1.004—91 «Пожарная безопасность. Общие требования») вещества бывают негорючие (НГ), трудногорючие (ТГ), горючие (ГВ), горючие жидкости (ГЖ), легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), горючие газы (ГГ), взрывоопасные (ВВ).

Технологические стальные трубопроводы, рассчитанные на условное давление до 10 МПа, в соответствии с СН 527—80 «Инструкция по проектированию технологических стальных трубопроводов на p_s до 10 МПа» подразделяют на пять категорий (I—V) и три группы (А, Б, В).

Трубопроводы, транспортирующие водяной пар с рабочим давлением более 0,07 МПа или горячую воду температурой свыше 115 °С, согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды, утвержденным Госгортехнадзором (в настоящее время функции Госгортехнадзора выполняет Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)), разделяют на четыре категории (табл. 1.2).

Трубопроводы из пластмассовых труб (полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида) применяют для транспортирования веществ, к которым материал труб химически стоек или относительно стоек, и классифицируют по категориям и группам, установленным для стальных трубопроводов. При этом трубопроводы

Классификация технологических стальных трубопроводов по категориям и группам

Группа	Транспортируемое вещество	Категории									
		I		II		III		IV		V	
		$P_{\text{раб}}, \text{МПа}$	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{раб}}, \text{МПа}$	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{раб}}, \text{МПа}$	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{раб}}, \text{МПа}$	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{раб}}, \text{МПа}$	$t_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$
А	Вредное:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	класс опасности 1 и 2 класс опасности 3	1,6... 10	Свыше 300	До 1,6	До 300	—	—	—	—	—	—
Б	Взрыво- и пожароопасные:	2,5... 10	Свыше 300	До 2,5	До 300	—	—	—	—	—	—
	взрывоопасные вещества (ВВ) и горючие газы (ГГ), в том числе	2,5... 10	Свыше 300	1,6... 2,5	120... 300	До 1,6	До 120	—	—	—	—
	сжиженные легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) горючие жидкости (ГЖ) и горючие вещества (ГВ)	6,3... 10	Свыше 350	2,5... 6,3	250... 350	1,6... 2,5	120... 250	До 1,6	До 120	—	—
В	Трудногорючие (ТГ) и негорючие (НГ) вещества	—	—	6,3... 10	350... 450	2,5... 6,3	250... 350	1,6... 2,5	120... 250	До 1,6	До 120
	Перегретый водяной пар	Свы- ше 3,9	До 450	До 3,9	350... 450	До 2,2	250... 350	0,7... 1,6	115... 250	—	—
		—	Свыше 450	2,2... 3,9	До 350	1,6... 2,2	До 250	—	—	—	—
	Горячая вода и насыщенный водяной пар	Свы- ше 8	Свыше 115	3,9... 8	Свыше 115	1,6... 3,9	Свыше 115	До 1,6	Свыше 115	—	—

из пластмассовых труб запрещается применять для транспортирования вредных веществ 1-го класса опасности, взрывоопасных веществ и сжиженных углеводородных газов (СУГ).

Трубопроводы, изготовленные из пластмасс, по которым транспортируют вредные вещества 2-го и 3-го классов опасности, относят к категории II и группе А; легковоспламеняющиеся жидкости, горючие газы, горючие вещества, горючие жидкости относят к категории III и группе Б, а трудногорючие и негорючие — к категории IV или V и группе В.

Стальные трубопроводы, рассчитанные на давление выше 10 МПа, относятся к I категории, за исключением трубопроводов для систем густой смазки и гидравлики, которые относятся к II категории при давлении выше 6,3 МПа.

Категория трубопровода устанавливается проектом, при этом определяющим является тот параметр трубопровода, который требует отнесения его к наибольшей категории.

1.2. Факторы, влияющие на работу трубопроводов

Технологические трубопроводы в процессе эксплуатации испытывают значительные нагрузки: давление (от глубокого вакуума до 250 МПа), температуру (-253...+700°C и более) транспортируемого вещества; собственный вес труб, деталей, арматуры, транспортируемого вещества, теплоизоляции, тепловое удлинение; вибрационные и ветровые нагрузки; давление грунта. Кроме того, на отдельных участках трубопровода могут возникать периодические нагрузки от неравномерного нагрева, защемления подвижных опор и повышенного трения в них.

Нагрузки от массы металла труб и теплоизоляции, внутреннего давления транспортируемого вещества, давления ветра являются распределенными нагрузками, а нагрузки от веса арматуры и металлоконструкций — сосредоточенными. Нагрузки от тепловых удлинений возникают в ветвях и опорах трубопроводов и всегда имеют сосредоточенный характер. Нагрузки от давления транспортируемого вещества относятся к внутренним нагрузкам, а нагрузки от веса, тепловых удлинений, вибрации, натяжки трубопроводов, распора встроенных в трубопровод компенсаторов, а также ветровые, давление грунта (в случае прокладки в земле) — к внешним.

Способность трубопровода противостоять перечисленным нагрузкам называется *прочностью трубопровода*. Прочность трубопровода зависит от прочности деталей, из которых он состоит. Так как трубопроводы работают при низких и высоких температурах, при определении прочности металла, из которого изготовлены

детали трубопроводов, исходят из прочностных характеристик сталей при соответствующих температурах.

Надежность технологических трубопроводов является важнейшим условием их эксплуатации, так как неисправность в какой-либо части трубопровода, как правило, не имеющего резервной линии, может привести к аварии и полной остановке производства или всего промышленного объекта.

Для обеспечения надежной работы трубопроводов необходимо выполнение следующих требований:

- при проектировании трубопровода следует учесть все условия, влияющие на его работу и прочность; выбрать необходимые материалы для всех его частей; рассчитать компенсацию и самокомпенсацию трубопроводов и целесообразно подобрать и разместить средства для его крепления по всей трассе;
- качественно изготовить все детали, узлы и секции трубопроводов из материалов, предусмотренных проектом, и тщательно контролировать все изделия и материалы, поступающие на строительство трубопроводов;
- качественно выполнить монтажные работы, соблюдая заданную технологию и технические условия;
- обеспечить постоянное и систематическое наблюдение за работой трубопровода, которая должна проходить без нарушения режима эксплуатации и превышения параметров, указанных в проекте и инструкциях.

1.3. Соединения элементов трубопроводов

Соединения труб между собой, с арматурой, технологическим оборудованием, контрольно-измерительными приборами и средствами автоматики бывают неразъемные и разъемные.

К неразъемным относятся соединения, получаемые путем сварки, пайки или склеивания, к разъемным — фланцевые, резьбовые, дюритовые, бугельные и др.

Выбор соединения трубопроводов зависит от материала соединяемых деталей, физико-химических свойств (агрессивность, токсичность, способность к застыванию или выпадению осадка), давления и температуры транспортируемого вещества, условий эксплуатации (герметичность, необходимость частых разборок, огне- и взрывобезопасность производства).

Широко распространен способ получения неразъемных соединений технологических трубопроводов путем дуговой сварки, которая обеспечивает высокую надежность, прочность и плотность соединений.

Сварные соединения (рис. 1.3) могут быть следующих видов: стыковые, раструбные, в некоторых случаях угловые (приварка штуцеров, плоских фланцев).

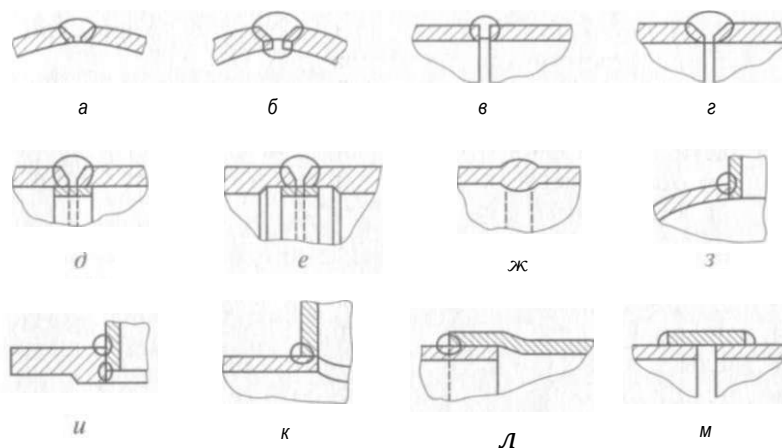


Рис. 1.3. Виды неразъемных сварных соединений труб и деталей трубопроводов:

а — стыковое продольное с односторонним швом; б — стыковое продольное с двусторонним швом; в — стыковое поперечное с односторонним швом без скоса кромок; г — стыковое поперечное с односторонним швом со скосом кромок; д — стыковое поперечное с подкладным кольцом без расточки; е — стыковое поперечное с подкладным кольцом с внутренней расточкой; ж — стыковое контактное; з — угловое одностороннее без скоса кромок; и — угловое одностороннее без скоса кромок; к — угловое одностороннее со скосом кромок; л — раструбное; м — раструбное с муфтой

Стыковые соединения в трубопроводах могут иметь продольное (рис. 1.3, а, б) и поперечное (рис. 1.3, в—ж) расположения швов. По характеру выполнения сварного соединения швы можно разделить на односторонние (см. рис. 1.3, а, в, г), двусторонние (см. рис. 1.3, б) и односторонние с подкладным кольцом (рис. 1.3, д, е). Трубопроводы с условным проходом до 500 мм сваривают только односторонним швом. Двусторонний шов, т.е. с подваркой корня шва с внутренней стороны для повышения прочности соединения, применяют для трубопроводов с $Z)_{\text{н}} = 600$ мм и более. Подкладные кольца применяют ограниченно, так как они уменьшают проходное сечение трубопровода, вызывают дополнительное гидравлическое сопротивление и препятствуют полному сливу вещества из трубопровода.

Угловые сварные соединения без скоса (рис. 1.3, з, и) и со скосом (рис. 1.3, к) кромок выполняют при изготовлении сварных деталей трубопроводов, а также при сварке деталей с трубами.

Раструбные соединения (рис. 1.3, л, м) менее прочны, чем стыковые, и требуют дополнительного расхода труб, а также вызывают необходимость предварительно подготовить концы труб по диаметру (снять фаску). Такие соединения используют в основном

при сварке труб из цветных металлов, а также при пайке или склеивании.

Фланцевые соединения (рис. 1.4, а) состоят из двух фланцев 3 и 4, прокладки 5 или уплотнительного кольца, соединительных болтов 2 (или шпилек) с гайками. Герметичность соединения достигается благодаря прокладкам из упругого материала, установленным между торцовыми поверхностями фланцев.

Конструкция фланцев зависит от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого вещества, материала труб и других факторов. Фланцы могут привариваться к трубе или устанавливаться на резьбе. Применяют фланцы, свободно сидящие на трубе и удерживаемые на ней путем отбортовки концов труб или приваренных к трубам колец.

Фланцевые соединения применяют для присоединения труб к фланцевой арматуре, к штуцерам оборудования, для трубопроводов, требующих периодической разборки, чистки отложений транспортируемых веществ или замены участков из-за повышенной коррозии, а также для временных, периодически демонтируемых трубопроводов.

Основными недостатками фланцевых соединений являются: большой расход металла, высокая стоимость изготовления, а также меньшая по сравнению с неразъемными сварными соединениями надежность в эксплуатации — при частом изменении температуры или давления транспортируемого вещества возможно ослабление соединения и, как следствие, возникновение утечек. В связи с этим технологические трубопроводы соединяют, как правило, с помощью сварки.

Резьбовые соединения технологических трубопроводов используют ограниченно: главным образом при прокладке систем густого и жидкого смазочного материала, коммуникаций высокого дав-

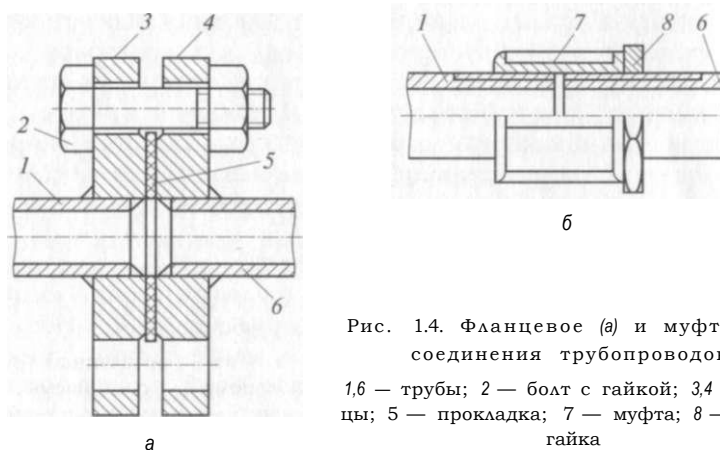


Рис. 1.4. Фланцевое (а) и муфтовое (б) соединения трубопроводов:

1,6 — трубы; 2 — болт с гайкой; 3,4 — фланцы; 5 — прокладка; 7 — муфта; 8 — контргайка

ления, на трубопроводах из водогазопроводных труб, а также для присоединения резьбовой трубопроводной арматуры и контрольно-измерительных приборов и автоматики. При помощи резьбы также соединяют трубопроводы из чугуна и стальных футерованных труб. Из резьбовых соединений трубопроводов более распространены муфтовые и штуцерные.

В муфтовом соединении (рис. 1.4, о), применяемом в основном для водогазопроводных труб, на конце одной трубы нарезается удлиненная резьба (сгон), на которой полностью могут поместиться муфта 7 и контргайка на конце другой трубы — резьба длиной, равной примерно половине длины муфты. Трубы соединяют путем свинчивания муфты со сгона на другой конец трубы до конца резьбы. Чтобы обеспечить необходимое уплотнение в

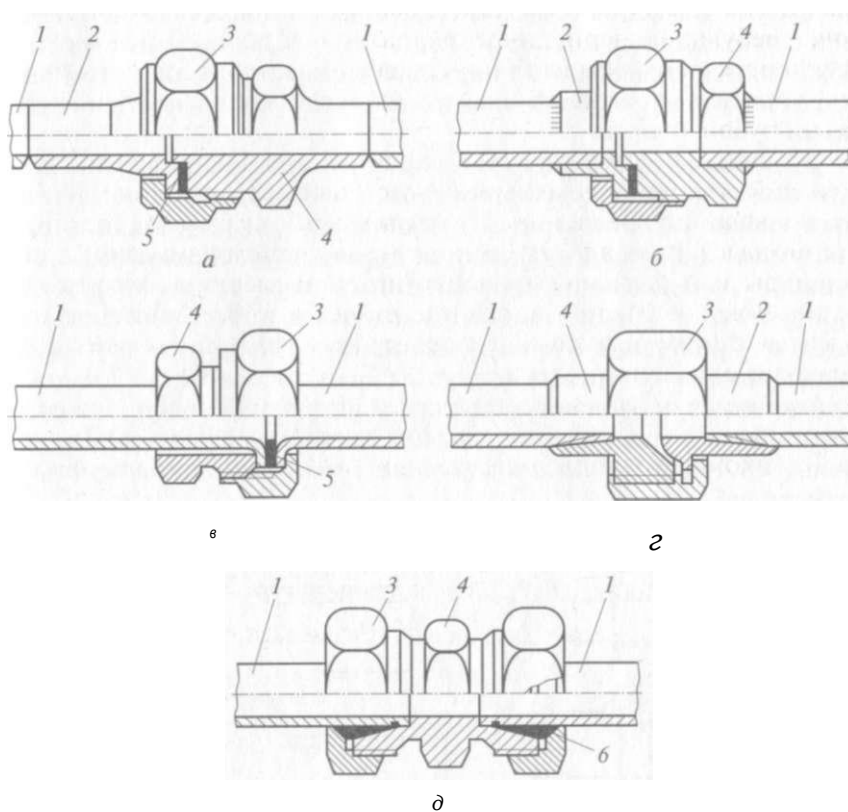


Рис. 1.5. Штуцерные соединения трубопроводов:

а — приварные встык; б — приварные внахлест; в — на отбортованных трубах; г — на конической резьбе; д — с врезавшимся кольцом; 1 — соединяемые трубы; 2 — nipple; 3 — накидная гайка; 4 — штуцер; 5 — прокладка; 6 — врезавшееся кольцо

резьбе, применяют ленту из полимерных материалов, паклю или лен на сурике либо герметике, поджимая их контргайкой.

Частным случаем муфтового соединения является футорка. В отличие от обычной муфты футорка имеет внешнюю резьбу с фиксированной контргайкой и ввинчивается в трубу, имеющую внутреннюю резьбу.

На трубопроводах из водогазопроводных труб широко используются в качестве соединительных резьбовых деталей фитинги, устанавливаемые в местах поворотов и разветвлений труб.

Штуцерные соединения подразделяют на приварные (рис. 1.5, а, б) и неприварные (рис. 1.5, в, г). Герметичность штуцерных соединений достигается благодаря прокладкам или непосредственному контакту сфероконических поверхностей.

В трубопроводах смазочных систем, а также контрольно-измерительных приборов и автоматики широко применяют соединения с врезающимся кольцом б (рис. 1.5, д). Соединяемые трубы / обжимаются кольцом б по наружной поверхности, при этом оно врезается в трубу и обеспечивает необходимую плотность и прочность.

Дюритовые соединения (рис. 1.6) предназначены в основном для подсоединения трубопроводов к механизмам, подверженным вибрации, к пожарным трубопроводам и вентиляционным системам. Дюритами называются цилиндрические муфты 2, состоящие из нескольких прорезиненных слоев ткани. Муфты соединяются с трубами стальными хомутами /. Чтобы обеспечить плотное прилегание муфты и удержание ее на концах труб, развальцовывают кольцевые выступы (зиги) высотой 1,5...2 мм или приваривают проволочные кольца. Для трубопроводов, эксплуатируемых при температуре до 240 °С и давлении до 1 МПа, используют дюриты, представляющие собой резиновые муфты с асбестовой тканью.

Недостатки дюритовых соединений — непродолжительный срок службы (2 — 3 года), малая огнестойкость муфт, низкие рабочие параметры (давление до 1,2 МПа, температура до 240°С), высо-

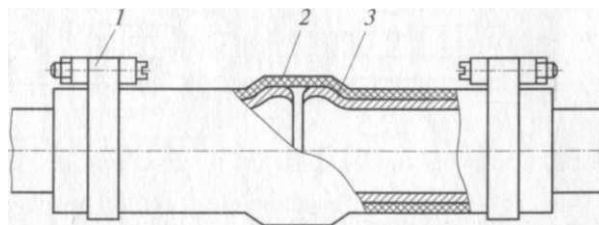


Рис. 1.6. Дюритовое соединение трубопроводов:

1 — хомут; 2 — муфта; 3 — труба с кольцевым выступом

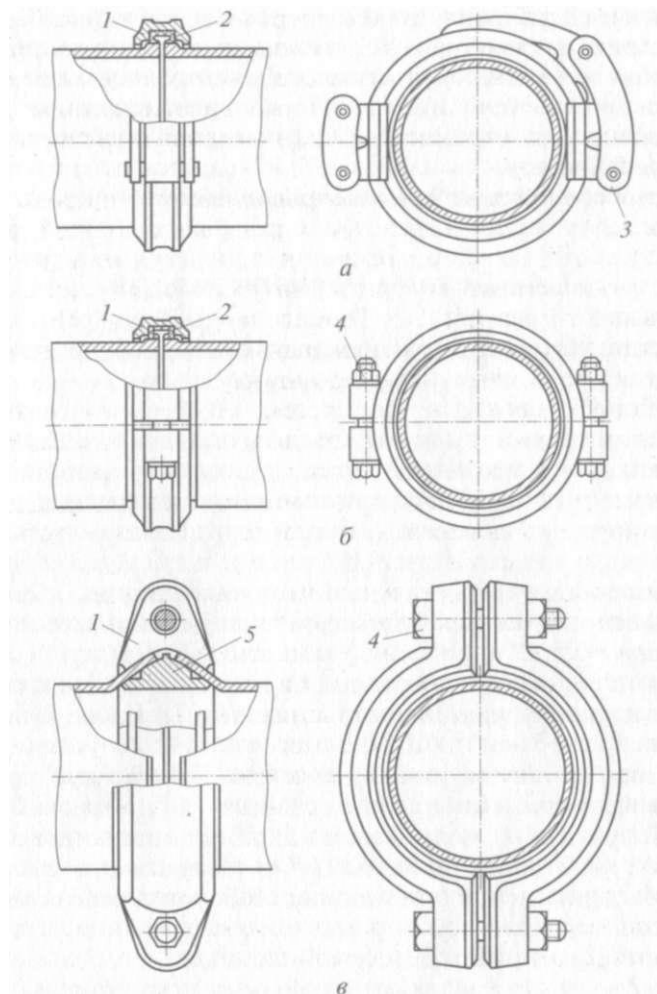


Рис. 1.7. Бугельные соединения трубопроводов:

а — с эксцентриковым зажимом труб с выступом; б — с канавкой; в — с болтовым зажимом отбортованных труб; 1 — хомут; 2 — резиновое уплотнение; 3 — эксцентриковый зажим; 4 — болт с гайкой; 5 — внутренний вкладыш

кая стоимость соединения по сравнению со сварным или фланцевым.

Бугельные соединения целесообразно использовать для таких участков трубопроводов, которые требуют частой разборки, а также для трубопроводов специального назначения. Они — быстроразъемные, но сравнительно дорогие.

Бугельные соединения применяют разных конструкций. Соединение труб с выступом (рис. 1.7, *а*) состоит из двух хомутов /, связанных общим шарниром и стягиваемых эксцентриковым зажимом 3. Соединение труб, имеющих на концах канавку (рис. 1.7, *б*), стягивают болтами 4 с гайками. Отличительной особенностью соединения, приведенного на рис. 1.7, *в*, является отбортовка концов труб и наличие внутреннего вкладыша 5.

1.4. Детали трубопроводов

1.4.1. Фасонные и соединительные детали трубопроводов

При изготовлении и монтаже стальных технологических трубопроводов используют большое число приварных фасонных деталей, которые предназначены для изменения направления потока транспортируемого вещества (отводы) или диаметра трубопровода (переходы), разветвления (тройники, ответвления), закрытия свободных концов трубопроводов (заглушки, днища). Основные типы и размеры фасонных деталей стандартизованы или нормализованы.

Отводы по способу изготовления и конструкции можно разделить на бесшовные крутоизогнутые, гнутые, сварные и штампованные.

Бесшовные крутоизогнутые отводы (рис. 1.8, *а*) характеризуются малым радиусом изгиба, составляющим 1 — 1,5 условного прохода трубопровода D , одинаковой толщиной стенки на выпуклой и вогнутой образующих и небольшими габаритными размерами. Поэтому их применение при монтаже объектов обеспечивает компактное расположение трубопроводов и оборудования и, как следствие, экономию производственной площади.

Такие отводы изготавливают с условным проходом 40...600 мм на условное давление до 10 МПа из бесшовных труб (без прямых

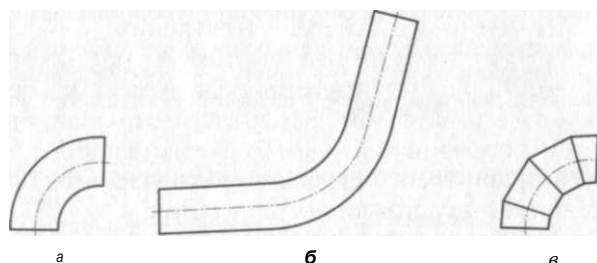


Рис. 1.8. Отводы:

а — бесшовный, или штампованный, крутоизогнутый; *б* — гнутый; *в* — сварной

участков на концах) способом горячей протяжки по рогообразному сердечнику на гидравлических прессах или штамповкой. Крутоизогнутые отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий.

Гнутые отводы (рис. 1.8, б) изготавливают с $D = 10 \dots 400$ мм на условное давление до 10 МПа из бесшовных и электросварных труб гибкой на трубогибочных станках в холодном и горячем состоянии. Чтобы уменьшить разностенность труб в процессе гибки, такие отводы выпускают с радиусом изгиба не менее $(2,5 \dots 3)Z$ трубопровода. На концах гнутые отводы имеют прямые участки, что вызвано технологией гибки. Расстояние от поперечного сварного шва трубопровода до начала гнутого участка должно быть не менее 100 мм. Бесшовные гнутые отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий. Поскольку изготовление гнутых отводов более трудоемко, чем крутоизогнутых, их рекомендуется применять на трубопроводах, для которых отсутствуют стандартные крутоизогнутые отводы (трубопроводы из легированных сталей, трубопроводы высокого давления), а также в тех случаях, когда по проекту требуется большой радиус изгиба.

Сварные (секционные) отводы (рис. 1.8, в) изготавливают с условным проходом 150... 1 400 мм из бесшовных и электросварных труб путем вырезки отдельных секций и их последующей сборки и сварки. Радиус изгиба сварных отводов обычно небольшой, равный $(1 \dots 1,5)D$. Применяют отводы для трубопроводов, рассчитанных на условное давление до 6,3 МПа и только в тех случаях, когда отсутствуют крутоизогнутые или гнутые отводы. Для трубопроводов пара и горячей воды сварные отводы применяют только для трубопроводов III и IV категорий.

Штампованные отводы изготавливают с $D = 600 \dots 1\,400$ мм из листовой стали путем штамповки полуотводов на прессах с последующей сборкой и сваркой двух продольных швов. Такие отводы используют для трубопроводов с $D_s = 600$ мм и более вместо сварных секционных.

Ответвления и тройники по конструкции подразделяются на *равнопроходные* — без уменьшения диаметра ответвления и *переходные* — с уменьшением диаметра ответвления.

Разнообразие конструкций ответвлений и тройников вызвано тем, что прочность участка трубопровода в местах образования отверстия резко снижается. В зависимости от запаса прочности трубопровода и соотношения диаметра ответвления и диаметра основной магистрали требуется местное его усиление, что достигается применением укрепляющих элементов.

Равнопроходные сварные ответвления, в которых наблюдается наибольшее снижение прочности трубопровода, получают путем врезки без укрепляющих элементов (рис. 1.9, а). Такие ответвления с условным проходом до 400 мм применяют обычно на ус-

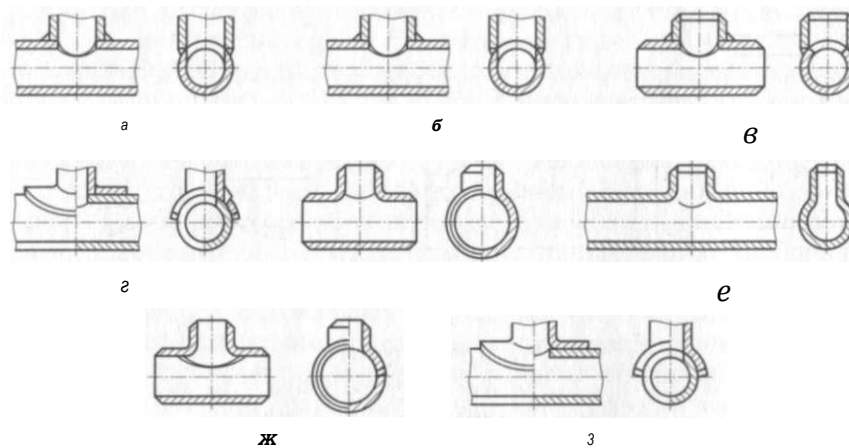


Рис. 1.9. Ответвления и тройники:

а — врезка без укрепляющих элементов; *б* — врезка с усиленным штуцером; *в* — врезка с усиленным корпусом (сварной тройник); *г* — врезка с накладным воротником; *д* — штампованный тройник; *е* — отбортованный в трубе штуцер; *ж* — врезная седловина; *з* — накладная седловина

ловное давление до 1,6 МПа. Для более высоких давлений используют получаемые врезкой переходные ответвления или равнопроходные — с укрепляющими элементами: усиленным (толстостенным) штуцером (рис. 1.9, б), усиленным (толстостенным) корпусом (рис. 1.9, в), накладным воротником (рис. 1.9, г). Врезки с усиленным корпусом обычно изготавливают в виде отдельных сварных тройников, рассчитанных на условное давление более 4 МПа.

Ответвления с бесшовным сопряжением горловины, характеризующиеся высокой прочностью и надежностью, получают с помощью штампованных тройников (рис. 1.9, д), отбортовкой штуцеров в трубах (рис. 1.9, е), врезных (рис. 1.9, ж) и накладных (рис. 1.9, з) седловин.

Бесшовные штампованные тройники целесообразно применять при соотношении диаметров основного трубопровода (магистрали) и ответвления от 1 до 0,7, а седловины и отбортованных горловин в трубах — от 0,6 и менее. Бесшовные тройники изготавливают с $D = 40 \dots 400$ мм на условное давление до 10 МПа из труб способом горячей штамповки в многоручьевых штампах или холодной гидромеханической торцевой осадки в штампе.

Штампованные тройники изготавливают с $D = 500 \dots 1400$ мм из листовой стали способом горячей штамповки с отбортовкой горловины и последующей сваркой продольного шва на корпусе.

Переходы по конструкции подразделяют на *концентрические* (рис. 1.10, а), которые применяют преимущественно для тру-

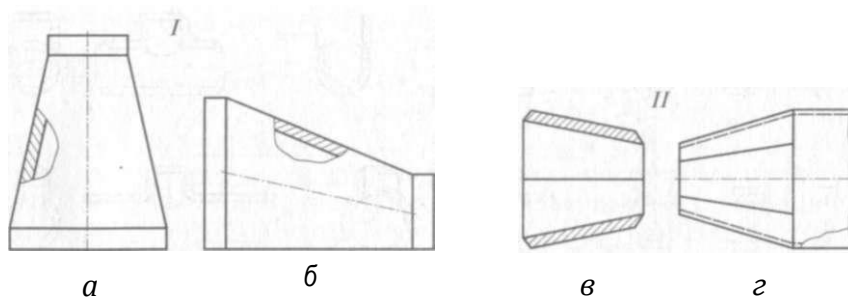


Рис. 1.10. Переходы:

/— бесшовные; // — сварные; а — концентрический; о — эксцентрический; в — вальцованный; г — лепестковый

бопроводов, расположенных вертикально, и *эксцентрические* (рис. 1.10, б) — для трубопроводов, расположенных горизонтально.

Использование эксцентрических переходов позволяет избежать образования «мешков» в трубопроводе, облегчает удаление продукта из трубопровода при его отключении.

Бесшовные переходы (рис. 1.10, /) изготавливают с $D = 40 \dots 400$ мм на условное давление до 10 МПа из труб путем обжима или раздачи, а также из листовой стали путем штамповки с последующей пробивкой отверстия и его отбортовкой.

Сварные переходы (рис. 1.10, //) изготавливают с $D = 250 \dots 1400$ мм на условное давление до 2,5 МПа из листовой стали штамповкой из двух половин или вальцовкой с последующей сваркой продольного стыка (рис. 1.10, в). Лепестковые сварные переходы (рис. 1.10, г) изготавливают с $D = 100 \dots 500$ мм на условное давление не более 1,6 МПа из труб путем вырезки на концах клиньев с последующей их подгибкой и сваркой.

Заглушки (рис. 1.11) по конструкции подразделяют на эллиптические (рис. 1.11, а), плоские (рис. 1.11, б) и плоские ребристые (рис. 1.11, в). *Эллиптические заглушки* с условным проходом $D_v = 25 \dots 500$ мм изготавливают из листовой стали холодной или горячей вытяжкой в штампах, *плоские* с $D = 40 \dots 250$ мм и *плоские ребристые заглушки* с $D = 300 \dots 500$ мм — вырезкой из листовой стали с последующей сваркой на месте монтажа трубопровода.

Приварные бесшовные детали (отводы, тройники, переходы и заглушки) на условное давление до 10 МПа изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 17374—83 «Детали трубопроводов стальные бесшовные приварные на условное давление $1 \leq 10$ МПа (100 кгс/см²)» из стали 20 для работы при температуре $-40 \dots +450^\circ\text{C}$ и из стали марок 10Г2 и 09Г2С - $-70 \dots +450^\circ\text{C}$.

Фланцы — наиболее распространенная деталь разъемного соединения трубопроводов, что объясняется простотой конструк-

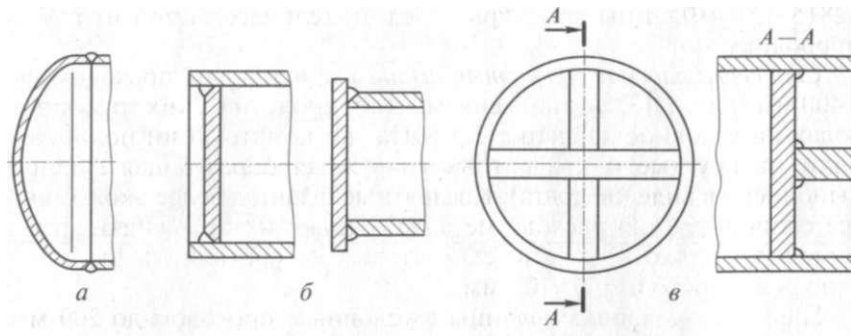


Рис. 1.11. Заглушки:

а — эллиптическая; б — плоские; в — плоская ребристая

ции, легкостью сборки и разборки, распространенностью фланцевой трубопроводной арматуры.

Для того чтобы создать необходимую герметичность фланцевого соединения трубопровода, между фланцами устанавливают прокладку, а соприкасающимся уплотнительным поверхностям придают специальную форму. В зависимости от давления и физико-химических свойств транспортируемого вещества предусмотрено шесть типов уплотнительных поверхностей фланцев (рис. 1.12).

Чтобы обеспечить взаимозаменяемость фланцев всех типов, их присоединительные размеры (наружный диаметр, диаметр болтовой окружности, число и диаметр болтовых отверстий) и размеры уплотнительных поверхностей приняты одинаковыми при одних и тех же условных давлениях и проходах независимо от конструкции и материала фланца и стандартизованы ГОСТ

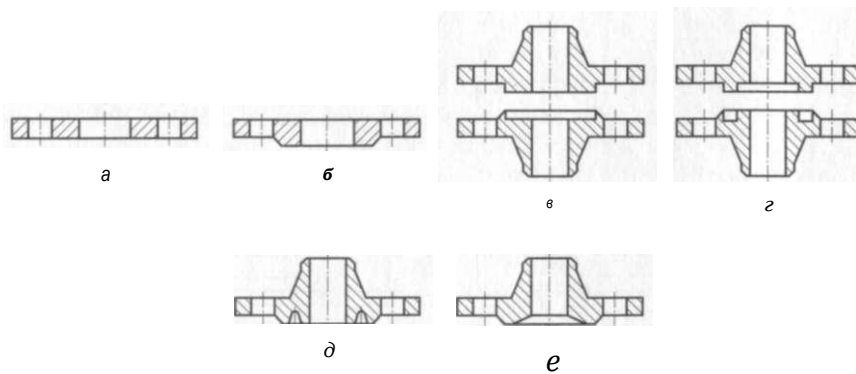


Рис. 1.12. Уплотнительные поверхности фланцев:

а — без выступа; б — с соединительным выступом; в — с выступом и впадиной; з — с шипом и пазом; д — под прокладку овального сечения; е — под линзовую прокладку

12815—80 «Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов».

Стальные плоские приварные фланцы с условным проходом до 1400 мм (рис. 1.13, а), применяемые в технологических трубопроводах на условное давление 2,5 МПа, по конструкции подразделяют на круглые и квадратные (наружная образующая фланца выполнена в виде квадрата). Квадратные фланцы более экономичны с точки зрения расхода металла, однако их применяют ограниченно, только при четырех болтовых отверстиях во фланце с условным проходом до 100 мм.

Плоские приварные фланцы с условным проходом до 200 мм изготавливают штамповкой на прессах и молотах, а фланцы с условным проходом от 200 мм и более — способом гибки стальной полосы на ребро в холодном и горячем состоянии на фланцегибочных станках с последующей сваркой стыка. Плоские приварные квадратные фланцы изготавливают путем вырубки из полосовой стали в штампах.

Фланцы приварные встык с условным проходом до 1400 мм (воротниковые) (рис. 1.13, б) применяют в технологических трубопроводах из углеродистой и легированной стали, особенно для трубопроводов на условное давление более 2,5 МПа. Использование таких фланцев позволяет в два раза сократить трудоемкость сварки, так как они присоединяются к трубам одним сварным швом, а плоские приварные — двумя. Фланцы приварные встык с условным проходом до 200 мм изготавливают штамповкой на прессах и молотах, а с $D_v = 200 \dots 1400$ мм — на раскаточных машинах.

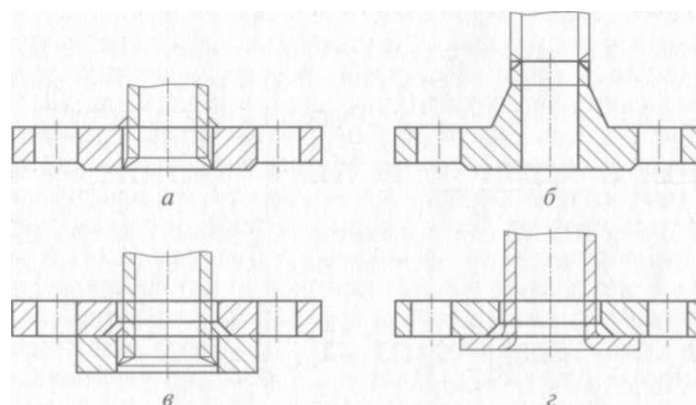


Рис. 1.13. Типы фланцев:

а — плоский приварной; б — приварной встык; в — свободный на приварном кольце; г — свободный на отбортованной трубе

Свободные фланцы с условным проходом до 500 мм применяют в основном в трубопроводах на условное давление до 2,5 МПа из легированных сталей при транспортировании агрессивных веществ. Свободные фланцы выполняют на приварном кольце (рис. 1.13, е) и на отбортованной трубе (рис. 1.13, г). Кольцо вытачивают из того же материала, что и трубу, и приваривают к ней. Это позволяет изготавливать свободный фланец из углеродистой стали и тем самым экономить дорогостоящие легированные стали.

Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и шайбы) предназначены для сборки фланцевых соединений, арматуры и крепления трубопровода на опорах и опорных конструкциях.

Для фланцев и фланцевых заглушек на условное давление до 2,5 МПа и температуру до 300°C применяют болты с шестигранной головкой или шпильки и шестигранные гайки, а на условное давление 4 МПа и более или температуру свыше 300°C и ниже -40 °C — шпильки, гайки и шайбы. Преимущества шпилек по сравнению с болтами состоят в том, что у шпилек при затяжке напряжения распределяются равномерно, а у болтов напряжения концентрируются в местах перехода стержня в головку. Кроме того, шпильки можно устанавливать в труднодоступных местах.

Длина болтов и шпилек должна быть такой, чтобы их концы после затяжки выступали за гайку на две-три нитки резьбы.

Материал крепежных деталей выбирают в зависимости от рабочих параметров транспортируемого по трубопроводу вещества: при условном давлении до 2,5 МПа и температуре -40...+350°C применяют сталь марок 20 и 25, при температуре -40...-70°C — сталь 10Г2 и ниже -70 °C - сталь 12Х18Н ЮТ, свыше 350 до 450 °C - сталь 30ХМА; при $p_c = 40$ МПа и более и температуре свыше 425°C — сталь марок 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т.

Прокладочные материалы и прокладки, служащие для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры, должны обладать достаточной упругостью и прочностью для восприятия внутреннего давления и температурных удлинений трубопровода, химической стойкостью в агрессивных средах, теплостойкостью. Выбор типа и материала прокладок зависит от конкретных условий работы трубопровода: температуры, давления и степени агрессивности транспортируемого вещества. Форма (рис. 1.14) и размеры прокладок определяются конфигурацией уплотняемых соединений.

В зависимости от материала прокладки бывают неметаллические (мягкие) из технической резины, паронита, пластика, прокладочного и асбестового картона, фибры, фторопласта; металлические из алюминия, меди, свинца, углеродистой и высоколегированной стали; комбинированные плоские и гофрированные асбестометаллические и спиральнонавитые.

Техническую резину тепло-, кислото-, морозо-, щелочестойкую (ТМКЩ) применяют для рабочих температур -60...+90°C, а по-

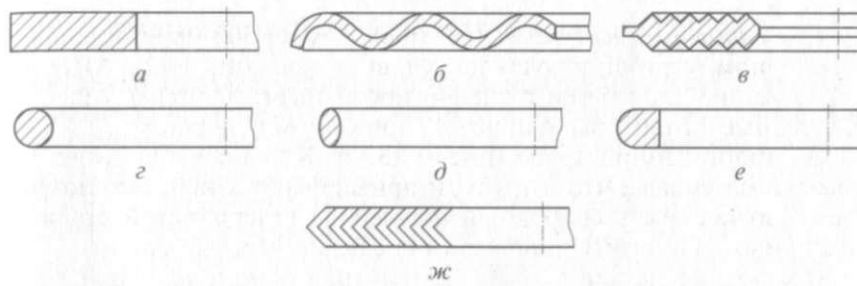


Рис. 1.14. Прокладки:

а — плоская; б — гофрированная; в — зубчатая; г — круглая; д — овальная; е — линзовая; ж — спирально навитая

вышенно-, масло-, бензостойкую (ПМБ) — 40...+80 °С при рабочем давлении до 1 МПа.

Паронит общего назначения (ПОН) — наиболее распространенный материал для изготовления плоских прокладок фланцевых соединений, работающих при рабочем давлении до 6,4 МПа и температуре до 450 °С.

Асбестовый картон применяют в качестве плоских прокладок при рабочем давлении до 0,15 МПа и температуре - 15...+450 °С.

Прокладочный картон используют для изготовления плоских прокладок при рабочем давлении до 1,6 МПа и температуре до 120 °С.

Фторопластовые плоские прокладки используют при транспортировании агрессивных веществ при рабочем давлении до 6,3 МПа и температуре -269...+250 °С.

Алюминиевые плоские и гофрированные прокладки предназначены для рабочих давлений до 4 МПа и температур - 196...+250 °С, а *медные зубчатые и плоские прокладки* — для рабочих давлений до 20 МПа и температур -196...+250 °С.

Кольцевые прокладки овального сечения из стали рассчитаны на условное давление до 16 МПа и температуру -70...+600 °С, а *комбинированные асбестометаллические прокладки плоские и гофрированные* — на условное давление до 6,4 МПа и температуру -70...+425 °С.

Спирально навитые прокладки используют на условное давление до 10 МПа и температуру -40...+450 °С. Такие прокладки изготавливают из стальной ленты с наполнителем из паронита, асбестовой бумаги или фторопласта. Преимуществами таких прокладок являются возможность многократного применения, способность противостоять ослаблениям затяга болтов, ударам, вибрациям, перепадам давлений и температур.

1.4.2. Опоры и подвески трубопроводов

Опоры предназначены для крепления горизонтальных и вертикальных трубопроводов к зданиям, сооружениям и оборудованию. По назначению и устройству их подразделяют на неподвижные

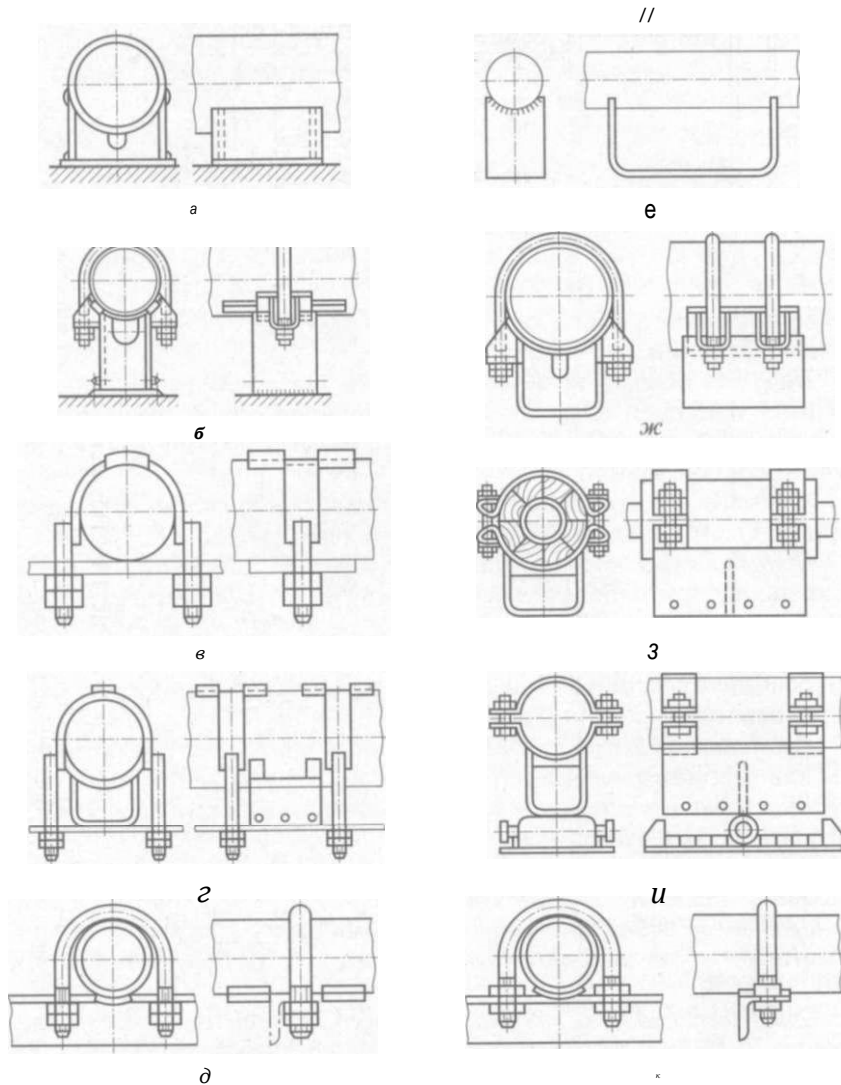


Рис. 1.15. Опоры трубопроводов:

/ — неподвижные; // — подвижные; а — приварная; б, в — однохомотовые; г — двуххомотовая; д, к — бескорпусные; е — скользящая приварная; ж — скользящая хомутовая; з — скользящая для трубопроводов с хладагентом; и — катковая хомутовая

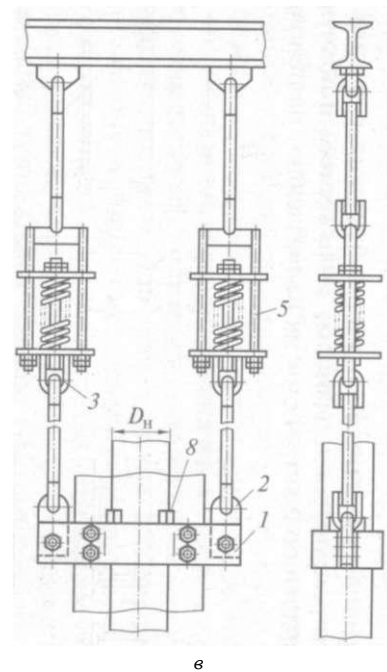
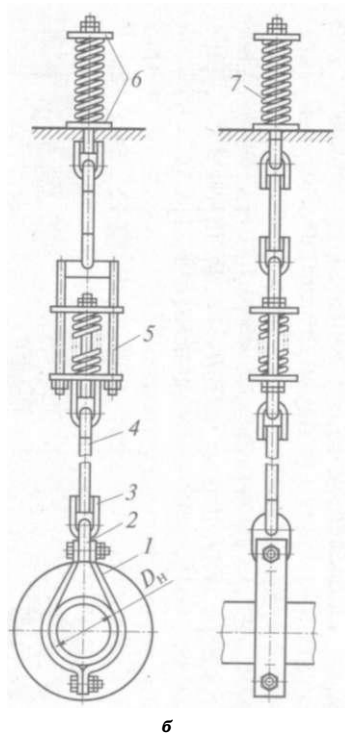
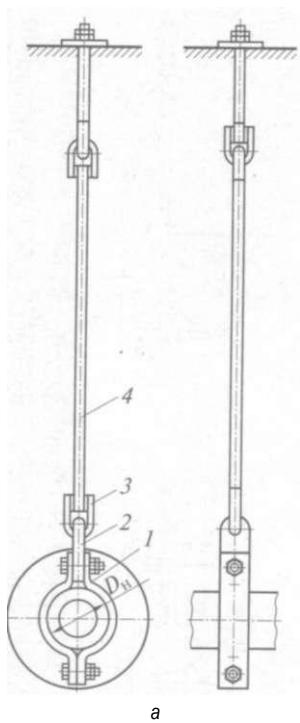


Рис. 1.16. Подвески:

а - жесткая с одной тягой для горизонтальных трубопроводов; **б** - пружинная с одной тягой для горизонтальных трубопроводов; **в** - пружинная для вертикальных трубопроводов; 1 - хомут; 2 - серьга; 3 - ушко; 4 - тяга; 5 - блок пружин; 6 - диски; 7 - пружина; 8 - упор

ные и подвижные опоры; по способу крепления к трубе — на приварные и хомутовые.

Неподвижные опоры (рис. 1.15, /) должны жестко удерживать участок трубопровода и не допускать его перемещения относительно поддерживающих конструкций. Такие опоры воспринимают вертикальные нагрузки от веса трубопровода и транспортируемого вещества, осевые нагрузки от тепловых деформаций трубопровода и сил трения подвижных опор, а также нагрузки от гидравлических ударов, вибрации и пульсации. Корпуса неподвижных опор приваривают или прикрепляют болтами к несущим конструкциям трубопровода. При использовании хомутовых неподвижных опор, чтобы предотвратить проскальзывание трубы в опоре, к трубе приваривают специальные упоры. В зависимости от осевых сил, воспринимаемых опорой, упоры могут быть выполнены с одним или двумя хомутами или скобами.

Подвижные опоры (рис. 1.15, //) должны поддерживать трубопровод и обеспечивать свободное его перемещение под влиянием тепловых деформаций. Подвижные опоры подразделяют на скользящие, катковые, направляющие, пружинные, шариковые и др. Наиболее широко применяют скользящие опоры, которые перемещаются вместе с трубой по поверхности несущих конструкций трубопровода. Чтобы уменьшить трение между пятой опоры и опорной поверхностью, используют катковые (роликовые) опоры, отличающиеся от скользящих наличием катков.

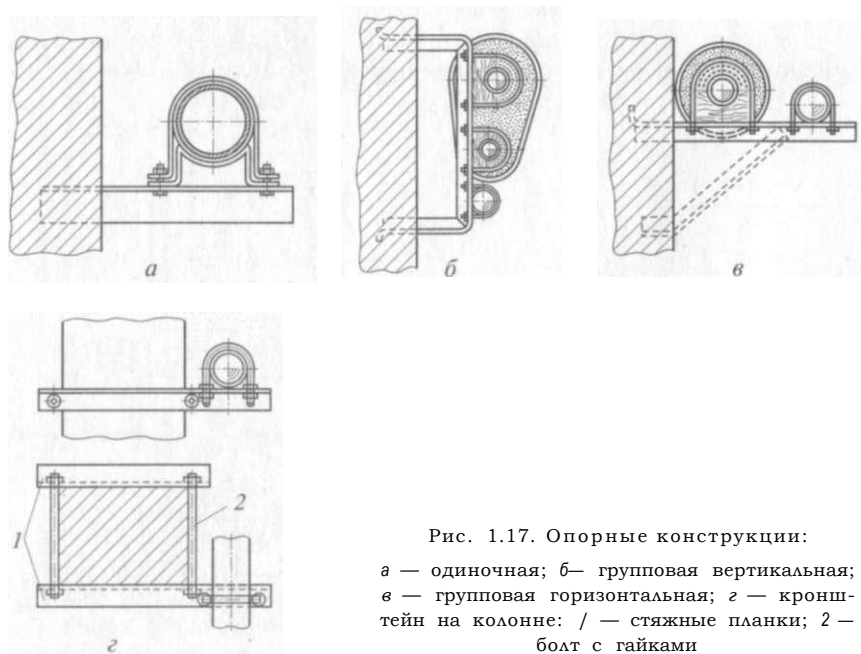


Рис. 1.17. Опорные конструкции:
 а — одиночная; б — групповая вертикальная;
 в — групповая горизонтальная; з — кронштейн на колонне: 1 — стяжные планки; 2 — болт с гайками

Подвески служат для крепления горизонтальных (рис. 1.16, а, б) и вертикальных (рис. 1.16, в) линий трубопроводов к конструкциям зданий, сооружений и оборудованию или специальным конструкциям. Длина тяги 4, регулируемая гайками или муфтами, предусмотрена проектом, при этом ее рекомендуется принимать длиной 150...2000 мм с шагом 50 мм.

Опорные конструкции, используемые для крепления опор трубопроводов на стенах зданий, перегородках и колоннах, выполняют в виде консолей и кронштейнов (рис. 1.17, а—в). Для крепления трубопроводов, устанавливаемых на колоннах, используют кронштейны (рис. 1.17, г), состоящие из стяжных планок 1 и болтов 2 с гайками. Одна из стяжных планок выполняет роль кронштейна для установки опоры.

1.4.3. Компенсаторы

Все трубопроводы при изменении температуры транспортируемого вещества и окружающей среды подвержены температурным деформациям (удлинению, укорочению). Вследствие теплового удлинения в трубопроводе возникают значительные продольные усилия, которые оказывают давление на конечные закрепленные точки (опоры), стремясь сдвинуть их с места. Эти усилия настолько значительны, что могут разрушить неподвижные опоры / (рис. 1.18, а), вызвать продольный изгиб трубопровода 2 или привести к нарушению фланцевых и сварных соединений.

Для защиты трубопровода от дополнительных нагрузок, возникающих при изменении температуры, его проектируют и конструктивно выполняют так, чтобы он мог свободно удлиняться

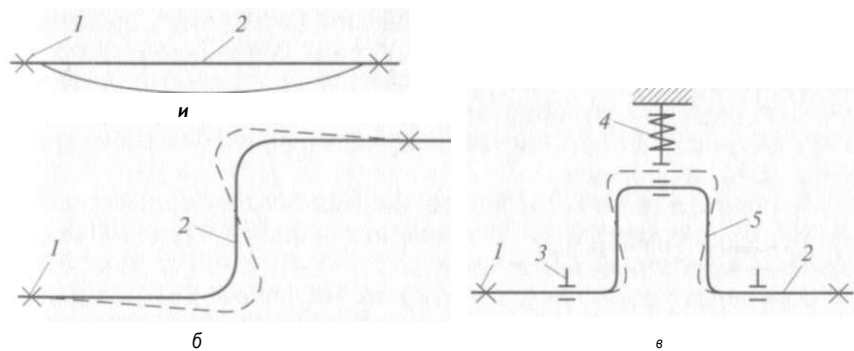


Рис. 1.18. Деформации трубопровода и их компенсация:

а — трубопровод без компенсатора; б — самокомпенсация Z-образного трубопровода; в — трубопровод с П-образным компенсатором; 1 — неподвижная опора; 2 — трубопровод; 3 — направляющая опора; 4 — пружинная подвеска; 5 — П-образный компенсатор

при нагревании и укорачиваться при охлаждении без перенапряжения материала и соединений труб. Способность трубопровода к деформации под действием тепловых удлинений в пределах допустимых напряжений в материале труб называется *компенсацией тепловых удлинений*.

Способность трубопровода компенсировать тепловые удлинения благодаря конфигурации участка линии и упругих свойств металла без специальных устройств, встраиваемых в трубопровод, называется *самокомпенсацией* (рис. 1.18, б).

Самокомпенсация осуществляется благодаря тому, что в линии трубопровода 2, кроме прямых участков между неподвижными опорами / имеются повороты или изгибы (отводы). Расположенный между двумя прямыми участками поворот или отвод обеспечивает компенсацию значительной части удлинения из-за эластичности конструкции, а оставшая часть компенсируется благодаря упругим свойствам металла прямого участка трубопровода.

В том случае, если при проектировании и монтаже нельзя использовать самокомпенсацию трубопроводов или ее недостаточно для защиты трубопровода от усилий, возникающих под действием тепловых удлинений, устанавливают специальные устройства, называемые *компенсаторами* 5 (рис. 1.18, в).

В зависимости от конструкции, принципа работы компенсаторы делятся на П-образные, линзовые, сильфонные и сальниковые.

П-образные компенсаторы, обладающие большой компенсирующей способностью (до 700 мм), широко применяют при надземной прокладке технологических трубопроводов независимо от их диаметра. Преимущества таких компенсаторов — простота изготовления и удобство эксплуатации; недостатки — повышенное гидравлическое сопротивление, большой расход труб, значительные размеры и необходимость сооружения дополнительных опорных конструкций.

П-образные компенсаторы изготавливают с применением гнутых (рис. 1.19, а), крутоизогнутых (рис. 1.19, б) и сварных (рис. 1.19, в) отводов.

П-образные компенсаторы в зависимости от соотношения длин прямого участка спинки P и прямого участка h имеют разную компенсирующую способность.

Компенсаторы с гнутыми и крутоизогнутыми отводами устанавливают на трубопроводах для любых давлений и температур. При этом компенсирующая способность трубопроводов с крутоизогнутыми отводами при тех же размерах больше, чем с гнутыми благодаря более длинному прямому участку h .

П-образные компенсаторы из сварных отводов используют преимущественно для трубопроводов с условным проходом более 500 мм. Для трубопроводов пара и горячей воды такие компенса-

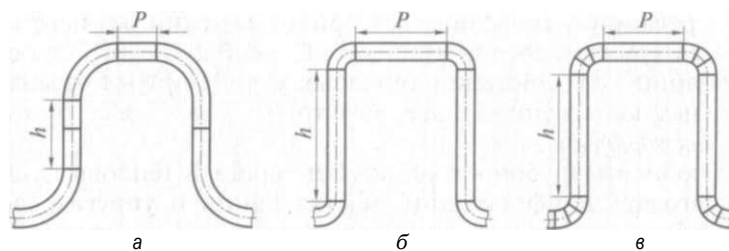


Рис. 1.19. П-образные компенсаторы с отводами:

а — гнутыми; **б** — крутоизогнутыми; **в** — сварными

торы можно применять на трубопроводах III и IV категорий, рассчитанных на условное давление до 6,3 МПа.

Конструкция П-образных компенсаторов и их размеры указаны в проекте.

Линзовые компенсаторы (рис. 1.20, а) состоят из нескольких последовательно включенных в трубопровод линз. Линза сварной конструкции состоит из двух тонкостенных стальных штампованных полулинз / и благодаря своей форме легко сжимается. Компенсирующая способность каждой линзы сравнительно небольшая (5... 8 мм).

Число линз компенсатора выбирают в зависимости от его необходимой компенсирующей способности. Чаще всего применяют компенсаторы, состоящие из трех или четырех линз. Чтобы уменьшить сопротивление движению рабочей среды, внутри компенсатора помещают стаканы 3 (рис. 1.20, б).

Компенсаторы со стаканами используют на прямых участках трубопроводов для восприятия только осевых нагрузок, а компенсаторы без стаканов применяют в тех случаях, когда они работают в качестве шарниров. На горизонтальных участках трубопроводов компенсаторы устанавливают с дренажными штуцерами 2, которые приваривают в нижних точках каждой линзы. Для восприятия распорных усилий, возникающих в трубопроводах, приваривают стяжки 5 (рис. 1.20, в).

Линзовые компенсаторы применяют на условное давление до 2,5 МПа для трубопроводов с условным проходом 100... 1 600 мм, транспортирующих неагрессивные и малоагрессивные вещества. К трубопроводам линзовые компенсаторы присоединяют с помощью сварки или фланцев. Преимуществами линзовых компенсаторов по сравнению с П-образными являются небольшие размеры и масса, а недостатками — небольшие допускаемые давления, малая компенсирующая способность и большие распорные усилия, передаваемые на неподвижные опоры.

Сильфонные компенсаторы — наиболее совершенные устройства, обладающие большой компенсирующей способностью и

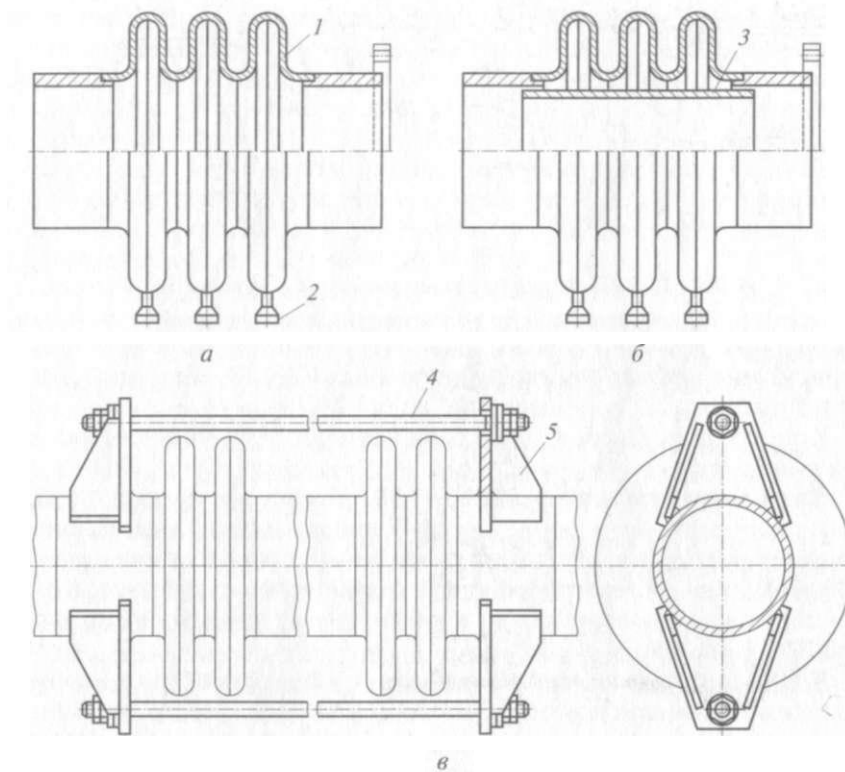


Рис. 1.20. Линзовые компенсаторы:

a — трехлинзовый без стакана; *б* — трехлинзовый со стаканом; *в* — двойной со стяжкой; / — полулинза; 2 — штуцер; 3 — стакан; 4 — тяга; 5 — стяжка

небольшими габаритными размерами. Основная отличительная особенность сильфонных компенсаторов по сравнению с линзовыми — гибкий элемент (сильфон), представляющий собой эластичную и прочную гофрированную оболочку. Гибкий элемент в зависимости от направления нагрузки, прикладываемой к его концам, получает деформации различного характера (рис. 1.21): сжатие, растяжение, изгиб, смещение оси.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации сильфонные компенсаторы изготавливают различных типов: осевые, угловые, шарнирные и т.д. Компенсаторам каждого основного типа соответствует определенный характер деформации гибкого элемента. Гибкий элемент осевых компенсаторов работает на сжатие и растяжение вдоль продольной оси на величину $A/2$ по отношению к его начальному положению. Гибкий элемент угловых компенсаторов работает на изгиб, образуя угол α между плоскостями

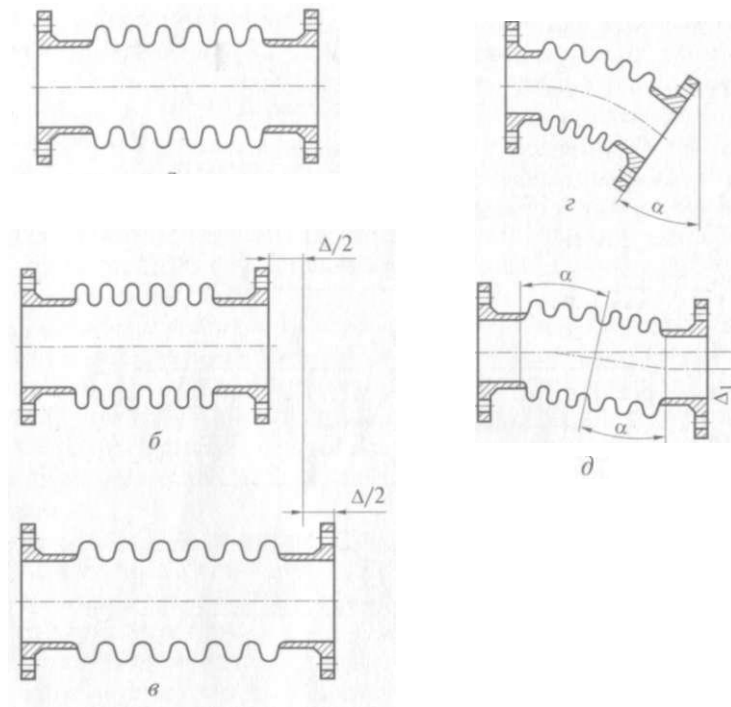
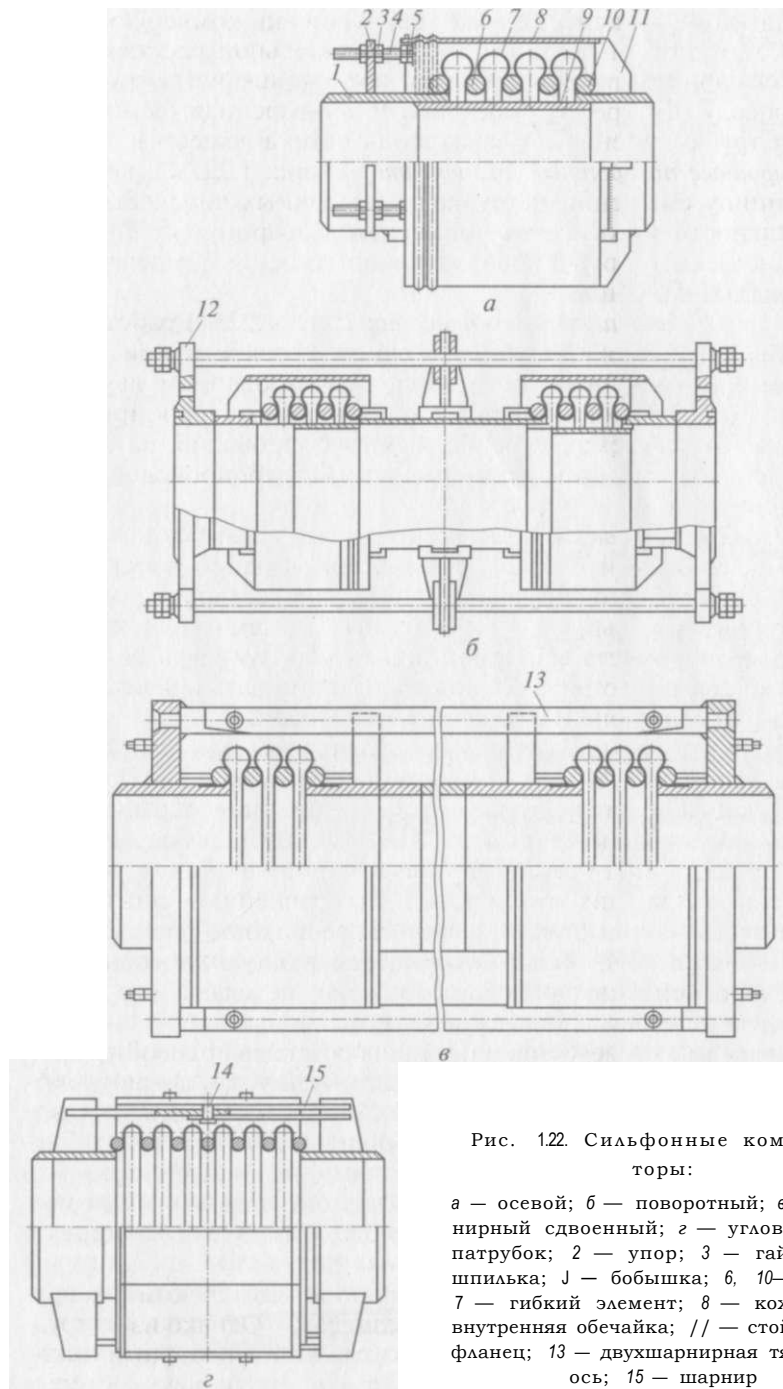


Рис. 1.21. Схемы деформации гибкого элемента сильфонного компенсатора:

a — начальное положение; *б* — сжатие по продольной оси; *в* — растяжение по продольной оси; *г* — изгиб под углом; *д* — смещение продольной оси при параллельности плоскостей

его концов. Гибкий элемент шарнирного компенсатора создает смещение продольной оси на величину Δ_1 с сохранением параллельности между плоскостями.

Сильфонные осевые компенсаторы (рис. 1.22, *a*), применяемые на прямых участках трубопровода и поворотах, работают по принципу осевого перемещения. Концы гибкого элемента /приварены к патрубкам /. Ограничительные кольца *б* предотвращают выпучивание стенки гибкого элемента под действием давления рабочего вещества и ограничивают изгиб волн. Опорные кольца *10*, надетые на цилиндрическую часть гибкого элемента в горячем состоянии, создают натяг в соединении гибкого элемента с патрубком. Кожух <?приварен одним концом к стойке // . Второй конец кожуха, свободно перемещающийся при работе компенсатора, предохраняет гибкий элемент от механических повреждений в период хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации.



Шпильки 4 с гайками 3 служат для установки компенсатора на заданную строительную длину и предварительной растяжки или сжатия его при монтаже. Их удаляют после приварки патрубков к трубопроводу. Внутренняя обечайка 9, приваренная одним концом к патрубку, уменьшает завихрения потока вещества.

Сильфонные поворотные компенсаторы (рис. 1.22, б) работают по принципу смещения патрубков в различных плоскостях при параллельности их осей, их применяют в шарнирных системах пространственных трубопроводов для поглощения температурного изменения их длины.

Сильфонный шарнирный компенсатор (рис. 1.22, в) работает по принципу смещения патрубков в одной плоскости при параллельности их осей, что достигается использованием двухшарнирной тяги 13. Такой компенсатор применяют в шарнирных Z- и П-образных системах плоскостных трубопроводов, на ответвлениях или в местах присоединения линий трубопроводов к оборудованию.

Сильфонный угловой компенсатор (рис. 1.22, г) работает по принципу смещения осей патрубков под углом в одной плоскости с изгибом осей гибкого элемента. Такие компенсаторы применяют в шарнирных угловых, Z- и П-образных системах плоскостных трубопроводов; их устанавливают по две-три штуки в каждой шарнирной системе, что дает возможность поглощать значительные температурные изменения длин трубопроводов.

Сильфонные компенсаторы предназначены для работы при температуре $-70...+700$ °С и условном давлении до 6,3 МПа. Применение данных компенсаторов вместо П-образных сокращает расход труб и тепловой изоляции на 15... 25 %, снижает гидравлическое сопротивление и уменьшает число опор и опорных конструкций, поддерживающих трубопровод. По сравнению с линзовыми компенсаторами сильфонные имеют более широкий диапазон допускаемых давлений, большую компенсирующую способность и значительно меньшие продольные усилия, передаваемые на неподвижные опоры.

Сальниковый компенсатор (рис. 1.23) представляет собой трубу /, вставленную в корпус 7. В зазоре между ними установлено уплотнительное кольцо 5 с гнундбуксой 2. По конструкции сальниковые компенсаторы подразделяют на одно- и двусторонние. Компенсаторы соединяются с трубопроводом с помощью сварки или фланцев. Сальниковые компенсаторы изготавливают на условное давление до 1,6 МПа, температуру до 300 °С и с условным проходом 100... 1 000 мм.

Сальниковые компенсаторы отличаются высокой компенсирующей способностью и небольшими размерами. Однако из-за трудности герметизации сальниковых уплотнений в технологических трубопроводах их применяют редко, а для трубопроводов горя-

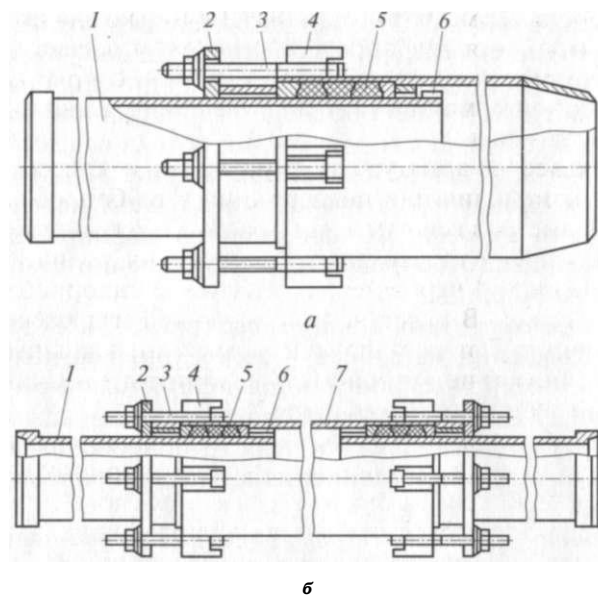


Рис. 1.23. Сальниковые компенсаторы:

а — односторонний; б — двусторонний: 1 — труба; 2 — грундбукса; 3 — болт; 4 — упор; 5 — уплотнительное кольцо; 6 — ограничительное кольцо; 7 — корпус

чих, токсичных и сжиженных газов их использование не допускается. Основными недостатками сальниковых компенсаторов являются необходимость систематического наблюдения и ухода за ними в процессе эксплуатации, сравнительно быстрое изнашивание сальниковой набивки и, как следствие, отсутствие надежной герметичности.

1.5. Арматура технологических трубопроводов

1.5.1. Классификация арматуры трубопроводов

Арматура представляет собой органы управления и служит для перекрытия или регулирования параметров потока транспортируемого вещества в трубопроводах. Конструкция арматуры зависит от параметров вещества, для которого она предназначена, и диаметра трубопровода. В зависимости от назначения арматуру подразделяют на запорную, регулирующую, предохранительную, контрольную и группируют в следующие четыре класса.

Первый класс — арматура запорная, служит для периодического включения или отключения потока транспортируемого ве-

щества. Запорная арматура предназначена только для полного закрытия или открытия трубопровода с потоком вещества и может находиться только в полностью закрытом или открытом положении. К запорной арматуре относятся вентили, задвижки, краны, поворотные затворы.

Второй класс — арматура регулирующая и дросселирующая, служит для изменения или поддержания в трубопроводе или резервуаре параметров вещества и его расхода. Регулирующая арматура предназначена только для регулирования количества вещества, протекающего через нее, и в качестве запорной арматуры служить не может. В качестве регулирующей и дросселирующей арматуры применяют регулирующие вентили, клапаны игольчатые, дросселирующие устройства, регуляторы питания, регуляторы уровня, конденсатоотводчики.

Третий класс — арматура предохранительная, служит для защиты резервуара или трубопровода от чрезмерного повышения давления, а также для предотвращения обратного потока вещества. Типичные представители предохранительной арматуры — предохранительные клапаны, аварийные клапаны, импульсно-предохранительные устройства, состоящие из импульсного вспомогательного и предохранительного главного клапана, обратные клапаны, предназначенные для автоматического прекращения прохода вещества в обратном направлении.

Четвертый класс — арматура контрольная, служит для контроля наличия вещества или уровня вещества в трубопроводах, сосудах и оборудовании. Типичные представители контрольной арматуры — пробные и спускные вентили (или краны), указатели уровня.

Каждый класс в зависимости от принципа действия арматуры можно подразделить на две группы: приводная арматура, приводимая в действие при помощи привода (ручного, механического, электрического, электромагнитного, гидравлического, пневматического и др.), и автоматическая арматура, приводимая в действие автоматически, непосредственно потоком рабочего вещества или изменением его параметров. Классы и группы арматуры подразделяют на типы согласно табл. 1.3.

По роду рабочего вещества арматуру делят на паровую, водяную, газовую и воздушную. Рабочее вещество существенно влияет на конструкцию арматуры и на марки металла, из которого она изготавливается.

По направлению потока вещества арматуру можно подразделить на проходную, в которой направление потока, выходящего из арматуры, совпадает с направлением входящего потока, и на угловую, в которой указанные направления не совпадают (обычно угол между ними составляет 90°). Предохранительные клапаны выполняются обычно угловыми.

Классификация арматуры

Класс	Группа	Тип арматуры
I. Запорная арматура	Приводная	Краны Вентили Задвижки
II. Арматура регулирующая	Приводная автоматическая	Поворотные затворы Регулирующие клапаны Регулирующие вентили Регуляторы уровня Конденсатоотводчики
III. Арматура предохранительная и защитная	Автоматическая	Предохранительные клапаны Обратные клапаны
IV. Арматура контрольная	Приводная автоматическая	Пробные и спускные вентили Указатели уровня

По способу изготовления основных частей (корпуса и крышки) арматуру делят на литую, штампованную (или кованую) и сварную. Литую арматуру в свою очередь делят на стальную, чугунную и из цветных металлов.

По способу присоединения к трубопроводам арматуру можно подразделить на *фланцевую*, имеющую присоединительные патрубки с фланцами и применяемую для любых технологических трубопроводов; *приварную*, имеющую патрубки для сварки с трубопроводом и применяемую для трубопроводов с повышенными требованиями к плотности соединения; *муфтовую*, имеющую на присоединительных концах внутреннюю резьбу, и *цапковую*, имеющую наружную резьбу. Цапковая арматура иногда снабжается накидными гайками под отбортованные трубы.

Арматуру из стали используют для любых давлений и температур и изготавливают из углеродистой, легированной и высоколегированной сталей, а также с внутренним покрытием коррозионно-стойкими материалами. Арматуру из чугуна не допускается применять для трубопроводов, подвергаемых вибрации, работающих на растяжение, а также эксплуатируемых при резко переменном температурном режиме. Арматуру из цветных металлов и сплавов используют только в тех случаях, когда физико-химические свойства транспортируемого вещества не допускают использования арматуры из чугуна или стали.

Трубопроводную арматуру поставляют с заводов-изготовителей после проведения испытаний на прочность и плотность комплектно с ответными фланцами, прокладками и крепежными деталями.

1.5.2. Запорная, регулирующая, предохранительная и контрольная арматура трубопроводов

По способу перемещения запорного или регулирующего органа и его конструкции арматуру можно подразделить на задвижки, вентили, клапаны, краны и т.д.

У задвижек запорный или регулирующий орган перемещается вдоль уплотнительных поверхностей корпуса перпендикулярно оси потока вещества. Задвижки могут быть полнопроходными и суженными, в последних диаметр отверстия уплотнительных колец меньше диаметра трубопровода.

По форме запорного органа задвижки подразделяются на клиновые и параллельные (рис. 1.24).

Преимущество задвижек — малое гидравлическое сопротивление (в 30—40 раз меньше, чем у вентиляей). Это достигается тем, что при вращении шпинделя 4 диск / (тарелка) или клин 9 (зат-

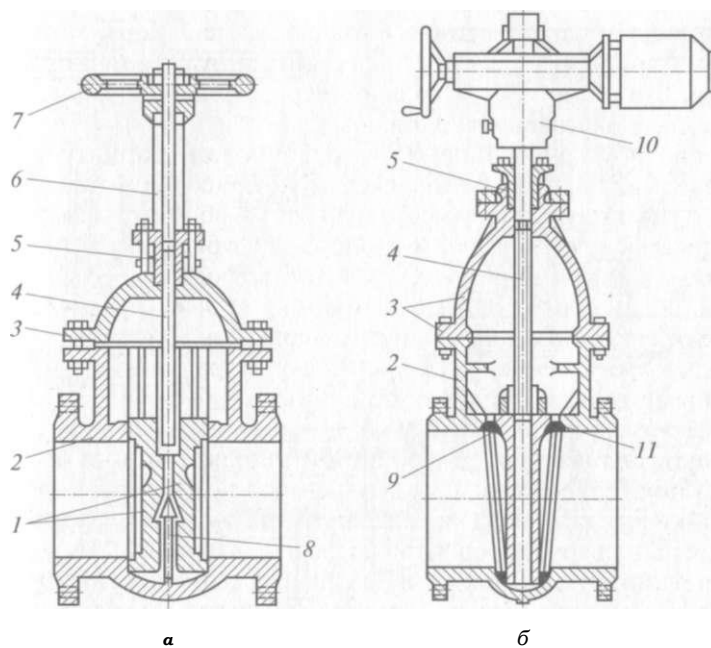


Рис. 1.24. Задвижки:

а — параллельная с выдвижным шпинделем, тип 30ч7бк; **б** — клиновая с невыдвижным шпинделем и электроприводом, тип 30ч925бр; / — диск (тарелка); 2 — корпус; 3 — крышка; 4 — шпиндель; 5 — грундбукса; 6 — стойка; 7 — маховик; 8 — распорный клин; 9 — клин (затвор); 10 — электропривод; // — уплотнительное кольцо

вор) полностью выдвигается в верхнюю часть корпуса 2. Задвижки по сравнению с вентилями имеют меньшие размеры и массу, что позволяет устанавливать их в труднодоступных местах. Задвижками управляют вручную или с помощью электропривода 10 обычно с дистанционным управлением.

У вентилей напорный или регулирующий орган перемещается возвратно-поступательно, параллельно оси потока транспортируемого вещества (рис. 1.25).

Вентили имеют сальниковое уплотнение 5 шпинделя 4. Затвор 2 соединяется со шпинделем шарнирно и отрывается от седла без скольжения, благодаря чему исключается повреждение уплотнительных поверхностей /. В отличие от кранов и задвижек вентили имеют повышенное гидравлическое сопротивление, так как потоку рабочего вещества приходится менять свое направление. Чтобы уменьшить гидравлическое сопротивление, применяют прямоточные вентили, у которых золотник в открытом положении не мешает проходу рабочего вещества.

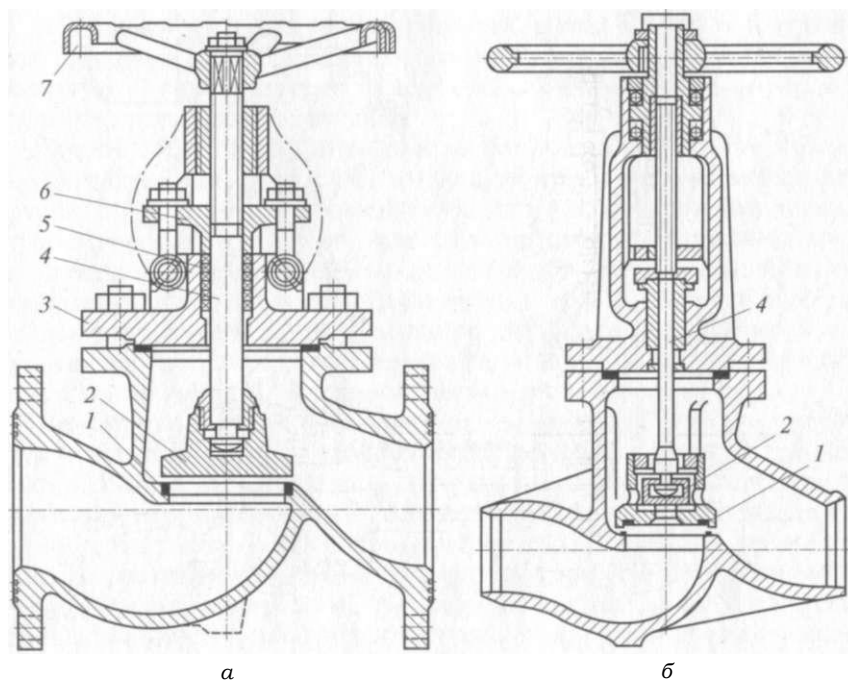


Рис. 1.25. Запорные вентили:

а — фланцевый, тип 15ч146р; б — приварной, тип 15с656к; / — уплотнительная поверхность; 2 — затвор; 3 — крышка; 4 — шпindelь; 5 — сальниковое уплотнение; 6 — втулка; 7 — маховик

Клапаны по назначению подразделяют на запорные, регулирующие, предохранительные, обратные, перепускные, отсечные, дыхательные.

Запорный клапан предназначен для перекрытия потока транспортируемого вещества.

Регулирующий клапан служит для регулирования давления или количества транспортируемого вещества.

Предохранительные клапаны предназначены для защиты трубопроводов и оборудования от недопустимого давления путем сброса транспортируемого вещества. Они приводятся в действие либо давлением среды на клапан, либо посредством импульса (побудителя) от вспомогательного клапана небольшого диаметра.

Предохранительные клапаны бывают рычажные (рис. 1.26, *а*) и пружинные (рис. 1.26, *б*) — одинарные и двойные. У двойных клапанов два запорных органа (два затвора) размещены в одном корпусе.

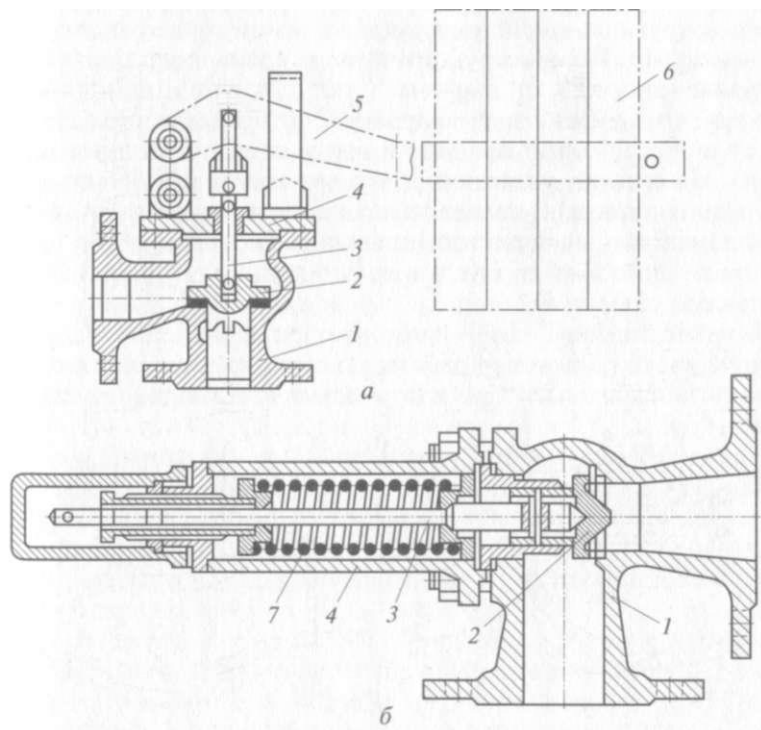


Рис. 1.26. Предохранительные малоподъемные клапаны:

а — однорычажный фланцевый, тип 17ч3бр; *б* — пружинный фланцевый; тип 17с11нж; 1 — корпус; 2 — затвор; 3 — шпindelь; 4 — крышка; 5 — рычаг; 6 — груз; 7 — пружина

Обратные клапаны пропускают транспортируемое вещество только в одном направлении и автоматически закрываются при его обратном движении. Клапаны предохраняют трубопроводы, аппараты и машины от попадания в них вещества из потока обратного направления при прекращении работы.

Обратные клапаны подъемные (рис. 1.27, *а*) и поворотные (рис. 1.27, *б*) изготавливают с условным проходом 15... 1 000 мм на различные давления и температуру. Обратные клапаны в основном устанавливают на трубопроводах для газов и жидких веществ.

Перепускные клапаны поддерживают давление рабочего вещества на требуемом уровне путем перепуска его через ответвление трубопровода.

Отсечными называются клапаны, предназначенные для быстрого перекрытия потока транспортируемого вещества.

Дыхательные клапаны предназначены для выпуска накопившихся паров или воздуха и предотвращения образования вакуума.

Кранами называется арматура, в которой запорный или регулирующий орган в форме тела вращения или части его поворачивается вокруг оси, перпендикулярной оси потока транспортируемого вещества. По конструкции затвора краны подразделяются на конусные (рис. 1.28, *а*), шаровые (рис. 1.28, *б*) и цилиндрические. Шаровой кран имеет шаровую пробку *б*, которая обеспечивает малое гидравлическое сопротивление и высокие эксплуатационные качества. По способу уплотнения затвора краны могут быть натяжные и сальниковые. В натяжных кранах затвор уплотняется подтягиванием гайки, накрученной на нижний конец пробки, которая проходит через дно корпуса: в сальниковых (см. рис. 1.28, *а*) — подтяжкой сальника *2*.

Конденсатоотводчики — арматура, предназначенная для отвода конденсата. По принципу работы конденсатоотводчики подразделяют на поплавковые, термостатические и термодинамические.

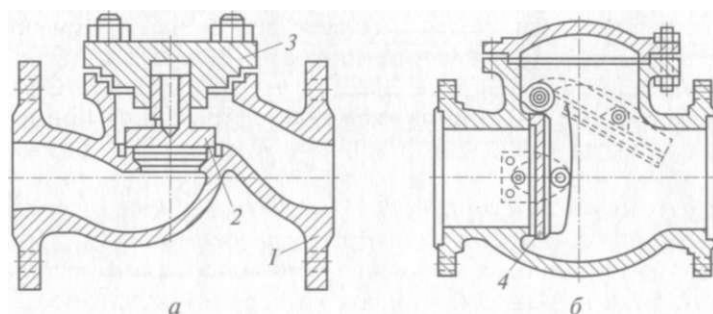


Рис. 1.27. Обратные фланцевые клапаны:

а — подъемный, тип 16ч3бр; *б* — поворотный, тип 19ч166р; *1* — корпус; *2* — подъемный затвор; *3* — крышка; *4* — поворотный затвор

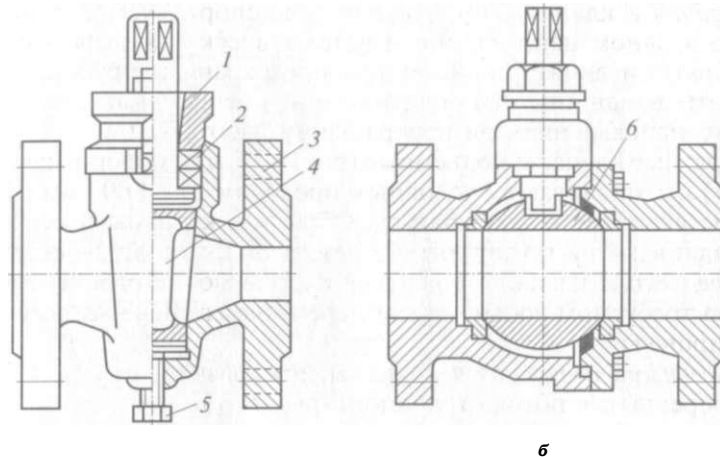


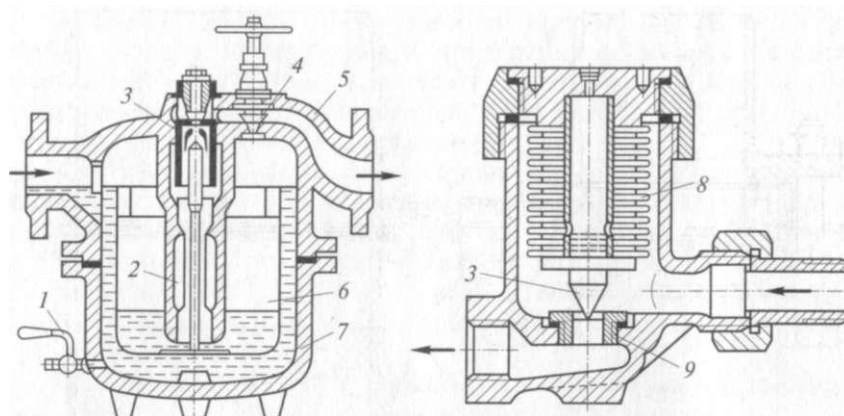
Рис. 1.28. Фланцевые сальниковые краны:

а — конусный (пробковый), тип 11ч8бк; **о** — шаровой, тип 11ч37п; / — втулка; 2 — сальник; 3 — корпус; 4 — конусная пробка; 5 — отжимный болт; 6 — шаровая пробка

Поплавковым (рис. 1.29, *а*) называется конденсатоотводчик, запорный орган которого управляется поплавком.

Принцип работы этого конденсатоотводчика основан на использовании разницы в плотностях пара и конденсата. Конденсат, попадая в конденсатоотводчик в смеси с паром, заполняет пространство между крышкой 5 корпуса и поплавком 6. По мере заполнения нижней части корпуса 7 конденсатом поплавок всплывает и клапан 3 закрывает отверстие в седле. При дальнейшем поступлении конденсата последний начинает переливаться внутрь поплавка, в результате чего он опускается и клапан открывает проход. При этом под действием давления пара часть конденсата через переливной канал 2 вытесняется из горшка. Затем процесс повторяется в той же последовательности. В случае засорения переливного канала его можно продуть через вентиль 4. Спускной кран /, расположенный внизу корпуса, открывается при выключении из работы конденсатоотводчика во избежание размораживания.

Термостатическим (рис. 1.29, *б*) называется конденсатоотводчик, запорный орган которого управлялся термостатом. Принцип действия этого прибора основан на использовании расширения тел от нагрева и разности температур пара и конденсата. Термостат (сильфон) 8 частично заполнен специальной жидкостью. При поступлении в прибор пара давление в термостате становится выше, чем давление поступающего пара, поэтому сильфон удлиняется и с помощью прикрепленного к нему клапана J закрывает



а

Рис. 1.29. Конденсатоотводчики:

а — поплавковый фланцевый, тип 45ч9нж; **б** — термостатический с муфтовым и цапковым приспособлением, тип 45кч6бр; / — спускной кран; 2 — переливной канал; 3 — клапан; 4 — вентиль; 5 — крышка; 6 — поплавок; 7 — корпус; 8 — термостат (сильфон); 9 — седло

проход через седло 9, предотвращая утечку пара. Когда в конденсатоотводчик попадает конденсат, его температура по мере охлаждения становится ниже температуры пара. При снижении температуры конденсата на 15...35 °С давление в сильфоне уменьшается, он сжимается и поднимает вверх клапан 3, открывая проход для конденсата в дренажную линию.

Термодинамическим называется конденсатоотводчик, запорный орган которого управляется благодаря аэродинамическому эффекту и термодинамическим свойствам рабочего вещества. Принцип действия этого прибора основан на использовании газо- и термодинамических свойств пара и конденсата.

Измерительные диафрагмы и сопла устанавливают для определения расхода вещества, проходящего через трубопровод.

В трубопроводах с условным проходом до 500 мм на условное давление до 6,4 МПа используют *фланцевые камерные* (рис. 1.30, а), а с $D_n = 600$ мм и более — *фланцевые дисковые* (рис. 1.30, б) диафрагмы, поставляемые вместе с контрольно-измерительными приборами.

В комплект поставки фланцевых измерительных диафрагм входят фланцы 4 с приваренными к ним патрубками /, прокладки б, болты 3 с гайками и монтажная шайба (рис. 1.30, в).

У камерных диафрагм на время монтажа вместо диска 2 и входной и выходной камер /устанавливают монтажную шайбу, у дисковых — шайба заменяет диск. Диски камеры измерительной диафрагмы входят в комплект поставки дифференциального манометра.

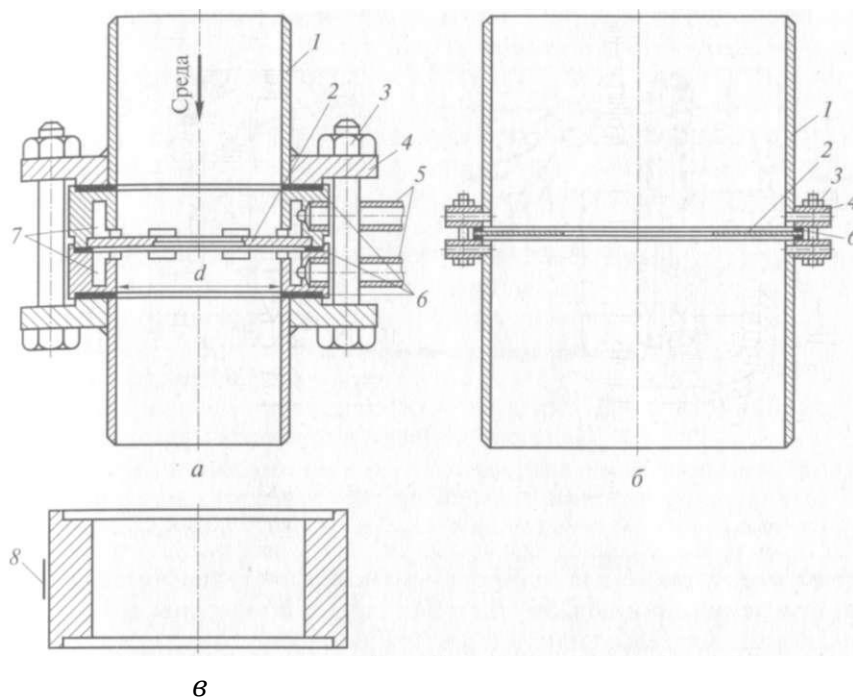


Рис. 1.30. Измерительные фланцевые диафрагмы:

a — камерная; *б* — дисковая; *в* — монтажная шайба для камерной диафрагмы; 1 — патрубок; 2 — диск; 3 — болт с гайкой; 4 — фланец; 5 — трубки; 6 — прокладки; 7 — камеры; 8 — место маркировки

метра (расходомера). Для удобства разборки фланцевых соединений измерительных диафрагм во фланцах имеются два отжимных болта.

Принцип действия измерительных диафрагм и сопел основан на изменении перепада давлений при прохождении вещества через отверстие меньшего диаметра. При прохождении вещества через диафрагму, диаметр которой меньше внутреннего диаметра трубопровода, скорость его возрастает, а давление падает, причем с увеличением количества проходящего вещества увеличивается перепад давлений. Падение давления вещества начинается перед диафрагмой и заканчивается на небольшом расстоянии позади нее.

Перед диафрагмой и позади нее расположены импульсные трубки 5, по которым вещество поступает к расходомеру. По разности давлений вещества перед диафрагмой и за ней измеряют расход вещества.

Штуцера и *бобышки* (рис. 1.31) используют для присоединения импульсных линий к контрольно-измерительным приборам и ав-

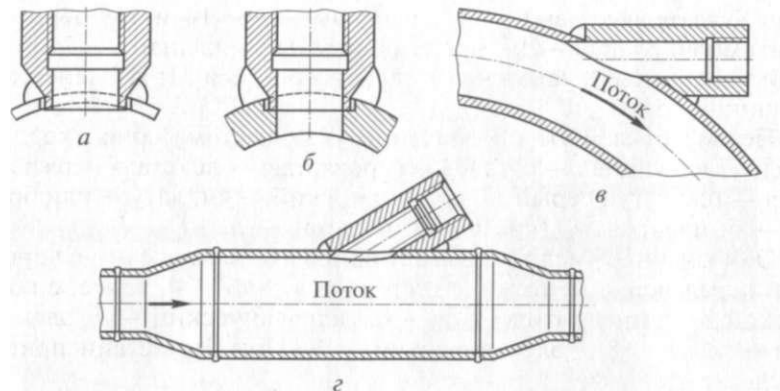


Рис. 1.31. Приварка штуцеров к трубопроводам:

а — со стенкой толщиной до 8 мм; *б* — со стенкой толщиной более 9 мм; *в* — к отводам; *г* — к трубам малого диаметра

тематике, а также для установки манометров и термометров сопротивления, они должны быть врезаны и приварены так, чтобы их концы не выступали внутрь трубопровода. Места установки штуцеров и бобышек показывают на чертежах трубопроводов в рабочих положениях.

Штуцера устанавливают в узлах и элементах трубопроводов при их централизованном изготовлении. В отдельных случаях их устанавливают на месте монтажа.

Гильзы термометров располагают в трубопроводах с условным проходом до 200 мм под углом 45° против движения теплоносителя, при больших диаметрах труб — под углом 45...90°. Конец гильзы должен находиться примерно в центре трубы. На время транспортирования и хранения в отверстия штуцеров, бобышек и гильз ввертывают пробки.

1.5.3. Обозначение и отличительная окраска арматуры трубопроводов

Знание условных обозначений и отличительной окраски трубопроводной промышленной арматуры позволяет правильно определить ее тип и материал, условия применения в трубопроводах и тем самым обеспечивает возможность контроля и грамотное выполнение монтажных работ.

Условное обозначение, или шифр, арматуры состоит из цифровых и буквенных знаков, включающих пять элементов, расположенных последовательно, например 30ч925бр. Первое двузначное число обозначает тип арматуры: кран — 11; запорное устрой-

ство указателя уровня — 12; вентиль — 13, 14 и 15; обратный подъемный клапан — 16; предохранительный клапан — 17; обратный поворотный клапан — 19; задвижка — 30 и 31; конденсатоотводчик — 45 и т.д.

Первое буквенное обозначение указывает материал корпуса: сталь углеродистая — с; сталь легированная — лс; сталь нержавеющая — нж; чугун серый — ч; чугун ковкий — кч; латунь или бронза — б; пластмассы (кроме винипласта) — п.

Однозначное число указывает привод: механический с червячной передачей — 3; то же, с цилиндрической — 4; то же, с конической — 5; пневматический — 6; гидравлический — 7; электромагнитный — 8 и электрический — 9. При отсутствии привода число не ставится.

Следующее двузначное число — конструкция данного вида арматуры (номер модели) по каталогу.

Буквы в конце условного обозначения указывают материал уплотнительных колец (буквенное обозначение): латунь и бронза — бр; нержавеющая (коррозионно-стойкая) сталь — нж; кожа — к; эбонит — э; резина — р; пластмассы (кроме винипласта) — п; без вставных или направленных колец — бк.

В том случае, если арматура имеет внутреннее покрытие, обозначение материала этого покрытия объединяется с обозначением материала уплотнительных колец: гуммирование — гм; эмалирование — эм; футерование пластмассой — п; освинцовывание — св.

Для арматуры с электроприводом во взрывозащищенном исполнении в конце обозначения добавляют букву Б (например, 30ч90ббрБ), а в тропическом исполнении — букву Т (30чббрТ). В отдельных случаях после букв, обозначающих материал уплотнительных поверхностей, добавляют цифру, указывающую на вариант исполнения изделия.

Пример. 1. Индекс 15с91бнж1, где 15 — вентиль; с — корпус выполнен из углеродистой стали; 9 — привод электрический; 16 — номер по каталогу; нж — уплотнительные поверхности изготовлены из нержавеющей (коррозионно-стойкой) стали; 1 — вариант исполнения.

2. Индекс 11бр9бк, где 11 — кран; бр — корпус выполнен из латуни или бронзы; 9 — номер по каталогу; бк — уплотнительные поверхности изготовлены непосредственно на самом корпусе, т.е. затвор без вставных колец.

Отличительную окраску чугунной и стальной арматуры наносят на необработанные поверхности (корпус, крышку, сальник, кроме приводных устройств). Арматуру из углеродистой стали окрашивают в серый цвет, из легированной — в синий, с корпусом из кислотостойкой и коррозионно-стойкой стали — в голубой, из чугуна серого и ковкого — в черный. Арматуру из цветных металлов и пластмасс не окрашивают.

В зависимости от материала уплотнительных деталей затвора используют дополнительную отличительную окраску приводного устройства арматуры (маховика, рычага): если уплотнительное устройство изготовлено из бронзы или латуни его окрашивают в красный цвет, из коррозионно-стойкой стали — в голубой, из алюминия — в серебристо-серый, из баббита — в желтый, из кожи и резины — в коричневый цвет.

1.6. Расчет параметров труб

Внутренний диаметр труб трубопровода определяет его пропускную способность, а также допустимое падение давления в нем при заданной конфигурации и длине.

При уменьшении внутреннего диаметра труб снижаются стоимость трубопровода, затраты на его монтаж и содержание, но при этом увеличивается его гидродинамическое сопротивление, что приводит к дополнительным издержкам из-за роста расхода электроэнергии на приводы насосов.

Внутренний диаметр труб выбирается исходя из максимально возможных эксплуатационных расходов вещества и максимально допустимых при этом потерь давления. Значение максимально допустимого падения давления в трубопроводе должно приниматься в расчетах с учетом 10%-ного запаса на допускаемое стандартами и нормами отклонение диаметра и толщины стенок труб от расчетных размеров.

При выборе диаметра труб, исходя из максимально допустимых потерь давления, необходимо контролировать значения скорости транспортируемого вещества, так как чрезмерное повышение ее может вызвать быстрое изнашивание уплотнительных поверхностей арматуры, а также нежелательные вибрации трубопровода.

Целесообразность уменьшения сопротивления трубопровода путем увеличения его внутреннего диаметра должна обосновываться технико-экономическим сравнением вариантов. При этих расчетах должны учитываться увеличение капитальных затрат на трубопроводы и тепловую изоляцию и уменьшение расходов на перекачку вещества. Однако этот выбор ограничивается принятым в отраслевых стандартах сортаментом труб, по которому принимают условные проходы труб.

Внутренний диаметр трубы трубопровода

$$D_{в} = \sqrt{0,354 \frac{Gv}{\omega}},$$

где $D_{в}$ — внутренний диаметр трубы, м; G — расход вещества, т/ч; v — удельный объем вещества, м³/кг; ω — скорость движения вещества, м/с.

После найденного внутреннего диаметра трубопровода, а затем и толщины стенки по сортаменту на трубы выбирают трубу ближайшего диаметра и толщины. Затем выполняют гидродинамический расчет трубопровода выбранного диаметра. Если результат расчета не удовлетворяет заданным условиям, диаметр трубы уточняют и производят повторный гидродинамический расчет. Целью гидродинамического расчета трубопровода является определение потерь давления в нем по заданным конфигурации и диаметру, расходу вещества и его параметрам или определение давления в начале или конце определенного участка трубопровода, а также пропускной способности трубопровода. Методика гидродинамического расчета трубопровода определяется состоянием транспортируемого им вещества.

Для определения толщины стенки трубы необходимо произвести расчет трубопровода на механическую прочность. Расчет производят на основную и дополнительную нагрузки.

Основной нагрузкой является внутреннее давление вещества в трубопроводе. Дополнительными нагрузками являются внешние нагрузки (собственная масса трубопровода и ветровая нагрузка) и нагрузки, возникающие при компенсации тепловых удлинений (изгибающий и крутящий моменты, силы упругой деформации, силы трения в подвижных опорах и сальниковых компенсаторах).

В условиях монтажа при замене труб производят проверку заданной толщины стенки трубы по допускаемым напряжениям от внутреннего рабочего давления вещества при максимальной температуре стенки.

Номинальная толщина стенки бесшовных труб, подбирается в соответствии с внутренним давлением, диаметром труб и механической прочностью металла при максимальной температуре стенки трубы в рабочем состоянии трубопровода и должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = \frac{pD_n}{200\varphi\sigma_{\text{доп}} + p} + C,$$

где s — толщина стенки трубы, мм; p — давление вещества в трубе, МПа; D_n — наружный диаметр трубы, мм; C — прибавка к расчетной толщине стенки трубы, мм; φ — коэффициент прочности продольного сварного шва трубы, принимаемый в диапазоне 0,7...0,9 в зависимости от марки стали и вида сварки; $\sigma_{\text{доп}}$ — допускаемое напряжение при рабочей температуре, МПа.

Для бесшовных труб коэффициент $\varphi = 1$. Допускаемое напряжение при рабочей температуре принимается по действующим для расчета трубопроводов стандартам и нормам в зависимости от температуры стенки и марки стали трубы.

При расчетной толщине стенки труб $s_{расч} < 6$ мм прибавку, зависящую от технического допуска на толщину стенки труб, принимают равной 1 мм, а для труб с $s_{расч} > 6$ мм прибавку к расчетной толщине стенки трубы C , мм, подсчитывают по формуле

$$C = A_1 s_{расч}$$

В зависимости от значения технологического допуска на толщину стенок труб коэффициент A_1 принимается:

Допуск, %.....	±15	±10	±5
Коэффициент A_1	0,2	0,15	0,1

При допусках, отличающихся от приведенных, коэффициент A_1 определяют путем линейной интерполяции и принимают равным 0,05.

Прибавку C сварных труб в зависимости от толщины стенки принимают равной:

s , мм.....	5...5,5	6...7	>8
C , мм.....	0,5	0,6	0,8

Во всех случаях расчета труб прибавка C должна быть не менее 0,5 мм.

Вычисленную толщину стенки трубы округляют до ближайшего большего размера, имеющегося в сортаменте.

Значение допускаемого рабочего давления $P_{доп}$, МПа, в трубопроводах определяют по формуле

$$P_{доп} = \frac{200(s - C)}{D_n - (s - C)} \varphi \sigma_{доп}$$

1.7. Проектная документация и условные изображения технологических трубопроводов на чертежах

Протяженность технологических трубопроводов современных промышленных предприятий составляет многие сотни километров. Рационально разместить трубопроводы на промышленном предприятии, увязав их с расположением зданий, сооружений и оборудования, установить и нанести координаты и размеры выбранной трассы трубопроводов и собрать необходимые сведения для их сооружения и эксплуатации — сложная техническая задача. Для этого разрабатывают проектную документацию на трубопроводы. Проектная документация должна отвечать требованиям безопасной эксплуатации, обеспечивая надежность, экономичность и ремонтоспособность технологических трубопроводов.

Оформление, объем и содержание проектной документации должны соответствовать требованиям СН 202—81 «Правила разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений», отраслевых стандартов по выполнению рабочих (монтажных) чертежей технологических трубопроводов, а также указаниям проектных отраслевых и специализированных институтов.

Проект технологических трубопроводов на стадии рабочих чертежей можно выполнять как графическим, так и макетно-модельным методами.

При *графическом методе проектирования* в состав чертежей внутрицеховых трубопроводов входят описание технической документации; пояснительная записка к рабочим чертежам; маркировка (экспликация) трубопроводов; план сооружения (с разбивкой на блоки производства) и вводов трубопроводов; монтажно-технологические схемы, в том числе дополнительные схемы вспомогательных трубопроводов; монтажные чертежи трубопроводов; ведомости трубопроводов по линиям в пределах каждого производства; чертежи креплений трубопроводов; спецификации труб, арматуры и других материалов по блокам.

При *макетно-модельном методе проектирования* на основании уточненного плана расположения оборудования разрабатывают рабочий макет в масштабе 1:25, 1:50 или 1:100 с разбивкой его на блоки и дополняющие макет рабочие чертежи трубопроводов. Макетно-модельный метод проектирования позволяет более рационально расположить и скомпоновать оборудование и трубопроводы, избежать ошибок и тем самым сократить объем работ по переделкам. Одновременно наличие макета позволяет установить последовательность выполнения монтажных работ и обучить эксплуатационный персонал.

При макетно-модельном методе в состав рабочих чертежей внутрицеховых трубопроводов входят пояснительная записка к макету; описание проектной документации; монтажно-технологическая схема; установочные чертежи оборудования; упрощенные монтажные чертежи опор и подвесок, дополняющие макет; ведомости трубопроводов с их характеристикой по линиям; спецификации деталей, арматуры, опор и подвесок и других изделий и материалов. Для того чтобы в чертежах трубопроводов можно было изобразить соединения, детали, арматуру, контрольно-измерительные приборы и автоматику пользуются условными обозначениями и схематическим изображением трубопроводов в целом.

Условные графические обозначения элементов технологических трубопроводов согласно ГОСТ 2.784-96. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов» приведены в табл. 1.4.

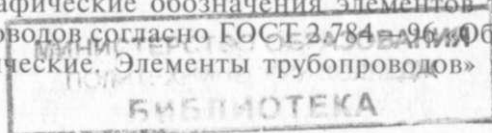







Таблица 1.4

Условные графические обозначения элементов технологических трубопроводов

Наименование	Обозначение
Трубопровод: линии всасывания, напора, слива линии управления, дренажа, выпуска воздуха, отвода конденсата	
Соединение трубопроводов	
Пересечение трубопроводов без соединения	
Место присоединения (для отбора энергии или измерительного прибора): несоединенное (закрыто) соединенное	
Трубопровод с вертикальным стояком	
Трубопровод гибкий, шланг	
Изолированный участок трубопровода	
Трубопровод в трубе (фуляре)	
Трубопровод в сальнике	
Соединение трубопроводов разъемное: общее обозначение фланцевое штуцерное резьбовое муфтовое резьбовое муфтовое эластичное	

Наименование	Обозначение
Конец трубопровода под разъемное соединение: общее обозначение фланцевое штуцерное резьбовое муфтовое резьбовое муфтовое эластичное	
Конец трубопровода с заглушкой (пробкой): общее обозначение фланцевый резьбовой	
Детали соединений трубопроводов: тройник крестовина отвод (колено) разветвитель, коллектор, гребенка	
Сифон (гидрозатвор)	
Переход, патрубок переходный: общее обозначение фланцевый штуцерный	

Наименование	Обозначение
Компенсатор: общее обозначение	
П-образный	
лирообразный	
линзовый	
сильфонный	

Контрольные вопросы

1. Какими факторами определяются условия изготовления и монтажа технологических трубопроводов?
2. Выполнение каких требований необходимо для обеспечения надежной работы трубопроводов?
3. Какие меры предусмотрены для защиты трубопровода от дополнительных нагрузок, возникающих при изменении температуры?
4. На какие классы подразделяют арматуру трубопроводов?
5. Исходя из каких физических параметров выбирается внутренний диаметр труб?

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

2.1. Общие требования

При проектировании, изготовлении, монтаже и ремонте технологических трубопроводов должны применяться материалы согласно Правилам Ростехнадзора. Согласно этим Правилам качество и свойства материалов и полуфабрикатов должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов, стандартов и технических условий, что должно быть подтверждено сертификатами заводов-поставщиков.

Химический состав, режимы термообработки, порядок отбора и испытания проб и образцов, механические и технологические свойства, методы, объемы и результаты контроля, а также клеймение и маркировка материалов и полуфабрикатов должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий.

Материалы, не имеющие паспортов или сертификатов, могут применяться только после их испытания и контроля согласно требованиям соответствующих ГОСТов, стандартов, технических условий и Правил Ростехнадзора.

Все детали трубопроводов в зависимости от их отношения к рабочей среде подразделяют на две группы. Детали первой группы (фланцы, шпильки, гайки) не соприкасаются с рабочим веществом, детали второй группы (трубы, фасонные детали и др.) имеют непосредственный контакт с рабочим веществом.

При выборе материала для деталей первой группы в основном руководствуются механическими свойствами этих материалов при определенных рабочих условиях.

Выбор материалов для деталей второй группы при некоторых рабочих температурах и веществах определяется не только механической прочностью, но и химической стойкостью против различных видов коррозии.

При высоких температурах в сталях, используемых для изготовления технологических трубопроводов, развивается ползучесть, окалинообразование и графитизация, которые снижают прочностные характеристики сталей.

Под действием высоких температур в стали происходит выделение свободного углерода по границам зерен. Это явление называют *графитизацией* стали. Наличие зерен графита с практически нулевой механической прочностью равносильно появлению раковин или пустот, ослабляющих металл и приводящих к ускорению ползучести. Графитизация в малоуглеродистых молибденовых сталях может привести к хрупкому разрушению трубопровода. Местами наиболее интенсивной графитизации, на которые должно быть обращено особое внимание, являются зоны термического влияния при сварке трубопроводов и их деталей; участки, подвергавшиеся холодной деформации или местным нагревам без последующей полной термообработки.

Чтобы предотвратить графитизацию сталей, производят специальные термические обработки и легирование сталей специальными присадками, связывающими углерод. Для своевременного обнаружения графитизации трубопроводов проводится систематический контроль за изменениями структуры стали с периодической вырезкой из трубопроводов образцов для лабораторного исследования.

Ползучесть стали заключается в том, что детали, находящиеся длительное время под нагрузкой при высоких температурах, приобретают способность непрерывно пластически деформироваться (*ползти*) при напряжениях, значительно меньших, чем предел текучести металла для данной температуры, определенный кратковременным испытанием.

Ползучесть приводит к увеличению диаметра трубопровода и соответственно утонению стенок труб и возрастанию напряжений растяжения. Протекание процесса ползучести характеризуется скоростью ползучести. Для уменьшения скорости ползучести в сталь вводят легирующие элементы: хром, молибден, ванадий, титан. Следовательно, для трубопроводов, работающих при высоких температурах (450 °C и выше), применяют низколегированные, легированные и аустенитные стали. Увеличение остаточных деформаций проявляется в увеличении диаметра труб, поэтому наблюдение за ползучестью производится путем замеров диаметров трубопроводов.

При работе трубопровода с высокой температурой транспортируемого вещества (выше 450 °C) на внутренних стенках труб происходит окисление металла, за счет утонения стенок труб образуются тонкие слои окалины. С течением времени толщина стенок труб уменьшается, вследствие чего в стенках труб увеличиваются напряжения и ускоряется процесс ползучести. Данный процесс называется *окалинообразованием*.

Способность стали сопротивляться образованию окалины при действии на нее среды с высокой температурой называется *окалиностойкостью* или *жаропрочностью*. Жаропрочность сталей опре-

деляется потерей массы окисляющимся металлом за определенный промежуток времени. Потеря в массе металла из-за образования окалины учитывается при расчете толщины стенки труб на прочность прибавкой на образование окалины.

2.2. Материалы для трубопроводов

2.2.1. Стальные трубы, используемые для изготовления трубопроводов

Стальные трубы широко используют для изготовления и монтажа технологических трубопроводов. В зависимости от физико-химических свойств и рабочих параметров транспортируемых веществ применяют стальные трубы разных способов изготовления, марок стали, диаметров и толщин стенок.

По способу изготовления стальные трубы подразделяют на бесшовные (горяче- и холоднодеформированные) и электросварные (прямошовные и спиральные).

Промышленность выпускает большое число типоразмеров бесшовных и электросварных труб из углеродистой, низколегированной, легированной и высоколегированной сталей разных марок. При проектировании и сооружении технологических трубопроводов применение такого широкого ассортимента труб создает значительные трудности в комплектации материалами и деталями трубопроводов. Для сокращения типоразмеров и марок сталей труб установлены основные типы труб и пределы их применения для внутрицеховых и межцеховых технологических трубопроводов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Основные типы стальных труб, используемых для изготовления технологических трубопроводов

ГОСТ, ТУ и группа поставки	Стальные трубы			Рабочие параметры	
	Марка стали	Размеры, мм		А, МПа	Температура, °С
		Толщина стенки	Наружный диаметр		
ГОСТ 10705-80 Группа В	20	Сварные	14... 530	2,5	-40...+300
ГОСТ 10706-76 Группа В	ВСт2пс2 ВСт3пс2-5	До 10	426... 1420		-20...+300
ГОСТ 20295-74	20	До 12	159... 377	4,0	-40...+400
	16 ГС	До 16	159... 820		-60...+400

ГОСТ, ТУ и группа поставки	Стальные трубы			Рабочие параметры	
	Марка стали	Размеры, мм		p_y , МПа	Темпера- тура, °С
		Толщина стенки	Наруж- ный диаметр		
ГОСТ 8696—74	ВСт2пс2 ВСт3пс5	До 10	159 ... 1 420	0,6	-20 ... +300
Группа В	17 ГС				-40 ... +300
ГОСТ 3262—75, легкие и обык- новенные	10,20	До 4,5	17 ... 165	1,6	-20 ... +200
ГОСТ 11068—81	12Х18Н10Т	До 4	15 ... 89	1,6	-70 ... +450
ГОСТ 8732—78 ГОСТ 8731—74 Группа В	10, 20 10Г2	Бесшов- ные До 18	25 ... 426	10	-40 ... +450 -50 ... +450
ГОСТ 8734—75 ГОСТ 8733—74 Группа В	10, 20 10Г2	До 6	14 ... 108	—	-40 ... +450 -70 ... +450
ГОСТ 550—75	20 10Г2 15Х5М, 15Х5М-У	До 18	14 ... 426	10	-40 ... +450 -70 ... +450 -40 ... +450
ТУ 14-3460—75	12Х1МФ				До 18
ГОСТ 9940—81	12Х18Н10Т 10Х17Н13М2Т	До 16	57 ... 325	—	-70 ... +450
ГОСТ 9941—81	08Х22Н6Т	До 12	15 ... 220	—	-40 ... +300

2.2.2. Трубы, детали и соединения стальных трубопроводов с внутренним покрытием

Трубы и детали стальных трубопроводов с внутренним покрытием, предназначенных для транспортирования агрессивных веществ, являются высокоэффективными заменителями труб из высоколегированных сталей и цветных металлов. По конструкции такие трубы и детали выполняют двухслойными, состоящими из наружной оболочки (стальной трубы) и внутренней — плакирующего слоя меди (биметаллические) или слоя из неметаллического материала. Наружная оболочка обеспечивает необходимую прочность, а внутренняя — стойкость против коррозии.

Основные виды внутренних неметаллических покрытий: гуммирование (резиной, эбонитом, полуэбонитом), футерование

(полиэтиленом, фторопластом, камнелитыми вкладышами) и эмалирование стеклоэмалями.

Трубы и детали трубопроводов диаметром до 600 мм с внутренним неметаллическим покрытием (с гуммированием) используют для транспортирования 70%-ной серной, 85%-ной фосфорной, 15%-ной азотной, соляной и плавиковой кислот любой концентрации и многих других веществ, включая газы при температуре $-20...+70^{\circ}\text{C}$ и условном давлении до 1 МПа.

Гуммирование осуществляют путем покрытия внутренней поверхности стальных труб и деталей резиной, эбонитом или полубонитом с последующей вулканизацией в автоклавах или другими способами. Наиболее распространены трубопроводы, гуммированные резиной.

Трубы и детали трубопроводов, футерованные полиэтиленом низкого давления (ПЭНД), с условным проходом 25... 150 мм применяют для транспортирования жидких и газообразных веществ при температуре $0...+90^{\circ}\text{C}$ при условном давлении до 1,6 МПа. Футерование стальных труб производят на специализированных заводах предварительно напряженными полиэтиленовыми трубами или совместным волочением.

Трубы и детали трубопроводов с условным проходом 25...400 мм, футерованные фторопластом, изготавливают для транспортирования агрессивных веществ при температуре $-60...+150^{\circ}\text{C}$ и рабочем давлении до 0,5 МПа.

Трубы и детали стальных трубопроводов, гуммированных и футерованных пластмассой, соединяют преимущественно с помощью приварных б и свободных J фланцев (рис. 2.1).

Трубы и детали трубопроводов с $D_y = 150...400$ мм, футерованные камнелитыми вкладышами, применяют для гидравлического и пневматического транспортирования абразивных материалов в самотечных и напорных системах трубопроводов при температуре до 50°C и условном давлении до 1 МПа. Материалом для произ-

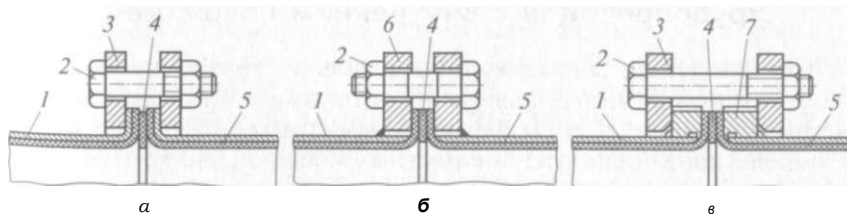


Рис. 2.1. Фланцевое соединение стальных труб, гуммированных и футерованных пластмассой:

а — на отбортованной трубе; б — приварное; в — на приварном кольце; / — стальная труба; 2 — болт с гайкой; 3, 6 — фланцы; 4 — прокладка; 5 — гуммированный футерирующий слой; 7 — приварное кольцо

водства износостойких вкладышей служат расплавленные горные породы или шлаки металлургического производства.

Биметаллические трубы с $D_i = 6...50$ мм используют для транспортирования агрессивных веществ при температуре $-40...+250^\circ\text{C}$, к которым медь химически стойка. Наружную оболочку изготавливают из стали марки 10 или 20, а внутреннюю — из меди марки МЗр или коррозионно-стойкой стали. Трубы рассчитаны на условное давление до 10 МПа.

Эмалированные трубы с $D_i = 50...150$ мм применяют для транспортирования жидких и газообразных агрессивных и малоагрессивных веществ, в том числе: растворов неорганических и органических кислот и их солей, а также щелочных растворов при температуре $-Ю...+200^\circ\text{C}$ и давлении до 0,6 МПа.

Покрытие наносят на внутреннюю поверхность труб и деталей в виде жидкой массы стеклоэмали с последующим обжигом. Трубы и детали соединяют с помощью фланцев.

2.2.3. Трубы, детали и соединения трубопроводов из цветных металлов и чугуна

Трубы и детали трубопроводов из цветных металлов ввиду их сравнительно высокой стоимости для технологических трубопроводов применяют ограниченно.

Трубы из алюминия и его сплавов (ГОСТ 18475—82* «Трубы холоднодеформированные из алюминия и алюминиевых сплавов» и ГОСТ 18482—79 «Трубы прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия») используют в химической, пищевой и других отраслях промышленности. Они отличаются малой плотностью ($2,7 \text{ г/см}^3$) и относительно высокой коррозионной стойкостью ко многим кислотам при нормальной температуре ($18...20^\circ\text{C}$). С повышением температуры коррозионная стойкость и прочность труб из алюминия снижаются. Допустимый интервал температур транспортируемого вещества $-196...+150^\circ\text{C}$.

Трубы изготавливают бесшовными диаметром 6...340 мм и сварными диаметром 108...1012 мм, а сварные детали — диаметром 108...1012 мм на условное давление до 0,25 МПа.

Медные трубы (ГОСТ 617—90 «Трубы медные. Технические условия») применяют для транспортирования агрессивных веществ, а также в установках глубокого охлаждения. Допустимый интервал температур транспортируемого вещества $-196...+250^\circ\text{C}$. Трубы изготавливают бесшовными диаметром 3...360 мм и сварными диаметром 410...510 мм; сварные детали — диаметром 108...510 мм на условное давление до 0,6 МПа.

Латунные трубы (ГОСТ 494—90 «Трубы латунные. Технические условия») обычно служат для транспортирования инертных

газов при низких температурах. Допустимый интервал температур $-196\dots+250$ °С. Трубы изготавливают бесшовными диаметром 3... 195 мм и сварными диаметром 103... 1012 мм; сварные детали — диаметром 103... 1 012 мм на условное давление до 0,6 МПа и диаметром 10...50 мм на условное давление до 20 МПа.

Неразъемные соединения трубопроводов из алюминия, меди и латуни выполняют, как правило, сваркой встык и пайкой вращающихся труб, а разъемные — с помощью приварных фланцев и свободных стальных фланцев с отбортовкой конца трубы или с приварным кольцом.

Свинцовые трубы (ГОСТ 167—69 «Трубы свинцовые. Технические условия»), обладающие очень высокой коррозионной стойкостью, применяют преимущественно для транспортирования серной и соляной кислот низкой концентрации хлора. Предельно допустимая температура их применения составляет 140 °С. Свинцовые трубы изготавливают бесшовными диаметром 15... 170 мм на условное давление до 0,25 МПа; трубы диаметром до 60 мм поставляют в бухтах. Такие трубы соединяют сваркой встык и вращающихся труб, а также с помощью свободных стальных фланцев с отбортовкой конца трубы.

Трубы из титановых сплавов (ГОСТ 21945—76 «Трубы бесшовные горячедеформированные из сплавов на основе титана») применяют для трубопроводов, транспортирующих агрессивные вещества, в том числе азотную кислоту. Титан — очень прочный и легкий сплав (плотность 4,5 г/см³). Титановые сплавы в два-три раза прочнее алюминиевых и прочнее легированной стали. Трубы изготавливают бесшовными из титановых сплавов ВТ1-0, ОТЧ-1, ОТЧ, ПТ-7М, ПТ-33 и других диаметром 83...480 мм. Такие трубы рассчитаны на условное давление $p_s = 20$ МПа. Допустимый интервал температур транспортируемых веществ $-196\dots+300$ °С. Такие трубы соединяют сваркой встык с помощью приварных фланцев, а также с помощью свободных стальных фланцев с отбортовкой конца трубы или с приварным кольцом.

Чугунные напорные трубы и детали в технологических трубопроводах используют ограниченно, преимущественно для линий внешних производственных водопроводов и производственной канализации.

Чугунные напорные трубы и детали (ГОСТ 9583—75* «Трубы чугунные напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. Технические условия» и ГОСТ 5525—88* «Части соединительные чугунные, изготовленные литьем в песчаные формы, для трубопроводов. Технические условия») изготавливают способом литья из серого чугуна марки не ниже СЧ15—СЧ32. Основное преимущество чугунных труб по сравнению со стальными — их небольшая стоимость, а также коррозионная стойкость по отношению к веществам, к которым нестойки стальные

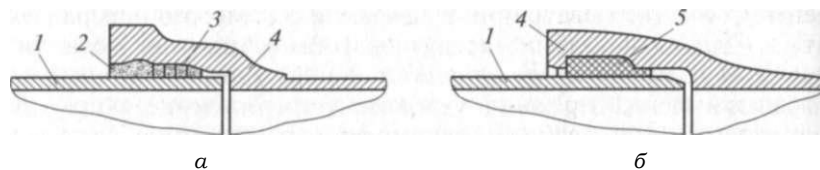


Рис. 2.2. Раструбные стыковые соединения чугунных трубопроводов: а — с заделкой прядью и асбестоцементом; б — с резиновой уплотнительной манжетой; 1 — гладкий конец трубы; 2 — асбестоцементный раствор; 3 — прядь; 4 — раструбный конец трубы; 5 — резиновая уплотнительная манжета

трубы. К недостаткам чугунных труб относят их хрупкость, большую массу и рабочее давление не более 1,6 МПа.

Чугунные трубы и детали изготавливают с раструбным стыковым соединением: при $D_s = 50 \dots 1200$ мм — с заделкой прядью 3 (рис. 2.2, а) и асбестоцементным раствором 2, при $D_s = 65 \dots 300$ мм — с применением резиновой уплотнительной манжеты 5 (рис. 2.2, б). Раструбные стыковые соединения с уплотнительной манжетой являются гибкими и равнопрочными с трубой, обеспечивают герметичность трубопровода при осевом перемещении до 15 мм и угловой деформации до 4° . Трудоемкость монтажа таких соединений в шесть раз меньше, чем с заделкой стыков прядью и асбестоцементом.

2.2.4. Трубы, детали и соединения трубопроводов из пластмасс

Использование неметаллических материалов для технологических трубопроводов позволяет снизить расход стали и цветных металлов, повысить срок службы трубопроводов, уменьшить расходы на их противокоррозионную защиту и тепловую изоляцию. В последние годы для технологических трубопроводов все шире используют пластмассовые трубы, что обусловлено следующими факторами: высокой коррозионной стойкостью, меньшей по сравнению с металлическими массой (в 6—8 раз легче), меньшим гидравлическим сопротивлением, благодаря чему их пропускная способность повышается на 25...30%; простотой обработки и соединений; меньшей трудоемкостью и себестоимостью транспортирования и монтажа. Недостатком большинства пластмассовых труб является их сравнительно небольшая теплостойкость и ползучесть под воздействием температуры и длительных постоянных нагрузок.

Пластические массы разделяют на термопластичные (термопласты) и терморезистивные (реактопласты). К *термопластам* относят такие материалы, которые способны размягчаться при на-

гревании и затвердевать при охлаждении. Их можно перерабатывать в изделия методами экструзии, формования, прессования и сварки. К *реактопластам* относят такие материалы, которые при нагревании легко переходят в вязкотекучее состояние, а при продолжительном нагревании — в твердое, нерастворимое состояние, после чего не могут больше размягчаться и перерабатываться.

Для изготовления труб и деталей трубопроводов широко применяют термопласты: полиэтилен (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ), полипропилен (ПП), фторопласт и в достаточно ограниченных масштабах — реактопласты (стеклопластики и фаолит).

Трубы и детали из полиэтилена наиболее широко распространены по сравнению с другими пластмассовыми трубами и деталями, так как они значительно легче, морозостойки (до -30°C) и эластичны.

Полиэтиленовые трубы характеризуются высокой химической стойкостью. При нормальной (20°C) температуре они обладают прочностью, твердостью и эластичностью, при отрицательной — сохраняют гибкость. Трубы из полиэтилена высокого давления (ПЭВД) менее прочны, тверды, но более эластичны, чем трубы из полиэтилена низкого давления (ПЭНД).

Трубы и детали трубопроводов из полиэтилена в зависимости от допустимых рабочих давлений при температуре 20°C выпускают следующих типов, МПа: Л (легкий) — 0,25; СЛ (среднелегкий) — 0,4; С (средний) — 0,6 и Т (тяжелый) — 1. Допустимый интервал температур транспортируемого вещества для трубопроводов из полиэтилена $-30\dots+60^{\circ}\text{C}$. Напорные трубы и детали из ПЭВД изготавливают диаметром 10... 160 мм, а из ПЭНД — 10... 1 200 мм.

Недостатки трубопроводов из полиэтилена — растворимость при температуре $70\dots80^{\circ}\text{C}$ во многих углеводородах; способность к окислению в присутствии кислорода, особенно под воздействием ультрафиолетовых солнечных лучей; старение при эксплуатации; большой коэффициент линейного расширения (в 15... 20 раз больше, чем у стали).

Трубы и детали из полипропилена (ПП) легкие, обладают высокой термостойкостью, превышающей 100°C , и химической стойкостью к воздействию кислот, щелочей и раствору солей. Максимальная температура эксплуатации полипропиленовых труб — до 130°C . Они обладают хорошими механическими свойствами, свариваются, прессуются. Напорные трубы изготавливают из термо- и светостабилизированного полипропилена и используют их для транспортирования жидких и газообразных веществ. Напорные трубы из ПП выпускают диаметром 32... 315 мм трех типов в зависимости от максимального рабочего давления воды при температуре 20°C , МПа: Л (легкий) — 0,25; С (средний) — 0,6 и Т (тяжелый) — 1. Допустимый интервал температур транспортируемого вещества для трубопроводов из ПП составляет

-4... +100°С. Детали изготавливают из труб сварной конструкции. Недостатки таких труб — горючесть, низкая морозостойкость, старение под действием ультрафиолетовых лучей.

Трубы и детали из непластифицированного гюливинилхлорида (ПВХ) обладают достаточно высокой механической прочностью, высокой химической стойкостью, водостойкостью, легко поддаются механической обработке, свариваются, хорошо склеиваются и прессуются. Трубы из ПВХ в зависимости от допустимых рабочих давлений воды при температуре 20 °С выпускают следующих типов, МПа: А (легкий) — 0,25; СА (среднелегкий) — 0,4; С (средний) — 0,6; Т (тяжелый) — 1 и ОТ (особо тяжелый) — 1,6. Трубы изготавливают диаметром 10...450 мм.

Допустимый интервал температур транспортируемого вещества для трубопроводов из ПВХ -50...+50°С. Детали трубопроводов изготавливают методом литья под давлением, гибкой и сваркой. Недостатками труб из ПВХ являются слабая сопротивляемость удару и вибрации, невысокая термостойкость, хрупкость при отрицательной температуре, большой коэффициент линейного расширения (в 6—8 раз выше, чем у стали).

Трубы и детали из фторопласта для технологических трубопроводов применяют ограниченно из-за их сравнительно высокой стоимости. Трубы из фторопласта обладают высокой химической стойкостью к действию различных агрессивных сред (превосходят стекло, фарфор, эмали, золото, платину, нержавеющие стали), морозоустойчивы, отличаются высокой термостойкостью (разложение фторопласта начинается при температуре 415 °С).

Трубы и детали из фторопласта выпускают диаметром 32...430 мм. Они предназначены для транспортирования агрессивных веществ при давлении до 0,5 МПа и температуре -60...+150°С. Трубы и детали выпускаются также защищенными металлической оболочкой. Недостатки таких труб: текучесть в холодном состоянии, увеличивающаяся с повышением температуры; при нагревании не переходит в вязкотекучее состояние, что затрудняет их переработку и формование.

Стеклопластиковые трубы диаметром 50... 1000 мм используют для транспортирования жидких и газообразных химически агрессивных веществ при температуре -30...+150°С и давлении до 2,5 МПа. Они обладают высокой прочностью и хорошими электроизоляционными свойствами.

Трубы и детали из фаолита обладают высокой химической стойкостью к кислым агрессивным средам. Из всех применяемых пластмасс, кроме фторопласта, только фаолитовые изделия химически стойки к бензолу. Для технологических трубопроводов применяют трубы и детали, изготовленные из кислотостойкой фаолитовой массы марок А (наполнитель — антофилитовый асбест) и Г (наполнитель — графит). Допустимый интервал температур

транспортируемого вещества для трубопроводов из феолита $-30...+120^{\circ}\text{C}$ и рабочее давление $0,16...0,47$ МПа. Трубы и детали изготавливают диаметром $32...350$ мм.

Феолитовые изделия отличаются значительной хрупкостью, поэтому при транспортировании, монтаже и эксплуатации их следует предохранять от ударов.

Способ соединения труб из термопластов указывают в проекте, при отсутствии таких указаний его выбирает монтажная организация в зависимости от условий работы, способа прокладки трубопроводов, материала труб и вида соединительных деталей.

Соединения труб из термопластов могут быть неразъемными и разъемными. Неразъемное соединение более прочное и плотное, чем разъемное, оно не требует частых ремонтов в процессе эксплуатации; стоимость неразъемного соединения во много раз ниже стоимости разъемного.

Неразъемные соединения трубопроводов из полиэтиленовых и полипропиленовых труб наружным диаметром более 50 мм и толщиной стенки более 4 мм выполняют контактной сваркой встык (рис. 2.3, а). Такие соединения для труб из ПЭВД могут быть выполнены также контактной сваркой внахлест с применением формованных раструбов (рис. 2.3, б) или раструбных деталей (рис. 2.3, в).

Неразъемное соединение для труб из ПВХ любых диаметров и толщин стенок осуществляют, как правило, склеиванием внахлест (рис. 2.3, г, д), однако неразъемное соединение труб из ПВХ с наружным диаметром $63...225$ мм и толщиной стенки $3...12$ мм в обоснованных случаях допускается производить газовой прутковой сваркой (рис. 2.3, е, ж). Газовая прутковая сварка труб и деталей из ПЭВД, ПЭВД и ПП допускается только для трубопроводов III–V категорий в тех случаях, когда невозможно использовать контактную сварку.

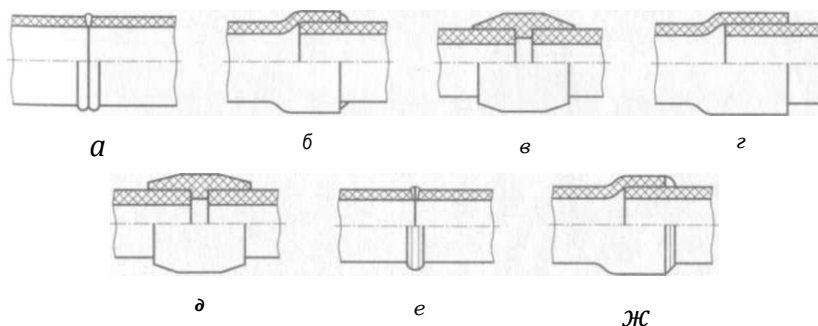


Рис. 2.3. Неразъемные соединения трубопроводов из термопластов:

а — контактное сварное встык; б, в — контактное сварное внахлест; г, д — склеивание внахлест; е — газовая прутковая сварка встык; ж — газовая прутковая сварка внахлест

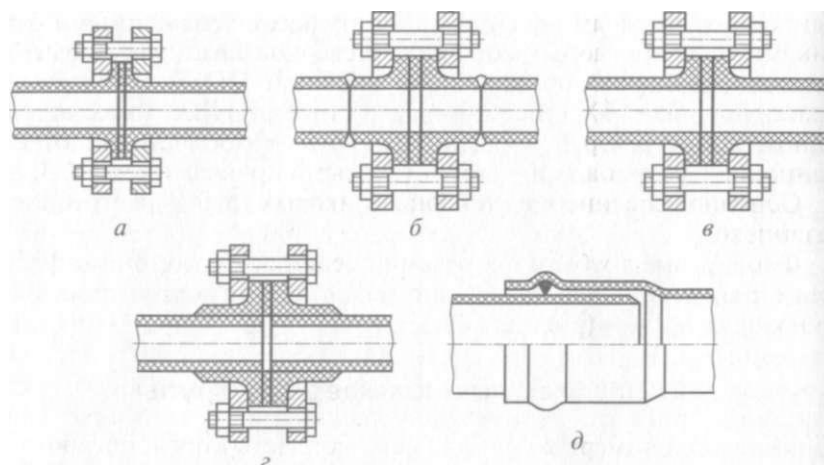


Рис. 2.4. Разъемные фланцевые соединения трубопроводов из термопластов:

a — на отбортованной трубе; *б* — на приварных втулках встык; *в* — на отформованных концах труб с утолщенным буртиком; *г* — на приварных или приклеенных втулках врасруб; *д* — врасруб с резиновым уплотнительным кольцом

Разъемные соединения трубопроводов из термопластов осуществляют с применением металлических или пластмассовых фланцев.

Для труб из ПЭНД, ПЭВД, ПП, ПВХ и фторопласта разъемное соединение выполняют на отбортованной трубе (рис. 2.4, *a*), из ПЭНД, ПЭВД и ПП — на втулках с утолщенным буртиком, привариваемых к концам труб контактной сваркой встык (рис. 2.4, *б*) или формуемых на концах труб (рис. 2.4, *в*). Разъемное соеди-

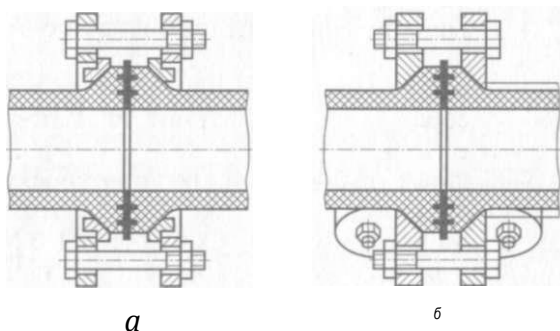


Рис. 2.5. Соединения асбестовых труб с буртиками:

a — с помощью фланцев с разрезными кольцами; *б* — с помощью разрезных фланцев

нение со свободными фланцами на втулках с утолщенными буртиками, привариваемых контактной сваркой в раструб, применяют для трубопроводов из ПЭНД, ПЭВД и ПП, а склеиваемых в раструб — из ПВХ (рис. 2.4, г). Для труб из ПВХ, имеющих на одном конце раструб заводского изготовления, применяют соединение с резиновыми уплотнительными кольцами (рис. 2.4, д).

Основное соединение стеклопластиковых труб — раструбное и фланцевое.

Фаолитовые трубы с буртиками соединяют с помощью фланцев с разрезными кольцами (рис. 2.5, а) и с помощью разрезных стальных фланцев (рис. 2.5, б).

2.2.5. Металлополимерные трубы

Металлополимерные трубы (металлопласты) представляют собой пятислойную конструкцию, состоящую из тонкостенной алюминиевой трубы, на которую изнутри и снаружи наносится клеевая основа, а затем *сшитый* полиэтилен (модифицированный полиэтилен с замкнутой пространственной молекулярной структурой), который имеет хорошую теплостойкость, отличные гигиенические свойства и высокую пропускную способность.

Металлополимерная труба сочетает достоинства металлической и пластмассовой труб:

- 100%-ная кислородонепроницаемость;
- коррозионная стойкость;
- отсутствие минеральных отложений на стенках труб;
- долговечность (более 25 лет);
- морозостойкость;
- надежность работы в условиях повышенной сейсмичности;
- повышенная шумопоглощающая способность;
- удобство транспортирования;
- технологичность монтажа (трубы легко гнутся, позволяют огнуть элементы помещений, не требуется точная подгонка линейных размеров);
- монтаж непосредственно без сварки, нарезки резьбы, с оборудованием и приборами из стали, латуни, пластмасс при помощи соединительных деталей.

Металлополимерные трубы применяют при проектировании и монтаже систем отопления, расчетная температура которых не превышает 90 °С при давлении в трубах не более 1,0 МПа по данным нормативных документов на трубы или сертификационных испытаний.

Металлополимерные трубы могут быть использованы в системах центрального, местного отопления жилых, общественных, административно-бытовых и промышленных зданий, вновь возводимых и реконструируемых.

Не допускается прокладывать металлополимерные трубы в помещениях категории пожарной опасности Г (ГОСТ 12.1.004 — 91), а также в помещениях с источниками тепловых излучений с температурой поверхности более 150°С.

Металлополимерные трубы не могут быть использованы без защитных экранов в помещениях, где вблизи возможна электродуговая или газовая сварка при аварийных ремонтных работах.

Металлополимерные трубы, применяемые для систем отопления, должны иметь сертификат соответствия требованиям нормативных документов.

2.2.6. Трубы, детали и соединения трубопроводов из стекла, керамики и камнелитые

Стекланные трубопроводы получают все большее распространение взамен стальных и из цветных металлов на предприятиях химической, легкой и пищевой промышленности для транспортирования химических веществ и реактивов, фармацевтических препаратов, красителей и пищевых продуктов, требующих особой чистоты (кроме плавиковой кислоты), с температурой -50...+100°С и давлением для жидких и твердых веществ 0,001 ...0,6 МПа, для газообразных — 0,001... 1 МПа. Недостатки стекланных трубопроводов — повышенная хрупкость и небольшая термическая стойкость.

Стекланные трубы и фасонные детали с условным проходом до 200 мм с гладкими концами, рассчитанные на условное давление до 0,1 МПа, соединяют с помощью фланцев (рис. 2.6, а) или муфт (рис. 2.6, б) с двумя натяжными кольцами, а рассчитанные на условное давление свыше 0,1 МПа — с помощью фланцев с тремя натяжными резиновыми кольцами (рис. 2.6, в). Соединение с патрубком штуцеров или заглушек 7 показано на рис. 2.6, г, д. Стекланные трубы с коническими буртиками /2 соединяют с помощью фланцев 2 (рис. 2.6, е).

Керамические кислотоупорные трубы и детали, применяемые для кислото- и газопроводов, обладают высокой стойкостью ко всем минеральным и органическим кислотам (за исключением плавиковой), а также к разбавленным холодным растворам щелочей. Трубы и детали изготавливают с условным проходом 25... 300 мм с коническими фланцами или раструбами.

Камнелитые трубы служат для транспортирования абразивных и агрессивных веществ (золы, шлама, пульпы) температурой -50...+50°С и условным давлением до 1 МПа на горно-обогатительных, цементных, химических заводах и тепловых электростанциях. Трубы, изготавливаемые с условным проходом 150...400 мм, соединяют между собой стальными или чугунными соединительными муфтами. Герметизирующим составом при

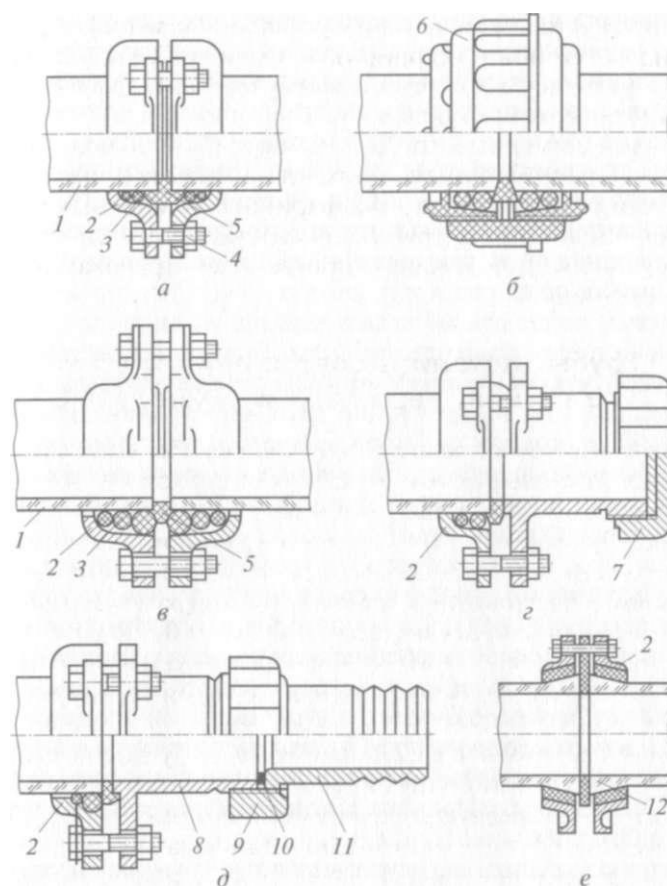


Рис. 2.6. Соединения стеклянных труб:

а — с помощью фланцев с двумя натяжными кольцами; б — с муфтой; в — с помощью фланцев с тремя натяжными кольцами; г — с патрубком и штуцером; д — с патрубком и заглушкой; е — с коническими буртиками; 1 — стеклянная труба; 2 — фланец; 3 — натяжное кольцо; 4 — болт с гайкой; 5 — Т-образная прокладка с защитной оболочкой; 6 — муфта; 7 — заглушка; 8 — патрубок; 9 — накидная гайка; 10 — прокладка; 11 — штуцер; 12 — буртик

уплотнении стыка может служить цементный раствор или силикатная замазка (в случае транспортирования веществ, содержащих кислоты).

2.3. Контроль качества материалов

Для обеспечения надежной эксплуатации технологических трубопроводов необходим тщательный контроль металлопроката и Фуб, идущих на их изготовление. На все детали и блоки трубопро-

водов, контролируемые Ростехнадзором, заводы обязаны представлять сертификаты с указанием марки стали, способов выплавки, режимов термической обработки и паспорта на изделия, где указываются вид сварки, электроды, режим термической обработки и результаты контроля сварных соединений.

Приемка и контроль металлопроката и труб производится согласно техническим условиям на изделия. Помимо контроля на заводе-изготовителе в соответствии с техническими условиями все трубы подлежат проверке перед выдачей их для изготовления деталей и трубопроводов.

Проверку осуществляет специальная комиссия, создаваемая дирекцией строящегося предприятия. Вначале проверяют полноту технической документации и соответствие ее требованиям технических условий на изготовление труб; определяют твердость металла на обоих концах труб с внесением результатов, полученных по каждой трубе, в журнал. Величина твердости является косвенным показателем прочности металла трубы и равномерности ее термообработки по длине.

Кроме того, в зависимости от требований технических условий на устройство технологических трубопроводов, трубы могут быть подвергнуты следующим повторным испытаниям: проверке химического состава и механических свойств металла труб, технологическим пробам и металлографическим исследованиям.

Первым и наиболее ответственным испытанием является *контроль химического состава труб и деталей*. Одним из наиболее распространенных методов контроля химического состава металла является спектральный анализ с помощью переносных стилоскопов типа САП-1 или САП-2.

Спектральный анализ осуществляют путем рассмотрения через окуляр стилоскопа спектра свечения паров металла, возникающего при создании электрической дуги (или искры) между электродом прибора и испытываемым металлом, и сравнения его с контрольной таблицей.

В настоящее время разработаны шкалы для всех основных элементов, дающие возможность не только качественную, но и количественную их определения. Перед спектральным анализом на исследуемой детали зачищают шлифовальным кругом или напильником площадку величиной около 2 см². Продолжительность анализа для определения содержания в металле пяти-шести элементов составляет в среднем 5 мин.

Контрольные испытания *механических свойств* обязательны для каждой партии труб и деталей, поступающих на монтаж. Неудовлетворительные результаты контрольных испытаний механических свойств служат основанием для предъявления рекламации заводам-изготовителям. В этом случае трубы не могут быть допущены в производство.

Для проведения испытаний от каждой партии отбирают две трубы с максимальной и минимальной твердостью, от которых отрезают образцы для контрольных испытаний их механических и технологических свойств и проводят одновременно металлографические исследования металла труб.

От каждой трубы отрезают и обрабатывают девять образцов: 2 — для испытания на растяжение; 2 — на ударную вязкость; 1 — для исследования макроструктуры; 2 — то же, микроструктуры; 1 — для испытания на сплющивание и 1 — для испытания на изгиб. Для металлографических исследований допускается использование разрушенных образцов после определения ударной вязкости. Партия труб считается годной, если результаты испытаний всех образцов оказались удовлетворительными и соответствуют данным сертификатов.

При неудовлетворительных результатах испытания хотя бы одного образца партию труб подвергают повторному испытанию при удвоенном числе образцов. Образцы в этом случае берут лишь для тех видов испытаний, по которым получены неудовлетворительные результаты.

При неудовлетворительных результатах повторных испытаний всю партию труб бракуют или подвергают 100%-ной проверке.

В технических условиях предусматривается выполнение *технологических проб* материала труб на сплющивание и холодный загиб. Эти испытания играют существенную роль, так как характеризуют пластические свойства труб в состоянии поставки. Это особенно важно при выполнении такой распространенной операции при изготовлении трубопроводов, как гибка труб.

Подобными испытаниями проб могут быть обнаружены и грубые дефекты металла труб — расслоения, трещины и др.

Испытания проб на сплющивание производят на кольцах, отрезанных от труб. Кромки пробных колец закругляют напильником. При испытании на сплющивание в качестве показателя берут предельную величину просвета между внутренней поверхностью трубы. Испытанию на сплющивание подлежат лишь трубы с наружным диаметром более 35 мм.

Кольца из труб углеродистой стали (марка 20) сплющивают до получения просвета, равного 50 % внутреннего номинального диаметра. Кольца из труб легированных сталей сплющивают до появления первой трещины.

Для металлов трубопроводов, предназначенных для работы при высоких температурах, *металлографические исследования* заключаются в контроле микроструктуры металла, что является практически наиболее доступным и эффективным способом для определения пригодности металла для работы при высоких температурах.

Микроструктурный анализ позволяет составить наиболее полную характеристику металла труб (и сварных соединений) путем

определения характера структурных составляющих, однородности структуры по всему сечению, величины зерна в состоянии поставки, наличия посторонних включений и микродефектов — пор, трещин и др.

Для наиболее характерных участков выполняются фотоснимки структуры, которые впоследствии прикладывают к сдаточной документации. Объективным критерием для качественной оценки и установления браковочных признаков служит заключение специалистов металлографической лаборатории.

Контрольные вопросы

1. Какие физические процессы развиваются при высоких температурах в сталях, используемых для изготовления технологических трубопроводов, и какое влияние данные процессы оказывают на прочностные характеристики сталей?
2. Какие основные виды внутренних неметаллических покрытий используют в технологических трубопроводах, предназначенных для транспортирования агрессивных веществ?
3. Какие преимущества дает использование неметаллических материалов для технологических трубопроводов?
4. Что такое термопласты и реактопласты?
5. В чем заключается проверка химического состава и механических свойств металла труб?

ГЛАВА 3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

3.1. Централизованное изготовление стальных трубопроводов

3.1.1. Технико-экономическая эффективность централизованного изготовления трубопроводов

Централизованное изготовление трубопроводов на производственных базах и заводах монтажных организаций — один из основных этапов индустриализации трубопроводных работ.

При централизованном изготовлении трубопроводов основной объем работ (до 60 % всех трудозатрат) по комплектованию линий, заготовительным операциям, укрупненной сборке и сварке переносится в заводские условия. Кроме того, обеспечивается возможность механизировать большинство основных и вспомогательных операций; внедрить высокопроизводительные станки и механизмы; сборочно-сварочные стенды и манипуляторы; широко применить механическую, газопламенную и газоэлектрическую резку, полуавтоматическую сварку; механизировать межоперационные подъемно-транспортные операции; значительно повысить качество изготовления трубопроводов.

Централизованное изготовление трубопроводов позволяет широко внедрить монтаж готовыми узлами, секциями или целыми блоками и в значительной степени упростить технологию и организацию трубопроводных работ с использованием современных средств механизации. При этом сокращаются общие сроки строительства, так как узлы и секции трубопроводов изготавливают параллельно с производством общестроительных работ, монтажом технологического оборудования и металлоконструкций. Кроме того, уменьшается стоимость работ благодаря снижению трудоемкости изготовления, значительному повышению производительности труда в результате внедрения механизации, уменьшения организационных потерь и ликвидации зависимости производства работ от метеорологических условий, сокращения отходов и потерь материалов, уменьшения расходов на хранение материалов на месте монтажа.

На рис. 3.1 приведены сравнительные трудоемкости монтажа 1 м внутри- и межцеховых трубопроводов двумя способами: отдельными трубами и деталями и готовыми узлами и секциями.

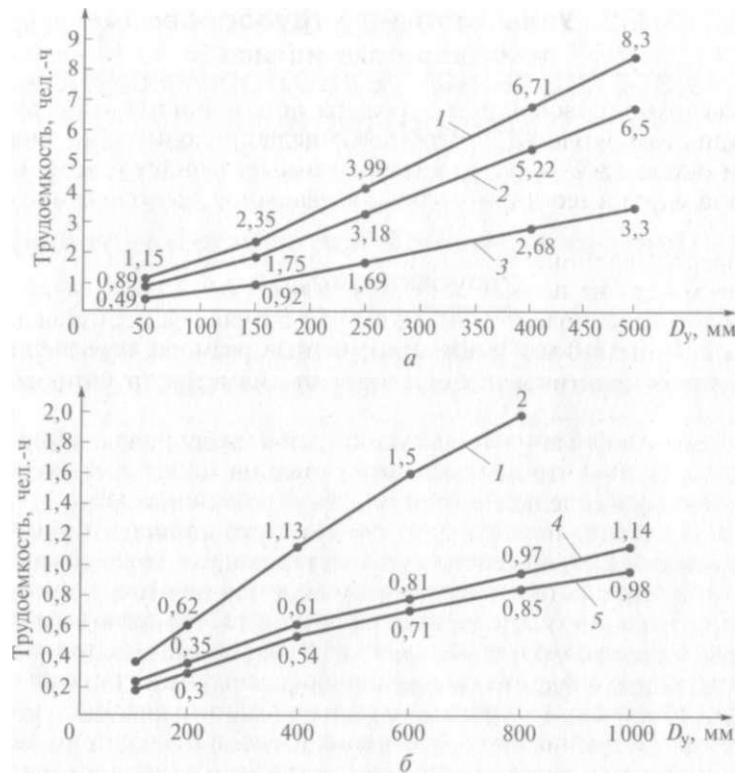


Рис. 3.1. Сравнительная трудоемкость монтажа 1 м трубопроводов из углеродистой стали:

а — внутрицеховых; б — межцеховых надземных; / — монтаж из отдельных труб; 2, 4 — монтаж соответственно готовыми узлами или секциями (с учетом трудозатрат на их изготовление); 3, 5 — монтаж соответственно готовыми узлами или секциями (без учета трудозатрат на их изготовление)

Средняя трудоемкость монтажа отдельными трубами внутрицеховых трубопроводов с $D_y = 50 \dots 500$ мм составляет 2,35 чел.-ч, а межцеховых трубопроводов с $D_y = 100 \dots 600$ мм — 0,62 чел.-ч. Средняя трудоемкость монтажа 1 м трубопроводов готовыми узлами и секциями (с учетом трудозатрат на их изготовление) соответственно составляет 1,75 и 0,35 чел.-ч, а собственно монтажа — 0,92 и 0,3 чел.-ч. Таким образом, в результате централизованного изготовления общая трудоемкость монтажа 1 м внутрицеховых трубопроводов сокращается на 30%, а 1 м межцеховых трубопроводов — на 50%, при этом производительность труда непосредственно на монтажной площадке возрастает в 2—2,5 раза.

3.1.2. Узлы стальных трубопроводов и их характеристика

Узлы трубопроводов разнообразны по конфигурации и размерам, при этом около 82 % их общего числа приходится на плоские узлы и около 18 % — на пространственные. Конфигурация большинства узлов имеет прямоугольное взаимное расположение осей труб.

Развернутая длина большинства узлов (до 88 % общего количества по массе) не превышает 3,5 м и лишь 6 % узлов имеют развернутую линию более 6 м. В некоторых случаях развернутая длина узлов достигает 10 м. Причем габаритные размеры и развернутая длина узлов практически не зависят от диаметра трубопровода в диапазоне $D_n = 50 \dots 500$ мм.

Система унификации конструкций узлов трубопроводов (рис. 3.2) основана на том, что любая их конструкция может быть условно расчленена на отдельные участки трех конфигураций: Г-образную, осуществляющую поворот линии трубопровода (обозначается буквой Г); Т-образную, осуществляющую ответвление линии трубопровода (обозначается буквой Т); прямую, соединяющую между собой, как правило, участки Г- и Т-образной конфигурации (обозначается буквами Пр). Такая система унификации позволила свести все многообразие конфигураций узлов к 17 группам, которые имеют общий характер формообразования и различаются между собой числом и взаимным расположением входящих в них участков типов Г, Т и Пр. Узлы, входящие в каждую группу, могут иметь при одном и том же взаимном расположении указанных участков разный угол разворота в пространстве.

В условное обозначение каждой группы узлов входят тип конфигурации (буквенное обозначение), их число (цифровое обозначение), а также шифр (последняя цифра через дефис), показыва-

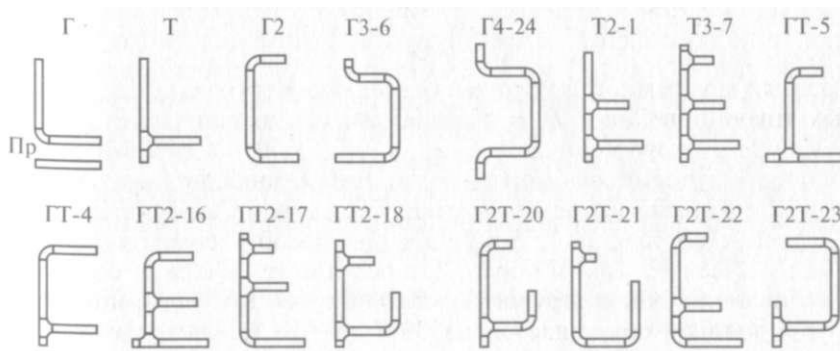


Рис. 3.2. Унифицированные группы узлов трубопроводов

ющий его исполнение по таблице формообразования (взаимное расположение участков между собой). Например, обозначение Г2Т-21 показывает, что узел состоит из двух участков типа Г и одного участка типа Т, а шифр его исполнения соответствует номеру 21.

На присоединительных концах узлов каждой группы устанавливают детали — фланцы, переходы и заглушки. На каждый присоединительный конец узла приходится 0,5 детали. Узлы каждой группы содержат определенное число патрубков и деталей, сварных стыков и присоединительных концов, а также элементов.

Приведенная унификация конструкций трубопроводов дает возможность разрабатывать пооперационный технологический процесс, специализированное оборудование, а также способствует упорядочению технической и нормативной документации.

3.1.3. Структура технологического процесса централизованного изготовления трубопроводов

Технологический процесс изготовления узлов и секций трубопроводов — часть общего производственного процесса монтажа трубопроводов, состоящая из технологических операций, выполняемых планомерно и последовательно.

Технологическая операция — обособленная часть процесса, осуществляемая при обработке труб и деталей одним рабочим или группой (бригадой) рабочих либо под их наблюдением на одном рабочем месте. Различают операции автоматические, полуавтоматические, ручные, машинные, машинно-ручные (машинные с ручной подачей). Операция служит основной расчетной единицей для определения производительности и планирования загрузки оборудования, а также технического нормирования процесса производства.

Технологический процесс устанавливает не только последовательные технологические операции, которые проходит труба, деталь, узел или секция в процессе ее обработки, но и виды оборудования, приспособлений и инструмента, с помощью которых осуществляются эти операции. В состав технологического процесса входят и средства технического контроля. Технологический процесс отражают в технологических или маршрутных картах, входящих в состав технологической документации.

Технологический процесс изготовления узлов трубопроводов включает в себя следующие основные операции, средняя трудоемкость которых приведена в процентах:

Очистка и грунтование наружной поверхности труб.....	6
Разметка труб.....	2
Резка труб прямая и фасонная.....	6,3
Гибка труб.....	5

Правка концов труб и деталей для сборки под сварку.....	3
Расконсервация и зачистка концов труб и деталей перед сборкой под сварку.....	4
Сборка фасонных деталей под сварку.....	2
Сварка фасонных деталей.....	2,5
Сборка элементов.....	18
Механизированная сварка элементов.....	15
Сборка ухюв.....	14
Сварка узлов.....	13
Сборка узлов с арматурой.....	4
Доогрунтовыиание узлов.....	1,5
Маркировка.....	3,7

Структурой технологического процесса изготовления узлов трубопроводов предусмотрено преимущественное применение стандартных деталей, поставляемых в готовом виде. Поэтому гибку труб и изготовление фасонных сварных деталей производят, если отсутствуют готовые стандартные детали, в частности для трубопроводов с условным проходом свыше 500 мм из легированной стали, а также из углеродистой стали.

Сборочно-сварочные операции являются наиболее ответственными в технологическом процессе изготовления узлов и составляют до 70 % общей трудоемкости. В целях механизации сборочно-сварочных операций предусмотрено членение узлов на элементы. Сначала собирают и сваривают простейшие элементы типов Г и Т со степенью укрупнения 1—2, а затем их укрупняют в более сложные конструкции узлов, в том числе пространственные. Такое разделение операций позволяет сваривать элементы полуавтоматическими и автоматическими способами, т.е. механизировать сварку (до 50 % общего числа стыков).

Степень заводской готовности определяется числом входящих в узел элементов типов Г и Т. Для сокращения объема сборочно-сварочных работ, выполненных на монтажной площадке, следует стремиться к увеличению степени заводской готовности узлов, так как при этом до 80 % общего числа сварных стыков внутрицеховых трубопроводов собираются и свариваются в условиях производственных баз и заводов и лишь 20 % на монтажной площадке.

Технологический процесс изготовления секций трубопроводов включает в себя следующие основные операции, средняя трудоемкость которых приведена в процентах:

Очистка и грунтование наружной поверхности труб.....	4,5
Правка и зачистка концов труб под сварку.....	1,5
Сборка и сварка стыков.....	93,5
Маркировка.....	0,5

При изготовлении секций грунтовку наружной поверхности труб выполняют только для надземных межцеховых трубопроводов, для которых не применяют противокоррозионную защиту путем нанесения битумных мастик или полимерных пленок. Сборку и сварку секций производят, как правило, из труб длиной 6... 12,5 м с обработанными кромками под сварку без их предварительного раскроя.

Межоперационный контроль качества узлов и секций осуществляют в течение всего процесса их изготовления. Готовые узлы и секции проверяют наружным осмотром, а сварные стыки контролируют физическими неразрушающими методами (рентгеноскопией, гамма-дефектоскопией, ультразвуком).

Гидравлическое и пневматическое испытания готовых секций на прочность и плотность, как правило, не производят, так как они испытываются в составе трубопровода после их монтажа.

При изготовлении узлов в трубозаготовительном цехе используют технологическую документацию, разрабатываемую технологическими подразделениями завода или базы. К основным видам технологической документации относятся типовые и рабочие технологические процессы, ведомости норм расхода труб, деталей и вспомогательных материалов, технолого-нормировочные карты.

Типовой технологический процесс разрабатывают на основе применения преимущественно стандартных (технологических) средств и оборудования.

Рабочие технологические процессы составляют на отдельные виды работ, выполнение которых требует специального оборудования, способов производства и учета особенностей конструкции узла, марки материала, назначения и т.п.

Технолого-нормировочные карты составляют на эскизную схему узла с указанием всех характеристик: размеров, марок материала, общего числа труб и деталей, разряда работы, нормочасов и расценок.

3.1.4. Основные требования к приемке материалов и готовых изделий для трубопроводов

Трубы, детали, арматура и другие изделия и материалы, предназначенные для изготовления и монтажа трубопроводов, должны удовлетворять требованиям, указанным в проекте, стандартах и технических условиях.

Приемку всех материалов и изделий следует производить только при наличии сертификатов, паспортов или других сопроводительных документов. Приемку выполняют технолог и ОТК производственной базы или завода, а также работники управлений, отделов или групп производственно-технической комплектации.

При приемке труб и деталей трубопроводов, которая осуществляется визуальным осмотром, проверяют соответствие требованиям проекта, стандартов и технических условий: наличие маркировки и клейм ОТК завода-поставщика; размеры по наружному диаметру, толщине стенки и овальности, проверяемые на концах в перпендикулярных плоскостях; качество наружной и внутренней поверхностей, которые не должны иметь закатов, трещин, глубоких вмятин и других поверхностных дефектов; соответствие марок материала, механических свойств и химического состава, технологических испытаний и термообработки.

Трубы, детали и другие изделия (кроме арматуры), не имеющие сертификатов или паспортов заводов-изготовителей, а также бывшие в употреблении, могут быть использованы для изготовления и монтажа трубопроводов II и ниже категории при наличии документов об их проверке и испытании на соответствие требованиям проекта, стандартам и техническим условиям.

При приемке трубопроводной арматуры проверяют наличие документов, подтверждающих проведение заводом-изготовителем испытаний на прочность и плотность (соответствие маркировки и отличительной окраски ее назначению, материалу; стальные задвижки независимо от диаметра условного прохода и чугунные с $D = 300$ мм и более должны иметь на корпусе заводской номер); комплектность арматуры (наличие ответных фланцев и других деталей, поставляемых с ней); исправность шпинделя и его хода, затяжку сальников и легкость хода запорных устройств; наличие заглушек на проходных отверстиях и уплотнительных поверхностях фланцев и отсутствие повреждений уплотнительных поверхностей; наличие болтовых отверстий на фланцах арматуры; отсутствие трещин корпусов и крышек арматуры.

Арматуру, имеющую паспорт, но с истекшим гарантийным сроком, передают на монтаж после проведения гидравлических испытаний на прочность и плотность. Арматура, не имеющая паспортов завода-изготовителя и маркировки, может быть принята и использована для трубопроводов IV и V категорий при наличии документов, подтверждающих проведение ее ревизии и испытания на прочность и плотность.

При приемке компенсаторов проверяют: комплектность, наличие стяжного устройства (если оно положено), ответных фланцев, прокладок и крепежных деталей (для фланцевых компенсаторов), инструкции и паспорта; отсутствие механических повреждений на корпусе и стяжных устройствах; соответствие компенсирующей способности компенсатора паспорту и проекту.

При приемке фланцев, прокладок, опор, подвесок и болтов (шпилек) с гайками особое внимание обращают на отсутствие механических повреждений уплотнительных поверхностей и резьб, а также на их комплектность.

3.2. Обработка труб из стали, цветных металлов' и стальных с внутренним покрытием

3.2.1. Расконсервация, очистка и грунтование труб, деталей и узлов

Трубы и детали трубопроводов и другие изделия непосредственно перед поступлением в трубозаготовительный цех или на монтаж очищают от консервирующего смазочного материала. *Расконсервацию изделий и материалов* с нанесенным на их поверхность консервирующим смазочным материалом производят одним из следующих способов: промывкой горячей водой (паром) или моющими растворами с пассиваторами и последующей сушкой; нагреванием в ваннах с минеральными маслами при температуре 100... 120 °С с последующей протиркой бязью, смоченной уайт-спиритом или бензином; оплавлением смазочного материала в камерах при температуре 110... 120 °С с последующей протиркой бязью, смоченной уайт-спиритом или бензином, а также применением специальных растворителей и моющих растворов. Способ расконсервации зависит от консервирующего смазочного материала.

Очистку наружной поверхности труб, деталей, узлов и секций стальных (кроме нержавеющей) трубопроводов производят перед ее грунтованием с целью удаления масла, ржавчины, окисной пленки. Внутренние поверхности очищают, только если есть указания в проекте, после завершения всех работ, связанных с нагревом (горячая гибка, термообработка, сварка и др.).

Способы очистки поверхности перед нанесением защитного покрытия разделяют на механические и химические.

К механическим способам относятся очистка с помощью абразивов (дробеметный и дробеструйный), металлических щеток и иглофрез. Наиболее широко применяют способ очистки металлическими щетками.

К химическим способам очистки поверхностей труб, узлов и деталей, применяемым только при наличии указаний в проекте для трубопроводов специального назначения, относят травление в кислотах и обработку поверхности преобразователем ржавчины. После химической очистки труб и других изделий травлением отверстия закрывают пластмассовыми и деревянными пробками. Концы труб, имеющие нарезку, перед травлением покрывают бакелитовым или другим кислотоупорным лаком.

Грунтование производят для временной защиты наружной поверхности трубопроводов. Для этого применяют коррозионно-стойкие грунтовки МС-067, ГФ-020 и др. До рабочей вязкости их разбавляют растворителями: МС-067 — ксилолом или смесью ксилола и скипидара в соотношении 1:1; ГФ-020 — сольвентом камен!

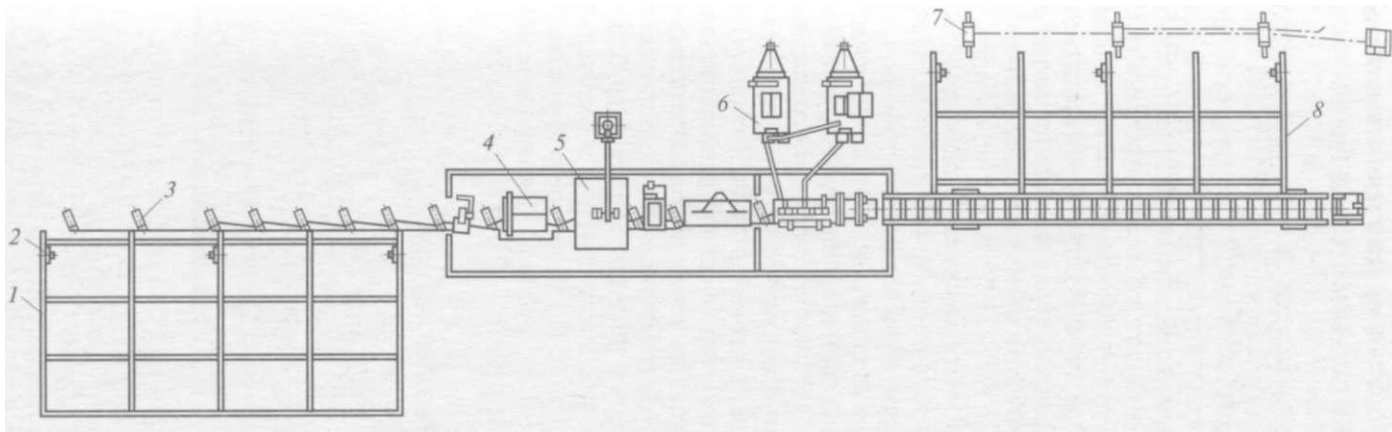


Рис. 3.3. Схема механизированной линии для грунтования труб:

1,8 — стеллажи; 2 — сбрасыватель; 3 — роликовый конвейер; 4 — печь; 5 — очистная установка; 6 — окрасочная камера; 7 — погрузочное устройство

ноугольным, ксилолом или смесью одного из растворителей уайт-спиритом в соотношении 1:1. Ориентировочный расход грунтовки - 120 г/м, а растворителя — до 20 % массы грунта.

Гарантированный срок защиты металла труб от атмосферной коррозии такими грунтовками не менее 6 мес. Грунтовку наносят на поверхность деталей пульверизатором, безвоздушным распылением, кистью или другими способами. Сжатый воздух давлением 0,3...0,45 МПа, предназначенный для распыления грунтовок, предварительно должен быть очищен в маслолагодотделителе.

Загрунтованные покрытия сушат в конвекционных или терморadiационных сушилках, а при их отсутствии — в естественных условиях. Грунтовку ГФ-020 допускается наносить на нагретую до 160°С поверхность трубы, при этом время сушки сокращается до 3 мин.

Очистку и нанесение грунтовки на наружную поверхность труб производят на механизированных линиях, как правило, перед их обработкой в трубозаготовительных цехах.

Технологическая последовательность операций на механизированной линии для очистки и грунтования труб наружным диаметром от 76 до 720 мм (рис. 3.3) такова: с приемного стеллажа / трубы скатываются до упоров отсекаателей сбрасывателя 2 и поштучно подаются на роликовый конвейер 3. Роликоопоры конвейера установлены под углом, что обеспечивает вращательно-поступательное движение труб. По мере продольного перемещения трубы поступают в печь 4 предварительной сушки, очистную установку 5, окрасочную камеру 6. Механизм подачи труб снимает их с роликового конвейера после грунтования и охлаждения и сбрасывает на концевой стеллаж 8. Погрузочное устройство /укладывает загрунтованные трубы на трубовоз. Производительность такой линии при двухсменной работе — 7 000 т труб в год.

3.2.2. Разметка труб

Разметка — процесс перенесения на трубу с рабочего чертежа размеров, необходимых для изготовления детали или элемента трубопровода. Разметку выполняют тщательно, с максимальным использованием материала. При разметке необходимо учитывать технологический припуск, величина которого зависит от принятой технологии последующей обработки, марки стали и размеров труб.

Величина припуска на механическую обработку торцов после газопламенной или газоэлектрической резки легированных труб, устанавливается инструкциями в зависимости от способа резки, толщины стенки и марки стали труб.

Разметочные операции выполняют путем геометрического построения разметочных линий и знаков, для чего применяют сле-

дующие переносные инструменты: стальную рулетку, линейку, угольник, циркуль, нутромер, штангенциркуль, рейсмус, транспортир, уровень, чертилку, кернер, молоток и шаблоны.

Места разметки труб окрашивают меловой краской с примесью жидкого стекла или столярного клея. На 1 л воды берут 120 г мела и 7 г столярного клея. На окрашенной поверхности чертилкой наносят риски, после чего их накернивают, чтобы предохранить от стирания. При высокой точности разметки, чтобы избежать значительных ошибок при нанесении линии на изделие, не рекомендуется пользоваться мелом.

Для разметки труб с $D_s = 100 \dots 500$ мм при изготовлении сварных отводов используют шарнирное приспособление (рис. 3.4). Призма / приспособления устанавливается на трубе. Шарнирный рычаг 4 одним концом закреплен на транспортире 2, другой конец снабжен чертилкой 3 или мелом.

Для разметки на трубах отверстий под штуцера ответвлений используют универсальный циркуль (рис. 3.5). Циркуль помещают на размечаемой трубе 4 и поворотом подвижной ножки 3 с чертилкой /, установленной на необходимый радиус, размечают отверстия.

Разметку линий пересечения конца одной трубы и отверстия другой с $D_s = 100 \dots 1200$ мм под углом от 20 до 90° производят приспособлением, изображенным на рис. 3.6. Линии реза на конце трубы размечают сначала на половине ее периметра поворотом измерительной штанги 5 и чертилки 6 вокруг основной штанги 3,

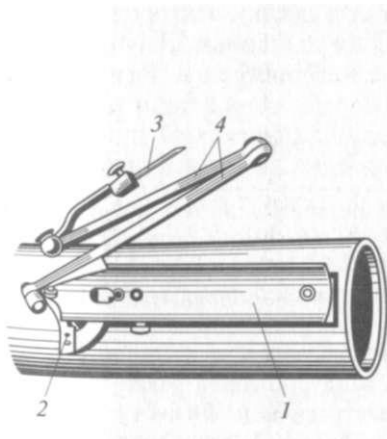


Рис. 3.4. Шарнирное приспособление для разметки труб:

1 — призма; 2 — транспортир; 3 — чертилка; 4 — шарнирные рычаги

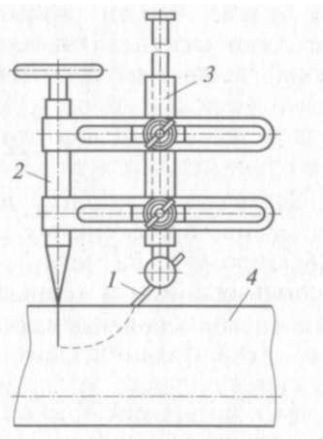


Рис. 3.5. Универсальный циркуль для разметки отверстий:

1 — чертилка; 2 — установочная ножка; 3 — подвижная ножка; 4 — труба

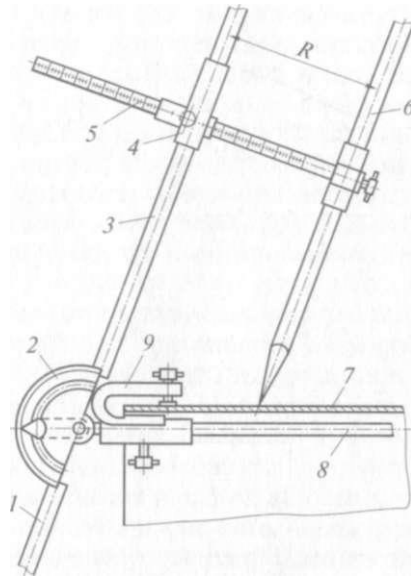


Рис. 3.6. Приспособление для I разметки линий пересечения труб под углом 20...90°:

1, 3, 5 – штанги; 2 – транспортир; 4 – крестовина; 6 – чертилка; 7 – труба; 8 – подвижная штанга; 9 – струбцина

а затем на другой половине периметра путем установки штанги 5 и чертилки 6 с противоположной стороны основной штанги /. Для разметки отверстия в трубе под врезаемый штуцер это приспособление используют как циркуль, при этом для закрепления струбцины 9 в центре разметки предварительно вырезают отверстие диаметром 20...30 мм.

Линии обреза торцов штуцеров под врезку секторов и полусекторов сварных отводов размечают по шаблонам, изготавливаемым из тонколистовой стали, картона или рубероида. Размеры для изготовления шаблонов указывают в нормалях на детали трубопроводов, а в случае их отсутствия находят графическим путем. Рассмотрим примеры графического построения развертки (шаблонов).

Пример 1. Графическое построение развертки линии косога среза трубы под углом для изготовления шаблона секции сварного отвода (рис. 3.7, а).

На разметочной плите или листе картона в натуральную величину выполняют вспомогательный чертеж, по которому определяют все размеры, образующие секцию. Для этого из произвольно выбранной точки O_1 циркулем проводят полуокружность, радиус которой равен половине наружного диаметра трубы. Полуокружность трубы разбивают на $n/2$ равных частей (обычно $n = 12$). Из точек 1, 2, 3, 4, 5, 6 проводят прямые, параллельные оси цилиндра, до пересечения с линией косога реза в точках 1', 2', 3' и т.д. Далее из точки 0 проводят прямую, перпендикулярную оси трубы. Пересечение этой прямой с проведенными параллельными прямыми обозначают 1₀, 2₀, 3₀ и т.д. Полученные длины отрезков

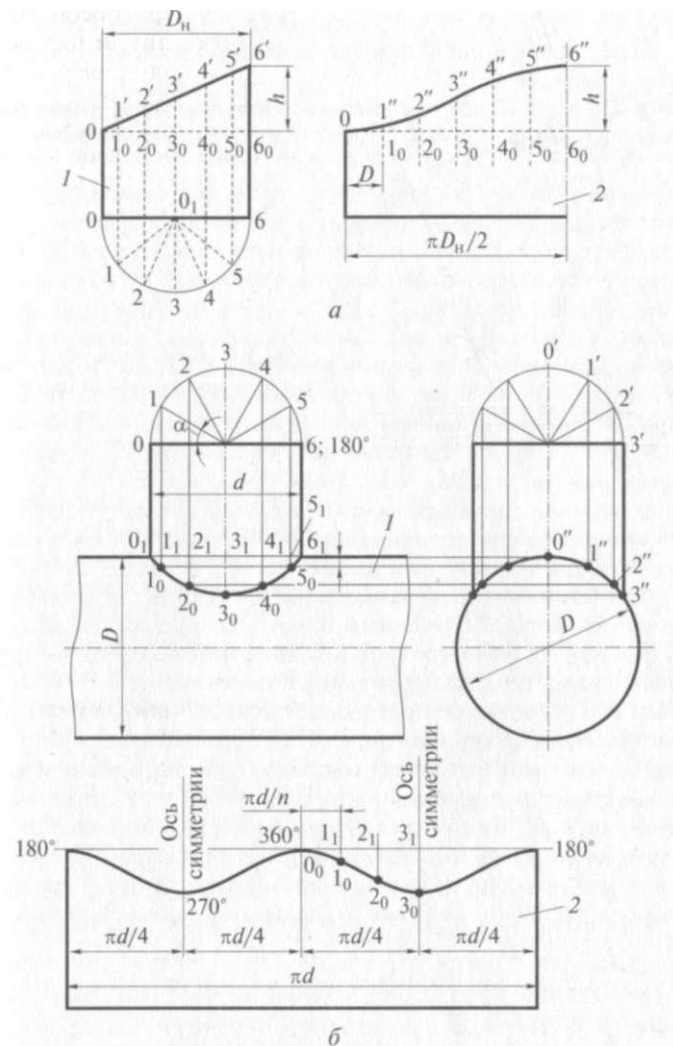


Рис. 3.7. Построение развертки:

а — сварного секционного отвода; б — врезаемого штуцера; 1 — вспомогательный чертеж; 2 — развертка шаблона

'0—1, 2,—2, 3,—3, 4,—4, 5,—5, 6,—6 соответствуют значению высот развертки.

После построения вспомогательного чертежа на материале, используемом для изготовления шаблона, наносят прямую, равную длине окружности трубы (πD_n), и разбивают ее на n равных частей (точки 1, 2, \ и т.д.). Восстановив перпендикуляры в каждой точке деления, откладывают на них соответствующие значения высоты развертки. Получен-

ныс точки 1", 2", 3", 4", 5", 6" соединяют с помощью лекала плавной кривой, являющейся кривой развертки. Вторую половину развертки выполняют аналогично.

Пример 2. Графическое построение развѣ 0" и 1" и 2" и 3" на при пересечении двух труб под прямым углом, т. е.

Для построения линии развѣтки штуцера на листе картона, жести или толя проводят прямую, длина которой равна длине окружности трубы диаметром d , и делят ее на n равных

Пример 3. Графическое построение раскроя листовой заготовки для изготовления сварного концентрического перехода (рис. 3.8).

До начала изготовления перехода на листе картона или рубероида вычерчивают ($\alpha = 180^\circ D/R$)ную величину его проекцию. Радиус $R_1 = R - l$ ным расстоянию от вершины конуса O до

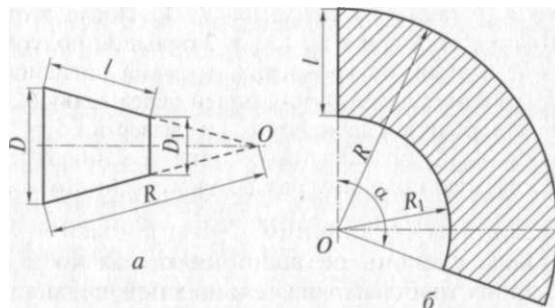


Рис. 3.8. Построение развѣтки сварного концентрического перехода:

а — вспомогательный чертеж; **б** — развѣтка шаблона

рис 3.9. Построение развертки сварного эксцентрического перехода:

1 – вспомогательный чертеж; 2 – развертка шаблона



Пример 4. Графическое построение развертки сварного эксцентрического перехода (рис. 3.9).

На листе картона или рубероида вычерчивают в натуральную величину вспомогательный чертеж перехода в виде двух проекций. Большую полуокружность проекции перехода в плане разбивают на $n/2$ равных частей (обычно $n = 12$). Точки 2, 3, 4 и далее с из точек 2, 3, 4, 5, 6 до линии $x-x$. Полученные точки пересечения проецируют на фронтальную проекцию в точки $2'$, $3'$, $4'$ и т.д.

Точку s — вершину конуса — находят на продолжении линий $7-7'_0$ и $2'-2'_0$, $3'-3'_0$, $4'-4'_0$, $5'-5'_0$, $6'-6'_0$, $7'-7'_0$ и $2'-2'_0$ и $3'-3'_0$ и получают точки $2'_0$,

Разметка фасонных соединений труб и деталей — трудоемкая операция, и, как правило, ее выполняют только в единичных случаях. В условиях трубозаготовительных цехов и мастерских фасонную резку труб стремятся выполнять без разметки с помощью специальных приспособлений и станков, снабженных механизмом для их настройки.

3.2.3. Резка, разделка кромок и нарезание резьбы

Резку труб при изготовлении и монтаже трубопроводов выполняют газопламенным, плазменным и механическим способами. Способ резки выбирают в зависимости от марки стали, размеров труб и способа соединений.

Кромки труб или деталей после резки должны быть чистыми, без заусенцев и грата. Косина реза не должна превышать: 0,5 мм - при толщине стенки не более 3 мм; 1 мм — при толщине от 3 до 4,5 мм и 1,5 мм — при толщине 5 мм и более.

Газопламенный способ применяют преимущественно для прямой резки труб с условным проходом 80 мм и более, для фасонной резки труб при изготовлении деталей и соединений трубопроводов из углеродистой стали, а плазменный способ — для резки труб из легированной стали и цветных металлов. В трубозаготовительных цехах газопламенную и плазменную резку труб выполняют механизированно с помощью различных установок.

Установка УРТ-630М (рис. 3.10) предназначена для резки прямых отрезков труб с $D_s = 80 \dots 600$ мм, секторов сварных отводов и штуцеров переходных ответвлений. Установка оборудована отрезным станком 2, обеспечивающим переменный угол разделки кромок под сварку. На станке необходимая траектория перемещения резака обеспечивается кривошипно-кулисным механизмом и механизмом передвижения резака. Использование фрикционного вращателя трубы с прижимным роликом исключает необходимость переналадки установки при прямой резке труб разных диаметров. Отличительная особенность установки УРТ-630М — механизация вспомогательных операций, включая механизм подачи труб / и транспортирование отрезанных патрубков на последующие операции тележкой-вращателем 3.

Установку УРТ-1420 (рис. 3.11) применяют для резки прямых труб с $D_s = 200 \dots 1400$ мм и секторов сварных отводов. Заданный

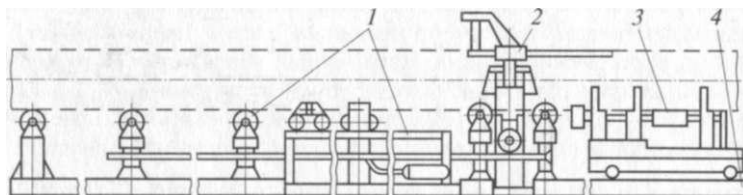


Рис. 3.10. Установка УРТ-630М для газопламенной и плазменной резки труб:

1 — механизм подачи труб; 2 — отрезной станок; 3 — тележка-вращатель; 4 — рельсовый путь

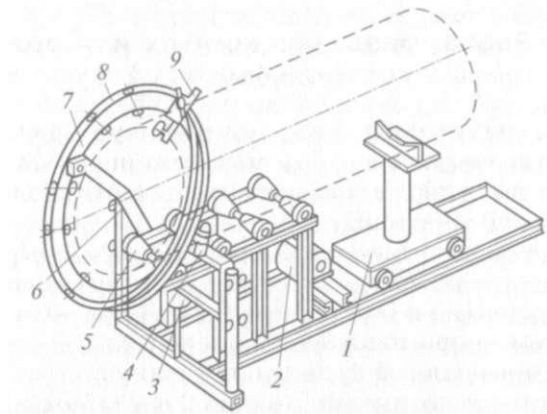


Рис. 3.11. Установка для резки труб УРТ-1420:

1 — опорная тележка; 2 — электропривод конвейера; 3 — электропривод вращения кольца; 4 — электропривод подъема колец; 5 — роликовый конвейер; 6 — каретка подъема колец; 7, 8 — неподвижное и подвижное кольца соответственно; 9 — резак

угол при резке достигается разворотом неподвижного 7 и подвижного 8 колец. При этом подвижное кольцо вращается вокруг трубы укрепленным на нем резак 9, снабженным следящим устройством.

Для прямой газопламенной резки труб применяют переносные труборезы ГРВ-2М, ГРВ-3 и устройства МУРТ.

Труборез ГРВ-2М (рис. 3.12), используемый для резки труб с $D_n = 100 \dots 450$ мм, представляет собой каретку 2, опирающуюся на трубу четырьмя колесами и закрепляемую двумя велосипедными цепями 1 с эксцентриковым зажимом. Труборез по трубе перемещается вращением рукоятки 4, которая связана с червячным редуктором и звездочками, находящимися в постоянном зацеплении с цепями. Масса трубореза — 8,4 кг.

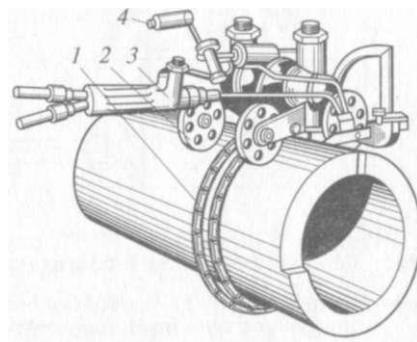


Рис. 3.12. Труборез ГРВ-2М;
1 — цепь; 2 — каретка с колесами; 3 — резак; 4 — рукоятка

Труборез ТРВ-3 предназначен для резки труб с $D_н = 100 \dots 1200$ мм. Отличительная особенность его конструкции — использование двухсплового резака, обеспечивающего высокую точность разделки кромок труб под сварку. Масса трубореза — 9 кг.

Устройства МУРТ (рис. 3.13) для резки труб под прямым углом применяют трех типов: для труб с условными проходами 80...200; 250...350 и 400...600 мм. Каждое устройство представляет собой корпус 4 с разрезным поворотным зубчатым венцом 1 и резаком 3, который устанавливается в любом месте разрезаемой трубы 7 и закрепляется цепью 6 с пружинным захватом 5. При резке резак перемещается вокруг трубы вращением рукоятки, находящейся в зацеплении с зубчатым венцом. Масса устройств (без резака) — соответственно 9; 14,5 и 32 кг.

После газопламенной и плазменной резки поверхность реза следует зачищать с целью удаления грата, снятия слоя металла (особенно у труб из высоколегированных сталей), образовавшегося вследствие перегрева металла и выгорания легирующих элементов под действием высоких температур. Кроме того, зачистка требуется для получения требуемой величины притупления и ликвидации неровностей торца. Зачистку выполняют шлифовальными машинками с армированными абразивными дисками. Трудоемкость зачистки и подгонки кромок труб в значительной степени снижается при применении механического способа резки труб.

Для механической резки труб в трубозаготовительных цехах и мастерских применяют стационарные отрезные и трубонарезные станки различных типов, а также переносные приспособления и устройства.

Трубонарезные станки 9Н14С и *1983М* применяют для механической резки резами труб наружным диаметром соответственно

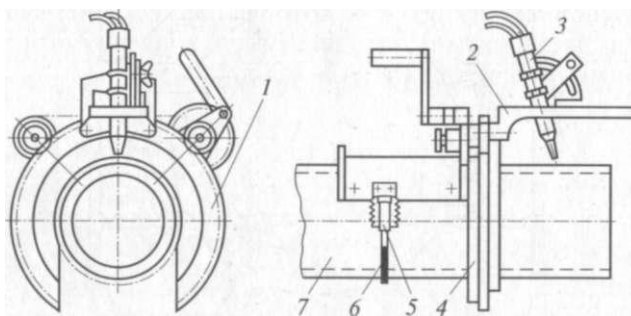


Рис. 3.13. Устройство МУРТ для резки труб с условным проходом 80...200 мм:

1 — зубчатый венец; 2 — держатель резака; 3 — резак; 4 — корпус; 5 — пружинный захват; 6 — цепь; 7 — труба

30... 190 и 70...290 мм, разделки кромок под сварку, обточки и расточки концов труб, а также для нарезки на них резьбы. Особенность данных станков состоит в наличии двух патронов, расположенных на переднем и заднем концах полого шпинделя, что обеспечивает жесткое соосное закрепление трубы.

Для резки водогазопроводных и бесшовных труб наружным диаметром 15...76 мм без разделки кромок под сварку применяют трубоотрезные станки СТД-111А и механизмы МТОІ-2.

На станках СТД-111А трубы разрезают режущим диском, закрепленным на валу качающегося редуктора. Подача режущего диска на трубу и его возврат осуществляются пневмоцилиндром. При резке длинномерных труб устанавливают подставки с защитным кожухом. Труба получает вращение от режущего диска.

На механизме МТОІ-2 трубы с условным проходом до 50 мм разрезают режущим диском, вращающимся вокруг неподвижной трубы и укрепленным шарнирно в отрезной головке. При резке режущие диски подаются под действием центробежных сил, возникающих при вращении отрезной головки.

На переносных трубоотрезных станках 2Т-194М (рис. 3.14), 2Т-299М, Т-377и Т-570М выполняют резку труб из высоколегированной стали и трубопроводов высокого давления наружным диаметром соответственно 133... 194; 219...299; 325...377 и 325... 570 мм. На этих станках также обрабатывают концы труб под сварку, протачивают и растачивают концы труб на длину до 50 мм для выравнивания присоединительных размеров по диаметру и толщине стенки. Конструкция корпуса станков разъемная, что позволяет в процессе монтажа устанавливать их на трубопровод в любом месте. Трубы на станках разрезают двумя суппортами 4 с резцами, установленными на вращающейся планшайбе.

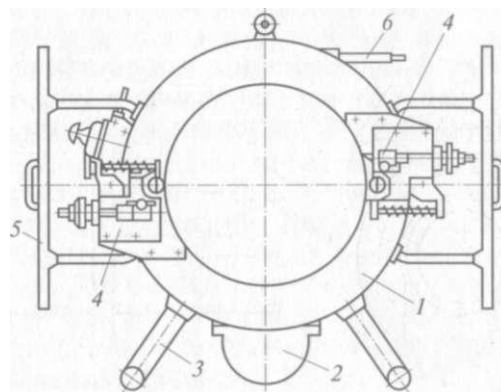


Рис. 3.14. Переносной трубоотрезной станок 2Т-194М:

— корпус с планшайбой; 2 — редуктор с двигателем; 3 — опорные стойки; 4 — суппорты с резцами; 5 — кронштейн; 6 — ручной зажим

Высокоскоростные маятниковые пилы ПМ 300/80, ПМ 300/40 и ПМ 500 применяют при резке абразивными армированными кругами для труб наружным диаметром соответственно 18... 76 57... 133 и 57... 159 мм.

Маятниковая дисковая пила ПМ 300/80 (рис. 3.15) оборудован качающейся рамой 4, шарнирно связанной со стойкой стола 2. На раме установлен абразивный круг 6 с приводом. Труба при резке закрепляется в тисках 1. Тиски пил поворотные, что позволяет выполнять резку под углом до 45°.

Резку труб из цветных металлов рекомендуется выполнять механическим способом. Допускается плазменная резка труб диаметром более 130 мм при условии надежной защиты их внутренней поверхности от налипания брызг металла и шлака. После плазменной резки окисленные поверхности металла должны быть удалены проточкой на станках или зачисткой шлифовальной машинкой. Свинцовые трубы разрезают ручной или приводной ножовкой.

Для межоперационного хранения труб из цветных металлов в процессе их обработки у рабочих мест оборудуют деревянные настилы.

Трубы и детали, футерованные полиэтиленом и фторопластом, можно обрабатывать только в исключительных случаях, связанных с подгоночными работами, или при отсутствии комплектной поставки деталей.

Стальные, футерованные полиэтиленом или фторопластом трубы можно разрезать механическим способом: ножовкой, абразивным кругом, резцом на токарных или трубоотрезных станках. Стальную оболочку футерованной трубы или детали следует отрезать для последующей отбортовки футерующего слоя, не допуская надразов и царапин на футерующем слое.

При резке разделку кромок труб и деталей трубопроводов под сварку выполняют в соответствии с требованиями ГОСТов, отраслевых стандартов и нормативных документов.

Угол скоса кромок труб проверяют шаблоном в нескольких точках по окружности.

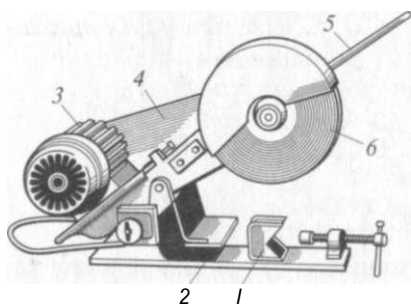


Рис. 3.15. Маятниковая дисковая пила ПМ 300/80:

1 — поворотные тиски; 2 — стол; 3 — I электродвигатель; 4 — качающаяся рама; 5 — рукоятка; 6 — абразивный круг

Нарезание резьбы в технологических трубопроводах для обеспечения резьбовых соединений труб и деталей применяют главным образом при монтаже водогазопроводных труб, маслосмазочных систем, а также коммуникаций высокого давления. На водогазопроводных трубах наружным диаметром 20...60 мм резьбу нарезают на механизмах СТД-125 и ПРП-603, а накатывают на механизмах СТД-129. Для нарезания резьбы на трубах больших диаметров и соединений высокого давления используют трубонарезные станки 9Н14С и 1983М. Проверяют резьбу предельными резьбовыми калибрами. Все витки резьбы должны быть полными, чистыми и без срывов, заусенцев и забоин.

3.2.4. Гибка труб

Гибку труб производят, как правило, в холодном и горячем состоянии при изготовлении гнутых узлов с целью сокращения числа сварных стыков, а также гнутых отводов, для которых отсутствуют стандартные отводы заводского производства.

В процессе гибки материал труб подвергается с одной стороны растяжению, а с другой — сжатию. В результате растягивающих и сжимающих деформаций толщина стенки трубы в зоне изгиба по наружной стороне уменьшается, а по внутренней — увеличивается. Утонение или утолщение стенки зависит от радиуса изгиба трубы. Радиус изгиба устанавливают нормативными документами или проектом и при гибке труб на трубогибочных станках в холодном и горячем состоянии, в том числе с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ), принимают не менее $2D$.

В процессе гибки, особенно тонкостенных труб, на вогнутой части трубы образуются гофры и волнистость, а по сечению трубы — овальность. Допускаемая высота волн должна быть не более номинальной толщины стенки, но не более 10 мм, а расстояние между вершинами соседних волн — не более трех толщин стенок. Допускаемая овальность в зоне **изгиба** труб с условным проходом до 250 мм не должна превышать 10 %; с D , - 300...400 мм — 6... 8 %.

После окончания холодной гибки на станках освобожденная от прижима труба пружинит под действием сил упругих деформаций. Угол, на который пружинит труба, называется *углом пружинения*. При гибке на угол 90° угол пружинения для стальных труб составляет 3...5°. Чтобы получить требуемый угол изгиба трубы, его нужно увеличить при гибке на угол пружинения.

Длину трубы L , мм, необходимую для получения гнутого элемента, определяют по формуле

$$L = 0,01 R\alpha + l,$$

где R — радиус изгиба трубы, мм; α — угол изгиба трубы, °; l — прямой участок трубы длиной 100...300 мм, необходи-

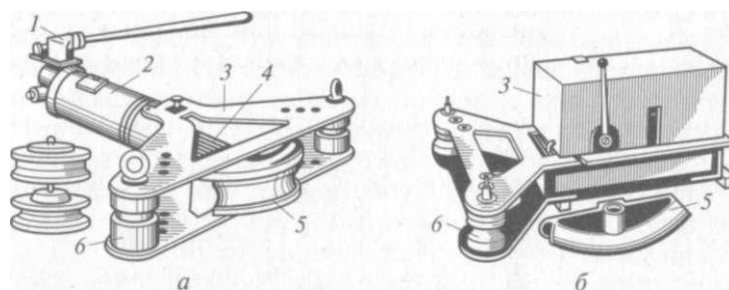


Рис. 3.16. Гидравлические трубогибочные станки:

а — переносной с ручным приводом ТГР-50; *б* — стационарный с электроприводом ТГС-127; 1 — ручной насос; 2 — цилиндр; 3 — корпус; 4 — шток цилиндра; 5 — гибочный сегмент; 6 — поворотная опора

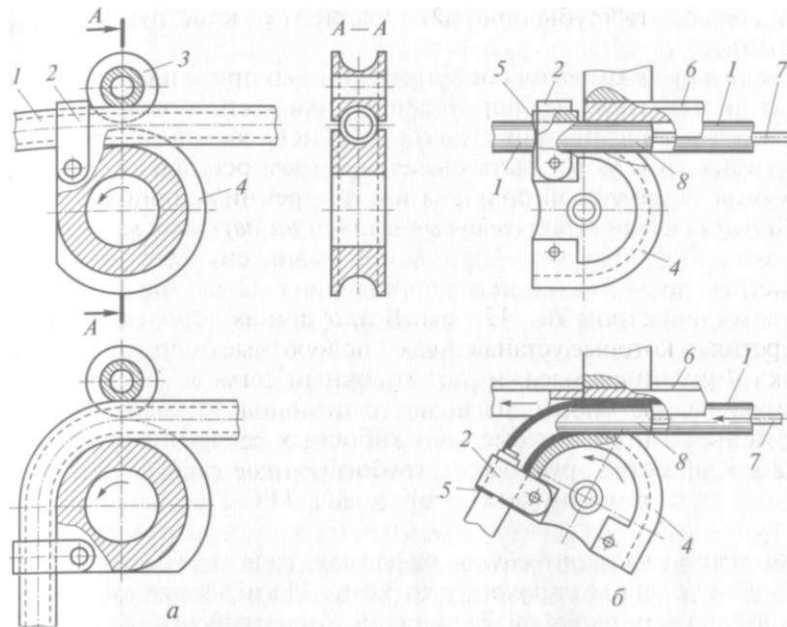


Рис. 3.17. Схема гибки труб в холодном состоянии в двух положениях:
 а — обкаткой роликом; б — с внутренним дорном; / — труба; 2 — скоба; 3 — ролик; 4 — гибочный диск; 5 — вкладыш; 6 — ползун; 7 — штанга; 8 — внутренний дорн

работает следующим образом. Изгибаемую трубу / надевают на штангу 7 с внутренним дорном 8. Внутренний дорн 8, который располагают в месте изгиба, предохраняет трубу от овальности и образования гофр. Конец трубы зажимают между гибочным диском 4, имеющим полукольцевую выточку (ручей), и вкладышем 5 с такой же полукольцевой выточкой с помощью скобы 2. Труба прижимается к гибочному диску вкладышем и прочно удерживается в ручье.

Правильное положение изгибаемой трубы относительно гибочного диска обеспечивает ползун 6. В процессе гибки диск, поворачиваясь, увлекает за собой трубу, стаскивая ее с внутреннего Дорна 8, и труба, прижатая к ползуну с помощью силы трения, продвигается вперед. Для обеспечения качественной гибки необходимо, чтобы диаметры ручья гибочного диска, зажимных вкладышей и ползуна не превышали наружного диаметра трубы более чем на 1 %.

Форма внутренних дорнов может быть ложкообразной или Шарообразной. Форму дорнов выбирают в зависимости от величины радиуса изгиба R , наружного диаметра трубы D_n и толщины

стенки гребня s по графику (рис. 3.18). По этому же графику определяют возможность гибки без дорнов.

Дорн ложкообразной формы устанавливают на станке таким образом, чтобы центр радиуса сферы R совпадал с осью вращения гибочного диска, при этом цилиндрическая часть диска должна быть параллельна оси дорна. Контрольная риска на таком дорне должна совпадать с риской на диске. Дорн шарообразной формы устанавливают со смещением (с опережением контрольной риски) в зависимости от радиуса изгиба и внутреннего диаметра трубы.

Трубы, предназначенные для холодной гибки, продувают изнутри сжатым воздухом и протирают снаружи. При использовании дорнов внутреннюю поверхность труб дополнительно смазывают машинным маслом или мыльной эмульсией.

Трубогибочные станки с внутренними дорнами ТГМ-38- /59, ИО-1 (рис. 3.19), ГСТМ-21, СТГ-2 снабжены комплектом сменной оснастки: гибочным диском 4, штангой 7 с дорном, вкладышем и ползуном 3.

Недостатком гибки труб в холодном состоянии является овальность сечения в месте изгиба, возможность образования складок, ограничение радиусов изгиба, необходимость большого количества сменной оснастки и затраты значительного вспомогательного времени на переоснастку станков.

Гибку труб в горячем состоянии выполняют двумя способами с нагревом ТВЧ и с нагревом в пламенных печах или горнах наполнителем (набивкой песком).

Гибка труб с нагревом ТВЧ, наиболее широко применяемая заключается в непрерывно-последовательном зональном изгибе небольшого участка трубы, нагреваемого в кольцевом индукторе под действием быстропеременного электромагнитного поля, которое создается токами высокой частоты. Чтобы обеспечить прогрев только на заданной длине, труба охлаждается водой за пределами разогреваемого участка. При таком нагреве труба дефор-

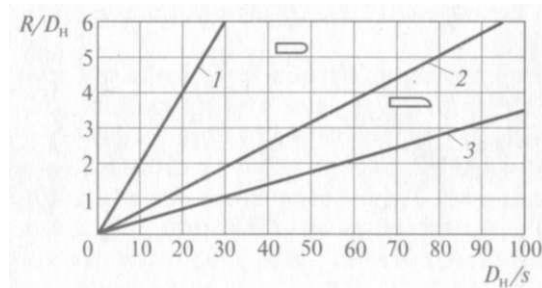


Рис. 3.18. Определение формы внутреннего дорна:

1 — граница применения гибки труб без дорна; 2 — то же, с использованием шарообразного дорна; 3 — то же, с использованием ложкообразного дорна

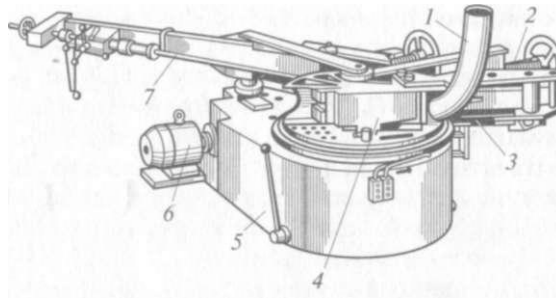


Рис. 3.19. Трубогибочный станок ИО-13 с внутренним дорном:
 1 — труба; 2 — прижимный винт; 3 — ползун; 4 — гибочный диск; 5 — станина;
 6 — привод; 7 — штанга с дорном

мируется только в зоне разогретого кольца, тем самым ограничивается образование овальности сечения трубы и гофр.

При гибке труб с нагревом ТВЧ используют три схемы: с отклоняющим роликом, с водилом и «подсадкой».

При *гибке с отклоняющим роликом* 5 (рис. 3.20, а) трубу 1 устанавливают между направляющими роликами 3 и закрепляют в зажимах 2, которым сообщается продольное перемещение. При прохождении через индуктор 4 кольцевые участки трубы последовательно нагреваются до температуры 800... 1 000°C. Передний конец трубы упирается в отклоняющий ролик 5 с поперечной подачей, и под его действием происходит зональный изгиб.

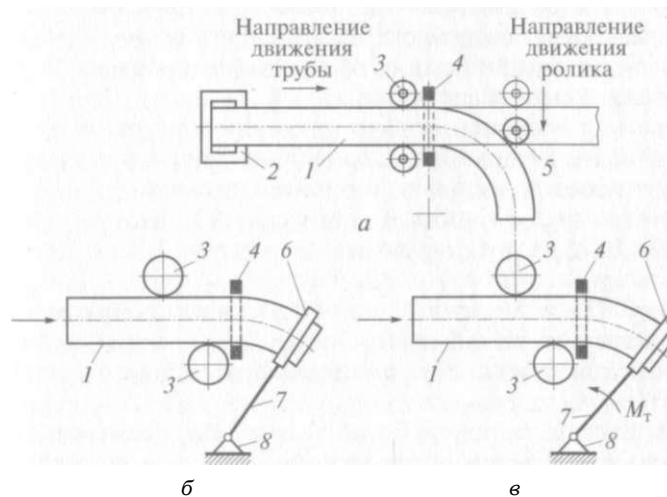


Рис. 3.20. Схемы гибки труб с нагревом ТВЧ:

а — с отклоняющимся роликом; б — с водилом; в — с подсадкой; 1 — труба; 2 — зажим; 3, 5 — ролики; 4 — индуктор; 6 — хомут; 7 — рычаг; 8 — ось; M_t — тормозной момент

Кольцевые индукторы 4 состоят из двух камер, охлаждаемого токопровода и спрейерного устройства для охлаждения трубы во всей зоне нагрева. Ширина зоны нагрева трубы индуктора должна быть в пределах (1,5...2,5) толщины стенки. Охлаждение трубы на выходе из зоны нагрева индуктором не должно превышать 400 °С. Вместо воды в качестве охлаждающей среды используют также аргон, азот или воздух. Индуктор относительно труб устанавливают так, чтобы зазор на внешней стороне изгиба был на 2...3 мм больше, чем на внутренней.

При гибке на станках с водилом (рис. 3.20, б) передний конец трубы / закрепляется хомутом 6, соединенным с рычагом 7, который свободно поворачивается вокруг неподвижной оси 8.

При гибке с подсадкой (рис. 3.20, в) к рычагу 7 прикладывают тормозной момент M_t , который вызывает деформацию осевого сжатия в зоне изгиба, и тем самым уменьшают утонение стенки на внешней стороне изгиба при сравнительно малых радиусах изгиба ($R = 2D$). Радиус и угол изгиба труб контролируют по показаниям радиусоуголомера, а при его отсутствии — шаблоном.

Температура нагрева ТВЧ при гибке должна быть для труб из стали марок: Ст2; Ст3; 10; 20; 10Г2; 20ХЗМВФ; 18ХЗМЗ; 15ХМ; 18ХГ; 30ХМА; 12Х1МФ - 850...950 °С; 15Х5; 15Х5М; 15Х5ВФ; 12Х5МА-900...950 °С; 12Х18Н10Т- 1000...1100 °С; 10Х17Н13М2Т; 06Х17Н15М3Т — 1100... 1200 °С. Температуру контролируют оптическими или фотоэлектрическими пирометрами, а также по электрическим параметрам — мощности, напряжению и силе тока генератора. Связь между электрическим режимом и температурой нагрева (при заданной скорости продольной подачи трубы) определяют в процессе настройки.

Скорость поперечной подачи отклоняющего ролика принимают равной 0,7... 1 от скорости продольной подачи и регулируют в процессе гибки по показаниям радиусоуголомера.

Для гибки труб наружным диаметром 89...325 мм применяют станок ТГС-325, а труб наружным диаметром 219... 530 мм — станок МГГ-1.

Станок ТГС-325 (рис. 3.21) с отклоняющим роликом 10 оборудован винтовыми механизмами продольной 5 и поперечной // подачи. Обслуживает станок один рабочий с общего пульта управления 2.

Преимущества гибки труб с нагревом ТВЧ: возможность гибки элементов и узлов трубопроводов плоской и пространственной конфигурации, что позволяет сократить число сварных швов; большой диапазон изгибаемых труб по диаметру и толщине стенки; возможность гибки труб различного радиуса изгиба. Недостатки данного способа: невысокая точность гнутых изделий; большая трудоемкость; сложная настройка станка на заданные режимы;

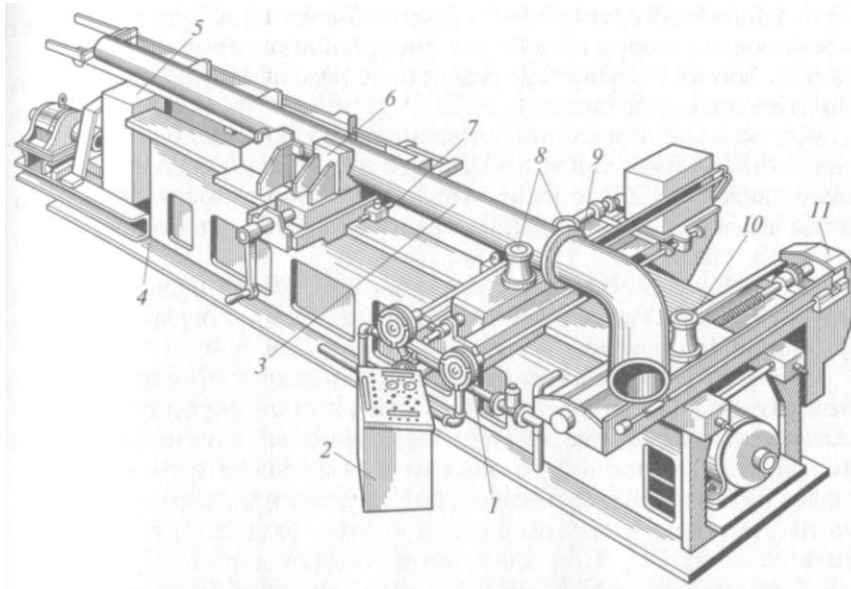


Рис. 3.21. Станок ТГС-325 для гибки труб с нагревом ТВЧ:

1 — система охлаждения; 2 — пульт управления; 3 — изгибаемая труба; 4 — станина; 5, // — винтовые механизмы продольной и поперечной подачи соответственно; 6 — каретка зажима; 7 — поддержка; 8 - направляющие ролики; 9 — индуктор; 10 — отклоняющий ролик

большая стоимость комплекта оборудования и его эксплуатации, а также большое потребление электроэнергии и воды.

Гибка труб с нагревом в пламенных печах или горнах с набивкой песком отличается низкой производительностью и высокой трудоемкостью, поэтому ее применяют очень ограниченно, только при отсутствии специального трубогибочного оборудования.

Трубы для трубопроводов, рассчитанных на условное давление до 10 МПа, из углеродистой стали марок Ст2; Ст3; 10; 20 и низколегированной стали марок 10Г2; 15ГС и 12Х1МФ изгибают в холодном состоянии без последующей термической обработки, за исключением случаев, специально оговоренных в проекте.

Гибку труб для трубопроводов, рассчитанных на условное давление свыше 10 МПа, из углеродистой и низколегированной стали с условным проходом до 40 мм и из стали 20Х3МВФ с условным проходом до 10 мм производят в холодном состоянии без последующей термообработки, а из углеродистой стали с $D_n = 60$ мм и выше, а также из стали 20Х3МВФ с условным проходом выше 10 мм — гнут с нагревом ТВЧ.

Гибку труб из высоколегированной стали марок 12Х18Н10Т; ЮХ17Н13М2Т; 08Х17Н16М3Т осуществляют на станках с нагре-

вом ТВЧ до температуры 1 100... 1 200 °С и последующим охлаждением за индуктором водой, без последующей термической обработки. Процесс гибки труб при этом совмещается с термической обработкой — аустенизацией.

Трубы из легированной стали марок 15Х5; 15Х5М; 15Х5ВФ; 12Х5МА; 12Х8ВФ; 15ХМ и 30ХМА гнут преимущественно на станках с нагревом ТВЧ, с их последующей термической обработкой. Виды и режимы термической обработки труб после гибки зависят от марки стали.

При гибке прямошовных электросварных и водогазопроводных труб продольные швы следует располагать в зоне наименьших деформаций (на боковых поверхностях изгиба).

Гибку труб из цветных металлов выполняют преимущественно в холодном состоянии: диаметром до 38 мм — радиусом изгиба не менее $2,5D_n$, без дорна и наполнителя, а диаметром более 38 мм — не менее $3D_n$, с дорном или наполнителем (песком). Трубы из титановых сплавов рекомендуется гнуть преимущественно на станках с нагревом ТВЧ, при этом радиус изгиба должен быть не менее $2D_n$. При применении дорнов дорн и внутреннюю поверхность труб из меди, латуни и алюминия следует обильно смазывать мыльной эмульсией, а труб из титановых сплавов — касторовым маслом, смешанным с тальком (в соотношении 1:1 по массе).

Трубы из цветных металлов перед гибкой, как правило, предварительной термической обработке не подвергают.

Гибку труб из цветных металлов в горячем состоянии производят аналогично гибке стальных труб. Температурные режимы горячей гибки зависят от материала труб. Режимы нагревания контролируют термоэлектрическими термометрами касания, термокарандашами, а при гибке с нагревом ТВЧ — оптическими пирометрами.

Свинцовые трубы гнут в холодном состоянии с применением наполнителя — расплавленной канифоли. В зимнее время наполнителем служит вода, залитая и замороженная внутри трубы.

Футерованные трубы диаметром до 32 мм гнут без наполнителя обычным способом на трубогибочных станках, а диаметром 38 мм и более — с набивкой песком, предварительно нагретым до температуры 100 °С (для труб, футерованных ПЭНД) или 200... 250 °С (для труб, футерованных фторопластом). Трубы, футерованные ПЭНД, диаметром 38 мм и более можно гнуть с помощью дорна шарообразной формы.

Рабочая поверхность дорна должна быть полированной и перед гибкой обильно смазана жидким мылом. Минимально допустимый радиус изгиба стальных футерованных труб наружным диаметром до 32 мм должен составлять не менее $2,5D_n$, а диаметром 38 мм и более — не менее $3D_n$.

3.2.5. Правка концов труб и деталей

При сборке стыков трубопроводов под сварку должно быть обеспечено правильное взаимное расположение соединяемых концов труб и деталей (рис. 3.22).

При $s = s_1$, если x больше установленного допуска, производят правку конца трубы (детали), при этом должен быть обеспечен плавный переход от большего диаметра к меньшему под углом не более 15° .

При $s < s_1$ допускается увеличение внутреннего смещения кромок до половины разности их толщины, но не более чем на 1 мм. При больших значениях смещение кромок можно устранить путем скоса их под углом не более 30° . Смещение кромок с наружной стороны в этом случае допускается до $0,3J$, но не более 4 мм, при этом плавный переход осуществляется благодаря наклонному расположению поверхности шва.

При $x > 0,3s$ или более 4 мм с наружной стороны должен быть сделан скос под углом не более 15° .

Трубы и детали трубопроводов (для $D = 200$ мм и более), у которых фактические размеры и форма присоединительных концов не обеспечивают требуемую точность сборки стыка, подвергают правке, а в отдельных случаях выборочно подбирают по диаметрам (периметрам).

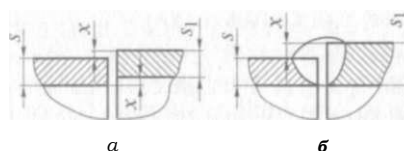
Для труб с условным проходом до 150 мм требуемая точность концов по внутреннему диаметру может быть достигнута раздачей конусными оправками или подкаткой в горячем состоянии (с нагревом газовыми горелками).

При $D = 200 \dots 500$ мм калибровку концов труб выполняют на специальной установке (рис. 3.23). Раздачу осуществляют шестикулачковыми шестиступенчатыми оправками 3, которые разжимаются под действием клина, соединенного со штоком гидроцилиндра 5. Применение шестиступенчатых оправок обеспечивает правку труб любого диаметра без переналадки установки.

Раздача концов труб и деталей из углеродистой стали и сталей марок 10Г2; 12Х1МФ; 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т в холодном состоянии без последующей термической обработки допускается не более чем на 2,5 % по диаметру. Для других марок легированных сталей, а также при большей раздаче труб необходимость тер-

Рис. 3.22. Взаимное расположение соединяемых стенок концов труб и деталей:

· — при $s = s_1$; о — при $s < s_1$ и $v < 0,3s$;
 s, s_1 — толщины стенок труб; x — смещение кромок



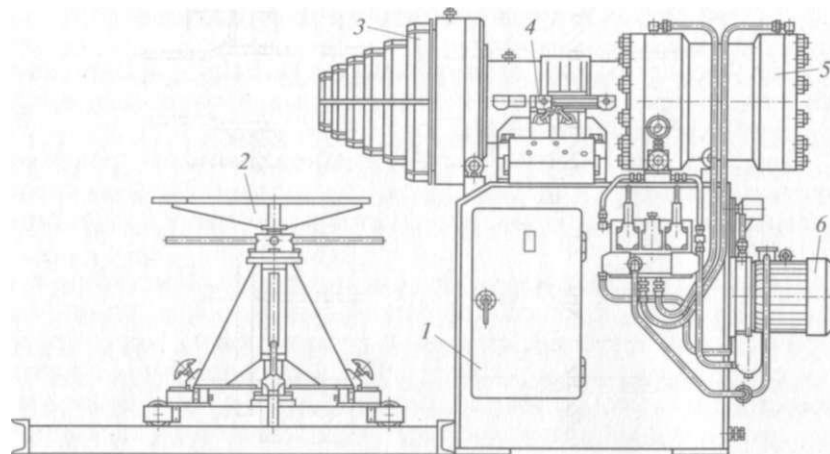


Рис. 3.23. Установка для калибровки концов труб и деталей:

1 — станина; 2 — подъемный стол; 3 — разжимная оправка; 4 — пульт управления; 5 — гидрониландр; 6 — электродвигатель

мической обработки устанавливается производственными инструкциями.

Правку концов труб с $D = 350 \dots 1000$ мм, имеющих местные вмятины, производят гидравлическим домкратом ДГ-10СГ1, который снабжен комплектом сменных приспособлений, состоящих из двух опорных наконечников с удлинителями, один из которых крепят к плунжеру домкрата, а другой — к днищу корпуса.

Овальность концов труб и деталей устраняют в процессе сборки стыков трубопроводов с помощью наружных и внутренних центраторов.

3.2.6. Раздача, обжим, отбортовка концов труб и вытяжка ответвлений

Раздачу (рис. 3.24, а) и *обжим* (рис. 3.24, б) концов труб выполняют для увеличения или уменьшения диаметра труб, что требуется для их соединения с трубами различных диаметров в тех случаях, когда отсутствуют стандартные переходы, а также в случаях получения соединений в раструб или под подкладное кольцо.

Отбортовку концов труб (рис. 3.24, в) производят под свободные накидные фланцы в два перехода. Для этого сначала концы труб раздают коническим пуансоном с углом при вершине 90° , а затем их отбортовывают пуансоном с плоской поверхностью и калибрующей пробкой. Отбортовку концов труб под свободные фланцы выполняют преимущественно при изготовлении гумми-

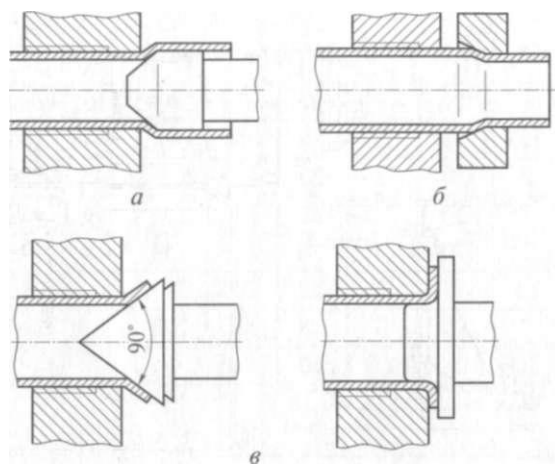


Рис. 3.24. Раздача (я), обжим (б) и отбортовка (в) концов труб

рованных трубопроводов, а также трубопроводов из высоколегированной стали. При отбортовке выпуск конца трубы L устанавливают в зависимости от диаметра и толщины стенки (рис. 3.25 и табл. 3.1).

Раздачу и обжим, а также отбортовку осуществляют в холодном или горячем состоянии на патрубках в штампах способом подкатки или осадки заготовок в торец или на концах труб с применением специализированных прессов.

Температуру нагрева труб при деформациях в горячем состоянии, а также режимы термообработки принимают аналогично гибке труб. Нагревать трубы можно индукционным способом, пламенем горелок, в пламенных печах или горнах. Внутреннюю поверхность концов труб смазывают машинным маслом перед раздачей и отбортовкой, а наружную — перед обжимом.

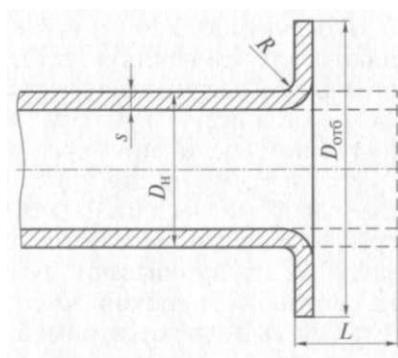


Рис. 3.25. Отбортованный конец трубы:

s — толщина стенки; D — наружный диаметр трубы; L — выпуск конца трубы; $D_{отб}$ — диаметр отбортовки конца трубы; R — радиус отбортовки

Таблица 31

Размеры отбортованного конца трубы и выпуска под отбортовку, мм

д	А,		А _{лти}	R	l.	А	А _г	s	АнО	R	l
10	14	1,6	35	1,5	16	80	89	4	128	4	32
20	25	2	50	2	20	100	108	4	148	5	34
25	32	2	60	2,5	22	125	133	4	178	5	36
32	38	2	70	3	24	150	159	4,5	202	6	36
40	45	2,5	80	3	27	200	219	6	258	8	38
50	57	3	90	3	28	250	273	8	320	9	38
65	76	3,5	100	3,5	30						

Вытяжку ответвлений (штуцеров) в трубах вместо сварных тройниковых соединений врезкой производят при соотношении наружных диаметров ответвления и трубы не более 0,7. Бесшовное сопряжение ответвления с трубой повышает надежность соединения.

Перед вытяжкой в трубе вырезают отверстие сверлением, фрезерованием или газовым резаком. Для получения равновысокого ответвления отверстие рекомендуется делать овальной или эллипсоидной формы (рис. 3.26, а). Ответвление должно быть расположено симметрично оси трубы и иметь плавный переход радиусом R не менее толщины стенки трубы s (рис. 3.26, б). Размеры отверстий зависят от наружных диаметров ответвлений d_n и труб D_n , высоты ответвления h и способа вырезки отверстия.

Перед вытяжкой ответвления участок трубы вокруг отверстия (площадь круга диаметром, равным 1,5 диаметра ответвления) нагревают газовыми горелками. Температура нагрева и термообработка аналогичны гибке труб.

Вытяжку ответвления производят конусным пуансоном 5 (рис. 3.27), вставляемым предварительно в трубу с торца. Пуансон 5 вытягивается штоком 3, который соединяется с пуансоном с по-

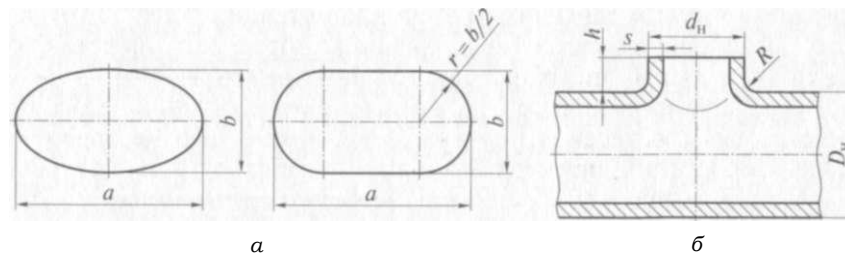


Рис. 3.26. Форма отверстия (а) для ответвлений в трубах (б)

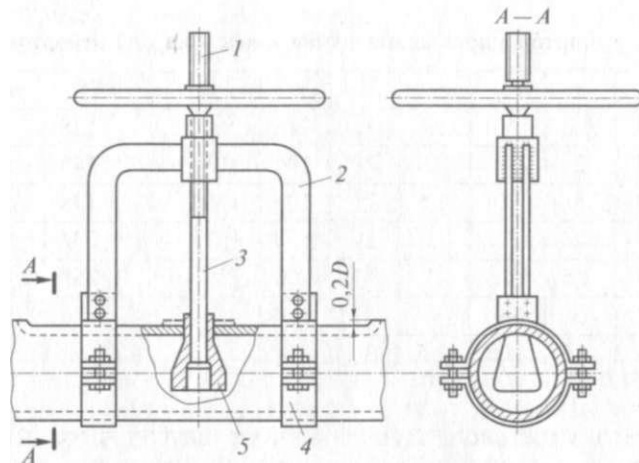


Рис. 3.27. Винтовое приспособление для вытяжки ответвлений в трубах:
 / — пинт; 2 — скоба; 3 — шток; 4 — хомут; 5 — конусный пуансон

мощью шпонки или резьбы. В процессе вытяжки зону деформации подогревают.

Перед отбортовкой на поверхность пуансона наносят смазочный материал, состоящий из графита, солидола и индустриального масла в процентном соотношении по массе 40 : 40 : 20.

Вытяжку ответвлений с условным проходом до 50 мм в трубах с условным проходом до 100 мм выполняют винтовыми приспособлениями, а вытяжку ответвлений с $D_1 = 50 \dots 150$ мм в трубах с $D_2 = 65 \dots 500$ мм — на специальных установках (рис. 3.28). Установка включает в себя станину /, на которой по направляющим перемещается ползун 2. В ползуне размещен гидроцилиндр 3, соединенный с гидростанцией 7 гибкими шлангами. На нижней опорной плоскости ползуна устанавливаются опоры с призмами. На штоке 5 гидроцилиндра находится быстроразъемный патрон 4, в котором зажимается сменный инструмент для отбортовки штуцеров ответвлений, состоящий из штока и пуансона. Перед отбортовкой пуансон устанавливается на кронштейне опоры 9. Труба-заготовка 6 располагается на стойках 6, которые регулируются по высоте в зависимости от наружного диаметра трубы.

Губки слесарных тисков, зажимные приспособления прессов, станков, кантователей и прочего оборудования (кроме трубогибочной оснастки), применяемого при обработке труб и деталей из цветных металлов и их сплавов, особенно из титановых, должны быть облицованы защитными пластинами из алюминиевых или медных сплавов.

Отбортовку труб под свободные фланцы, а также обжим и раздачу концов труб из цветных металлов производят аналогично

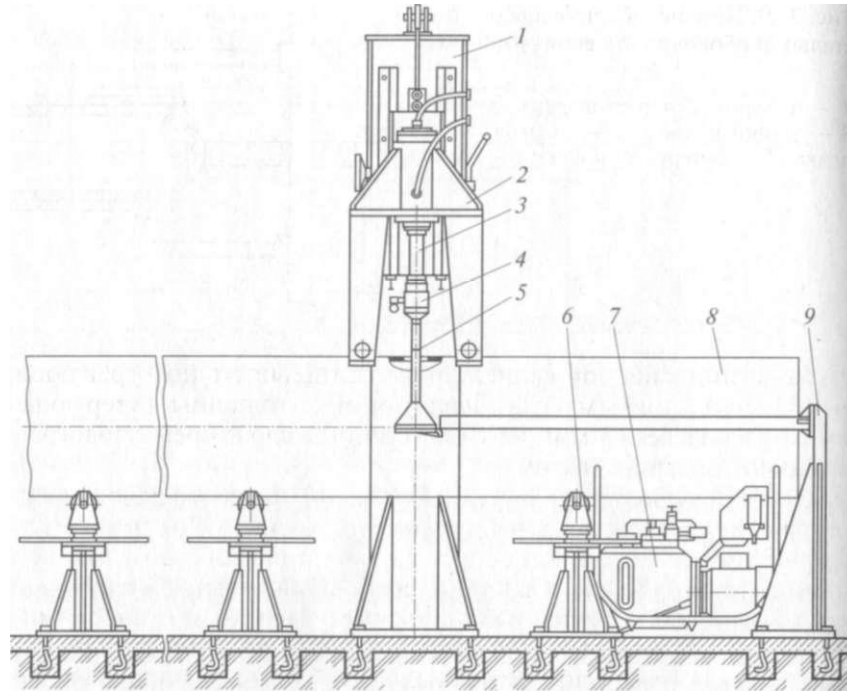


Рис. 3.28. Установка для вытяжки ответвлений в трубах:

1 — станина; 2 — ползун; 3 — гидроцилиндр; 4 — патрон; 5 — шток с пуансоном; 6 — стойка; 7 — гидростанция; 8 — труба-заготовка; 9 — опора

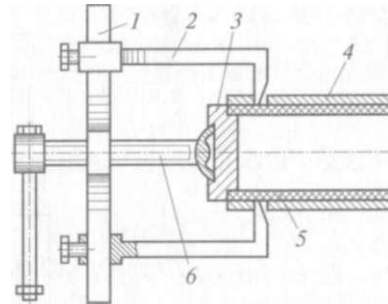
стальным, при этом для труб из титановых сплавов максимальная величина раздачи, процент от диаметра трубы, в холодном состоянии должна быть 15, в горячем состоянии — 20, а величина обжатия соответственно — 17 и 25. Отбортовку свинцовых труб под свободные фланцы выполняют вручную деревянными молотками. Раструбные соединения труб получают раздачей конца оправкой необходимого диаметра.

Стальную оболочку футерованной трубы или детали следует отрезать для последующей отбортовки футерующего слоя, не допуская надрезов и царапин на футерующем слое. Конец стальной оболочки 4 с футерующего слоя 5 снимают приспособлением (рис. 3.29).

Футерующий слой при подготовке концов труб для разъемного соединения под свободный фланец на резьбовом кольце отбортовывают на специальном станке или приспособлении, подогревая футерующий слой из фторопласта до температуры 315 °С, а из ПЭНД — до 160 °С. Футерующий слой подогревают сварочными горелками с электрическим или газовым подогревом воздуха, а

Рис. 3.29. Приспособление для снятия стальной оболочки футерованной трубы:

l — траверса; *2* — передвижные захваты; *j* — упорный диск; *4* — стальная оболочка; *5* — футерующий слой; *6* — винт



также в глицериновой ванне. Продолжительность подогрева ориентировочно принимают в зависимости от толщины футерующего слоя из расчета 1 мин на 1 мм толщины слоя. Время подогрева уточняют опытным путем.

Стальную оболочку и футерующий слой под свободные накладные фланцы отбортовывают с применением специальных прессовых установок и сменной оснастки следующим образом. Пуансонами *3* (рис. 3.30, *а*) обжимают свободный конец футерующего слоя *2*, чтобы обеспечить его отслоение. Сменными пуансонами с углом при вершине 60 и 90° (рис. 3.30, *б*, *в*) последовательно развальцовывают металлическую оболочку. Затем с помощью прямого пуансона производят окончательную отбортовку стальной оболочки (рис. 3.30, *г*). Футерованную оболочку нагревают до пласти-

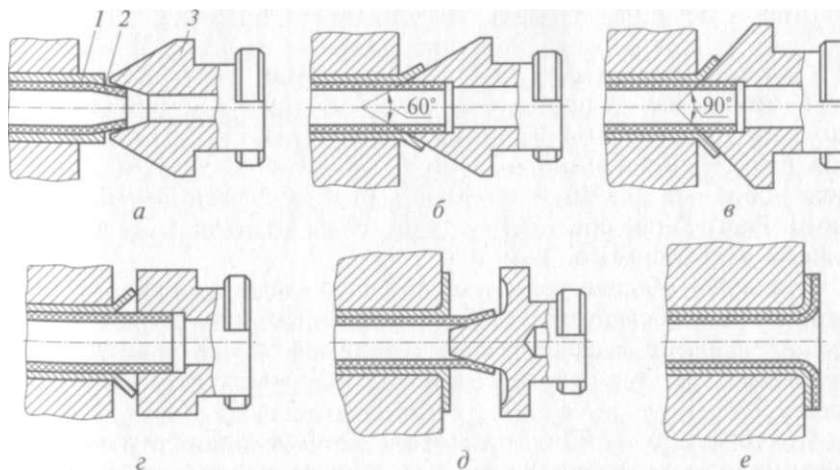


Рис. 3.30. Схема отбортовки стальных футерованных труб:

о — обжим: *1* — стальная оболочка; *2* — футерующий слой; *3* — пуансон; *б* — Развальцовка на 60°; *в* — развальцовка на 90°; *г* — отбортовка стальной оболочки; *д* — отбортовка футерующего слоя; *е* — отбортованная труба

ческого состояния и развальцовывают вручную примерно на угол 120° деревянной гладилкой, а затем окончательно отбортовывают специальным пуансоном (рис. 3.30, *д, е*).

3.3. Сборка и сварка стальных трубопроводов

3.3.1. Сборка деталей, элементов и узлов трубопроводов под сварку

Элементы и узлы трубопроводов собирают в соответствии с детализированными чертежами проекта. Все изменения в проекте, возникающие в процессе сборки (замена материала, типов труб, деталей и арматуры), должны быть согласованы с проектной организацией.

Сборочно-сварочные работы — наиболее ответственные в технологическом процессе — составляют до 70 % общей трудоемкости изготовления узлов.

Детали, элементы и узлы трубопроводов собирают под сварку на прихватках, которые представляют собой короткие сварные швы, располагаемые равномерно по периметру стыка. Число и длина прихваток зависят от диаметра труб и элементов трубопровода. Прихватки должны обеспечить жесткость соединения в процессе межоперационного перемещения собранных деталей, элементов и узлов, а также в процессе самой сварки. При диаметре трубопроводов до 300 мм следует делать три прихватки, свыше 300 мм — не менее четырех. Высота прихватки должна соответствовать высоте первого слоя шва, длина — не более 40 мм.

Соединяемые концы труб, деталей и элементов трубопроводов перед сборкой и сваркой должны быть очищены от загрязнений, ржавчины и окислов по кромкам и прилегающим к ним наружной и внутренней поверхностям на ширину Ю...15 мм. Концы труб и деталей зачищают вручную металлическими щетками, напильниками, абразивными кругами или специальными приспособлениями и установками.

При изготовлении узлов трубопроводов место расположения и конструкция каждого стыка, подготовленного для сварки, должны обеспечивать полный провар корня шва, предохранять от образования «сосудок» и грата с внутренней стороны трубопровода, а также облегчить возможность выполнения сварочных работ при любом положении стыка в пространстве. В условиях трубозаготовительных цехов и заводов детали, элементы и узлы собирают на специальных стендах, оборудованных приспособлениями для установки деталей, их закрепления и фиксации в заданном положении. Так как собираемые детали и трубы могут иметь отклонения по размерам и форме, конструкции сборочных стендов и приспособлений

собранных должны позволять равномерно распределять по периметру стыка смещение кромок и зазоры.

Смещение кромок при сборке стыка контролируют наложением контрольной линейки. Отклонения размеров элементов и узлов трубопроводов от проектных не должны превышать +3 мм на каждый 1 м. При этом общее отклонение должно быть не более +10 мм.

Допускаемое отклонение от прямолинейности собираемых элементов и узлов, измеренное на расстоянии 200 мм в обе стороны от стыка, не должно превышать 0,5 мм (рис. 3.31, а). Измерения производят линейкой 2 в трех-четыре точки по окружности трубы.

Неперпендикулярность C подготовленных под сварку торцов элементов и узлов к оси (рис. 3.31, б), измеренная наложением угольника 4 или приспособления на базовую поверхность длиной не менее 100 мм, в зависимости от наружного диаметра трубопровода D , не должна превышать:

Наружный диаметр, Д, мм.....	До 133	159...219	273...325	377...630	Более 630
Неперпендикулярность торцов оси трубы С, мм.....	1	2	2,5	3	5

При сборке стыков трубопроводов диаметром от 100 мм и более из прямошовных электросварных труб или деталей их продольные швы могут быть смещены один относительно другого не менее чем на 100 мм, а диаметром менее 100 мм — на 1/3 длины окружности. В отдельных случаях при двусторонних продольных швах допускается их расположение по одной оси, если места пересечения продольных швов с поперечным будут проконтролированы неразрушающими методами дефектоскопии.

Вварка штуцеров, бобышек и других деталей в сварные швы, а также в гнутые детали трубопроводов (в места изгиба) не допускается. В порядке исключения в месте изгиба трубы может быть вварен один штуцер (труба) внутренним диаметром не более 20 мм.

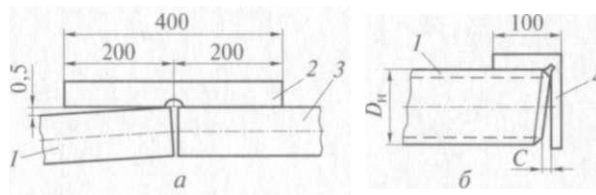


Рис. 3.31. Контроль прямолинейности (а) и неперпендикулярности торцов (б) собираемых элементов:

1,3 — собираемые элементы; 2 — линейка; 4 — угольник

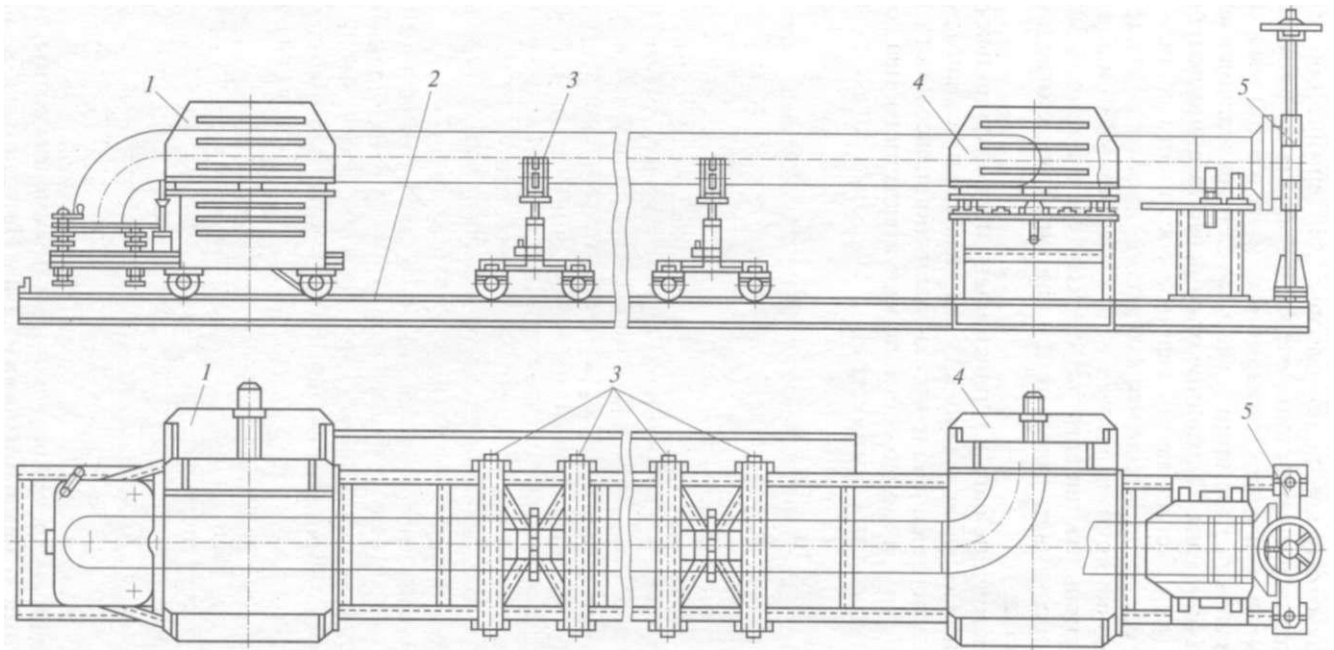


Рис. 3.32. Стенд для сборки элементов трубопровода с $D = 80 \dots 500$ мм:

1,4 — самоходный и поворотный столы соответственно; 2 — рама; 3 — роликоопоры; 5 — приспособление для сборки труб с фланцами



Для поперечных стыковых сварных соединений, не подлежащих ультразвуковому контролю или местной термической обработке, расстояние между осями соседних сварных швов на прямых участках трубопровода должно быть не менее 100 мм, а для газопроводов IV и V категорий — не менее 50 мм независимо от диаметра трубопровода. Расстояние от оси сварного шва до начала закругления (при расположении сварных соединений вблизи гибов) должно составлять не менее 100 мм.

При установке крутоизогнутых и штампосварных отводов допускается располагать поперечные сварные соединения в начале закругления и сваривать между собой крутоизогнутые отводы без прямого участка.

Для трубопроводов пара и горячей воды, подконтрольных Ростехнадзору, при угловых (тавровых) сварных соединениях труб и штуцеров с элементами расстояние от наружной поверхности элемента до началагиба или до оси поперечного сварного шва должно составлять: для труб (штуцеров) с наружным диаметром до 100 мм — не менее D_n , но не менее 50 мм; для труб с наружным диаметром от 100 мм и более — не менее 100 мм.

Для сборки элементов трубопроводов с $D_n = 80...500$ мм используют стенд (рис. 3.32), представляющий собой раму 2, с одной стороны которой расположен поворотный стол 4 и приспособление 5 для сборки труб с фланцами. На направляющих рамы установлены подвижные роликоопоры 3 для установки труб и самоходный стол / с приспособлением для сборки труб с отводами. Приспособление 5 оборудовано подъемной площадкой, на которую отвод устанавливают вертикально на один из торцов. При габаритных размерах 15 560 x 1 540 x 2 400 мм масса стенда составляет около 2 315 кг.

Элементы и узлы трубопроводов с $D_n = 200...500$ мм собирают также на столах (рис. 3.33) с толстой (40...60 мм) опорной плитой /, на которой нанесена координатная сетка с отверстиями для установки призм, упоров и других сборочных приспособлений. На столах с двух сторон установлены двутавровые балки 2, что позволяет выполнять в процессе сборки подгоночные работы, связанные с подбивкой кромок труб и деталей. При габаритных размерах 4 000 x 1 450 x 750 мм масса стола составляет 2 000 кг.

Для сборки элементов и узлов трубопроводов с $D_n = 50...500$ мм применяют стенд (рис. 3.34), состоящий из нескольких (до четырех) подвижных балок 2, которые перемещаются по рельсовым направляющим 3. Каждая балка снабжена тормозным устройством 5, которое позволяет жестко фиксировать их положение между собой в зависимости от размеров и конфигурации узлов. Балки оснащены каретками 4 с выдвижными поворотными (до 360°) призмами и цепными прижимами. На одной из балок по краям установлены приспособления для сборки элементов и уз-

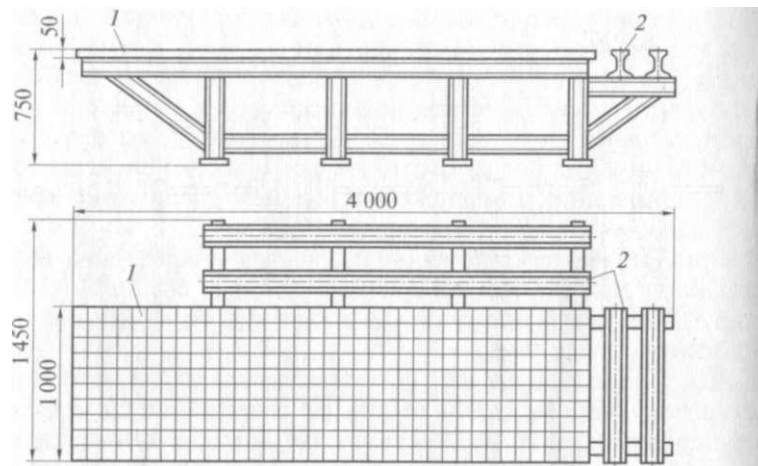


Рис. 333. Стол для сборки элементов и узлов трубопровода
с $D = 200 \dots 500$ мм:
/ — опорная плита; 2 — двутавровые балки

лов с фланцами / и отводами б. Все каретки фиксируются в заданном положении тормозными устройствами. Масса стенда составляет 2 385 кг, при габаритных размерах в нерабочем положении 1 800 x 4 050 x 900 мм, а в рабочем — длина определяется размерами узла.

Пространственные узлы собирают на стенде путем разворота в вертикальной плоскости собранных элементов или плоских узлов с фиксацией их положения цепными прижимами. Преимуществами такого стенда являются: универсальность, возможность использования в работе от одной до четырех балок, что не загромождает площади цеха, а также создает свободный доступ рабочего к любому участку сборки благодаря минимальной высоте балок над уровнем пола.

Для обеспечения соосности и уменьшения овальности стыкуемых концов труб и деталей при сборке на электроприхватках узлов и прямолинейных секций трубопроводов, а также при укрупнительной сборке узлов в блоки и секций в плети применяют центраторы.

В зависимости от размещения относительно поверхности трубы различают центраторы наружные (охватывающие) и внутренние (распорные).

Наружные центраторы, по конструкции бывают балочные (с одним шарниром) и безмоментные (многозвенные, цепные).

Наружный балочный центратор (рис. 3.35, а) состоит из двух пар шарнирно соединенных полуколец, сменных роликов и экс-

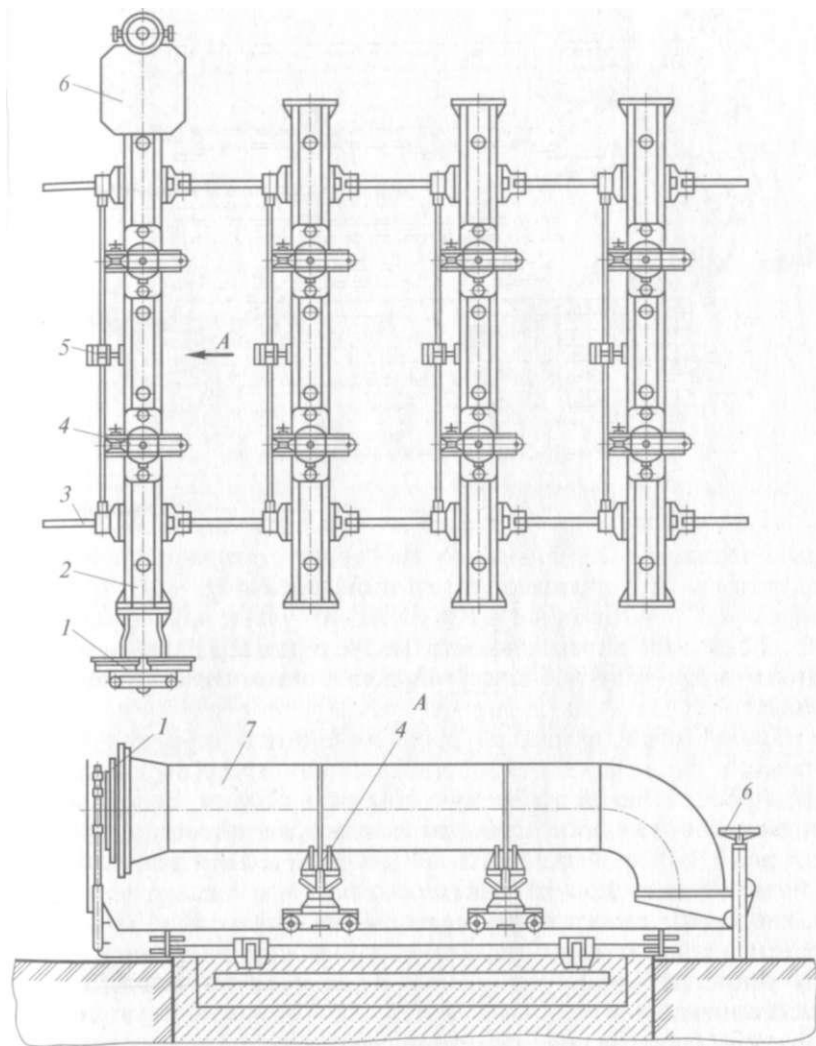


Рис. 3.34. Стенд для сборки элементов и узлов трубопроводов с $D = 50 \dots 500$ мм:

А 6 — приспособления; 2 — подвижная балка; 3 — рельсовые направляющие; 4 — каретка; 5 — тормозное устройство; 7 — собираемый элемент

Центрикового замка. При сборке центраторы раскрывают и устанавливают на обоих концах стыкуемых труб. Такие центраторы изготавливают на каждый диаметр труб в диапазоне $108 \dots 530$ мм.

Наружный безмоментный центратор ЦНУ (рис. 3.35, о) представляет собой шарнирный пластинчатый многозвенник с нажим-

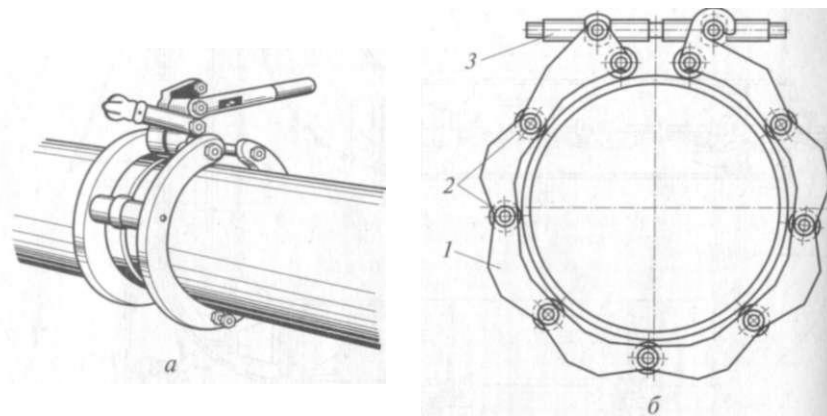


Рис. 3.35. Наружные центраторы:

a — балочный; *б* — бсзмоментный; 1 — звено; 2 — нажимные ролики; 3 — винт

ными роликами 2 в шарнирах, который стягивается винтом 3. Центраторы изготавливают двух типов: ЦНУ-400 — для труб диаметром 133...426 мм и ЦНУ-1220М — для труб диаметром 426... 1 220 мм. Универсальность центраторов ЦНУ при переходе с одного диаметра труб на другой достигается изменением числа звеньев 1.

Наружные центраторы из-за разностенности стыкуемых труб и деталей, а также из-за отклонения их диаметров (периметров) не всегда обеспечивают требуемую точность сборки. Более высокая точность сборки достигается при использовании внутренних центраторов ЦВИО-300 и ЦВИО-600 соответственно для труб с $D_1 = 200...300$ мм и $D_1 = 350...600$ мм.

Для сборки элементов и узлов трубопроводов с $D_1 = 300... 500$ мм с обеспечением раздачи стыкуемых концов труб и деталей до полного совмещения внутренних кромок используют внутренний силовой центратор ЦВСК-500. Центратор имеет клиновую двухрядную схему с гидравлическим приводом от автономной гидростанции. Переход с одного диаметра на другой достигается путем смены губок.

Элементы типа труба — деталь собирают с применением силового центратора ЦВСК-500 3 (рис. 3.36, *a*) на обычном стенде, для чего его соединяют с направляющей штангой 1, которая обеспечивает перемещение центратора внутри трубы к стыку. Элементы типа труба — деталь — труба собирают на стенде (рис. 3.36, *б*), оборудованном горизонтальной балкой 1 с направляющими, с опорными каретками 4 и вертикальной стойкой 7. Стойка служит для зажима собираемых труб и отводов в вертикальной плоскости. В этом случае центратор подвешивается на канате 6 с крюком

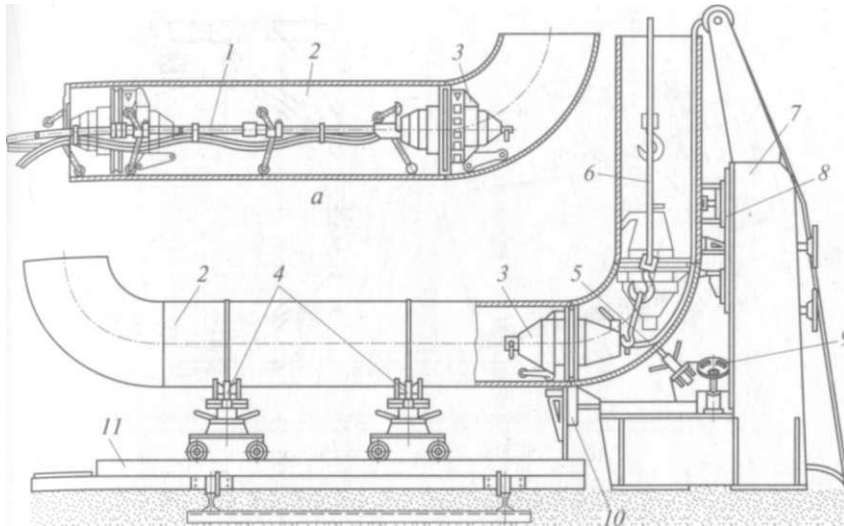


Рис. 3.36. Стенде внутренним силовым центратором ЦВСК-500 для сборки элементов и плоских узлов с $D = 300 \dots 500$ мм:

о — с направляющей штангой; б — с вертикальной стойкой; 1 — направляющая штанга; 2 — собираемый узел; 3 — центратор ЦВСК-500; 4 — опорные каретки; 5 — гидрошланг; 6 — канат; 7 — вертикальная стойка; 8 — зажим для трубы; 9 — зажим для отвода; 10 — установочный упор; 11 — балка с направляющими

консольного крана и перемещается внутри собираемого элемента от стыка к стыку под действием собственного веса.

При централизованном изготовлении трубопроводов преимущественно применяют готовые стандартные детали. Специальные сварные фасонные детали, предусмотренные проектом, изготавливают только в тех случаях, когда они не поставляются готовыми с заводов. Например, сварные отводы с $D = 600$ мм и более, сварные переходы, тройники, врезки с $D = 500$ мм и более из углеродистой стали, а также сварные отводы, тройники и переходы из легированной и высоколегированной стали.

Для сборки секционных отводов с $D = 300 \dots 1\,200$ мм предназначен стенд (рис. 3.37), состоящий из станины 1, на которой установлены два поворотных стола: один 2 — с призмами, другой 4 — с роликами. Стол с роликами снабжен подъемным винтом 6 и Указателем 5 угла поворота. В центре станины расположена установочная стойка 3 с зазорной пластиной. Масса стенда — 570 кг; габаритные размеры — 1 560 x 1 500 x 870 мм.

Процесс изготовления сварных соединений врезкой и тройников в основном сводится к фасонной обрезке конца штуцера,

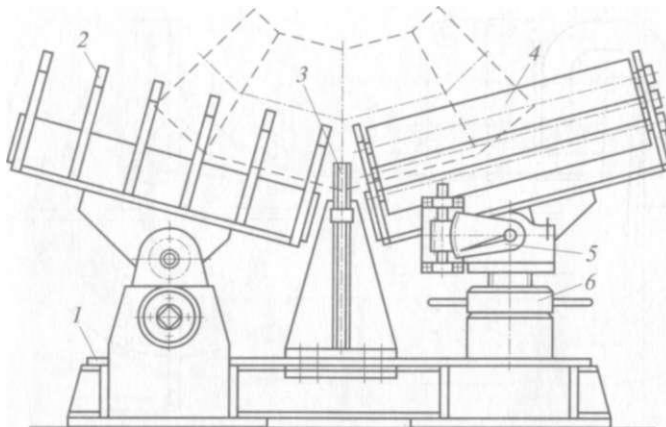


Рис. 3.37. Стенд для сборки секционных отводов с $D = 300 \dots 1200 \text{ мм}$
 1 — станина; 2, 4 — поворотные столы; 3 — установочная стойка; 5 — указатель
 угла поворота; 6 — подъемный винт

вырезке отверстия в трубе, сборке и сварке сопрягаемых деталей. При сопряжении деталей равнопроходного тройника выполняют переменный угол скоса кромок как у основной трубы, так и у врезаемого штуцера. При изготовлении сопряжений переходных тройников в основной трубе отверстие вырезают без скоса кромок, а на врезаемой трубе (штуцере) выполняют переменный угол скоса кромок. Собирают и сваривают тройниковые соединения на сборочных и сварочных стендах.

Сварные переходы изготавливают способом вальцевания из листовой заготовки. Концы заготовки перед вальцеванием подгибают по радиусу на специальных устройствах с помощью гидравлических домкратов, если гидравлический пресс отсутствует. Конусные обечайки вальцуют на приводных или ручных гибочных вальцах. Продольный стык обечайки собирают с помощью стяжных хомутов и других приспособлений. Продольные швы обечайки сваривают полуавтоматами.

3.3.2. Сборка фланцевых соединений

Для достижения требуемой плотности фланцевых соединений следует подобрать фланцы согласно рабочему чертежу; проверить соответствие марки стали, условного давления и всех размеров фланцев трубопроводов размерам фланцев присоединяемой аппаратуры или оборудования; осмотреть фланцы и убедиться, что на их поверхности нет трещин, раковин и других дефектов; прове-

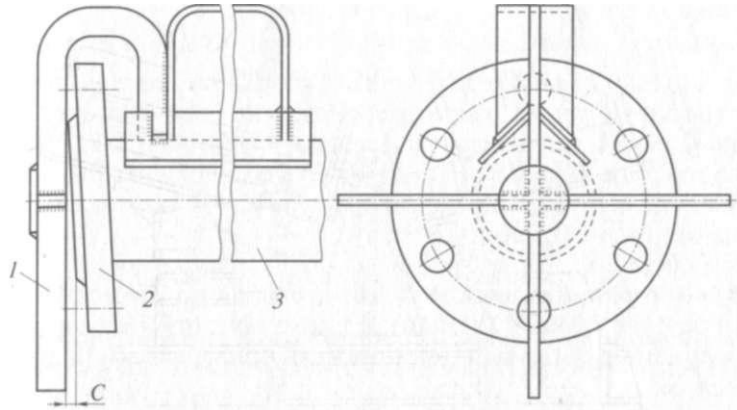


Рис. 3.38. Контроль отклонения от перпендикулярности уплотнительной поверхности фланца:

1 — угольник; 2 — фланец; 3 — труба; С — зазор между фланцем и угольником

речь чистоту обработки уплотнительных поверхностей; правильно собрать и затянуть фланцевое соединение.

Собирают фланцы под сварку с трубами и деталями так, чтобы плоскость уплотнительной поверхности под прокладку была перпендикулярна оси трубы, а плоскость ответного фланца была ей параллельна. Допускаемые отклонения от параллельности уплотнительных поверхностей фланцев не должны превышать 10% толщины прокладки. Отклонения уплотнительной поверхности фланца от перпендикулярности оси трубы или детали С (рис. 3.38) в зависимости от наружного диаметра уплотнительных поверхностей фланца D_n , не должны превышать приведенных величин:

D_n , мм.....	25...60	60...160	160...400	400...750	750...1000
С, мм.....	0,15	0,25	0,35	0,5	0,6

Перпендикулярность уплотнительных поверхностей фланцев проверяют контрольным угольником / (см. рис. 3.38) и щупом путем измерения зазора С между фланцем 2 и угольником / в диаметраально противоположных точках касания.

Смещение осей фланцев относительно осей смежных с ними Деталей не должно превышать половины допуска на смещение кромок сопрягаемых деталей.

Фланцы / при сборке с трубами и деталями устанавливают так, чтобы отверстия для болтов или шпилек были расположены симметрично главным (вертикальной и горизонтальной) осям, но не совпадали с ними. Допускаемые смещения осей 8 отверстий Для болтов (рис. 3.39) в зависимости от D_n фланцев при сборке не Должны превышать следующих значений:

D_n , мм.....	12... 18	23...33	40...52	
δ , мм.....	± 1	$\pm 1,5$	± 2	Щ 1

Фланцы на замыкающих концах узлов окончательно приваривают только в случаях, когда расположение болтовых отверстий в них не ограничено. Ответные фланцы, связанные с аппаратами арматурой или фланцами на других узлах, должны быть только прихвачены к трубе с последующей приваркой на монтаже после уточнения их положения по месту.

При сборке и сварке труб и деталей с плоскими приварными фланцами расстояния между уплотнительной поверхностью фланца 2 и торцом трубы / (детали), а также конструктивные элементы соединения должны соответствовать приведенным на рис. 3.40 и в табл. 3.2.

Сборку фланцевых соединений на прокладках начинают только после проверки отсутствия перекоса фланцев. Для этого соединения предварительно собирают без установки прокладок. Фланцы должны сближаться строго параллельно уплотнительным поверхностям. Величину зазора проверяют щупом в диаметральных противоположных точках. Нужно стремиться к тому, чтобы зазор по всей окружности был одинаковым и соответствовал толщине прокладки.

Не следует исправлять перекос фланцев при их сборке путем натяга болтов или шпилек, а также устранять зазоры установкой клиновых прокладок. Натяг может вызвать одностороннее сжатие прокладки и пластическую деформацию болтов или шпилек, в результате чего соединение становится неплотным.

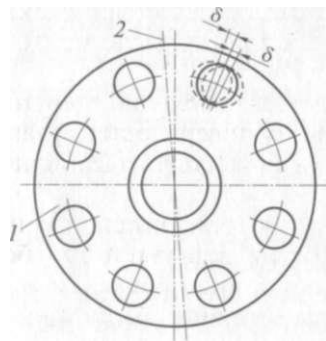


Рис. 3.39. Смещение осей болтовых отверстий фланцев при их сборке:
1 — фланец; 2 — ось смещенного фланца; δ — допускаемые смещения осей отверстий для болтов

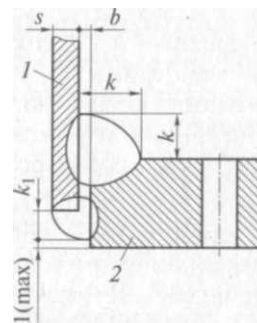


Рис. 3.40. Конструктивные элементы соединения труб с плоскими приварными фланцами:
1 — труба; 2 — фланец; s — толщина стенки трубы

Таблица 3.2

Размеры сварного соединения труб разных диаметров с плоскими приварными фланцами, мм

D_s	10...20	25...50	65...150	200	250...300	350...600	800...1000	1200	1400	1600
k	3	4	5	7	9	10	10	11	12	13
b	0,5		1	1,5						

Примечание. При $s < 3$ мм $k_1 = s$, а при $s > 3$ мм $k_1 = 3$ мм.

При сборке фланцевых соединений гайки болтов располагают с одной стороны. Длина выступающих над гайками концов болтов и шпилек должна находиться в пределах 1—4 ниток резьбы.

На болты (шпильки) для трубопроводов, работающих при температуре выше 300 °С, предварительно наносят графитовые и графитомедистые смазки, предохраняющие их от заедания и пригорания. Графитовые смазки приготавливают из чешуйчатого графита, густо разведенного водой или смесью глицерина с водой в соотношении 2:1. Графитомедистые смазки (в массовых частях) применяют следующего состава: чешуйчатый графит — 15...20, медный порошок — 25...10, глицерин — 60...70.

Чтобы предупредить пригорание резьбовых соединений при температуре 550...600 °С, используют пасту (смазку) ВНИИ НП-232 или ВНИИ НП-225. Перед нанесением такой пасты с резьбы удаляют масло и насухо ее протирают.

Прокладки (из паронита, картона, асбеста) при установке в паропроводе натирают с обеих сторон сухим графитом. Не следует смазывать прокладки маслом, графитом с маслом или какими-либо красками и мастиками, так как мастика и масло пригорают к зеркалам фланцев и портят их поверхность.

Плотность фланцевого соединения в значительной степени зависит не только от чистоты прилегающих поверхностей фланцев, качества и размеров прокладки, но и от правильного выполнения сборки и затяжки гаек.

При сборке фланцевого соединения в горизонтальном положении трубопровода в нижние отверстия вставляют два болта, чтобы мягкая прокладка не упала. Положение прокладки выравнивают так, чтобы расстояние от краев фланца было одинаковым, затем вставляют болты и затягивают их.

Гайки фланцевых соединений с мягкими прокладками затягивают по способу крестообразного обхода. Сначала затягивают одну Пару противоположно лежащих болтов, затем вторую, находящуюся под углом 90° к первой. Постепенно поперечным завертыванием гаек затягивают все болты. При такой последовательности затяжки гаек перекосы во фланцевых соединениях не образуются.

Гайки фланцевого соединения затягивают ручными и механическими инструментами, гайковертами с электрическим или пневматическим приводом. Равномерность затяжки и величину холодного натяга шпилек фланцевого соединения на трубопроводах высокого давления контролируют динамометрическими ключами по крутящему моменту, а также путем измерения удлинения шпильки при затяжке. Необходимый размер холодного натяга шпилек указан в проекте.

Для фланцевых соединений с уплотнением выступ — впадина или шип — паз зазор после сборки должен быть не менее 1 мм. Толщина прокладки для таких фланцевых соединений должна быть на 0,5... 1 мм меньше глубины впадины или паза.

3.3.3. Сварка элементов, узлов и деталей трубопроводов

При изготовлении и монтаже технологических трубопроводов сварка производится всеми промышленными способами, обеспечивающими требуемое качество сварных соединений. При этом необходимо максимально использовать автоматические и полуавтоматические способы сварки. Способ и режимы сварки, порядок контроля устанавливаются соответствующими производственными инструкциями или указываются в рабочих чертежах трубопровода. Газовая сварка допускается (за исключением трубопроводов из аустенитных сталей) только для трубопроводов, рассчитанных на условное давление до 10 МПа, с условным проходом до 100 мм, с толщиной стенки не более 3,5 мм.

Для сокращения объема сборочно-сварочных работ, выполняемых в условиях монтажной площадки, следует стремиться к увеличению степени заводской готовности узлов, так как при этом до 86 % общего числа стыков внутрицеховых трубопроводов собирается и сваривается в условиях цеха и лишь около 14 % — на монтажной площадке.

К сварке и прихватке стыков трубопроводов I, II, III и IV категорий допускаются сварщики, имеющие удостоверение о сдаче испытаний в соответствии с Правилами аттестации сварщиков, утвержденными Ростехнадзором. К сварке и прихватке стыков трубопроводов V категории допускаются сварщики без сдачи испытаний по Правилам Ростехнадзора, но успешно выполнившие прихватку и сварку пробных стыков.

При сварке трубопроводов I и II категорий следует вести журнал сварочных работ. При этом сварные соединения должны указываться в исполнительных схемах с указанием их номера.

Все сварочные материалы, применяемые для сварки трубопроводов, должны иметь сертификаты завода-изготовителя.

Перед выдачей электродов, проволоки и флюса для сварочных работ их состояние проверяют внешним осмотром. Электроды и флюсы не более чем за 8 ч до начала сварочных работ должны быть просушены в соответствии с инструкциями.

Каждый стык после сварки должен быть отмечен клеймом сварщика, выполнявшего сварку. Клеймо выбивают на расстоянии 30--50 мм от шва со стороны, доступной для осмотра. Глубина клеймения составляет не более 0,5 мм, а место клеймения иногда обводят по контуру масляной краской. Наплавка клейма электродом не разрешается.

Дуговую сварку ведут на постоянном и переменном токе. В зависимости от условий выполнения сварочных работ стыки подразделяют на поворотные (при вращении трубы, элемента или узла трубопровода) и неповоротные (при неподвижных трубе, элементе или узле трубопровода). Большинство поворотных стыков труб и деталей, выполняемых в трубозаготовительных цехах и мастерских, сваривают наиболее простым и удобным швом в нижнем положении. Сварка неповоротных стыков значительно сложнее и требует высокой квалификации сварщика.

При ручной дуговой сварке первые два слоя (в зависимости от толщины металла) прихватывают и сваривают с использованием электродов диаметром не более 3 мм, последующие слои — с использованием электродов диаметром 3...4 мм.

При изготовлении трубопроводов широкое распространение получил способ сварки в защитных газах. Сущность этого способа состоит в том, что дуга горит в струе защитного газа, отесняющего воздух из зоны сварки и защищающего расплавленный металл от вредного воздействия газов, которые содержатся в атмосфере.

Преимущества этого способа сварки перед другими способами: высокое качество сварного соединения, относительно легкая механизация процесса, а также возможность сварки во всех пространственных положениях.

В качестве защитного газа используют инертные газы — аргон и азот, не взаимодействующие с расплавленными металлами, а также активные газы и смеси газов — углекислый газ, водород, смесь водорода и азота, смесь аргона и углекислого газа, смесь аргона и кислорода, взаимодействующие в большей или меньшей степени с расплавленным металлом. Защитный газ выбирают в зависимости от свариваемых материалов.

Сваривать в защитных газах можно плавящимся и неплавящимся электродами. При сварке плавящимся электродом электрическая дуга горит между электродной проволокой, подаваемой в зону сварки, и изделием. Дуга расплавляет электродную проволоку, являющуюся присадочным материалом, и основной металл. При сварке неплавящимся электродом электрическая дуга горит меж-

ду неплавящимся вольфрамовым электродом и изделием. Передвигаясь вдоль кромок соединения, дуга оплавляет их.

При сварке под флюсом сварочная дуга горит между голой электродной проволокой и свариваемым изделием под слоем сыпучего материала. Преимуществами этого метода сварки являются высокая производительность и хорошие условия формирования шва, а недостатками — необходимость применения мер, предотвращающих протекание расплавленного металла внутрь трубы, а также ограничение сварки только нижним положением шва. При автоматической и полуавтоматической сварке трубопроводов под флюсом первый корневой шов выполняют в защитных газах.

При сварке любых сталей в несколько слоев каждый предыдущий слой перед нанесением последующего тщательно очищают от шлака и окалины и осматривают. Участок сварного шва с дефектами вырубают и заваривают вновь. По окончании сварки все швы тщательно очищают от шлака, брызг и окалины.

Для полуавтоматической и автоматической сварки элементов трубопроводов в поворотном положении используют фрикционные вращатели УВТ-1, манипуляторы М-11070 и ГСТМ-12, сварочные посты и установки.

Универсальный фрикционный вращатель УВТ-1 (рис. 3.41), предназначенный для вращения труб и элементов с $D_s = 50 \dots 500$ мм, может изменять положение их осей в пространстве, что обеспечивает удобное положение стыка при сварке. Ведущие ролики / вращателя приводятся в движение от электродвигателя 4 через многоступенчатую клиноременную передачу и червячный редуктор. Свариваемый элемент зажимается между двумя ведущими / и прижимным 7 роликами с помощью рукоятки или пневмоцилиндра.

Прижимное устройство 5 посредством пружины компенсирует возможные колебания наружного диаметра при овальности труб. Труба прижимается электромеханическим способом, регулирование частоты вращения — бесступенчатое.

На торцовом манипуляторе М-11070 свариваемое изделие с $D_s = 250 \dots 1\,000$ мм закрепляют по наружному или внутреннему диаметру кулачками. Планшайба манипулятора с помощью электродвигателя механизма наклона может разворачиваться на угол, необходимый для сварки изделия. В зависимости от размеров изделия манипулятор комплектуется съемными планшайбами диаметром 600; 800; 1 000 и 1 200 мм.

Пост для полуавтоматической сварки элементов трубопроводов / $\varnothing_s = 50 \dots 500$ мм (рис. 3.42) состоит из вращателя / (УВТ = 1), поворотной балки-укосины 3, закрепленной шарнирно на колонке или стене здания, с подвесками 2 и 4 для сварочного оборудования.

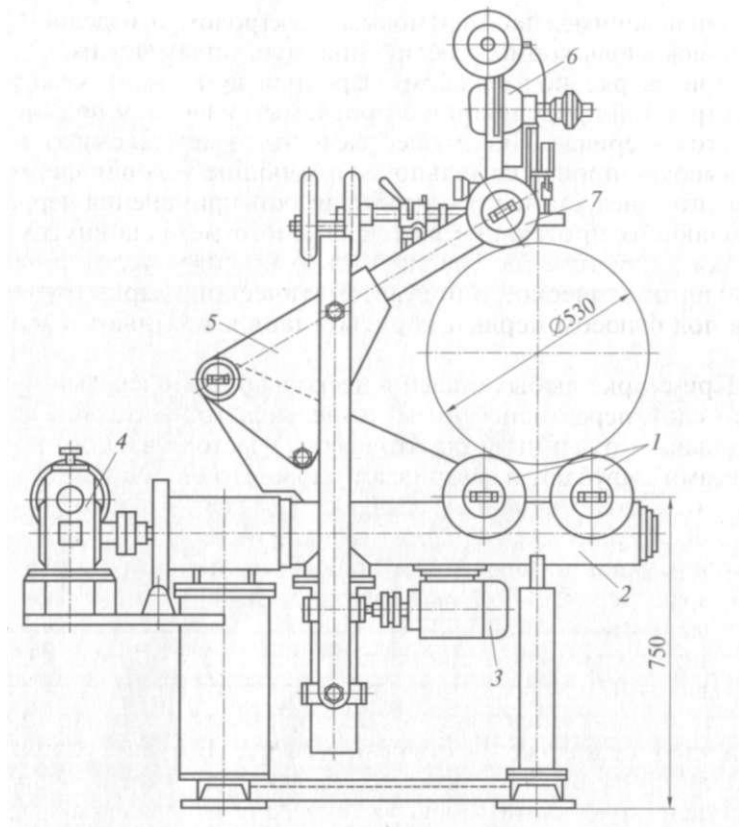


Рис. 3.41. Универсальный фрикционный вращатель УВТ-1:

1, 7— ведущий и прижимный ролики соответственно; 2— корпус; 3— электродвигатель зажимного устройства; 4 — электродвигатель; 5 — прижимное устройство; 6 — сварочная головка

При сварке длинномерных элементов используют подвижные направляющие опоры 6. Сварочный пост обслуживает один рабочий-сварщик с общего пульта управления.

Для сборки и автоматической сварки плоских узлов трубопроводов с $D = 200 \dots 500$ мм Г- и Т-образной конфигурации используют установку с внутренним силовым центратором. Внутренний силовой центратор обеспечивает раздачу концов труб и деталей в процессе сборки стыка до полного совмещения внутренних кромок и тем самым исключает необходимость трудоемких подгоночных работ.

Плоские узлы трубопроводов больших размеров, а также пространственные узлы сваривают вручную в неповоротном или полуповоротном положении, для чего применяют параллельно расположенные стойки или П-образные стеллажи.

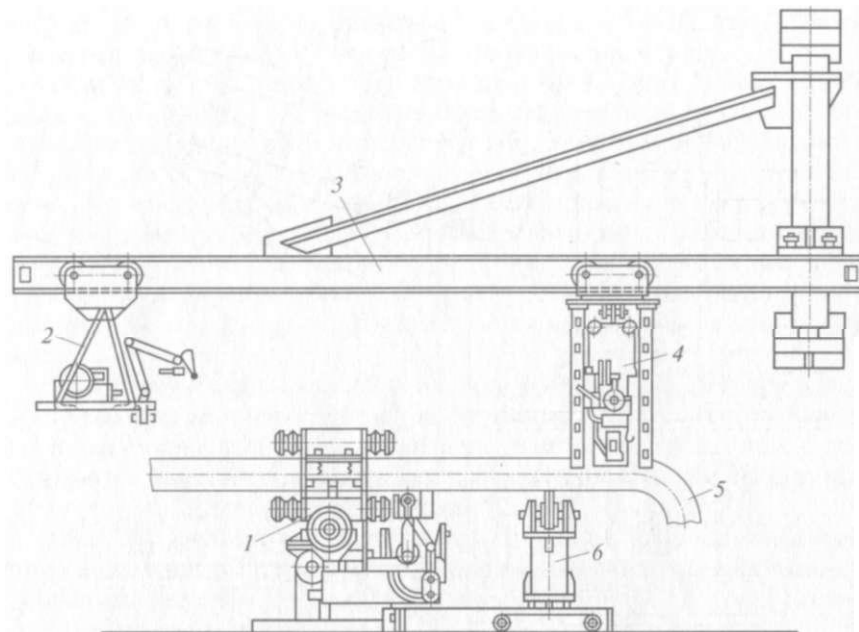


Рис. 3.42. Пост для полуавтоматической сварки элементов с $D = 50 \dots 500$ мм:

1 — вращатель УВТ-1; 2 — подвеска для полуавтомата ПШ-54; 3 — поворотная балка-укосина; 4 — подвеска для полуавтомата Л-537У; 5 — свариваемым элемент; 6 — направляющая опора

Отводы с условным проходом до 600 мм сваривают на установках (рис. 3.43), оборудованных специальными зажимными устройствами 2, которые обеспечивают вертикальное положение каждого стыка и совмещение его оси с осью вращения.

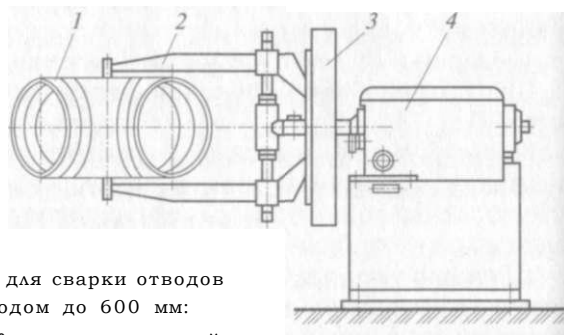


Рис. 3.43. Установка для сварки отводов с условным проходом до 600 мм:

1 — свариваемый отвод; 2 — зажимное устройство; 3 — планшайба; 4 — вращатель

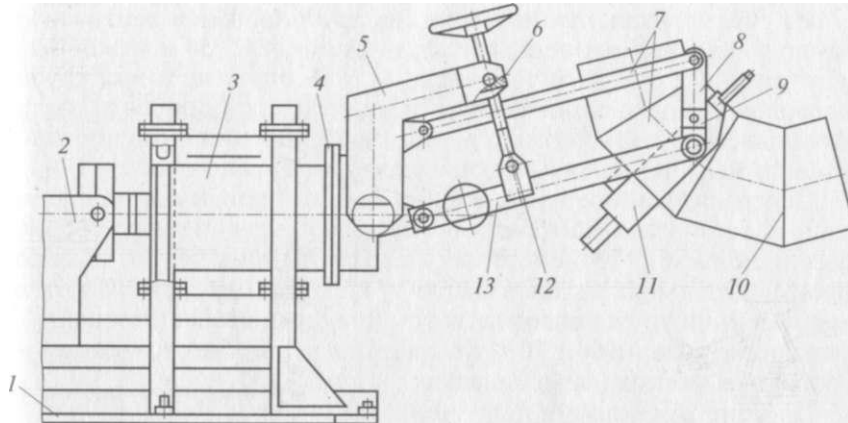


Рис. 3.44. Установка УСО-1420 для сварки отводов с $D = 400 \dots 1400$ мм:
 / — станина; 2 — манипулятор М-11070; 3 — промежуточный барабан; 4 — планшайба; 5 — кронштейн; 6 — гайка; 7, 8 — звенья; 9 — фиксатор; 10 — свариваемый отвод; // — поворотная скоба; 12 — винт; 13 — П-образная стрела

Отводы с $D = 400 \dots 1400$ мм сваривают на установке УСО-1420 (рис. 3.44). В качестве вращателя в установке использован манипулятор М-11070 2, шпиндель которого соединен с промежуточным барабаном 3, установленным на роликах вращения. Планшайба 4 барабана соединена с кронштейном 5, на котором шарнирно установлена гайка 6, винт 12, П-образная стрела 13, звенья 7 и 8, образующие шарнирный параллелограмм. Центр свариваемого стыка отвода совмещается с осью вращения путем подъема или опускания стрелы с помощью винта. Зажимается отвод в поворотной скобе // двумя винтами, а положение скобы относительно звена Урегулируется фиксатором 9. При этом достигается строго вертикальное расположение плоскостей всех сварных стыков, перпендикулярное оси вращения, без перестановки самого отвода в скобе.

Первый слой сварного шва выполняют изнутри полуавтоматом, а последующие слои — с наружной стороны автоматом под флюсом.

3.3.4. Сборка и сварка прямолинейных секций трубопроводов

Централизованное изготовление секций трубопроводов позволяет в значительной степени сократить объем заготовительных и сборочно-сварочных работ на монтажной площадке и тем самым повысить производительность труда и качество работ.

Из общей массы технологических трубопроводов централизованно в виде прямолинейных секций длиной 24... 36 м может быть изготовлено до 56%, в том числе 6...8% внутрицеховых трубопроводов. Длина секций зависит от диаметра трубопровода, наличия подъемно-транспортных механизмов, условий транспортирования и местных условий производства монтажных работ.

Централизованное изготовление секций производят на специальных установках, которые обеспечивают механизацию сборочных и подъемно-транспортных операций, применение высокопроизводительных методов сварки и контроль качества. Изготовление секций трубопроводов на установках повышает производительность труда на 60...70% по сравнению с их изготовлением на сборочных монтажных площадках.

По конструктивному исполнению установки подразделяют на стационарные и передвижные. Применение той или иной конструкции установок и место ее расположения определяются технико-экономическим расчетом с учетом объемов работ, радиуса действия, рельефа местности, наличия транспортных магистралей и мест складирования труб.

Стационарные установки обычно применяют на строительных объектах, где объем трубопроводных работ обеспечивает их ритмичную загрузку в течение длительного срока. Установки выполняют также в сборно-разборном исполнении, позволяющем транспортировать их на другой объект по окончании работы. Такие установки обычно располагают на заводах и базах монтажных организаций.

На стационарной установке УСТ-630 (рис. 3.45) технологический процесс сборки и сварки секций с $D_s = 80...600$ мм осуществляется следующим образом.

Трубы с приемного стеллажа 5, на котором производят правку и зачистку концов труб под сварку, с помощью отсекающего 4 подаются на роликовый конвейер 6, а затем в центрирующий трубо-сварочный вращатель 2, где производится сборка и автоматическая сварка стыков. Далее сваренная секция перемещается по конвейеру и сбрасывается 7 подается на концевой стеллаж /, откуда готовые секции перегружаются на трубовозы или передаются на установку для нанесения гидроизоляции. Качество сварных соединений секций контролируют на концевом стеллаже.

Стыки секций трубопроводов с условным проходом до 200 мм полностью сваривают в углекислом газе, а большого диаметра второй и последующий слои — под флюсом.

Технологическим процессом управляют дистанционно из отапливаемого помещения, в котором размещены вращатель, сварочная и вспомогательная аппаратура, пневмоцилиндры. Это позволяет работать на установке вне зависимости от температуры окружающего воздуха. Габаритные размеры установки — 50,0 x 10,6 x 4,7 м;

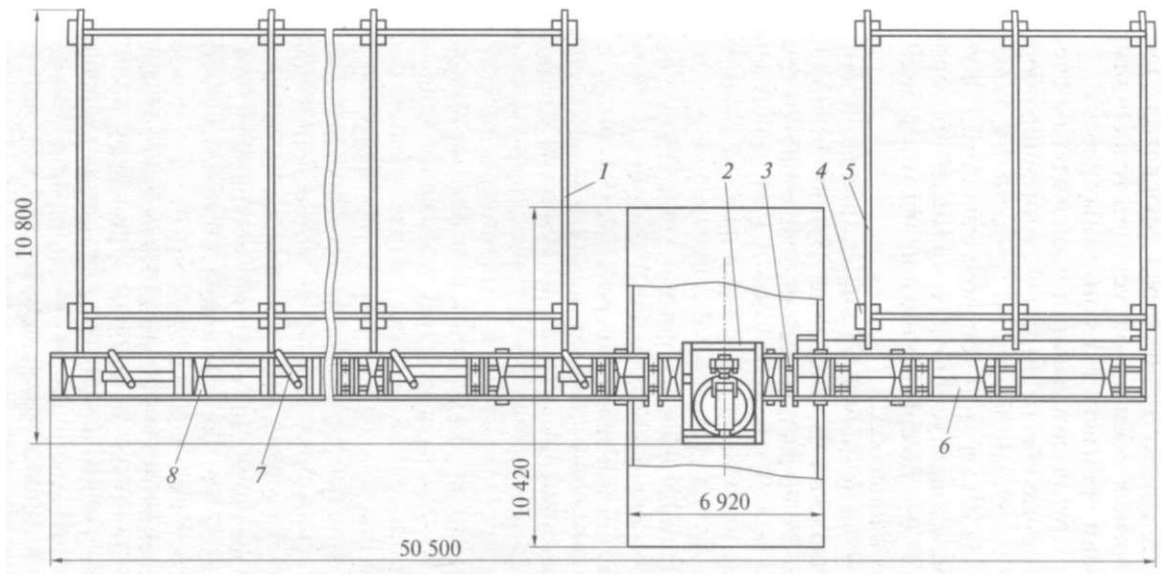


Рис. 3.45. Схема стационарной установки УСТ-630 для сборки и сварки секций трубопроводов с $D = 80 \dots 600$ мм:
 1,5 — концевой и приемный стеллажи соответственно; 2 — трубосварочный вращатель; 3 — ролик опора вращения и осевого перемещения; 4 — отсекатель; 6 — роликовый конвейер; 7 — сбрасыватель; 8 — ролик осевого перемещения

масса — 8 100 кг. Производительность установки при сварке труб $D, \Delta = 219 \ 7$ мм в секции составляет 5—6 стыков в час.

Передвижные установки применяют для обслуживания объектов строительства с сравнительно небольшим или эпизодически возникающим объемом работ или находящихся на значительном расстоянии от заводов или баз монтажных организаций. Преимуществами передвижных установок являются их маневренность, возможность перевозки с объекта на объект и короткое время, необходимое для монтажа и демонтажа, а недостатками — сравнительно небольшая степень механизации сборочных и подъемно-транспортных операций, необходимость применения дополнительных грузоподъемных механизмов для подачи труб и снятия готовых секций с установки.

Передвижная установка представляет собой телескопическую раму из трех труб. На наружной трубе установлена приводная часть установки и приводные ролики, а на других — скользящие холостые ролики. Для ходовой части использованы автомобильные полуприцепы. Из транспортного положения в рабочее установка приводится за 30 мин. Длина установки в рабочем положении — 19,5 м, в транспортном — 9,5 м. Масса установки составляет 3 790 кг. Трубы центрируют ручными наружными центраторами. На объект установку транспортируют автомашиной или трактором.

Передвижная установка для сборки и сварки секций трубопроводов с $D_s = 80 \dots 600$ мм (рис. 3.46, а) состоит из телескопического конвейера 7, на котором установлены сферические роликоопоры 2, обеспечивающие поступательное и вращательное движение труб и секций. На конвейере установлены консольные поворотные стойки 8, 14, образующие в развернутом положении стеллажи соответственно для труб и секций, а также гидравлические сбрасыватели труб 13 и секций 3.

Домик сварщика 6 оснащен центратором 5, сварочным оборудованием 10, механическим приводом конвейера 4 и гидростанцией 12. Чтобы сократить габаритные размеры установки, в одной из стенок домика сварщика предусмотрен шарнирно открывающийся проем, из которого готовые секции трубопровода сбрасываются без их перемещения за пределы домика.

Всеми операциями на установке управляют с пульта управления //. Обслуживают установку два человека. При работе установки в полевых условиях источником питания служит передвижная дизельная электростанция.

Установка транспортируется автомобилем (рис. 3.46, о), при этом домик сварщика 6 располагается в кузове, а конвейер 7 в собранном виде — на инвентарном прицепе. Габаритные размеры установки в рабочем положении — 35 x 3,8 x 2,5 м, а в транспортном — 11,5 x 2 x 3,6 м. Монтаж установки в рабочее положение и демонтаж с переводом в транспортное положение осуществляет бригада

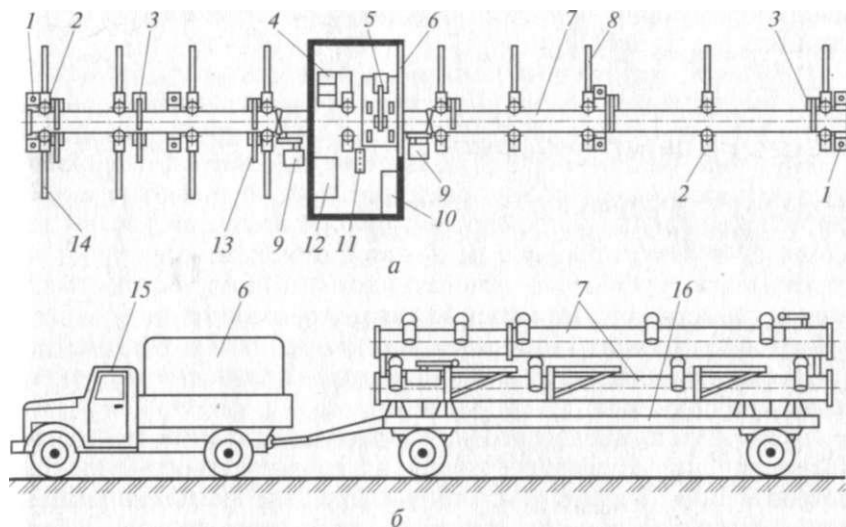


Рис. 3.46. Схема передвижной установки для сборки и сварки секций трубопроводов с $\text{Ц} = 80 \dots 600$ мм в рабочем (а) и транспортном (б) положениях:

1 — аутригеры; 2 — сферические роликоопоры; 3, 13 — гидравлические сбрасыватели секций и труб соответственно; 4 — механический привод конвейера; 5 — центратор; 6 — домик сварщика; 7 — телескопический конвейер; 8, 14 — поворотные стойки; 9 — МЕХАНИЗМЫ продольного перемещения труб; 10 — сварочное оборудование; 11 — пульт управления; 12 — гидростанция; 15 — автомобиль; 16 — автомобильный прицеп

да из четырех человек за 12 ч. Установку монтируют на любой спланированной площадке на шпалах, при этом роликовый конвейер выверяют аутригерами /.

На установке сваривают секции длиной до 36 м. Производительность — 5 000 т секций в год. Масса установки — 6,7 т, мощность электродвигателей 10,6 кВт.

3.3.5. Термическая обработка сварных соединений

Термическая обработка сварных соединений трубопроводов снижает уровень остаточных внутренних напряжений, улучшает структуру и пластические свойства металла шва и околошовной зоны и, как следствие, предупреждает образование трещин при эксплуатации трубопровода.

Процесс термической обработки состоит из нагрева сварных соединений до определенной температуры, выдержки при этой температуре в течение определенного времени и охлаждения. При-

меняют следующие виды термической обработки: отпуск, нормализацию и аустенизацию.

Необходимость, вид и режимы термообработки сварных соединений устанавливаются проектом, техническими условиями или производственной инструкцией на сварку трубопроводов.

При термической обработке сварных соединений выполняют следующие технологические операции: устанавливают термометры, нагревательные устройства и теплоизоляцию; включают термометры в измерительную цепь потенциометра; соединяют нагревательное устройство с источником питания; осуществляют нагрев, выдержку и охлаждение сварного соединения; демонтируют теплоизоляцию, нагревательное устройство и термометры.

Для трубопроводов из хромоникелевых сталей газопламенный нагрев не применяют.

При термической обработке сварных соединений применяют следующие нагревательные устройства: гибкие пальцевые электронагреватели сопротивления; электронагреватели комбинированного действия; гибкие индукторы из голого медного провода, работающие на частоте 50 Гц; однопламенные универсальные ацетиленокислородные горелки и кольцевые многопламенные горелки.

Применяемые для нагрева сварных соединений устройства и источники питания во всех случаях должны обеспечивать возможность строгого соблюдения указанных режимов термообработки и равномерность прогрева металла по всему заданному участку трубопровода.

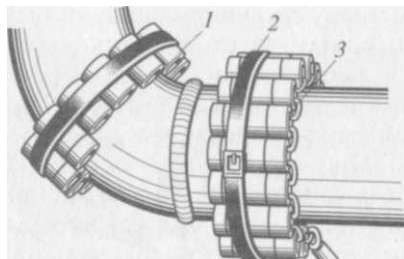
Температуру нагрева заносят в журнал работ через каждые 20 мин. При контроле самопишущими приборами запись кривых температур прилагается к журналу работ.

Гибкие пальцевые электронагреватели сопротивления (ГЭН) наиболее просты, удобны для термообработки сварных соединений трубопроводов с условным проходом свыше 100 мм с толщиной стенки до 70 мм. Они обеспечивают высокую производительность процесса с незначительным перепадом температур по толщине трубопровода. Гибкий пальцевый электронагреватель (рис. 3.47) состоит из двойной плоской спирали 3, каждый *палец* которой защищен керамической втулкой /. Число поясов ГЭН, число пальцев в каждом поясе и их расположение зависят от диаметра, толщины стенки и конструкции сварного соединения трубопровода и определяется в соответствии с производственными инструкциями. Закрепляют ГЭН на сварном соединении стяжным металлическим поясом 2 из жаропрочной стали.

Комбинированные электронагреватели (КЭН-3), принцип работы которых заключается в использовании нагрева методами сопротивления и индукционного нагрева токами 50 Гц, применяют для термообработки сварных стыков с $D_s = 200 \dots 700$ мм с толщиной стенки до 70 мм.

Рис. 3.47. Термообработка сварных стыков ГЭН:

1 — керамическая втулка; 2 — стяжной пояс; 3 — спираль



Секции КЭН-3 с керамическими изоляторами устанавливают непосредственно на сварной стык и прилегающие участки трубы, при этом общая ширина намотки составляет 400...650 мм.

Гибкий индуктор из голого многожильного медного провода типа М и МГ применяют для термообработки сварных стыков с $D_s = 100...600$ мм с толщиной стенки свыше 10 мм. Гибкий индуктор наматывают на предварительно теплоизолированный асбестовой тканью или асбестовым картоном сварной шов и прилегающие к нему участки трубы.

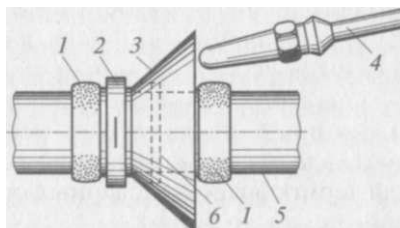
Число секций КЭН-3 и витков гибкого индуктора, а также их взаимное расположение устанавливается производственной инструкцией.

Однопламенные универсальные ацетиленокислородные горелки (рис. 3.48) применяют при термообработке сварных стыков трубопроводов с условным проходом до 80 мм и толщиной стенки до 10 мм, а также сварных стыков, расположенных в труднодоступных местах, в том числе стыков коллекторов и фланцевых соединений. На трубу 5 (см. рис. 3.48) около сварного стыка 6 надевают металлическую теплоизолированную воронку 3, которая равномерно распределяет пламя горелки 4 по всему периметру стыка. Прилегающие к сварному стыку участки трубопровода на ширину 150...200 мм (с каждой стороны) покрывают теплоизоляцией 1.

Кольцевые многофакельные горелки служат для термообработки сварных соединений трубопроводов с условным проходом до 350 мм с толщиной стенки до 25 мм. Такие горелки (рис. 3.49), имеющие разъемную конструкцию, устанавливают на сварной стык 2 так, чтобы зазор между внутренними выходными мундштуками

Рис. 3.48. Термообработка сварных стыков однопламенной универсальной горелкой:

1 — теплоизоляция; 2 — стяжной хомут; 3 — металлическая теплоизолированная воронка; 4 — горелка; 5 — труба; 6 — сварной стык



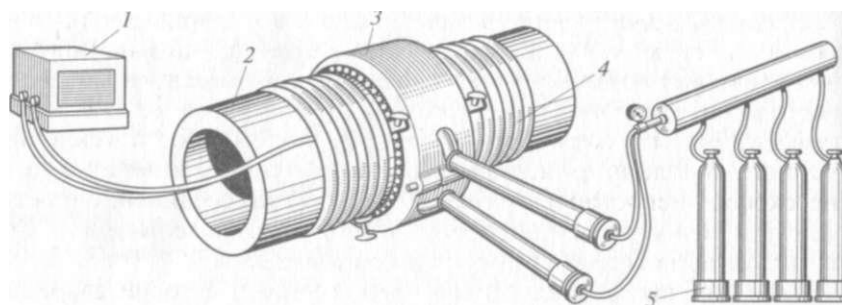


Рис. 3.49. Термообработка сварных стыков кольцевой многофакельной горелкой:

1 — потенциометр; 2 — сварной стык; 3 — кольцевая горелка; 4 — теплоизоляция; 5 — газобаллонная установка

кольцевой горелки 3 и наружной поверхностью трубы был равен 25...30 мм. Ширину теплоизоляции 4 участков трубопроводов, прилегающих к зоне нагрева, принимают не менее 300 мм в каждую сторону.

Во время термообработки необходимо соблюдать условия, которые обеспечивают свободное расширение детали или элемента трубопровода, предохраняющее их от пластических деформаций под действием собственного веса. Под нагреваемый горизонтальный участок на расстоянии 0,5...0,6 м от стыка устанавливают две дополнительные опоры, а вертикальный нагреваемый участок разгружают, устанавливая специальные подвески. Во время нагрева стыковых соединений концы труб, элементов и узлов трубопровода закрывают временными пробками, чтобы предотвратить воздушную тягу и резкое охлаждение нагреваемого участка.

3.3.6. Контроль качества сварных соединений

Качество сварных швов трубопроводов проверяют путем систематического пооперационного контроля, внешнего осмотра и измерения, неразрушающих методов контроля; испытаний механических свойств образцов пробных стыков и металлографических исследований. Результаты контроля сварных соединений фиксируют в соответствующих документах.

Пооперационный контроль включает в себя проверку состояния и качества подлежащих сварке труб, деталей и элементов трубопроводов, арматуры и сварочных материалов, а также проверку правильности подготовки кромок и чистоты их поверхностей; контроль качества сборки стыков под сварку, смещений кромок, зазоров и величины несоосности; контроль технологии и параметров режима в процессе сварки.

Внешнему осмотру и измерению подлежат все сварные стыки для выявления возможных дефектов: трещин, выходящих на поверхность шва или основного металла в зоне термического влияния; наплывов и подрезов в зоне перехода от основного металла к наплавленному; прожогов и кратеров; неравномерности усиления сварного шва по ширине и высоте, а также его отклонения от оси (перекосов); непроваров в случаях, если сварное соединение можно осмотреть изнутри трубопровода; несоответствия геометрических размеров швов требованиям чертежей проекта и ГОСТов.

Внешний вид сварных швов, выполненных дуговой сваркой, должен удовлетворять следующим требованиям. Поверхность швов должна быть слегка выпуклой и гладкой (при ручной сварке — мелкочешуйчатой); ноздреватость, пористость, грубая чешуйчатость не допускаются. Переход от наплавленного металла к основному должен быть плавным. Швы не должны иметь трещин, прожогов, кратеров и подрезов глубиной более 0,5 мм.

К *неразрушающим методам контроля*, с помощью которых выявляют в сварных соединениях возможные наружные, не доступные для внешнего осмотра, и внутренние дефекты (трещины, непровары, поры, шлаковые включения и др.), относят радиграфический с применением рентгеновских и электрорадиграфических аппаратов, гамма-дефектоскопов, а также ультразвуковой с использованием ультразвуковых дефектоскопов отечественного и зарубежного производства.

Ультразвуковой метод контроля применяют для трубопроводов с условным проходом от 200 мм и более с толщиной стенки от 6 мм и более.

Необходимость применения того или иного метода контроля, объема контроля и требования к качеству сварных соединений устанавливаются проектом и нормативно-технической документацией.

Контролю неразрушающими методами подвергают сварные стыки трубопроводов, наихудшие из отобранных внешним осмотром, в количестве, %: высокого давления (свыше 10 МПа) — 100; I категории — 20; II категории — 10; III категории — 2; IV категории — 1.

Количество стыков берут от общего числа сваренных каждым сварщиком стыков, но оно должно быть не менее одного. Контролю необходимо подвергать весь периметр стыка.

При неразрушающих методах контроля сварные швы бракуют, если в них обнаружены следующие дефекты: трещины любой глубины и протяженности; непровары и несплавления по кромкам и между отдельными слоями шва.

Качество сварных соединений оценивают по шестибальной системе. Балл сварного соединения определяется как сумма баллов, полученных при раздельной оценке соединения по величине

непроваров и по размерам и количеству включений (пор). Сварные соединения бракуют, если их оценка в баллах равна или больше для трубопроводов: высокого давления — 2; I и II категорий — 3; III категории — 5 и IV категории — 6.

Сварные соединения, оцененные указанным (или большим) баллом, подлежат исправлению и дополнительному контролю удвоенного числа стыков, выполненных сварщиком, допустившим брак.

Механическими испытаниями металла сварных швов проверяют соответствие механических свойств: пределов прочности и текучести, относительного удлинения, ударной вязкости, угла загиба, сплющивания требованиям нормативно-технической документации или проекта.

Металлографическое исследование выполняют, чтобы определить структуру металла шва или околошовной зоны, выявить в сварном шве газовые или шлаковые включения, волосяные трещины, непровары.

Дефекты сварных стыков трубопроводов можно исправить, если при условном проходе трубопровода до 150 мм длина трещин меньше 20 мм и при условном проходе свыше 160 мм — меньше 50 мм; протяженность участков с недопускаемыми дефектами меньше 1/4 окружности стыка; глубина залегания указанных дефектов не превышает 50 % толщины стенки.

Для исправления дефектных мест их вырубают и вновь заваривают. В остальных случаях дефектный стык должен быть полностью удален из трубопровода и на его место вварена катушка. Все подвергавшиеся исправлениям участки стыков должны быть проверены неразрушающими методами контроля. Контроль сварных соединений трубопроводов неразрушающими методами на монтаже выполняют в специализированных передвижных лабораториях.

3.3.7. Маркировка и приемка узлов и секций трубопроводов

Изготовленные элементы и узлы маркируют в соответствии с указаниями проекта.

Маркировка должна содержать: номер заказа или числовой индекс установки, номер блока, номер линии, номер узла. Например, узел № 8, изготовленный по заказу № 349 для блока III линии 16а, маркируется следующим образом: 349-III-16а/8.

Маркировка секций и блоков межцеховых трубопроводов должна содержать: номер эстакады, номер линии трубопровода и длину секции (блока). Например, секция трубопровода для эстакады по улице ВГ линия ЖА107 длиной 18 м маркируется следующим образом: ВГ-ЖА107-18.

Маркировку наносят цветной краской на расстоянии не менее 50 мм от концов. Знаки и шифр маркировки должны быть ясными и легко читаемыми. Высота знаков должна составлять не менее 20 мм. Кроме цифровой маркировки на один конец узла иногда наносят краской условные цветовые обозначения в виде кольцевой полоски, по которой определяют корпус (цех) данного объекта. Цвет полоски должен быть указан в рабочем чертеже.

Готовность узла и секции проверяют внешним осмотром. Для определения комплектности и степени завершения сборочных, сварочных и других операций, а также правильности размеров, сборки и установки арматуры, наличия шайб вместо диафрагм контрольно-измерительных приборов, надежности креплений разъемных соединений, установки прокладок и возможности испытания на прочность и плотность узлы и секции сопоставляют с чертежом.

Гидравлическое или пневматическое испытание отдельных элементов и узлов трубопроводов (до их монтажа) производят только при наличии специальных требований, оговоренных в проекте и заказе. В этих случаях режимы гидравлического или пневматического испытания должны соответствовать режимам испытания всего трубопровода и назначаться в соответствии с требованиями проекта, правилами Ростехнадзора и Санитарными нормами и правилами (СНиП).

При сдаче элементов трубопроводов в монтаж контролируют выполнение следующих требований: наружные поверхности узлов и секций из углеродистой стали должны быть загрунтованы; все открытые отверстия труб, элементов и узлов должны быть закрыты инвентарными пластмассовыми или деревянными заглушками или пробками, а наружные обработанные поверхности арматуры и фланцев защищены от коррозии консервирующими смазками или другими средствами. Внутренние поверхности труб, прошедшие специальную химическую обработку, запорные части арматуры, средства регулирования и автоматики консервируют в соответствии со специальными инструкциями.

3.4. Изготовление трубопроводов из пластмасс

3.4.1. Обработка труб

Трубы из полиэтилена высокого (ПЭВД) и низкого (ПЭНД) давлений, полипропилена (ПП), непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ) и фторопласта легко поддаются различным видам механической обработки.

Разметку труб производят на стеллажах, в желобах и других устройствах, исключающих возможность их механических повреж-

дений. Разметочные линии наносят мелом, карандашом или чертилкой.

Резку пластмассовых труб производят теми же режущими инструментами, что и стальных (дисковые и ленточные пилы, резцы, фрезы, шлифовальные армированные круги и режущие полотна). В трубозаготовительных цехах для резки труб применяют маятниковые пилы, распиловочные станки по дереву, токарные и фрезерные станки, ручные электрические дисковые пилы, а также специальные механизированные и ручные устройства.

Для резки труб на монтаже используют ручные ножовки по металлу, обычные столярные ножовки, лучковые и поперечные двуручные пилы.

Сверление отверстий в трубах осуществляют на станках и электропроводных устройствах. Для сверления отверстий диаметром до 50 мм применяют перовые и спиральные сверла, а выше 50 мм — циркульные резцы и специальные трубные сверла.

Для снятия фасок и окисленного слоя на концах труб с условным проходом 40...315 мм перед контактной сваркой используют комплект ручных приспособлений. Приспособление (рис. 3.50) устанавливают внутри торца обрабатываемой трубы 3 с применением центрирующей оправки 2. При вращении режущая головка / передвигается винтовой опорой. Приспособление универсально и легко перенастраивается с одного размера на другой.

При механической обработке труб из ПВХ охлаждать режущий инструмент следует сжатым воздухом. Применять воду и другие охлаждающие жидкости для этих целей не допускается.

Гибку труб из ПЭВД, ПЭНД, ПП и ПВХ выполняют одним из следующих способов: обкаткой роликом вокруг шаблона без применения наполнителя при $s/D, > 0,065$, где s — толщина стенки трубы, мм; D — наружный диаметр трубы, мм; наматыванием на шаблон с внутренней оправкой при $s/D, < 0,065$; по шаблонам с

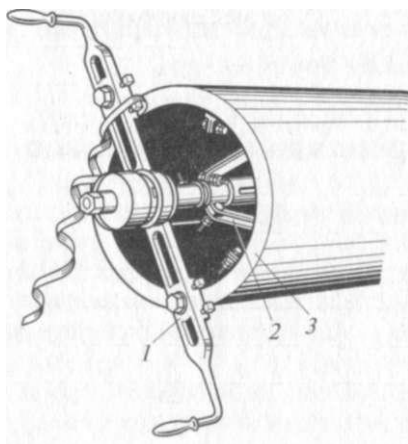


Рис. 3.50. Ручное приспособление для торцовки и снятия фасок на концах труб:

1 — режущая головка; 2 — центрирующая оправка; 3 — труба

применением наполнителя. Последний способ применяют при отсутствии трубогибочного оборудования. Радиус изгиба труб принимают в соответствии с проектом. При отсутствии таких указаний радиус изгиба принимают не менее $3,5D_n$. Трубы перед гибкой нагревают в жидкостных (глицериновых и др.) ваннах, электропечах и камерах. Температура глицерина в ванне должна составлять, °С: для труб из ПЭНД - 135, из ПЭВД - 105, из ПП - 165, из ПВХ — 135. При нагреве в электропечах или камерах температура воздуха должна быть на 25... 30 °С выше.

При гибке труб по шаблонам в качестве наполнителя используют резиновый жгут, гибкий металлический или резиновый шланг и сухой песок, предварительно нагретый до 100 °С. Наружный диаметр жгута или шланга принимают на 1 ...2 мм меньше внутреннего диаметра изгибаемой трубы.

Вследствие остаточного пружинения угол загиба труб на 90° следует увеличить: из ПЭВД — на 6°; ПЭНД, ПП — на 10° и фторопласта — на 15°. У труб из ПВХ остаточного пружинения при гибке нет.

Изготовление на трубах или заготовках отбортовок, утолщенных буртиков, раструбов и переходов, калибровку концов и вытяжку ответвлений производят формованием участка трубы, предварительно нагревая его до температур, указанных в табл. 3.3. Нагрев осуществляют в термощкафах и кольцевых печах, в которых в качестве теплоносителя используют воздух, а также в нагревательных устройствах с инфракрасными излучателями или в глицериновых ваннах.

При формовании концы труб нагревают до размягчения материала, а концы труб из фторопласта — до появления прозрачности. Время нагрева устанавливают из расчета 1... 1,5 мин на 1 мм

Т а б л и ц а 3.3

Температура теплоносителя при нагреве труб перед формованием

Материал труб	Температура теплоносителя при нагреве труб, °С		
	при отбортовке, изготовлении раструбов, калибровке и вытяжке ответвлений (без формования стенки)		при изготовлении утолщенных буртиков, переходов и вытяжки ответвлений (с формованием стенки)
	глицерин	воздух	воздух
ПЭНД	135 ± 5	150 ± 10	240 ± 10
ПЭВД	105 ± 5	135 ± 10	220 ± 10
ПП	—	185 ± 10	280 ± 10
ПВХ	135 ± 5	160 ± 5	
Фторопласт	—	315 ± 10	—

толщины стенки трубы. Формуют концы труб (рис. 3.51) с применением специальных инструментов и устройств с ручным или механизированным приводом. Рабочие поверхности формовочных инструментов полируют.

Отформованный конец трубы или отформованную деталь следует охлаждать вместе с формовочным инструментом до температуры 35 °С и ниже. Для ускорения процесса применяют принудительное охлаждение водой или сжатым воздухом.

Длина нагреваемых концов труб или заготовок при тепловом формовании раструба или перехода должна быть в 1,5 раза больше длины формоваемого участка, а при отбортовке и изготовлении углового буртика — в 1,2 раза больше.

Цилиндрический раструб формуют пуансоном, вдвигаемым в размягченную трубу, а калибровку производят гильзой, **надвигая** ее на ее конец.

Для труб из ПВХ также производят формование раструба путем вдвигания холодной трубы со снятой фаской на конце в разогретый конец другой трубы.

Отбортовку на концах труб или заготовок выполняют пуансоном и прижимным фланцем, оформляющим наружную поверхность отбортовки.

Трубы из фторопласта с условным проходом свыше 100 мм отбортовывают в два приема. При этом сначала производят раздлуку конца трубы конусной оправкой на угол 45°, а затем окончательно отбортовывают плоским пуансоном.

Для формования утолщенных буртиков и переходов используют пресс-формы.

Для изготовления переходов на конце трубы формуют раструб, внутренний диаметр которого должен соответствовать наружному

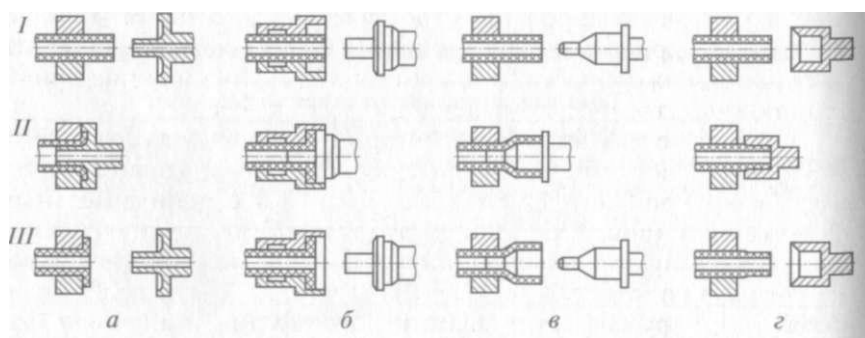


Рис. 3.51. Схема обработки концов труб формованием:

а — отбортовка; **б** — изготовление утолщенных буртиков; **в** — изготовление раструбов и переходов; **г** — калибровка; — последовательность выполнения операций

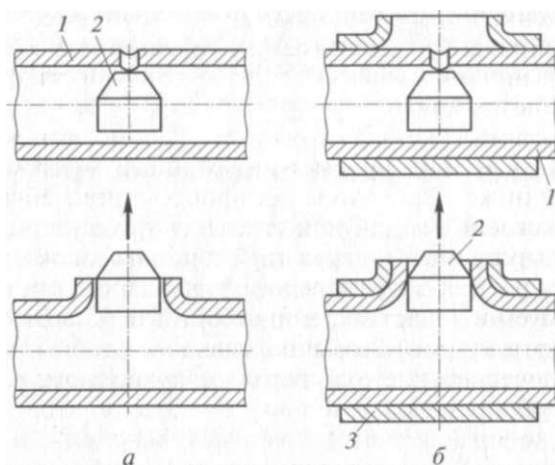


Рис. 3.52. Схема процесса вытяжки ответвлений в трубах:
 а — без принудительного формования; б — с принудительным формованием;
 / — труба-заготовка; 2 — пуансон; 3 — матрица

диаметру соединяемой трубы. Переходы для труб среднего типа С выполняют из труб тяжелого типа Т, а для труб типа Т — из труб, имеющих максимальный плюсовой допуск на толщину стенки. Конструкции переходов должны иметь максимальное соотношение диаметров присоединительных концов труб.

При выполнении операций, связанных с нагревом труб из фторопласта, необходимо соблюдать правила техники безопасности, так как при температуре выше 350 °С начинается разложение фторопласта с выделением токсичных продуктов. Работы необходимо производить в изолированном помещении, в котором устроена вытяжная и приточная вентиляция. Рабочие, выполняющие эти операции, должны работать в противогазах. Посторонние лица в это производственное помещение не допускаются.

Переходные тройники и коллекторы в трубопроводах из ПЭНД, ПЭВД и ПП могут быть изготовлены вытяжкой горловины ответвлений без принудительного (рис. 3.52, а) и с принудительным формованием (рис. 3.52, б). Для труб типов С и Т предпочтителен способ с принудительным формованием, так как при этом высота ответвления может быть получена на 15... 20 % больше. Размеры отверстий в трубе в месте вытяжки ответвлений выполняют эллиптической или овальной формы.

Диаметр нагреваемого участка должен на 20...40 мм превышать наружный диаметр ответвления. Допускается нагрев всей трубы-заготовки / в глицериновых ваннах, газовых и паровых камерах.

Форма пуансона 2 может быть конической или сферической. Длина цилиндрической части пуансона должна быть не меньше высоты ответвления, а диаметр — на 2 % больше внутреннего диаметра ответвления (для компенсации усадки после остывания)Л

3.4.2. Сборка, сварка и склеивание трубопроводов

При подготовке под стыковую сварку трубы очищают и обезжиривают с внутренней и наружной сторон на расстоянии от торца не менее 50 мм. Для выравнивания торцов и снятия окисленного слоя свариваемые поверхности труб торцуют. К работам по сварке и склеиванию допускают рабочих, сдавших пробные испытания и имеющих удостоверение о допуске к сварке (склеиванию) пластмассовых трубопроводов.

Стыки труб из пластмассы сваривают на специальном сварочном оборудовании или переносных приспособлениях, обеспечивающих крепление и центрирование труб, устранение овальности, а также создание и поддержание необходимых контактных давлений при сварке. Трубопроводы всех категорий из ПЭНД, ПЭВД, ПП и ПП-III — V категорий из ПВХ сваривают встык с применением плоских нагревательных инструментов 2 (рис. 3.53). Оптимальная температура нагревательного инструмента при этом для труб из ПЭВД — $(200 \pm 10)^\circ\text{C}$, ПЭНД — $(220 \pm 10)^\circ\text{C}$, ПП — $(240 \pm 5)^\circ\text{C}$ и ПВХ — $(225 \pm 5)^\circ\text{C}$. Длительность стадии оплавления при нагреве перед сваркой в режиме постоянного давления орэнтированочно принимают 10 с на 1 мм толщины стенки трубы.

Для сварки встык преимущественно применяют электронагревательный инструмент с терморегулятором (рис. 3.54). Термоэлектронагревательный элемент (ТЭН) 4 размещен внутри плиты / инструмента. Рабочие поверхности плиты покрывают термостойкой липкой лаковой тканью 5 на основе фторопласта, что исключает необходимость перед каждой сваркой очищать ее поверхности от расплавленного материала. Заданная температура инструмента поддерживается биметаллическим терморегулятором 2.

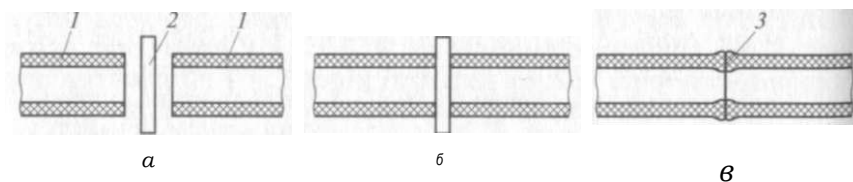


Рис. 3.53. Схема сварки труб встык с применением плоского нагревательного инструмента:

а — сборка и центрирование; б — нагрев и оплавление торцов; в — осадка и охлаждение стыка; / — трубы; 2 — нагревательный инструмент; 3 — сварной шов

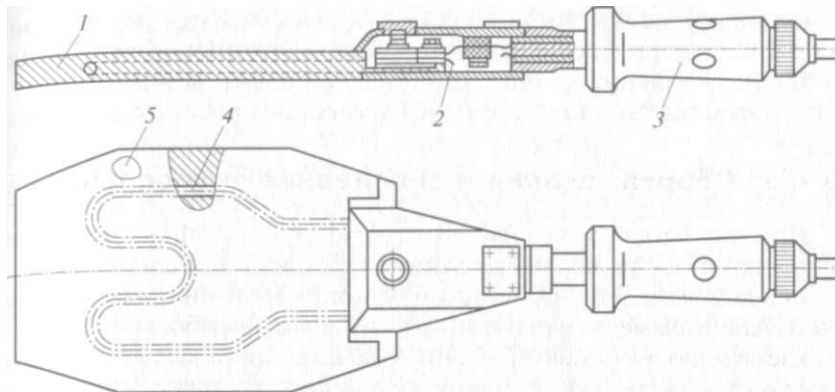


Рис. 3.54. Электронагревательный инструмент для сварки встык:
 1 — плита; 2 — биметаллический терморегулятор; 3 — ручка с кабельным вво-
 дом; 4 — ТЭН; 5 — лаковая ткань

Технология изготовления отводов, тройников и крестовин (рис. 3.55) сваркой встык включает в себя резку / труб, торцовку и очистку концов труб, сварку 2 (отводов), отрезку 3 вершины отводов (для тройников и крестовин) и их сварку 4.

В стационарных условиях сварку труб и фасонных деталей диаметром до 315 мм выполняют на установках с пневматическим приводом.

Смещение соединяемых концов труб при сварке встык не должно превышать 10% номинальной толщины стенки. Неравномерность зазора между сведенными торцами труб при сборке под сварку не должна превышать: 0,3 мм — для наружного диаметра до 110 мм, 0,4 мм — для $D, < 225$ мм, 0,5 мм — для $D, < 315$ мм и 0,6 мм — для $D, > 315$ мм.

Вылет концов труб из зажимов сварочных устройств после сварки должен быть не менее 15 мм, а рабочая зона нагревательного инструмента должна выступать за наружные контуры свариваемых труб не менее чем на 15 мм.

Технологический процесс контактной сварки вращающихся труб и контактной раструбно-стыковой сварки труб из ПЭВД, ПЭНД и ПП состоит из следующих операций: подготовки и сборки труб, установки ограничительного хомута (рис. 3.56, а); нагрева и оплавления свариваемых труб (рис. 3.56, б), соединения свариваемых труб (рис. 3.56, в) и охлаждения сварного соединения.

Перед сваркой вращающихся труб на обоих концах соединяемых труб снимают фаску под углом 45° на $1/3$ толщины стенки. На прямом конце трубы / снимают наружную фаску, а на конце трубы 4 с раструбом — внутреннюю. Перед сваркой соединяемые поверхности труб обезжиривают. Овальность подготовленных к сварке труб

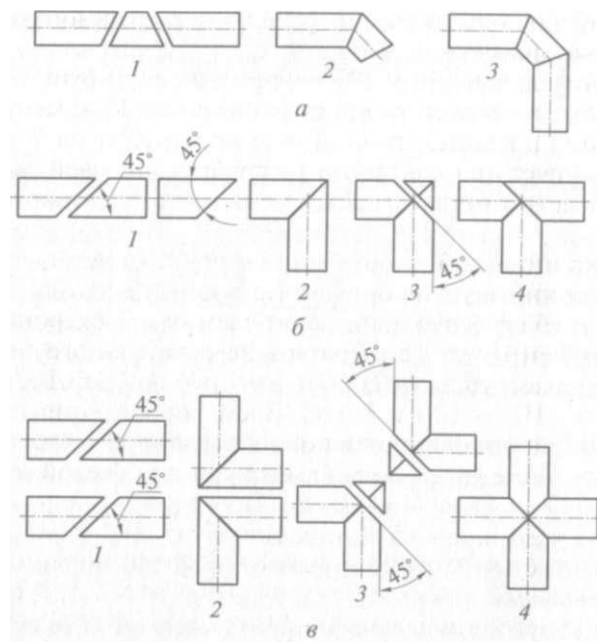


Рис. 3.55. Схема изготовления сварных деталей трубопроводов: а — отводов; б — тройников; в — крестовин; 1-4 — последовательность операций (/ — резка труб, торцовка и очистка концов труб; 2 — сварка отводов; 3 — отрезка вершины отводов для тройников и крестовин; 4 — сварка)

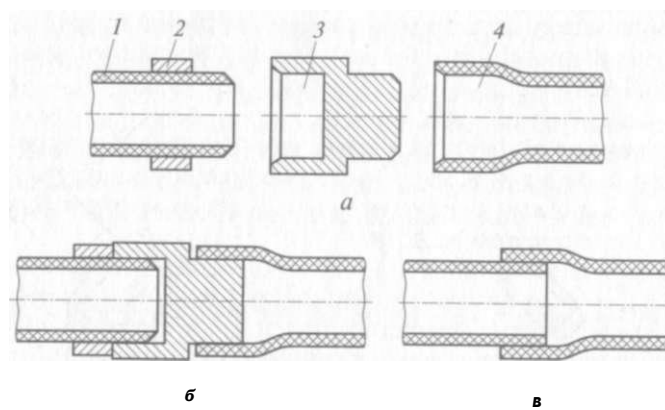


Рис. 3.56. Схема сварки труб внахлест: а — центрирование и установка ограничительного хомута: / — прямой конец трубы; 2 — ограничительный хомут; 3 — нагревательный инструмент; 4 — конец трубы с раструбом; б — нагрев и оплавление свариваемых концов труб; в — соединение свариваемых труб

враструб должна находиться в пределах допускаемого отклонения на наружный диаметр.

Ограничительный хомут 2 устанавливают на трубу / так, чтобы расстояние от хомута до торца трубы было на 2 мм меньше глубины раструба при контактной сварке враструб и на 2 мм больше глубины раструба при контактно-раструбно-стыковой сварке. Внутренний диаметр хомута на 0,2 мм меньше номинального диаметра трубы.

Вылет концов труб из зажимов сварочного устройства при их установке принимают не больше 1,5 длины раструба.

Сварку труб враструб производят съемным электронагревательным инструментом 3. Температура нагревательного инструмента при сварке враструб должна быть для труб из ПЭВД (250 ± 10) °С, из ПЭНД и ПП — (270 ± 10) °С. Время оплавления при нагреве перед сваркой ориентировочно принимают 3...4 с на каждый 1 мм толщины стенки, а время выдержки под осевой нагрузкой — 30...40 с.

Монтажные стыки полиэтиленовых труб с $D_n = 25...100$ мм сваривают враструб с помощью муфт с закладными нагревательными элементами.

Газовую прутковую сварку производят вручную в обычном или скоростном режимах (рис. 3.57). Площадь выходного канала 4 наконечника принимают на 10...15 % больше площади поперечного сечения прутка 2. При выполнении сварки в скоростном режиме наконечник сварочной горелки 3 должен иметь отдельные выходные каналы: для предварительного подогрева прутка 6 и кромок свариваемых деталей 5.

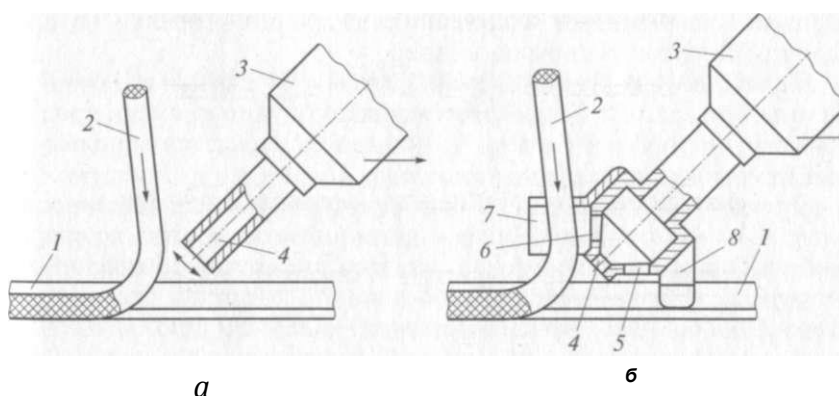


Рис. 3.57. Схема ручной газовой прутковой (а) и скоростной (б) сварки:
 / — свариваемые детали; 2 — присадочный пруток; 3 — сварочная горелка; 4 —
 выходной канал наконечника; 5, 6 — каналы предварительного подогрева; 7 —
 направляющая для прутка; 8 — направляющий клин

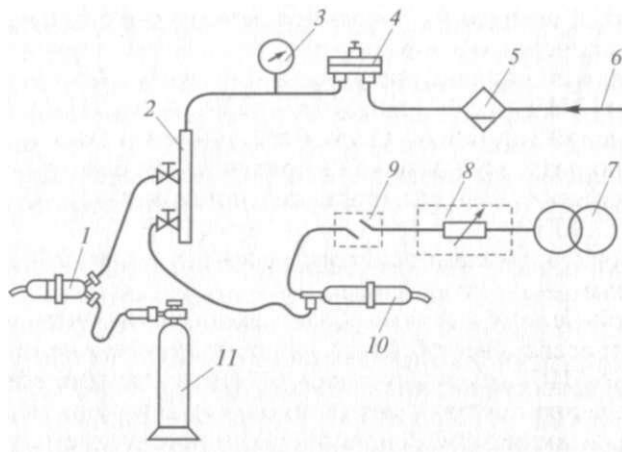


Рис. 3.58. Схема питания горелок для прутковой сварки:

1 — газовая горелка; 2 — коллектор; 3 — манометр; 4 — редуктор; 5 — маслола-
гоотделитель; 6 — магистральная линия; 7 — трансформатор; 8 — реостат; 9 —
выключатель; 10 — электрическая горелка; // — баллон с горючим газом

Расстояние от наконечника сварочной горелки до поверхности свариваемых деталей / составляет (5 ± 2) мм, при этом угол наклона присадочного прутка 2 к поверхности сварного шва принимают для труб из ПЭНД, ПП и ПВХ равным 90° , а из ПЭВД — 120° . Угол подвода наконечника сварочной горелки относительно поверхности сварного шва принимают равным 30° при толщине стенки детали до 5 мм и 40° — при толщине стенки свыше 5 мм.

Газовая струя должна направляться колебательными (веерообразными) движениями наконечника сварочной горелки на присадочный пруток и кромки деталей.

В качестве газа-теплоносителя используют сжатый воздух, очищенный от влаги и масел, а также газоздушную смесь продуктов сгорания пропан-бутана. Для сварки допускается использование инертных газов (азот, аргон и др.).

Прутки в шов укладывают рядами в такой последовательности: сначала один пруток в корневой шов, затем два прутка во второй ряд, три прутка в третий ряд и т.д. При смене или обрыве прутка в процессе сварки оставшийся в шве конец прутка срезают под углом 40° к оси шва. При многорядной укладке прутков в сварной шов каждый последующий пруток укладывают после охлаждения предыдущего до температуры 40°C и ниже.

Для прутковой сварки применяют электрические или газовые горелки, нагревающие теплоноситель. Температуру теплоносителя в горелках регулируют изменением напряжения или количества нагреваемого теплоносителя. Горелки 1 и 10 (рис. 3.58) пита-

ются сжатым воздухом от магистральной линии 6, баллона или компрессора через масловлагоотделитель 5. Температура нагрева теплоносителя должна составлять для труб, °С: из ПЭВД — 200...250, ПЭНД - 250... 270, ПВХ - 230...250 и ПП - 250...270.

Для газовой прутковой сварки соединений встык производят V-образную разделку кромок без притупления. Для труб с толщиной стенки до 6 мм угол разделки составляет 55...60°, а более 6 мм - 70...90°.

При сборке труб зазор в стыковом соединении равен 0,5... 1,5 мм, а раструбном — не более 1 мм.

Склеивание труб из ПВХ более экономично, чем прутковая сварка, и обеспечивает большую прочность соединений. Трубопроводы из ПВХ склеивают в раструб специальными клеями. Зазор при склеивании допускается до 0,6 мм. Длину нахлестки принимают на 6 мм больше половины наружного диаметра склеиваемых труб.

Поверхность концов труб и раструбов должна быть шероховатой и обезжиренной. Шероховатость достигается шлифовкой шкуркой с крупностью зерна № 12 или 16, а обезжиривание — протиркой поверхности ацетоном или метилен хлоридом (расход растворителя 0,12 г/см²). Перед склеиванием проверяют зазор и производят контрольную сборку раструбного соединения.

Клей наносят мягкой кистью на две трети глубины раструба и на всю длину калиброванного конца трубы равномерным тонким слоем в осевом направлении. Расход клея составляет примерно 0,1 г/см². После нанесения клея в течение 1 ...2 мин участок трубы вводят в раструб, при этом не допускаются смещения труб одна относительно другой. После склеивания раструбное соединение должно находиться в состоянии покоя не менее 2 ч.

3.4.3. Контроль качества сварных и клеевых соединений

Качество сварных швов пластмассовых трубопроводов проверяют посредством систематического пооперационного контроля, внешнего осмотра и механических испытаний.

Ускоренную проверку качества сварных швов производят перед выполнением сварочных работ при монтаже для настройки сварочного оборудования и внесения коррективов в сварочный режим.

Пооперационный контроль выполняют в процессе всего сварочного цикла, при этом проверяют качество сборки под сварку, состояние поверхности свариваемых концов труб, чистоту поверхности нагревательного инструмента и параметры сварочного режима.

Внешнему осмотру подлежат все сварные соединения трубопроводов.

Грат сварного шва, выполненного контактной сваркой встык, должен быть равномерно распределен по периметру стыка, а при сварке внахлест — по торцу внутренней кромки нахлестка. Валики грата при сварке встык должны иметь примерно одинаковые размеры высотой при толщине стенок труб, мм: до 7 — 1...2,5 мм, от 7 до 18 — 2...4 мм, свыше 18 до 26 — 3...5 мм. Поверхность валиков должна быть гладкой с матовым оттенком. В шве не должно быть трещин, газовых пузырей и инородных включений.

Между кромками свариваемых поверхностей не должно быть пустот.

При газовой прутковой сварке поверхность шва должна быть выпуклой в центре, а края шва плавно переходить на основной материал. Основной материал в месте соединения с прутком шва должен иметь легкое вспучивание. Смещение кромок в сварном соединении не должно превышать 10% толщины стенки трубы и быть не более 1,2 мм.

Стыки с обнаруженными внешним осмотром дефектами бракуют, вырезают и заменяют катушками длиной не менее 200 мм. Исправление дефектов в сварных швах не допускается.

Механические испытания сварных стыков производят на растяжение, статический загиб, отдир и сдвиг (для нахлесточных соединений). Испытание на растяжение выполняют на трубных образцах при наружном диаметре до 50 мм и на линейных образцах при наружном диаметре более 50 мм и толщине стенки более 10 мм. Испытание на статический загиб проводят на линейных образцах при $D > 50$ мм и толщине стенки до 10 мм, а на отдир — при $D > 50$ мм независимо от толщины стенки. Испытание на сдвиг выполняют на трубчатых образцах, вырезанных из середины нахлестка с высотой, равной половине его глубины.

Механическим испытаниям на растяжение и сдвиг подвергают сварные соединения трубопроводов II и III категорий. Контролю подлежат 0,5 % сварных стыков трубопроводов, выполненных на одном объекте, в том числе не менее одного стыка, выполненного каждым сварщиком. Отбираемые для контроля сварные стыки должны быть прямолинейными. Время между сваркой и испытанием образцов должно составлять не менее 24 ч. Число испытываемых образцов и их размеры принимают в соответствии с требованиями нормативной документации. Качество сварного стыка при испытании на растяжение оценивается коэффициентом прочности, который должен быть не менее: 0,95 — при сварке встык, 1,0 — при сварке внахлест и 0,5 — при газовой прутковой сварке встык с V-образной разделкой кромок. Коэффициент прочности сварного шва — это отношение разрушающего напряжения сварного образца к пределу текучести материала трубы.

Удовлетворительными считаются результаты испытания на статический загиб, если не менее 80 % образцов выдержало изгиб на угол 180° при отсутствии разрушений, обнаруживаемых без увеличительных приборов.

При испытании образцов на отдир трубы от раструба разрушение должно происходить по целому материалу или частично по шву.

Качество раструбного сварного соединения при испытании образцов на сдвиг считается удовлетворительным, если разрушающее напряжение составляет не менее: 8 МПа — для ПЭВД, 15 МПа - для ПЭНД и 16 МПа — для ПП.

Качество клеевых соединений трубопроводов из ПВХ проверяют визуально пооперационным контролем: обработку и подготовку склеиваемых поверхностей; полноту покрытия клеем соединяемых поверхностей и вязкостью клея. Поверхности перед нанесением клея должны быть чистыми. Клей наносят равномерным слоем по всей поверхности. Вязкость клея должна соответствовать инструкциям по применению той или иной марки клея.

3.5. Правила техники безопасности при изготовлении трубопроводов

Для рабочих каждой специальности на предприятиях разрабатываются инструкции по технике безопасности и производственной санитарии, в которых подробно указываются условия безопасной работы и меры, предупреждающие случаи промышленного травматизма. Невыполнение рабочими инструкций рассматривается как нарушение трудовой и производственной дисциплины.

К обслуживанию металлорежущих станков и приспособлений, установленных в трубозаготовительных цехах, для обработки труб и деталей допускаются только специально обученные рабочие, хорошо знающие устройство и работу оборудования. Работающий у станка должен быть одет в спецодежду, аккуратно заправленную и не имеющую свисающих концов, волосы должны быть подбраны под головной убор.

Перед пуском станок или приспособление необходимо тщательно осмотреть, проверить наличие кожухов и защитных ограждений. О замеченных неисправностях нужно сообщить мастеру. Во время работы станков запрещается снимать защитные устройства. Необходимо применять поддерживающие устройства, исключающие самопроизвольное скатывание труб и деталей.

Особое внимание следует уделить вопросам техники безопасности при резке на станках и приспособлениях с шлифовальными дисками, а также на заточных станках. Во время работы на этих станках рабочий должен стоять сбоку, а не против шлифовально-

го диска. Для обычных обдирочных станков максимальные допустимые углы раскрытия защитного кожуха составляют 90°, а для тех же станков при необходимости расположения обрабатываемой детали ниже горизонтальной оси круга — 120°. Для переносных станков с гибким валом и станков с качающейся рамой нижняя половина круга может быть раскрыта на 180°.

К работе на трубогибочных станках допускаются только рабочие, прошедшие курс обучения и имеющие удостоверение на право управления данными станками.

При освобождении изогнутой трубы в холодном состоянии из ручья гибочного диска трубогибочного станка необходимо соблюдать безопасные приемы работы, так как в результате остаточного пружинения труба может нанести травму.

Зона поворота трубы на трубогибочном станке со стороны проходов должна быть ограждена.

Установку для гибки труб с индукционным нагревом должны обслуживать не менее двух рабочих — гибщик-оператор и электрик.

При съеме и укладке изогнутых труб рекомендуется тщательно следить за положением центра тяжести трубы, так как при подъеме изогнутая труба может развернуться и поранить рабочих.

Все временные электрические сети, электропроводки, электроустройства и электрооборудование должны быть выполнены в полном соответствии с правилами монтажа и эксплуатации электротехнических устройств. Технологическое, электрическое и монтажное оборудование, электроинструменты, работающие при напряжении более 36 В (независимо от частоты электрического тока), надежно заземляют.

На расстоянии 10 м от склада кислородных баллонов не разрешается складировать какие-либо горючие материалы. Транспортировать баллоны следует с помощью специальных носилок или тележек. На рабочем месте баллон должен быть прикреплен цепью или хомутом к стене, стойке или уложен наклонно.

Необходимо, чтобы кислородный инструмент (редукторы, горелки, резаки, шланги), а также спецодежда и рукавицы, во избежание загорания не были загрязнены минеральным маслом и жирами.

Электросварщики и слесари должны быть полностью оснащены всеми защитными средствами от брызг металла, поражения лучами и током.

Электросварщик при работе открытой дугой для защиты глаз и открытых частей лица должен иметь щиток или шлем с защитными стеклами (светофильтрами).

Работающие непосредственно с электросварщиками при изготовлении и монтаже трубопроводов также должны пользоваться теми же средствами защиты, что и сварщики.

Место, где производится сварка деталей и узлов трубопроводов, ограждают ширмами (кабинами), окрашенными в темный цвет, стенки сварочных кабин должны иметь высоту 1,8...2 м, между стенкой и полом должен быть зазор 18...20 см для доступа в кабину свежего воздуха.

При закреплении пластмассовых труб для механической обработки особо следует учитывать их упругие свойства. Ненадежное закрепление труб может быть причиной травм.

В помещениях, где обрабатывают поливинилхлорид, запрещается производить работы, связанные с выделением взрыво- и огнеопасных газов или растворителей, так как во время трения металла о поливинилхлорид при больших скоростях резания образуются искры.

Рабочие, связанные с обработкой фторопласта, должны ежемесячно проходить медицинский осмотр.

При контроле сварных соединений радиоактивными средствами нужно строго руководствоваться специальными инструкциями и правилами. Из зоны действия радиоактивного излучения должны быть удалены все рабочие, не занятые этим видом контроля.

Для предохранения людей от вредного воздействия гамма-излучения места проведения испытаний нужно ограждать, вывешивать условные знаки о радиационной опасности и плакаты с надписями, предупреждать всех работающих (независимо от административной подчиненности) о проведении работ с источниками излучения. Запрещается оставлять источники излучения без надзора.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается технико-экономическая эффективность централизованного изготовления трубопроводов?
2. Какие основные операции включает в себя технологический процесс изготовления узлов трубопроводов?
3. В чем преимущества гибки труб с нагревом токами высокой частоты?
4. Каким образом осуществляют раздачу, обжим и отбортовку концов труб?
5. Какие технологические операции выполняют при термической обработке сварных соединений трубопроводов?

ГЛАВА 4

МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

4.1. Подготовка производства и средства механизации монтажных работ

4.1.1. Подготовка производства монтажных работ

Успешное и качественное выполнение монтажных работ зависит от своевременной подготовки производства. При монтаже трубопроводов необходимо строго соблюдать технические условия и правила производства работ, тщательно контролировать качество поступающих на монтаж труб, деталей и узлов трубопроводов, арматуры и других материалов.

За выбор схемы трубопровода, правильность и целесообразность его конструкции, правильность прочностного и гидравлического расчетов, расчета на компенсацию тепловых деформаций, за выбор материала, способов прокладки, дренажа, а также за проект в целом и за соответствие его действующим общероссийским или ведомственным правилам и нормам несет ответственность организация, разрабатывающая проект.

Способы производства работ определяет монтажная организация, которая несет ответственность за соблюдение требований проекта и требований, предъявляемых к монтажу трубопроводов в соответствии с их категориями. Все изменения проекта, необходимость в которых может возникнуть в процессе изготовления и монтажа трубопроводов, в том числе замена марок и материала труб, фасонных деталей, арматуры и других элементов трубопроводов должны быть согласованы с ответственными представителями завода-заказчика и оформлены соответствующей документацией через проектную организацию завода.

До начала монтажа трубопроводов производитель работ, мастер и бригадир подбирают рабочие чертежи, спецификации, проект производства работ и другую техническую документацию по трубопроводам данного объекта.

При ознакомлении с технической документацией необходимо изучить монтажно-технологическую схему трубопроводов, совмещенную со схемой контрольно-измерительных приборов и автоматики, планы и разрезы производственного здания, чертежи линий трубопроводов, обвязок аппаратов и оборудования, а так-

же креплений трубопроводов и опорных конструкций, спецификацию на детали и изделия.

Каждая бригада и рабочие после получения задания подробно изучают всю техническую документацию, технические условия производства работ и правила техники безопасности.

До начала монтажа трубопроводов организуют площадки для промежуточного складирования и укрупнения узлов и элементов трубопроводов, в местах производства работ оборудуют сварочные посты. Для временных сооружений применяют инвентарные контейнерные и сборно-разборные конструкции, что позволяет снизить затраты труда на вспомогательных работах и быстрее подготовиться к началу производства работ. Инструментальные кладовые располагают в непосредственной близости к рабочим местам, чтобы сократить время на получение и сдачу инструмента.

До начала монтажа должны быть закончены общестроительные работы, а также установлены конструкции и оборудование (в случае, если их монтаж не ведется совместно с обвязочными трубопроводными работами), проходы и проезды освобождены от строительного мусора и посторонних предметов, чтобы обеспечить свободный и безопасный доступ к рабочим местам.

Прежде чем приступить к монтажу трубопроводов, необходимо ознакомиться с местами их прокладки и проверить строительную готовность объекта под монтаж. При проверке готовности строительных конструкций, на которых прокладывается или крепится трубопровод, контролируют наличие предусмотренных проектом закладных частей.

Приемку готовности строительных конструкций под монтаж оформляют актом.

После ознакомления с местом прокладки намечают, какие временные подмости и леса потребуются при монтаже трубопровода, и обеспечивают полную комплектацию трубопроводов по линиям всеми необходимыми изделиями и материалами.

С трубозаготовительных предприятий на монтажный участок поступают в специальных контейнерах детали и узлы трубопроводов, опоры, подвески и опорные конструкции, арматура, крепежные детали, секции прямых участков трубопроводов. При приемке проверяют соответствие всех изделий чертежам и наличие маркировки.

Перед монтажом подбирают монтажные механизмы, приспособления и инструмент (по проекту производства работ); подают узлы, прямые участки трубопроводов и другие комплектующие изделия и материалы в зону монтажа; знакомят бригады с объемами и графиками предстоящих работ; выдают задания и наряды на производство работ; проводят инструктаж по технике безопасности.

4.1.2. Такелажные работы, машины, оборудование и оснастка

Монтаж технологических трубопроводов связан с выполнением значительного объема такелажных работ, которые включают в себя погрузку и разгрузку труб, деталей, элементов, узлов и секций трубопроводов, а также арматуры; их перемещение в пределах монтажной площадки, подъем и установку в проектное положение, поддерживание при сборке.

При монтаже внутрицеховых трубопроводов широко применяются грузовые блоки и тали, полиспасты, используемые совместно с ручными и электрическими лебедками. При укладке межцеховых трубопроводов в траншеи, лотки, на эстакады, а также на погрузочно-разгрузочных работах и при установке узлов и блоков внутрицеховых трубопроводов в проектное положение используют грузоподъемные машины, применяемые при монтаже технологического оборудования и строительных конструкций: автомобильные краны, пневмоколесные краны, гусеничные краны и трубоукладчики.

При монтаже трубопроводов используют инвентарные приспособления и подвесные площадки, а также телескопические выдвижные подъемники, автогидроподъемники и самоходные выдвижные подмости.

Телескопический подъемник с гидравлическим приводом (рис. 4.1) предназначен для подъема двух рабочих с инструментом и монтажными материалами и выполнения строительно-монтажных работ на высоте от 2,6 до 12 м внутри промышленных зданий и на открытых площадках. Подъемник представляет собой четырехсекционный телескопический гидравлический плунжерный цилиндр 2 с закрепленной на нем рабочей площадкой 3, установленный на раме тележки 1. Устойчивость подъемника при работе обеспечивается четырьмя откидными упорами 5.

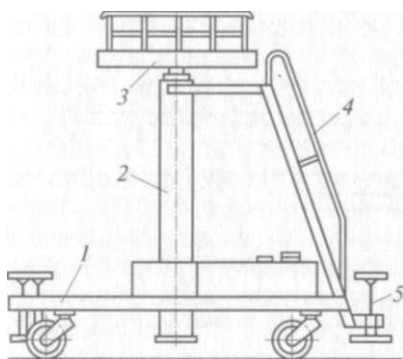


Рис. 4.1. Телескопический подъемник с гидравлическим приводом:

1 — тележка; 2 — телескопический гидравлический плунжерный цилиндр; 3 — рабочая площадка; 4 — лестница; 5 — откидной упор

Автогидроподъемник (рис. 4.2) используют при сборке или сварке монтажных стыков трубопроводов и их последующей изоляции или окраски. Автогидроподъемник оснащен дополнительным оборудованием — электролебедкой грузоподъемностью 3 т и выпрямителем. Для выполнения сварочных работ электролебедку 2упоры и выпрямитель / устанавливают в кузове автомашины. Предварительно укрепленный узел 10 трубопровода поднимают с помощью траверсы 7и блока 6, который подвешивается к строительным конструкциям. После подъема монтируемого узла в проектное положение двое рабочих, используя люльку 4, закрепляют узел на опорных конструкциях, а также собирают и сваривают монтажные стыки. Фланцевые соединения собирают электрогайковертом 8.

Одна из ответственных и трудоемких такелажных операций, связанных с подъемом и установкой в проектное положение труб, деталей, арматуры и узлов трубопроводов, — их строповка. Место расположения строповых устройств выбирают в зависимости от габаритных размеров поднимаемых грузов, их массы и конфигурации, числа и характеристик грузоподъемных средств, а также от схемы подъема. При этом необходимо знать расположение центра тяжести узлов или блоков пространственных конструкций трубопровода и стропить их так, чтобы центр тяжести находился ниже мест строповки по оси разноса стропов, т.е. исключалась возможность разворота груза вокруг своей оси. Нужно учитывать также удобство расстроповки после установки отдельных частей трубопроводов в проектное положение.

Груз следует стропить таким образом, чтобы он не выпадал и его положение при перемещении было устойчивым. При этом

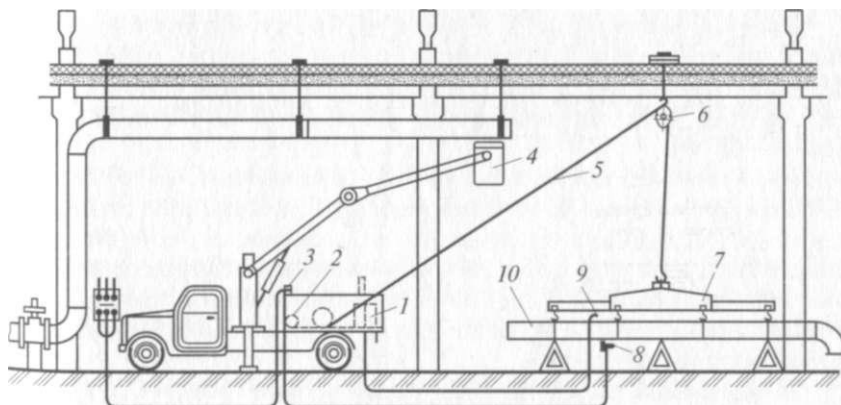


Рис. 4.2. Монтаж трубопроводов с помощью автогидроподъемника:
 1 — выпрямитель; 2 — электролебедка; 3 — кнопочная станция; 4 — люлька; 5 — канат; 6 — блок; 7 — траверса; 8 — электрогайковерт; 9 — электродержатель; 10 — монтируемый узел

нельзя допускать перекруток каната во избежание его обрыва и соскальзывания. Под острые углы следует устанавливать подкладки, предохраняющие канат от перегибов и перетираания.

Строп укрепляют только за надежные части груза. Необходимо следить за тем, чтобы при строповке не повредить отдельные элементы. Подвешивать груз к крюку подъемного механизма нужно так, чтобы канат или строп не развязался при натяжении и его можно было легко освободить при снятии груза. Следует применять безопасные крюки, снабженные предохранительными планками или скобами, которые исключают возможность соскальзывания стропа во время подъема груза.

Перед подъемом грузовые канаты крана должны находиться в вертикальном положении. Перед подачей сигнала о подъеме груз рабочий должен убедиться в том, что на грузе нет незакрепленных деталей или инструментов, которые могут упасть. При подъеме груз предварительно приподнимают на высоту 100...200 мм проверяют правильность строповки и равномерность натяжения ветвей стропа.

Элементы и узлы трубопроводов при подъемах и перемещениях стропят различными способами в зависимости от их геометрической формы, размеров и числа.

Перед подъемом тяжелую арматуру стропят только за корну или крышку арматуры. Запрещается стропить арматуру за маховик, шпindel, втулку сальника или другие детали, чтобы не повредить их. Шпindel рекомендуется обернуть тряпками, чтобы предохранить его от повреждения. При монтаже для подъем труб и узлов трубопроводов применяют инвентарные траверсы захваты и специальные грузоподъемные приспособления.

Торцовый захват (рис. 4.3, а) состоит из двух захватных скоб / овальной трехзвенной подвески 2 и двух канатных облегченных стропов 3 с коушами. Для подъема зевы скоб помешают на стенка торцов труб 4. Грузоподъемность захвата — 4 т, масса (без стропов) — 43 кг.

Двухветвевые полуавтоматические захваты (рис. 4.3, б), применяемые для подъема длинномерных труб, обеспечивают дистанционную расстроповку поднятого в проектное положение груза. Захват состоит из двух облегченных стальных стропов 3, на которые надеты захваты 5. Тяговые пеньковые канаты 6 захвата после подъема, установки и закрепления груза размыкают захват и освобождают груз.

Одноветвевой полуавтоматический захват (рис. 4.3, в), предназначенный для подъема коротких труб и узлов, состоит из опорной плиты 9 с насечкой, к которой приварены две щеки 8. На щеках закреплен замок-фиксатор 7 с тяговым канатом 6, который служит для дистанционной расстроповки груза. При строповке груза один конец самозатягивающейся петли стропа 3 ук-

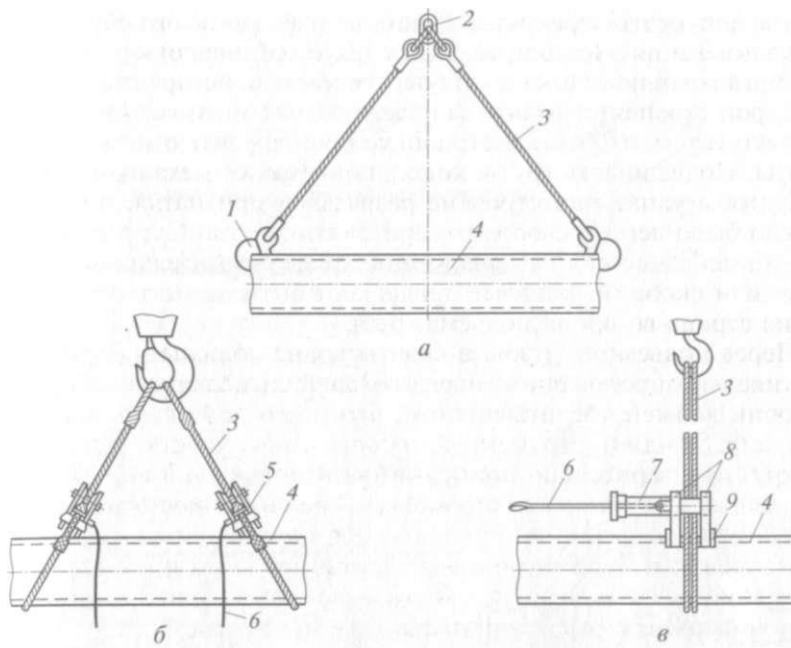


Рис. 4.3. Захваты:

а — торцовый; б — двухветвевой полуавтоматический; в — одноветвевой полуавтоматический; / — захватная скоба; 2 — трехзвенная подвеска; 3 — канатный строп; 4 — труба; 5 — захват; 6 — канат; 7 — замок-фиксатор; 8 — щеки; 9 — опорная плита

репляют на пальце, а другой пропускают вокруг штифта замка-фиксатора 7.

Размеры обычных клещевых захватов (рис. 4.4, а) определяются наружным диаметром труб. Верхнее кольцо / захвата крепится к грузоподъемному механизму. На кольце расположена траверса 2, к которой на кольцевых подвесках 3 прикреплены два рычага 5, связанные в середине осью 4. Раскрывается захват посредством кольца-ручки б.

Клещевой универсальный захват (рис. 4.4, б) состоит из двух рычагов 5, шарнирно связанных осями с скобой 9 и двумя распорными планками 8. На концах рычагов установлены выдвижные губки 10, на которых помещены шкалы с делениями для настройки захвата на нужный диаметр поднимаемой трубы или узла. Распорные планки шарнирно соединены с тягой 7, на конце которой помещено кольцо / для подвешивания захвата к крюку грузоподъемного механизма.

Для подъема длинных труб или узлов применяют два захвата, соединенных общей траверсой 2.

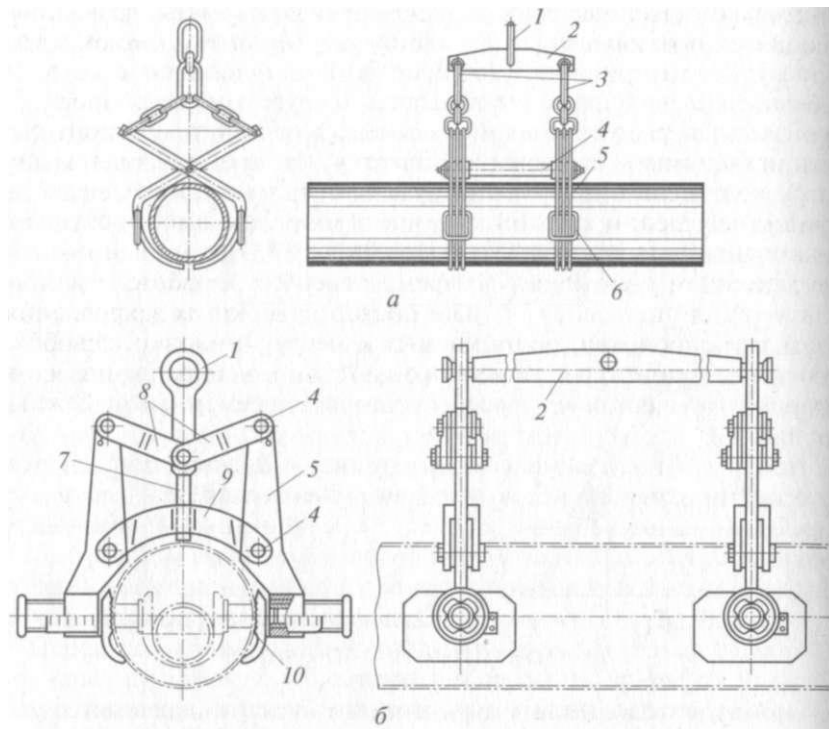


Рис. 4.4. Трубные клещевые захваты:

а — обычный; *б* — универсальный; 1 — кольцо; 2 — траверса; 3 — кольцевые подвески; 4 — ось; 5 — рычаги; 6 — кольцо-ручка; 7 — тяга; 8 — распорные планки; 9 — скоба; 10 — выдвижные губки

При подъеме труб клещевыми захватами центр тяжести трубы не должен выходить за пределы захватов, иначе поднимаемая труба будет перекашиваться.

Перед горизонтальным перемещением груза рабочий обязан убедиться, что груз поднят на высоту, превышающую высоту самого высокого предмета, встречающегося на пути, не менее чем на 0,5 м. При горизонтальном перемещении рабочий должен сопровождать груз и следить за тем, чтобы он не перемещался над людьми и не мог за что-либо зацепиться. Чтобы груз при подъемах и перемещениях не раскачивался, к нему прикрепляют оттяжки из прочного пенькового или стального каната, за которые поддерживают груз.

При производстве такелажных работ не следует находиться под грузом; поднимать груз, зажатый другими деталями, примерзший к земле или находящийся в неустойчивом положении; поправлять чалочные канаты при подъеме ударами кувалды, ломом или дру-

ими предметами; удерживать или поправлять канаты, соскальзывающие с груза; находиться на поднимаемом или опускаемом грузе; оставлять груз при натянутом канате. Блоки, полиспасты, тали, пебедки и расчалки крепят в местах, предусмотренных проектом производства работ. Не следует смазывать, очищать и ремонтировать механизмы и такелажную оснастку, когда они находятся под нагрузкой. Нельзя поднимать грузы при сильном ветре, недостаточном освещении, плохой видимости или слышимости сигналов крановщиков. Не разрешается оставлять груз в подвешенном или неустойчивом положении во время перерыва в работе. Расстроповку грузов производят только после проверки их закрепления. Узлы трубопроводов, поднимаемых к месту установки, освобождают от стропов только после окончательного закрепления их на опорах и подвесках или после установки временных надежных креплений.

Площадка под поднимаемым грузом — опасная зона, и входить посторонним на нее во время подъема нельзя. Площадка должна быть защищена ограждениями с предупредительными надписями.

4.1.3. Транспортирование и складирование на монтажной площадке

При строительстве промышленных объектов перевозят сотни тысяч тонн грузов разных видов и назначений. При этом трудоемкость и стоимость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ очень высокая. Поэтому правильный выбор транспорта и рациональная организация его работы имеют огромное значение для ускорения темпов строительства и снижения его стоимости.

Комплектные линии, узлы, трубы и детали транспортируют на монтажную площадку по графику в зависимости от сроков их монтажа. Для транспортирования тяжелых и громоздких узлов используют автомобильные прицепы и трейлеры.

На специальном одноосном прицепе, представляющем собой тележку П-образной формы с подъемной рамой, на которой устанавливают съемный поддон, удобно транспортировать трубы, детали и небольшие узлы трубопроводов. Поддон выполнен в виде платформы со стойками, которые помещают на подъемную раму тележки. Раму с поддоном поднимают гидроприводом, работающим от гидросистемы трактора. Грузоподъемность тележки — 4 т. Поддон устанавливают в транспортное положение, разгружает его тракторист в течение 20 с, не выходя из кабины.

Трубопроводные блоки и секции межцеховых коммуникаций перевозят на прицепах, автомобильных и тракторных поездах с Устройствами, обеспечивающими проектное опирание блоков и надежность их крепления.

Изолированные секции перевозят на трубовозах и автомобильных прицепах, оборудованных специальными крепежными устройствами, с установкой прокладок или закладок пенькового каната между рядами труб, под оба их конца. При погрузке и разгрузке краном изолированные секции необходимо закреплять за концы двухветвевыми стропами или полужестким полотнищем за центр секции. Открытые торцовые полости арматуры и узлов трубопроводов при транспортировании и хранении закрывают инвентарными пластмассовыми заглушками, пробками или деревянными щитками, чтобы предохранить их от засорения. Заглушки, пробки и щитки снимают непосредственно перед осмотром внутренней поверхности и монтажом.

Промежуточное складирование труб, деталей и узлов трубопроводов производят по блокам и линиям таким образом, чтобы невозможно было их перепутать или разукомплектовать. Кроме того, должен быть обеспечен свободный подход и подъезд к ним для осмотра, проверки маркировки и выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Мелкие изделия хранят в ящиках или контейнерах. Узлы с установленной арматурой во избежание повреждения складировать только в один ряд.

При транспортировании узлов к месту монтажа нужно следить за тем, чтобы не повреждалась их маркировка. Поврежденную маркировку необходимо восстанавливать.

На открытой площадке возле мест хранения того или иного узла трубопроводов должны быть поставлены специальные таблички-указатели, чтобы необходимое оборудование можно было легко найти, особенно в зимних условиях. В табличках указывают номер узла трубопровода и номер линии.

При хранении на открытой площадке или в помещениях без деревянного пола все монтажные заготовки независимо от характера упаковки укладывают на деревянные подкладки высотой не менее 200 мм, так чтобы ни одна их часть не касалась земли и была облегчена строповка при подаче на монтаж. При укладке и хранении следует обеспечивать условия, исключающие возможность механического повреждения.

4.2. Монтаж стальных внутрицевых трубопроводов общего назначения

4.2.1. Технологии монтажа внутрицевых трубопроводов

Монтаж технологических трубопроводов необходимо выполнять индустриальным методом. Технологическая последовательность монтажа каждой линии трубопровода зависит от ее разме-

ров, конструкции и массы, места установки линии, технических возможностей грузоподъемных механизмов и должна увязываться с принятой последовательностью монтажа оборудования.

Трубопроводы с условным проходом менее 50 мм в основном собирают на месте монтажа. Трудоемкость их изготовления и монтажа составляет 10... 12% общей трудоемкости трубопроводных работ.

Значительное сокращение сроков монтажа объектов и повышение производительности труда на монтажной площадке достигается при сооружении промышленных объектов из агрегированных блоков оборудования и трубопроводов.

Технологическая последовательность и средняя трудоемкость выполнения основных операций монтажа трубопроводов, %, приведены ниже:

Транспортирование и складирование материалов и изделий на площадке.....	3
Внешний осмотр изделий, расконсервация, доукомплектование и подача к месту укрупненной сборки.....	9
Установка лесов и подмостей.....	3,7
Разбивка трассы.....	3,9
Установка опор и подвесок.....	4
Укрупненная сборка и сварка узлов и блоков.....	7
Установка узлов и блоков в проектное положение.....	13
Установка прямолинейных участков в проектное положение.....	3
Установка арматуры, которая не вошла в состав узлов и блоков.....	4,6
Сборка и подготовка монтажных стыков.....	12,5
Сварка монтажных стыков.....	6,7
Выверка и закрепление трубопроводов на опорах и подвесках.....	11
Сборка фланцевых соединений.....	10
Гидравлическое или пневматическое испытание.....	6
Разборка лесов и подмостей.....	2,6

Агрегированный блок (в отличие от трубопроводных блоков, собираемых при укрупненной сборке) представляет собой часть технологической установки, которая состоит из одной или нескольких единиц оборудования, обвязочных трубопроводов с арматурой, приборов контроля, автоматики и управления, испытанных на месте изготовления (на заводе или в мастерской) и поступающих на монтажную площадку в готовом виде, не требующем разборки перед вводом в эксплуатацию.

Агрегированные блоки, смонтированные на жестких рамах, во многих случаях можно устанавливать без фундаментов непосредственно на бетонное основание, с креплением самоанкерующи-

мися болтами. Изготавливают и поставляют такие блоки только в тех случаях, когда это предусмотрено технологическим проектом данного объекта.

4.2.2. Разбивка трассы трубопроводов

При разбивке трассы на место прокладки переносят оси и отметки трубопроводов и размечают по монтажным чертежам места установки опорных конструкций и креплений компенсаторов и арматуры.

При монтаже трубопроводов за нулевую высотную отметку условно принимают отметку уровня покрытия пола здания. Положение осей и высотных отметок зданий или сооружений закрепляют знаками. Знаки высотных отметок называются *реперами*, а знаки, определяющие положение контрольных осей, *плашками*. Обычно репер закрепляют на колонне на 1 м выше нулевой отметки. Следует строго придерживаться высотных отметок и контрольных осей, от которых должны производиться все измерения, необходимые для монтажа трубопроводов. Установленные реперы и разбивка осей должны сдаваться монтажным организациям с предъявлением официальных документов, указывающих места их расположения, привязку к элементам зданий и сооружений. При разбивке трассы внутрицевых трубопроводов реперы и плашки дополнительно не ставят: оси и отметки закрепляют знаками, наносимыми непосредственно на стены здания, металлические и железобетонные конструкции чертилкой с масляной краской или мелованной нитью.

Оси размечают с помощью нивелира и гидравлического уровня, струны, отвеса, стальных рулеток, линеек, угольников, шаблонов.

Сначала разбивают горизонтальные оси трубопроводов. Обычно высотные отметки горизонтальных осей трубопроводов находят путем отмеривания от уровня покрытия пола с помощью отвеса, стальной рулетки или линейки. Перед этим необходимо убедиться (по акту приемки строительных конструкций под монтаж) в том, что высотные отметки полов или перекрытий здания, от которых в чертежах даны привязки осей, соответствуют указанным в чертежах. Если невозможно производить измерение от полов или перекрытий, отметку репера переносят, пользуясь гидравлическим уровнем, на одну из колонн здания, вдоль которых будет прокладываться трасса трубопровода.

При переносе отметок нельзя допускать перегиба шланга гидравлического уровня и появления воздушных пузырей в шланге, чтобы показания прибора не искажались. От перенесенной отметки откладывают расстояние до оси трубопровода, которое определяют вычитанием отметки репера из расстояния до оси трубы

согласно проекту. Например, репер нанесен на отметке 1 200 мм, а трубопровод по чертежу должен быть проложен на расстоянии 7 500 мм от уровня покрытия пола. В этом случае ось трубопровода должна располагаться от репера на расстоянии $7\,500 - 1\,200 = 6\,300$ мм.

К перенесенной на колонну отметке оси трубопровода прикладывают слесарный угольник и яркой краской проводят горизонтальную черту. Полученную отметку H (рис. 4.5) переносят, пользуясь гидравлическим уровнем, на следующие колонны. Если трубопровод прокладывают с уклоном, отметку переносят, учитывая направление и величину уклона. Например, в монтажном чертеже указан уклон, равный 0,001 (уклон равен 1 мм на 1 000 мм). В этом случае при расстоянии между колоннами 12 м отметка оси трубы на второй колонне должна быть выше или ниже отметки на первой колонне (в зависимости от направления уклона) на $12\,000 \cdot 0,001 = 12$ мм.

После этого на каждой колонне от отметки оси трубы откладывают расстояние h до подошвы опоры, а, следовательно, до верха опорного кронштейна (точка Б), взяв размер из чертежа. Геометрическое нивелирование с помощью горизонтального луча лазера или нивелира позволяет непосредственно определять повышение (или понижение) одной точки относительно другой, для чего нивелир устанавливают посередине между точками измерения на линии, соединяющей эти точки. Точку, относительно которой определяют повышение (или понижение), называют *задней*, а вторую точку — *передней*.

Допустим, отметка точки A известна. Нужно найти отметку точки B . Для этого между точками A и B устанавливают нивелир, приводят его в горизонтальное положение и делают отсчеты по рейкам, установленным сначала в точке A , а потом в точке B . Допустим, что по рейке в точке A отсчет составил 1 375 мм, а в точке B — 355 мм. Разность отметок составляет $1\,375 - 355 = 1\,020$ мм. Если отметка в точке A была известна и равнялась 5 152 мм, то отметка в точке B будет равна $5\,152 + 1\,375 - 355 = 6\,172$ мм. Если



Рис. 4.5. Разметка положения опорных кронштейнов трубопровода на колоннах здания

известно расстояние между точками *A* и *B*, например 30 м, то уклон будет равен $355 : 30\ 000 = 0,012$.

Направление и величину уклона указывают в монтажных чертежах. Обычно все технологические трубопроводы прокладывают с уклоном в сторону возможного полного опорожнения их от остатков жидкости или газа самотеком.

Уклоны трубопроводов должны быть не менее: для газопроводов и паропроводов в направлении потока — 0,002, а против потока — 0,003; для легкоподвижных жидких веществ и сжиженных газов — 0,002; для прочих жидких веществ нормальной вязкости — 0,003, а с высоковязкими и застывающими веществами — 0,02. В отдельных случаях трубопроводы прокладывают без уклона, что оговаривается в чертежах.

При разбивке прямолинейного участка между крайними точками на временных кронштейнах натягивают с помощью груза струну — стальную проволоку диаметром 0,2...0,5 мм или капроновую нить. Один конец струны закрепляют неподвижно на кронштейне, а второй пропускают через блок.

Трубопроводы внутри зданий прокладывают обычно на опорах по стенам и колоннам, на подвесках к бакам перекрытий и потолкам с учетом свободного перемещения подъемно-транспортных механизмов.

Расстояние по вертикали от пола до низа труб или до поверхности их теплоизоляции должно быть не менее 2,2 м. Расстояние по горизонтали между крайним трубопроводом или поверхностью его теплоизоляции и стеной должно обеспечивать возможность свободного теплового расширения, осмотра и ремонта трубопровода и арматуры и принимается равным в свету не менее 100 мм.

Разметка ведется по линиям трубопроводов. Сначала разбивают главную магистраль, а затем ответвления к аппаратам, машинам, арматуре или другим линиям. По этим отметкам размечают места установки компенсаторов, арматуры, подвижных опор, подвесок, кронштейнов. Полученные отметки наносят на конструкции здания в виде цифровых величин. Например, обозначением 3,550 указывают, что низ трубопровода должен проходить на высоте 3,550 м от условной нулевой отметки. При нанесении осей трубопровода необходимо точно определить расположение осей отводов и других отклонений оси трубопровода от прямой линии.

В отдельных случаях для привязки к штуцерам оборудования и установления действительных размеров трубопроводов следует производить измерения с натуры. Это делается при больших отклонениях от проектного положения оборудования и его штуцеров, прокладке замыкающих участков трубопроводов из несвариваемых материалов (керамики, фарфора и др.), а также замыкающих участков трубопроводов высокого давления. Измерения обычно

начинают по оси главной магистрали, а затем по осям ответвлений к оборудованию, арматуре или другим линиям. Разбивку трассы трубопровода оформляют актом, к которому прилагают ведомость привязки осей и поворотов с указанием знаков, поставленных на стойках или нанесенных несмываемой краской на стены.

4.2.3. Монтаж опорных конструкций, опор и подвесок

К установке опорных конструкций, опор и подвесок приступают после того, как будут разбиты оси трубопроводов и определены места крепления и расположения отдельно стоящих фасонных деталей и арматуры.

Местоположения отверстий в строительных конструкциях для закладных частей крепления трубопроводов указывают в строительной части проекта и подготавливают при выполнении строительных работ. При установке в отверстия закладных частей их опорные поверхности должны плотно прилегать к строительной конструкции. После заливки закладных частей цементным раствором в течение времени, необходимого для его схватывания (7... 14 дней), не допускается выполнение каких-либо работ, связанных с передачей нагрузки на залитые закладные детали.

Опорные конструкции для внутрицеховых трубопроводов — кронштейны. Кронштейны / (рис. 4.6) крепят на железобетонных элементах (колоннах **4**) здания, приваривая к закладным деталям; стяжными шпильками или тягами, которые пропускают через сквозные отверстия в колоннах и кронштейнах; в обхват колонн.

Если каркас здания металлический, то опорные конструкции приваривают к каркасу.

При закреплении опорных конструкций необходимо устанавливать их строго горизонтально, проверяя по уровню. На вертикальных участках конструкции проверяют по отвесу. Допускаемые отклонения опорных конструкций не должны превышать: в плане + 10 мм; по уклону +0,001 (по отметкам — 10 мм). На опорных кронштейнах следует нанести оси опор, для чего по чертежу опоры определяют расстояние от оси колонны до оси трубопровода и откладывают этот размер на кронштейне.

Опоры и подвески при правильности их монтажа в значительной степени обеспечивают нормальную работу трубопровода. Опоры следует устанавливать в проектное положение вместе с соответствующими узлами и блоками трубопроводов. В отдельных случаях их монтируют после подъема узлов и блоков на проектную отметку. Конструкции опор и/подвесок, места их расположения и расстояния между ними определяют по монтажным чертежам трубопровода и подбирают по маркировке, нанесенной заводом-изготовителем.

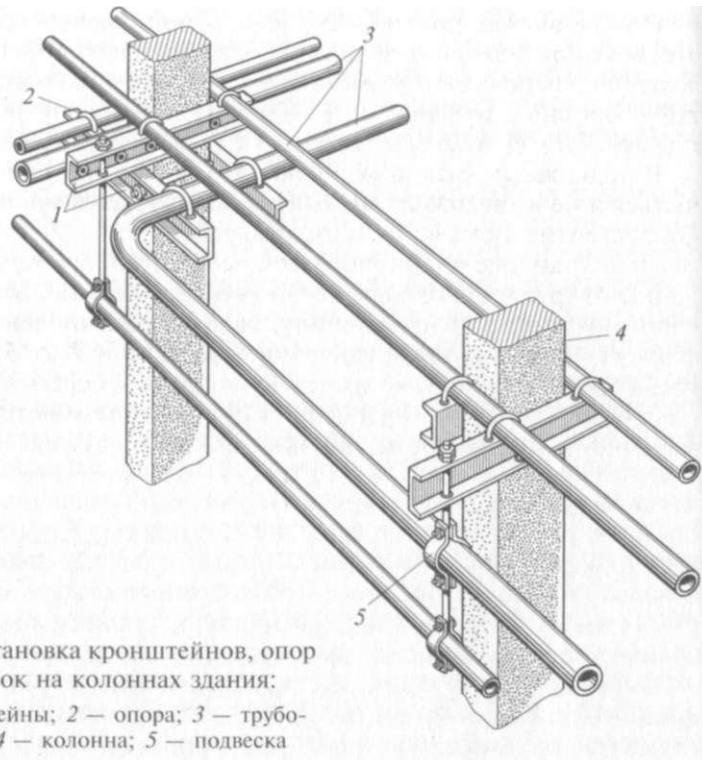


Рис. 4.6. Установка кронштейнов, опор и подвесок на колоннах здания:
 1 — кронштейны; 2 — опора; 3 — трубопроводы; 4 — колонна; 5 — подвеска

Допускаемые отклонения опор и подвесок от проектного положения не должны превышать в плане ± 5 мм для трубопроводов внутри помещений и ± 10 мм — для наружных трубопроводов, по уклону — не более $+0,001$ (по отметкам — 10 мм).

Для выравнивания высотных отметок и уклона трубопровода под подошвы опор устанавливают стальные прокладки, приваривая их к закладным частям или опорным конструкциям. Стальные прокладки нельзя помещать между трубой и опорой.

Неподвижные опоры надежно закрепляют на трубе хомутами с установкой контргаяк и приваривают к опорным конструкциям. Подушка и хомут опоры должны плотно прилегать к трубе. Иногда неподвижные опоры приваривают непосредственно к трубе. Чтобы труба в хомуте во время теплового расширения трубопровода не перемещалась, у неподвижных опор к трубам приваривают упоры (сухари), которые упираются в торцы хомутов корпуса опоры и не дают трубе сдвинуться. Упоры устанавливают так, чтобы зазор между хомутами корпуса был не более 1,5 мм. Вогнутую поверхность упоров и поверхность трубы в месте установки перед приваркой зачищают шлифовальной машиной.

При установке подвижных опор трубопроводов следят за тем, чтобы соприкасающиеся поверхности плотно прилегли одна к другой и исключалась возможность сползания их подвижных частей с опорных поверхностей. У скользящих опор перемещение подвижной части должно быть легким и плавным, без заеданий.

В подвижных Катковых опорах ролики должны свободно вращаться и не выпадать из гнезд. На подвижные части опор наносят консистентную смазку.

При установке опор и подвесок необходимо учитывать перемещение Δ трубопроводов от теплового расширения. Для этого при сборке их смещают на величину, равную $\Delta/2$, от центра опоры в сторону, противоположную удлинению (рис. 4.7, а, б). Тяги подвесок трубопроводов, не имеющих тепловых перемещений, устанавливают строго по вертикали, а имеющих температурные перемещения, — с наклоном, равным $\Delta/2$ (рис. 4.7, в).

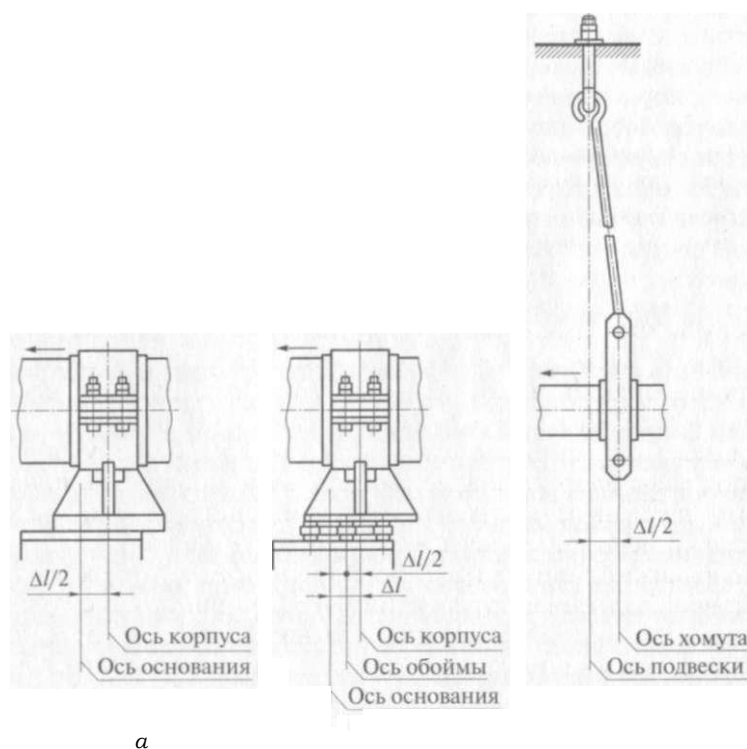


Рис. 4.7. Установка подвижных опор и подвесок с учетом тепловых расширений:

а — скользящая; б — катковая; в — подвесная; Δ — перемещение трубопроводов от теплового расширения

Тепловое удлинение трубопроводов происходит всегда в сторону, противоположную ближайшей неподвижной опоре трубопровода. Нельзя за направление удлинения трубопровода принимать направление движения продукта, так как эти движения не связаны одно с другим.

При монтаже пружинных подвесок и опор вертикальных трубопроводов опорные конструкции пружин, а также верхние тарелки должны быть строго перпендикулярны оси пружины.

На чертеже даются величины затяжки пружин для восприятия собственного веса трубопровода и дополнительной затяжки для восприятия теплового удлинения. В период монтажа для разгрузки пружин ставят жесткие стяжки, которые снимают по окончании испытания трубопровода, и сверяют фактическую высоту пружин с указанной в проекте.

Временные опоры и подвески должны выдерживать нагрузки от закрепляемого трубопровода.

После установки всех узлов трубопроводов и сварки монтажных стыков монтируют постоянные опоры и подвески, подтягивают пружины по размеру, указанному в чертеже, и снимают временные опоры и подвески.

При установке опор на трубопроводах из легированной стали и подвесок из углеродистой стали поверхности их соприкосновения во избежание электрохимической коррозии окрашивают стойкой краской или помещают прокладки между опорой и трубой в виде тонкой пластины из легированной стали или алюминия.

4.2.4. Укрупненная сборка узлов трубопроводов

На монтажной площадке производят укрупненную сборку готовых узлов в трубопроводные блоки. Сборка узлов трубопроводов в блоки сокращает сроки монтажа, поскольку эти работы можно вести параллельно со строительными работами, когда по состоянию строительной готовности не представляется возможным начать монтаж трубопроводов. Так как укрупненную сборку ведут на специально оборудованной сборочной площадке, т.е. в условиях, когда можно механизировать выполнение всех операций, достигается более высокая производительность труда и повышается качество и безопасность работ. В процессе сборки блок доукомплектовывают всеми необходимыми изделиями.

Укрупненную сборку блоков выполняют в соответствии с проектом производства работ, а при его отсутствии принимают решения, исходя из конкретных условий монтажа.

Размеры и масса блоков должны обеспечивать удобство их транспортирования к месту монтажа и установки в проектное положение (возможность прохода через проемы, между цеховыми металлоконструкциями, оборудованием, линиями других трубопро-

водов). Блок при подъеме и установке должен сохранять необходимую жесткость и прочность. В отдельных случаях устанавливают временные связи, обеспечивающие требуемую жесткость.

В состав блока должны входить все детали, которые предусмотрены рабочим чертежом трубопровода (арматура, штуцера и бобышки контрольно-измерительных приборов и автоматики, штуцера для дренажей и воздушников и т.д.).

Число сварных и разъемных соединений, выполняемых на высоте, должно быть минимальным, при этом монтажные стыки нужно размещать в местах, удобных для сборки и сварки.

На вертикальных участках монтажные стыки располагать не следует, так как их сборка значительно труднее, чем на горизонтальных.

Укрупненную сборку блоков трубопроводов выполняют на жестких, хорошо выверенных стеллажах. Для сборки применяют специальные стенды и приспособления — кондукторы и центраторы, обеспечивающие правильное положение деталей, узлов, труб и арматуры при сварке. Если позволяют условия монтажа, блоки трубопроводов собирают вместе с оборудованием и устанавливают на общей раме.

Узлы собирают в трубопроводные блоки после контрольных измерений и проверки расположения присоединяемых штуцеров у оборудования. При отклонениях от проекта на узлах и элементах отрезают припуски или, наоборот, вваривают патрубки. Перед укрупненной сборкой с арматуры и узлов трубопроводов снимают временные заглушки и пробки, предохраняющие их концы от загрязнения в период хранения и транспортирования, а также расконсервируют фланцы и концы труб. Кроме того, при укрупнении тщательно проверяют, нет ли посторонних предметов внутри элементов узлов.

При сборке на монтажной площадке стыковых соединений под сварку, при их сварке, а также при сборке фланцевых и резьбовых соединений необходимо соблюдать те же требования, что и при изготовлении узлов трубопроводов в трубозаготовительных цехах.

На готовом блоке должны быть закончены все слесарные и сварочные работы, произведена термическая обработка стыков (если она требуется) и проверено качество сварки. Собранный блок не должен требовать каких-либо подгоночных работ на месте установки, поэтому предварительно нужно производить контрольную сборку сопрягаемых блоков.

При укрупненной сборке тепловую изоляцию блоков выполняют на сборочной площадке. При транспортировании изолированных блоков трубопроводов принимают меры, предупреждающие повреждение изоляции.

Блоки трубопроводов со сборочной площадки к месту монтажа подают в порядке очередности их монтажа.

4.2.5. Установка узлов в проектное положение

Обычно линии внутрицеховых трубопроводов монтируют в следующей последовательности: поднимают и устанавливают узлы и блоки трубопроводов; подгоняют стыкуемые узлы и блоки трубопроводов; выполняют дугую прихватку и сварку монтажных стыков; окончательно устанавливают линию трубопровода с выверкой его положения; собирают фланцы с постановкой и креплением на постоянных опорах. Монтаж внутрицеховых трубопроводов начинают с обвязки аппаратов и машин, т.е. при сборке в первую очередь монтируют узлы и блоки, присоединяемые к оборудованию, узлы, включающие в себя арматуру, а также базовые узлы основных магистральных участков трубопроводов. Для присоединения к ним прямых участков трубопроводов оставляют свободные концы труб.

Перед установкой узлов, блоков и труб в проектное положение необходимо убедиться в надежном креплении всех опорных конструкций, полном затвердении бетона у кронштейнов, заделанных в строительные конструкции. Кроме того, выверяют и закрепляют основное технологическое оборудование и подготавливают все необходимые устройства и приспособления для работы на высоте.

На поднимаемом блоке заранее устанавливают опоры и подвески, что облегчает выверку блока. Если монтажный стык располагается от ближайшей опоры далее 1 м, необходимо дополнительно установить временные опоры на расстоянии не более 1 м от стыкуемых концов труб с каждой стороны. Временные опоры должны обеспечивать свободное перемещение свариваемого участка в процессе сварки и термообработки.

Если на блоке трубопровода предусмотрен монтажный (подгонный) стык и припуск не обрезан, измеряют по месту, на какую величину нужно обрезать монтажный припуск с учетом величины зазора под сварку. Перед подъемом блока припуск обрезают и подготавливают фаску под сварку. Монтажные припуски устанавливают для компенсации возможной неточности в размерах собираемого блока, строительных конструкций и оборудования.

При опускании блок или прямой участок трубопроводов помещают не менее чем на две опорные конструкции или подвески и закрепляют на них, прежде чем будут сняты стропы. До расстропки проверяют также правильность положения блока, так как пока он висит на грузоподъемном механизме его легче переместить в нужном направлении.

Трубы, проходящие через стены, перегородки и другие строительные конструкции, укладывают в патроны, выступающие за пределы строительных конструкций на 50... 100 мм в каждую сторону. Патроны надевают на трубу до начала монтажа и заделыва-

ют в стены цементным раствором после окончательной установки трубопровода.

Для прохода вертикальных участков трубопроводов через перекрытия в последних также устанавливают гильзы, к которым приваривают опорные шайбы. Шайбы должны опираться на основание под полы перекрытия. Гильзы должны выступать на 150...200 мм над перекрытием, чтобы при мытье полов вода не затекала через них в нижний этаж.

Участок трубопровода, заключенный в патроне, не должен иметь сварных стыков. Установка патронов обеспечивает их свободное линейное температурное удлинение без разрушения конструкций. Зазоры между трубопроводом и патроном с обоих концов следует заполнять негорючим материалом (асбестом), не препятствующим перемещению труб. В перегородках между цехами с огнеопасными материалами необходимо обеспечивать герметичность в патронах (с этой целью в таких местах устраивают сальниковые уплотнения).

При сборке сварных и фланцевых соединений при монтаже выполняют те же правила, что и при изготовлении узлов трубопроводов. Фланцевые соединения следует располагать по возможности непосредственно у опор.

Монтажные стыки трубопроводов собирают по месту, т.е. путем подгонки.

При монтаже технологических трубопроводов нельзя устанавливать арматуру, фланцевые и резьбовые соединения (включая дренажные устройства) над оконными и дверными проемами, а также соединения труб (в том числе и сварные стыки) над опорами, в стенах, перегородках или перекрытиях. Прокладываемые трубопроводы не должны пересекать оконные и дверные проемы.

При сборке трубопроводов следует обращать внимание на взаимное положение совместно укладываемых участков. Рядом проложенные трубопроводы должны быть параллельны, а вертикально расположенные участки — строго вертикальны.

Обвязочные трубопроводы вертикальных аппаратов рекомендуется монтировать до подъема аппаратов в проектное положение. При этом отпадает необходимость в выполнении работ на высоте, значительно сокращается продолжительность и повышается качество монтажных работ.

При монтаже обвязочных трубопроводов центробежных насосов большое значение имеет правильная установка всасывающих трубопроводов, исключая образование воздушных мешков. Особенно важно правильно установить горизонтальные линии всасывающих трубопроводов, на которых не должно быть участков, расположенных выше, чем верхняя точка всасывающего штуцера насоса. Всасывающие трубопроводы должны быть смонтированы таким образом, чтобы воздух не мог скапливаться в трубопроводе.

В случае присоединения трубопроводов к насосам, стопорным клапанам турбин, конденсаторам и другому оборудованию необходимо добиваться, чтобы замыкающий фланец трубопровода был подогнан без натяга и перекоса. В противном случае нарушается центрирование насоса (сдвиг агрегата) во время его работы. Кроме того, перекос фланцевого соединения при затяжке болтов может вызвать обрыв фланца на чугунном корпусе насоса.

Иногда, чтобы не допустить натяга при присоединении к насосу, монтаж выполняют в следующей очередности: присоединяют к фланцу на корпусе фланец с патрубком, а затем от этого патрубка начинают монтаж трубопровода. Подгонку выполняют на монтажном стыке, например в месте присоединения к магистрали.

Собственный вес узлов не должен передаваться на насосы, компрессоры и другие машины. Не следует присоединять трубопроводы к оборудованию консольно без закрепления на опорах или подвесках.

Дренажные, продувочные и сливные трубопроводы предназначены для отвода образующегося в газопроводах и паропроводах конденсата и слива воды при гидравлическом испытании. Для опорожнения трубопроводы прокладывают с уклоном в сторону цеховых аппаратов, снабженных устройствами для периодического или непрерывного отвода жидкости. Если невозможно обеспечить полное опорожнение трубопроводов указанным способом (наличие гидравлических мешков, обратных уклонов), в низших точках трубопроводов монтируют дренажные устройства непрерывного или периодического действия.

Для слива воды из трубопровода после гидравлического испытания в первую очередь используют устройства, предусмотренные для технологического дренажа. При отсутствии этой возможности на трубопроводах вваривают специальные спускники в виде штуцеров с заглушками.

На всех трубопроводах независимо от назначения предусматривают специальные штуцера-воздушники с кранами или вентилями, которые размещают в верхних точках трубопровода, а при необходимости продувки в цеховую аппаратуру — в начальных и конечных точках трубопровода. Число и размеры штуцеров-воздушников зависят от протяженности трубопровода, его вместимости и конфигурации, а также от принятой схемы заполнения трубопровода водой во время испытания. Размещение штуцеров на трубопроводе должно обеспечивать возможно более полное удаление воздуха, который, создавая воздушные пробки, затрудняет гидравлическое испытание.

На трубопроводах, подвергающихся продувке в процессе эксплуатации и ремонта, устанавливают штуцера и продувочные свечи с запорными устройствами для подключения линии инертного

газа или пара и для выпуска его в атмосферу. Места их установки указывают в проекте. Диаметры штуцеров-воздушников в зависимости от диаметра трубопровода принимают такими же, как и дренажных штуцеров.

Все устройства для отвода и сбора конденсата должны быть защищены от замерзания.

Сливные линии подключают к нижним точкам участков водопроводов, отключаемых задвижками. Сливные и дренажные трубопроводы прокладывают с уклоном в сторону слива.

При групповой прокладке их следует располагать параллельно, арматуру для удобства обслуживания устанавливать в одном месте и на одной высоте.

Необходимо обеспечивать достаточную компенсирующую способность дренажных и сливных линий, особенно в местах присоединения к основным трубопроводам.

Трубопроводы, расположенные внутри цехов с огне- и взрывоопасными материалами, независимо от назначения должны быть заземлены путем присоединения к цеховому контуру заземления. Таким образом от трубопроводов отводят электрические заряды, возникающие от вторичных появлений молний (грозовых разрядов), а также защищают персонал и оборудование от статического электричества и предупреждают возможность возникновения пожара.

Статическое электричество образуется в результате трения двух диэлектриков между собой или диэлектриков о металлы. При этом на поверхности трущихся веществ могут накапливаться электрические заряды. Такие нефтепродукты, как бензин, лигроин, бензол, керосин и другие, обладают способностью накапливать при перекачке заряды статического электричества, величина которых может быть достаточной для электрического разряда, способного вызвать воспламенение и взрыв нефтяных паров и газов.

Для заземления трубопровода к нему приваривают стальную полосу сечением 15х4 мм или стальной прут с диаметром 12...15 мм. Эту полосу, в свою очередь, приваривают к контуру заземления. Чтобы выровнять потенциалы и предотвратить искрение, все трубопроводы, расположенные параллельно на расстоянии до 100 мм один от другого, должны соединяться между собой перемычками через 20...25 м.

Трубопроводы в местах пересечения и сближения между собой и с металлическими лестницами и конструкциями на расстоянии менее 100 мм должны соединяться перемычками. В отдельных случаях при повышенной агрессивности вещества, чтобы обеспечить непрерывность электрической цепи, на фланцевых соединениях зачищают два болта или устанавливают медные перемычки. Все заземляющие устройства испытывают на прочность контактов.

В цехах, не относящихся к категории огне- и взрывоопасных, защита трубопроводов от статического электричества требуется лишь в случае, когда оно представляет опасность для обслуживающего персонала.

4.2.6. Монтаж арматуры, контрольно-измерительных приборов и автоматики

Арматура, предназначенная для трубопроводов IV и V категорий, не имеющая паспорта, может быть принята на монтаж после проведения ее ревизии и испытаний. Арматуру, предназначенную для трубопроводов I категории, независимо от наличия паспортов и срока ее хранения, а также для трубопроводов II категории и ниже при наличии паспортов, но с истекшим гарантийным сроком, перед передачей на монтаж следует подвергать гидравлическому испытанию на прочность и плотность.

При ревизии арматуру разбирают, очищают от смазочного материала и промывают детали, осматривают и выявляют дефекты, затем вновь собирают с набивкой сальников и установкой всех прокладок.

Арматура с дефектами на монтаж не допускается и подлежит ремонту или замене деталей.

Корпус арматуры испытывают на прочность пробным давлением, принимаемым в зависимости от условного давления, и выдерживают его до 10 мин, после чего его снижают до рабочего. Испытание на плотность запорного устройства арматуры производят рабочим давлением. Испытание арматуры на прочность и плотность производят одновременно. Арматура считается выдержавшей гидравлическое испытание на плотность, если в результате испытания в течение 5 мин не обнаружено пропуска воды. Арматуру испытывают на стендах индивидуально или группами.

Для определения правильного положения арматуры, устанавливаемой на трубопроводах, необходимо руководствоваться указаниями в каталогах, технических условиях и рабочих чертежах арматуры. Правильное направление движения транспортируемого вещества определяют по стрелке-указателю, отлитому на корпусе арматуры. Положение осей штурвалов определяется проектом.

Из трубозаготовительных цехов арматуру поставляют, как правило, собранной с узлами трубопроводов, или ее устанавливают при укрупнении узлов в блоки перед монтажом.

Перед установкой арматуры необходимо вынуть пробки (или снять щитки) и тщательно осмотреть внутреннюю полость, чтобы убедиться, что в ней нет посторонних предметов и грязи.

При установке *фланцевой арматуры* проверяют соответствие проекту фланцев, крепежных деталей, прокладочных материалов и следят за тем, чтобы не было перекоса фланцевых соединений.

При установке *бесфланцевой приварной арматуры* контролируют правильность подготовки и сборки стыков, а также соблюдают технологию сварки. Перед сваркой арматуры с трубопроводом устанавливают временные опоры и подвески вблизи сварных стыков, чтобы разгрузить их при сварке и термообработке.

Во время сварки бесфланцевой арматуры ее затвор следует открыть до отказа, чтобы предотвратить заклинивание его при нагревании корпуса. Если приварка производилась без подкладных колец, арматуру можно закрывать только после ее внутренней очистки (промывки и продувки).

Арматура, установленная на трубопроводах, не должна испытывать дополнительных нагрузок при тепловых расширениях трубопроводов.

При монтаже чугунную арматуру защищают от изгибающих напряжений путем соответствующей расстановки неподвижных и направляющих опор.

Детали для присоединения контрольно-измерительных приборов и автоматики устанавливают на трубопровод слесари, монтирующие технологический трубопровод, а присоединяют к ним импульсные трубки и монтируют сами приборы слесари по монтажу контрольно-измерительных приборов.

Бобышки и гильзы для монтажа термометров и термоэлектрических термометров устанавливают на трубопроводах при изготовлении узлов и как исключение при укрупненной сборке узлов в блоки. На время транспортирования бобышки и гильзы закрывают пробками.

Точность показаний регистрирующих приборов зависит от правильности установки измерительных устройств и тщательности монтажа импульсных линий, диафрагм и сопел. Все соединения с измерительными диафрагмами и соплами изготавливают с четырьмя парами отверстий для отбора. Если требуется меньшее число отборов, лишние отверстия закрывают пробками и тщательно заваривают до продувки и гидравлического испытания трубопровода.

При монтаже между камерами диафрагмы ставят монтажную шайбу 4 (рис. 4.8), которую заменяют на диск диафрагмы после продувки или промывки трубопровода.

Камерные измерительные диафрагмы устанавливают так, чтобы со стороны входа рабочего вещества была камера с выступом (с плюсом), а со стороны выхода — камера с впадиной (с минусом). Диск диафрагмы и сопло ставят расширяющейся частью конической расточки дроссельного отверстия по ходу рабочего вещества. Направление движения вещества обычно указывают на корпусе блока измерительной шайбы. Кроме того, у отверстия отбора вещества, расположенного перед входной стороной, ставят знак «+», а у отверстия, расположенного у выходной шайбы,

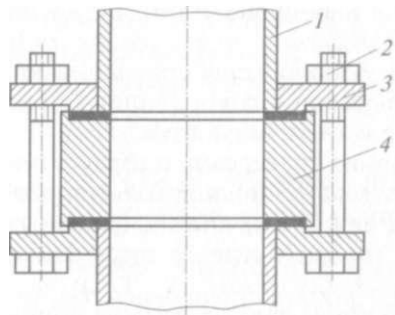


Рис. 4.8. Установка монтажной шайбы вместо измерительной диафрагмы:

1 — патрубок; 2 — болт с гайкой; 3 — фланец; 4 — монтажная шайба

знак «-». Измерительные сопла устанавливают до продувки при условии, чтобы перед этим были очищены от загрязнений все соседние участки трубопровода перед соплом. Приварное измерительное сопло или диафрагму монтируют после продувки трубопровода. Во время монтажа в трубопровод не должны попадать посторонние предметы. При поставке трубопроводов блоками измерительную диафрагму или сопло обычно поставляют отдельно с приварными патрубками. В чертежах трубопровода указывают место врезки диафрагмы с привязкой к осям колонн.

Измерительная диафрагма должна быть смонтирована соосно с трубопроводом. Смещение осей допускается не более 0,6 мм при условном проходе до 200 мм, 1 мм — при $D_n = 200 \dots 500$ мм, 2 мм — при $D_n = 500 \dots 1\,000$ мм и 3 мм, если условный проход больше 1 000 мм. Если внутренний диаметр трубопровода больше внутреннего диаметра приварного патрубка, растачивают соединительный конец патрубка с конусностью не более 1:10.

При установке измерительных диафрагм необходимо проверять чистоту кольцевых канавок и отверстий во фланцах, к которым присоединяются импульсные трубки, а также состояние рабочего отверстия диафрагмы, так как забитые или смятые входные кромки вызывают погрешность измерения. Измерительные диафрагмы устанавливают на прямых участках трубопровода, наименьшая длина которых указывается в проекте.

4.3. Монтаж стальных межцеховых трубопроводов общего назначения

4.3.1. Способы прокладки межцеховых трубопроводов

Межцеховые трубопроводы прокладывают надземным или подземным способом. Способ прокладки определяется проектной организацией. В пределах границы промышленного предприятия про-

кладку межцеховых трубопроводов и паропроводов проектируют преимущественно над землей.

Надземным способом межцеховые трубопроводы прокладывают, как правило, на *эстакадах*: отдельно стоящих стойках (рис. 4.9, *а*); балочных одноярусных эстакадах (рис. 4.9, *б*), в которых трубопроводы прокладывают по поперечным траверсам, опирающимся на балки; балочных двухъярусных (рис. 4.9, *в*), в которых трубопроводы прокладывают по поперечным траверсам, опирающимся на балки или стойки эстакады; многоярусных с пролетными строениями ферменного типа (рис. 4.9, *г*), а также на низких опорах, шпалах и др.

Для обеспечения свободного проезда внутризаводского транспорта и беспрепятственного прохода людей минимальная высота до низа трубопроводов или пролетных строений высоких эстакад на территории предприятия должна быть, м: над внутризаводскими железнодорожными путями (от головки рельсов) — 5,5, над автомобильными дорогами и проездами — 4,5 и над пешеходными проходами — 2,5.

Высоту от уровня земли до низа труб (или поверхности их изоляции), прокладываемых на низких опорах, принимают с учетом возможности производства ремонтных работ, но не менее: при ширине группы труб до 1,5 м — 0,35 м, при ширине 1,5 м и более — 0,5 м.

Для того чтобы использовать несущую способность трубопроводов, прокладываемых на стойках, к ним крепят трубопроводы

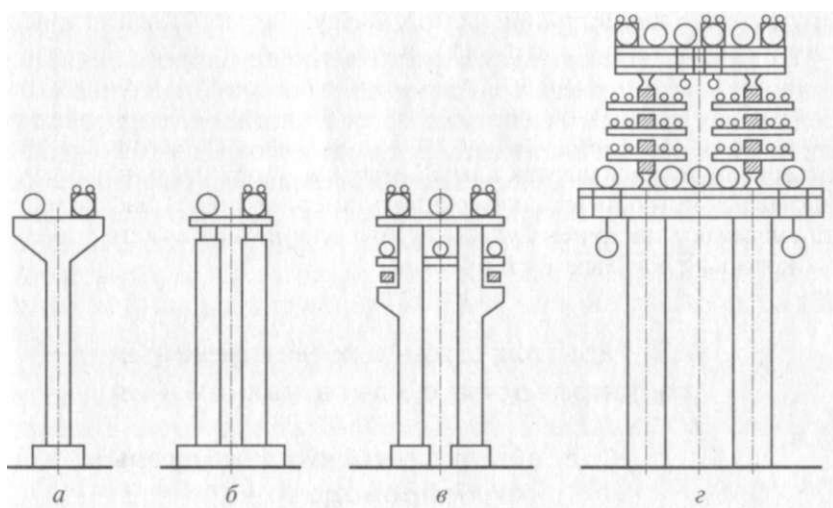


Рис. 4.9. Типы эстакад межцеховых трубопроводов:

а — отдельно стоящая стойка; *б* — балочная одноярусная; *в* — балочная двухъярусная; *г* — многоярусная

меньших диаметров (с обязательной проверкой расчетом труб большего диаметра на допускаемый прогиб). Такой способ закрепления не допускается на трубопроводах: транспортирующих высокоагрессивные, ядовитые, токсичные вещества и сжиженные газы; работающих под давлением от 6,3 МПа и более; транспортирующих вещества, температура которых выше 300 °С.

При многоярусном расположении трубопроводов на верхнем ярусе эстакад или опор размещают трубопроводы больших диаметров, транспортирующие горючие и инертные газы, а также пар. Трубопроводы, транспортирующие кислоты и другие высокоагрессивные жидкости, располагают обычно ниже всех остальных трубопроводов.

Межцеховые трубопроводы прокладывают также в открытых лотках шириной 5...6 м и глубиной до 0,5 м. Трубопроводы в лотках укладывают на железобетонные шпалы по дну в один ряд. Чтобы можно было выполнять монтажные и ремонтные работы, лотки прокладывают вдоль внутривозвратной дороги с одной или двух сторон. Основные дороги приподнимают на 0,7...0,8 м над уровнем земли, что позволяет при пересечении лотков с другими дорогами и проходами устраивать переезды и переходные площадки. Такой способ прокладки снижает стоимость монтажных и ремонтных работ, а также улучшает условия эксплуатации трубопроводов.

При подземном способе трубопроводы прокладывают в проходных (рис. 4.10, а), полупроходных и непроходных (рис. 4.10, б) подземных каналах, непосредственно в грунте (бесканальная прокладка).

Подземную прокладку технологических трубопроводов на территории промышленных предприятий, особенно в непроходных подземных каналах, выполняют в тех случаях, когда сооружение надземных эстакад экономически нецелесообразно или практически неосуществимо. Подземная бесканальная прокладка, а так-

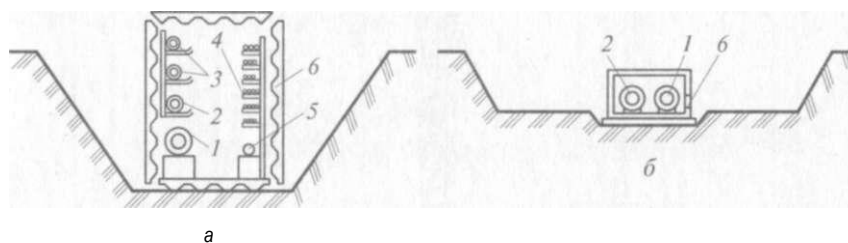


Рис. 4.10. Подземная прокладка трубопроводов в каналах:

а — проходном; о — непроходном; / — подающая теплосеть; 2 — обратная теплосеть; .? — трубопроводы горячего водоснабжения; 4 — электрокабель; 5 — водопровод; б — сборные железобетонные конструкции

же прокладка в подземных непроходных каналах трубопроводов для горючих и сжиженных газов не разрешается. Бесканальную прокладку применяют в основном для одиночных трубопроводов, транспортирующих вещества температурой не более 150 °С и в благоприятных грунтовых условиях.

Подземные трубопроводы укладывают непосредственно в грунт обычно на глубине, несколько превышающей глубину промерзания грунта, но не менее чем на 0,6 м (от верха трубы до планировочной отметки).

При пересечениях с внутризаводскими железнодорожными путями, автомобильными дорогами и проездами подземные трубопроводы прокладывают в защитных патронах (футлярах) из стальных труб большого диаметра. При таких пересечениях глубина заложения подземных трубопроводов от подошвы шпалы или поверхности дорожного покрытия до верха защитного патрона трубопровода должна быть не менее 1 м.

Для значительного ускорения монтажа, повышения его качества и снижения стоимости независимо от применяемого способа прокладки межцеховые трубопроводы, как правило, монтируют из готовых прямолинейных секций длиной от 24 до 40 м, централизованно изготовленных на специальных установках.

4.3.2. Монтаж надземных трубопроводов

Надземные трубопроводы монтируют укрупненными блоками или секциями. Монтаж межцеховых трубопроводов отдельными трубами допускается только в тех случаях, когда из-за стесненных условий прокладка секциями становится невозможной.

По виду укрупнения блоки могут быть из строительных конструкций, трубопроводные и комбинированные.

Блоки из строительных конструкций используют при возведении сборных железобетонных и металлических эстакад балочного и ферменного типов. В состав блока из строительных конструкций балочных железобетонных эстакад входят балки, траверсы, переходные мостики и их ограждения, а в состав блока из металлических ферменных конструкций — фермы, верхние и нижние балки, элементы связей, переходные мостики и их ограждения.

В состав *трубопроводных блоков* могут входить прямые участки трубопроводов, состоящие из одной или нескольких секций (в пределах температурного блока); П-образные, линзовые или сальниковые компенсаторы; теплоизоляция.

Комбинированный блок — это собранное до подъема пролетное строение эстакады с установленными и закрепленными трубопроводными блоками.

Выбор вида блока и степени его укрупнения определяется в зависимости от конструктивных решений эстакад, числа и распо-

ложения трубопроводов, их диаметров, наличия грузоподъемных механизмов и транспортных средств, а также местных условий производства работ. Обычно монтаж ведут трубопроводными и комбинированными блоками.

Укрупненную сборку блоков производят на сборочных площадках — перемещаемых или стационарных, которые располагают в зоне действия монтажного крана.

Схема перемещаемой площадки для сборки трубопроводных блоков длиной до 60 м, прокладываемых на металлической ферменной эстакаде, приведена на рис. 4.11. Трубопроводные блоки собирают в следующей последовательности: грузят, транспортируют и разгружают арматуру, детали, узлы и секции; устанавливают стеллажи или стенды; подготавливают кромки секций под сварку; стропят секции, поднимают и укладывают их на стеллажи; собирают и сваривают стыки, контролируют качество свар-

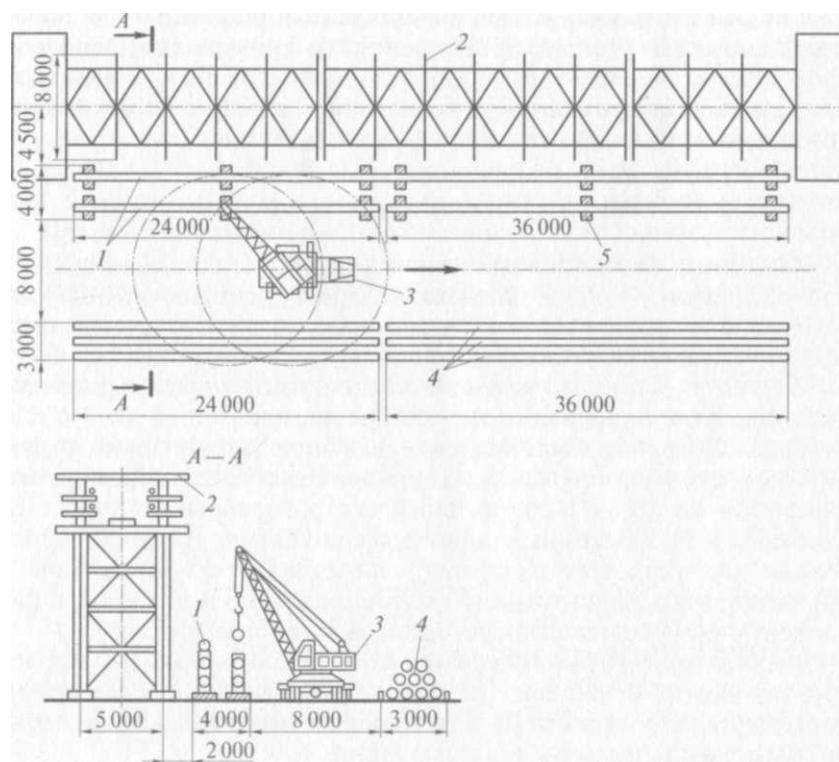


Рис. 4.11. Схема перемещаемой площадки для сборки трубопроводных блоков:

1 — трубопроводные блоки; 2 — эстакада; 3 — кран; 4 — секции трубопроводов;
5 — шпалы размером 300x 150 мм

ных соединениях; размечают места установки опор и закрепляют опоры; контролируют качество, маркируют и принимают блоки.

При разбивке на блоки длину трубопроводов, прокладываемых по отдельно стоящим стойкам, а также вне контура поперечного сечения эстакады, принимают при условном проходе менее 150 мм и более 400 мм не более 36 м, от 200 до 400 мм — не более 60 м.

При сборке блоков места установки опор размечают по проекту (с учетом смещения опор под действием теплового расширения), а также по снятой с натуры расстановке опорных конструкций (с учетом отклонения их от проектного положения). При до-монтажной теплоизоляции блоков в местах соединений труб оставляют неизолированными участки длиной не менее 500 мм и на концах блоков — не менее 250 мм. Предварительная изоляция трубопроводов пара и горячей воды, регистрируемых Ростехнадзором, не разрешается.

Схема стационарной площадки для сборки комбинированных блоков, прокладываемых на металлической ферменной эстакаде, приведена на рис. 4.12. Комбинированные блоки монтируют в следующей последовательности: грузят, транспортируют и разгружают укрупненные элементы строительных конструкций и секций трубопроводов; собирают трубопроводные блоки; раскладывают и фиксируют нижние балки; устанавливают фермы; устанавливают верхние стойки, крепят *елочки*; укладывают и временно закрепляют трубопроводные блоки, размещаемые внутри контура поперечного сечения блока; устанавливают верхние балки, поубалки и связи верхнего пояса; устраивают элементы жесткости; маркируют и принимают блок.

Временные элементы жесткости (распорки или связи) должны предотвращать возможность поломки и деформации блоков при их транспортировании и монтаже. Временное крепление трубопроводов в комбинированных блоках производят хомутами в местах опирания трубопровода на строительные конструкции не менее чем в двух точках на каждый блок.

При монтаже конструкций пролетных строений эстакад и трубопроводов необходимо обеспечить устойчивость и неизменяемость смонтированной части эстакады.

К монтажным работам по прокладке надземных межцеховых трубопроводов на отдельно стоящих опорах или эстакадах приступают только после получения от строительной организации актов о полном соответствии опорных конструкций проекту и техническим условиям, а также проверки фактического выполнения этих работ представителями монтажных организаций.

Для межцеховых трубопроводов составляют акт разбивки трассы. К акту прилагают ведомость привязки осей и поворотов с указанием знаков, поставленных на стойках или нанесенных несмываемой краской на стены.

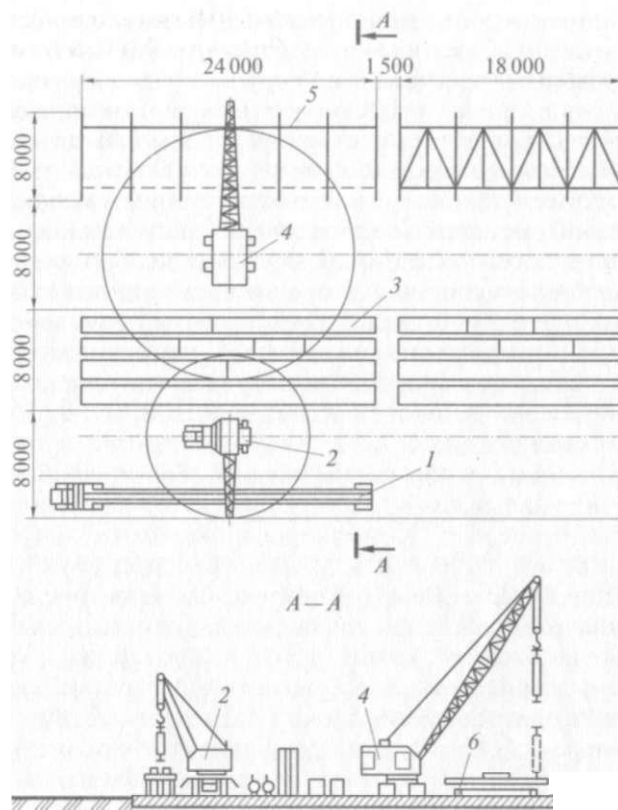


Рис. 4.12. Схема стационарной площадки для сборки комбинированных блоков **металлических** ферменных эстакад:

1 — трубовоз; 2, 4 — краны; 3 — склад элементов строительных конструкций и секций трубопроводов; 5 — укрупненный блок; 6 — шпалы

Необходимо проверить готовность строительных конструкций стоек эстакад (для комбинированных и трубопроводных блоков, прокладываемых по отдельно стоящим стойкам) и пролетных строений (для трубопроводных блоков) под монтаж и составить исполнительную схему, учитывающую отклонение отметок и положение в плане опорных конструкций эстакады.

В комплекс работ по монтажу блоков входят устройство подмостей; разбивка осей трубопроводов; строповка; подъем и установка блоков в проектное положение; временное крепление блоков; расстроповка; сборка монтажных стыков; сварка стыков; испытание и приемка трубопроводов; заделка стыков теплоизоляции.

Монтаж в пределах каждого температурного блока начинают только после монтажа промежуточных неподвижных (анкерных) стоек со сваркой всех соединений.

При прокладке трубопроводов, расположенных внутри контура поперечного сечения эстакады, трубопроводные блоки в зависимости от типа эстакад можно монтировать несколькими методами: предварительной укладкой блоков внутрь контура поперечного сечения эстакады до установки конструкций верхнего яруса (для сборных железобетонных двухъярусных эстакад балочного типа); заводкой трубопроводных блоков в открытый торец эстакады (для всех типов эстакад); заводкой блоков внутрь контура через специально предусмотренный для этого проем и плоскости верхнего пояса эстакады (для металлических эстакад ферменного типа).

Монтаж конструкций пролетных строений эстакады начинают от неподвижной (анкерной) стойки и ведут в обе стороны от нее.

При сборке трубопроводных и комбинированных блоков на стационарных сборочных площадках или в трубозаготовительных цехах их целесообразно монтировать непосредственно с транспортных средств, что позволяет исключить промежуточные операции по складированию и расстроповке грузов. В этом случае блоки транспортируют непосредственно в зону действия монтажного крана и поэтапно устанавливают на эстакаду.

Комбинированные блоки (рис. 4.13, а; этапы II—IV) двухъярусных железобетонных эстакад монтируют только после окончания монтажа всех вставок (этап I) и сварки вставок с опорными стойками. Траверсы и связи по верхнему ярусу (рис. 4.13, б; этапы V—X) устанавливают после монтажа комбинированных блоков на нижнем ярусе и укладки в нем трубопроводов, подвешиваемых к верхнему ярусу, если это допускается конструкцией эстакады.

Комбинированные блоки (рис. 4.14; этапы I—IV) металлической ферменной эстакады монтируют одним краном 2, за исключением компенсаторных блоков, которые монтируют двумя кранами. Комбинированный блок I наводят в проектное положение путем совмещения монтажных отверстий, разбивочных рисок или опорных закладных деталей с соответствующими установочными местами ранее смонтированных конструкций пролетных строений или опор. Чтобы избежать удара, блок наводят очень небольшими перемещениями монтажного крана, а также ручным натяжением расчалок (не менее двух) монтажными ломиками, струбцинами и домкратами.

Блоки до выверки временно закрепляют монтажными болтами, струбцинами и другими инвентарными приспособлениями. Стропы снимают после проверки правильности монтажа и закрепления монтируемых блоков. Окончательно крепят технологические трубопроводы и арматуру, а также сваривают монтажные

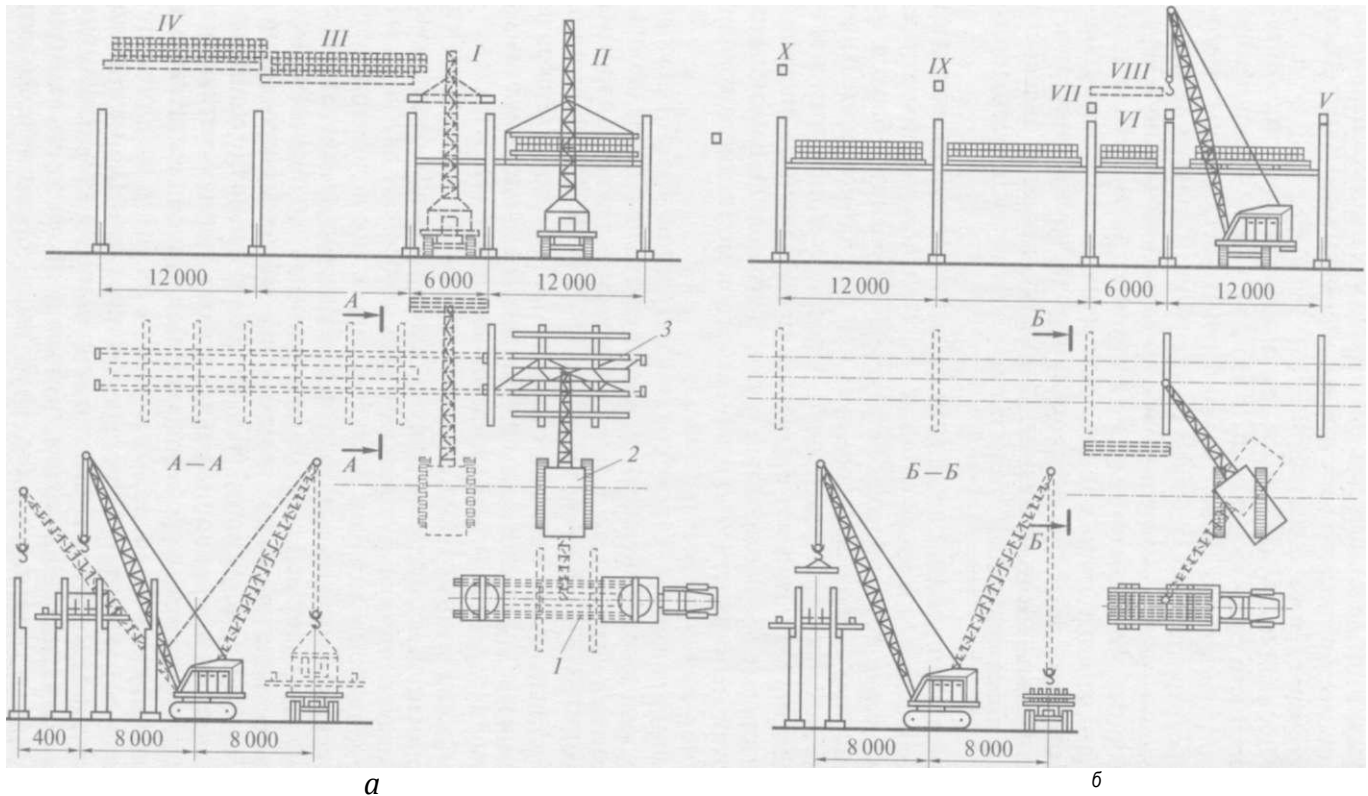


Рис. 4.13. Схема монтажа комбинированных блоков железобетонной балочной двухъярусной эстакады:
 а - монтаж нижнего яруса; б - монтаж верхнего яруса; / - комбинированный блок; 2 - кран; 3 - эстакада; 1-Х-этапы монтажа

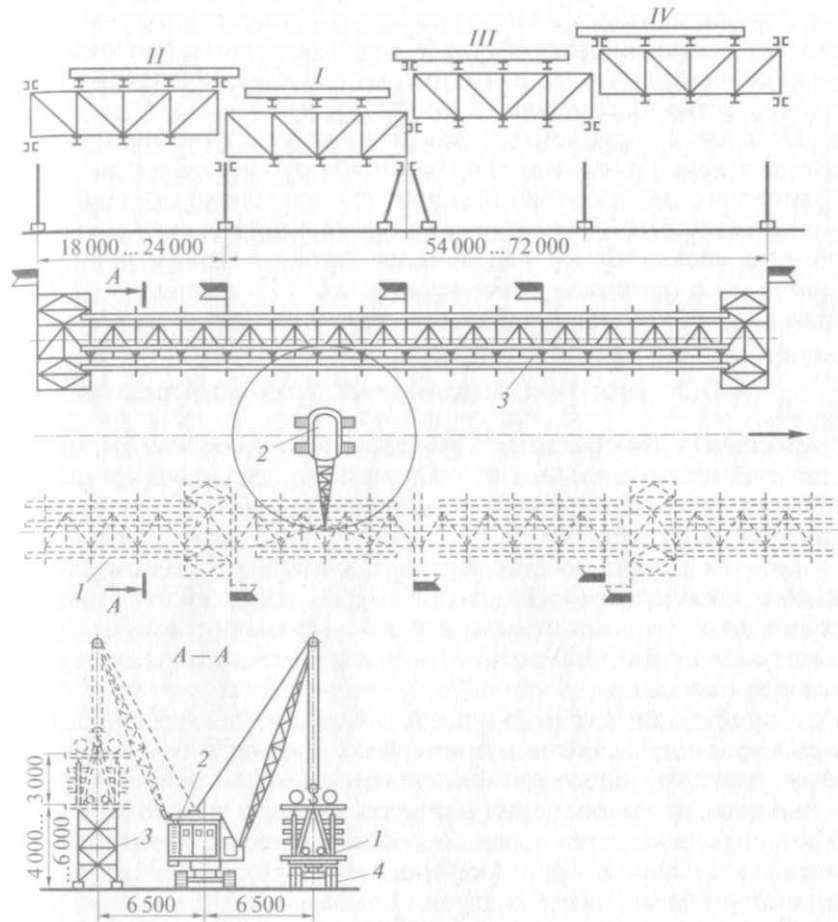


Рис. 4.14. Схема монтажа комбинированных блоков металлической ферменной эстакады:
 / — комбинированный блок; 2 — кран; 3 — эстакада; 4 — транспортное средство; /—IV— этапы монтажа

стыки после монтажа участка эстакады, составляющего температурный блок. При этом взаимно смещают стыкуемые секции и блоки трубопроводов до образования необходимого зазора.

Элементы усиления конструкций блоков, установленные на период транспортирования и монтажа, демонтируют только после полного закрепления блока в проектом положении. При крупноблочном монтаже надземных трубопроводов на эстакадах трудоемкими операциями являются сборка и сварка труб между блоками, обрезка и подгонка стыковых труб, а также регулирование положения секций в процессе сборки.

Монтаж межцеховых трубопроводов блоками и секциями позволяет механизировать 80... 85 % заготовительных, сборочно-сварочных, изоляционных и монтажных работ и значительно повысить качество и производительность труда.

На вновь сооружаемых эстакадах оставляют свободные места для прокладки дополнительных линий трубопроводов на случай возможного расширения предприятия и наращивания мощностей. Дополнительные линии трубопроводов на действующих эстакадах обычно прокладывают отдельными трубами. Трубы поднимают краном и с помощью трактора или лебедок и отводных блоков протаскивают внутрь эстакады.

4.3.3. Монтаж подземных трубопроводов

Бесканальную прокладку трубопроводов в траншеях выполняют укрупненными секциями и плетями. При бесканальном способе обязательна предварительная гидроизоляция трубопроводов до укладки их в траншею.

Готовые и изолированные секции длиной 24...40 м перед монтажом развозят по трассе, раскладывают вдоль бровки траншеи, собирают и сваривают стыки секций в неповоротном положении в плеть длиной от 100 до 1 000 м в зависимости от условий монтажной площадки.

Изолированные секции и плеть укладывают на деревянные бруссы-лежки или валики вынутаго грунта. Это необходимо для удобства захвата трубопровода монтажными полотнищами при укладке в траншею, для выполнения сборочных и сварочных работ, а также для контроля качества изоляции. Во избежание прогиба трубопровода расстояние между лежками должно составлять 30...35 м при отсутствии на местности седловин и перегибов. При волнистом рельефе расстояние между лежками должно быть таким, чтобы трубопровод не касался грунта. Перед укладкой трубопроводов проверяют соответствие размеров траншеи и отметок проектным, правильность устройства откосов и состояние креплений, соблюдение уклонов и качество дна траншеи. Непосредственно перед укладкой труб подчищают дно траншеи до проектных отметок, а также приямки для сборки и сварки стыковых соединений.

Отвалы грунта размещают только с одной стороны траншеи на расстоянии не менее 0,5 м от бровки. Вторая сторона траншеи остается свободной для производства монтажных работ.

Дно траншеи после рытья должно быть спланировано так, чтобы трубопровод на всем протяжении имел заданный проектом уклон и лежал на грунте без провисания (провисание создает дополнительные напряжения в его стенках).

Стальные трубопроводы в большинстве случаев укладывают на естественное основание. Исключение составляют трубопроводы,

прокладываемые в скальных грунтах или в торфяных массивах, для которых делают искусственное основание.

В процессе подъема с бровки и опускания на дно траншеи в стенках труб и сварных швах в случае несоблюдения принятой технологии могут возникнуть большие напряжения, способные вызвать деформацию, разрушение и другие серьезные повреждения трубопровода.

При укладке трубопровода, покрытого противокоррозионной изоляцией, необходимо принимать меры, предупреждающие нарушение целостности изоляционного покрытия. Для этого при подъеме применяют инвентарные мягкие полотенца, состоящие из стального каната с внутренней защитной оболочкой из прорезиненной ткани.

Секции и плети трубопроводов диаметром до 529 мм укладывают не менее чем двумя трубоукладчиками или кранами, секции и плети трубопроводов диаметром 529...720 мм — не менее чем тремя трубоукладчиками или кранами. С их помощью поднимают, перемещают, укладывают и поддерживают плети и секции при центрировании, стыковке и окончательной сборке.

Разрыв во времени между открытием траншей и опусканием трубопроводов должен быть минимальным.

В летнее время центрирование и сварку монтажных стыков, а также укладку и засыпку плетей трубопроводов следует производить в самое прохладное время суток (утром), так как при укладке в жаркое время трубопровод удлинится и будет защемлен засыпанным грунтом. В дальнейшем при охлаждении металла труб, особенно в зимнее время, в сварных стыках возникнут значительные растягивающие напряжения.

В зимнее время трубы укладывают в траншеи сразу же после подчистки дна траншеи и засыпают талым грунтом на глубину не менее 30...50 см над верхом трубопровода.

Во время перерывов в работе концы трубопроводов, уложенных в траншею, закрывают деревянными пробками или заглушками, чтобы внутрь трубопровода не могли попасть посторонние предметы. После опускания трубопровода в траншею захлесточные стыки плетей или секций сваривают в прямках в неповоротном положении.

При сварке не следует подгонять трубы из-за расширения трубопровода при нагревании солнечными лучами. Если при подгонке монтажных стыков остается большой зазор, необходимо в этом месте врезать катушку длиной не менее 0,5 м.

Когда рельеф местности или условия монтажа не позволяют использовать трубоукладчики или краны, трубопровод надвигают на лежки, уложенные над траншеей, одной или двумя лебедками. Концы лежек при укладке заглубляют в землю на всю толщину. Над трубопроводом, находящимся на лежках, ставят от трех до

пяти треног на расстоянии 10...20 мм одна от другой с таким расчетом, чтобы масса, приходящаяся на одну треногу, не превышала ее грузоподъемности. С помощью треног трубопровод поднимают и после удаления лежек опускают на дно траншеи. Когда у первой по ходу опускания треноги трубопровод будет находиться на дне траншеи, у дальней опускание должно только начинаться. Освобождающиеся треноги переносят по ходу опускания, и работу продолжают в том же порядке.

Плети и секции трубопроводов опускают на дно траншеи плавно, без рывков и ударов о стенки и дно траншеи или о распорные крепления.

После укладки в траншеи трубопровод на всем протяжении должен опираться на нетронутый или плотно утрамбованный грунт. Засыпают траншеи в два приема. Сначала присыпают, подбивая пазухи трубопроводов и частично засыпают траншеи на высоту 0,25...0,30 м над верхом труб, оставляя свободными сварные стыки. Затем трубопровод подвергают гидравлическому испытанию, по которому составляют акт. После испытания траншею окончательно засыпают грунтом.

Прокладку трубопроводов в каналах выполняют на бетонных подушках с применением металлических приварных или хомутовых опор. Свободное расстояние от дна канала до низа трубы или тепловой изоляции должно быть не менее 100 мм независимо от диаметра трубы.

Обычно трубопроводы монтируют при открытом канале. Опоры, устанавливаемые на дне каналов, закрепляют так, чтобы они не препятствовали свободному стоку воды.

При укладке в каналах работы по окончательному закреплению трубопроводов в каждом температурном блоке ведут от неподвижных опор.

Секции трубопроводов, укладываемых в каналах, необходимо до укладки в проектное положение изолировать, оставляя свободными сварные стыки, которые изолируют после испытаний. Опоры крепят к секциям заранее, до монтажа, по снятой с натуре схеме расстановки опор, а также до их теплоизоляции. Такой способ снижает трудоемкость монтажа и теплоизоляционных работ и повышает их качество.

Каналы с уложенными трубопроводами закрывают только после завершения всех работ и сдачи линии заказчику.

Если монтаж при открытом канале невозможен, трубопроводы монтируют в закрытых каналах отдельными трубами или секциями, которые протаскивают на роликоопорах лебедками и отводными блоками через специальные торцовые проемы. Замыкающие участки сваривают в местах расположения колодцев и люков. Монтаж трубопроводов в каналах ведут также крупноблочным методом. При этом на заводах полностью изготавливают бло-

длиной 24 м, состоящий из наружного кожуха, внутри которого полностью смонтирован комплект линий трубопроводов с тепло- или гидроизоляцией. Такие блоки поставляют на место монтажа, где их собирают, и сваривают стыки блоков между собой в более крупные секции, которые укладывают в проектное положение.

На укладку трубопровода в каналах и на его испытание составляют акт.

Прокладку трубопроводов в футлярах выполняют на пересечениях с внутривозводскими железнодорожными путями, автомобильными дорогами и проездами. Подземные трубопроводы укладывают в футляры из стальных труб большого диаметра, концы которых должны выступать на 2 м в каждую сторону от крайнего рельса или от края проезжей части автомобильной дороги. Концы футляров уплотняют просмоленной прядью и заливают битумом. Внутренние диаметры футляров обычно на 100...200 мм больше наружных диаметров прокладываемых в них трубопроводов. Футляр воспринимает давление грунта и подвижных нагрузок от работы транспорта. При строительстве промышленных объектов такие футляры укладывают двумя способами: без нарушения нормальной работы транспорта (бестраншейный или закрытый) и с прекращением движения транспорта (открытый). Применение того или иного способа прокладки трубопровода зависит от категории дорог и путей.

Сооружение перехода трубопровода через дорогу как открытым, так и закрытым (бестраншейным) способом состоит из следующих операций: разработки грунта, установки защитного футляра внутри разработанного грунта (одновременно с его разработкой или после), протаскивания через футляр изолированного трубопровода с установкой его на опоры, засыпки трубопровода и восстановления участка пересекаемой дороги. Сооружение перехода оформляют актом.

Открытый способ применяют только на малоответственных участках железнодорожных путей и автомобильных дорог. При этом в местах пересечения устраивают временные мосты. Перед установкой моста разбирают участок шоссейной дороги или железнодорожного пути и устанавливают временный мост на месте снятого участка. После этого восстанавливают участок дороги и открывают движение. Затем постепенно роют траншею с углублением, не превышающим высоту крепёжных досок, которые устанавливают немедленно и тщательно раскрепляют. После установки футляра трубопровода траншею засыпают грунтом, который послойно трамбуют. По окончании этой работы переносной мост снимают и восстанавливают участок железнодорожного пути или Дороги.

Способы бестраншейной прокладки трубопроводов в зависимости от того, как производится разработка (проходка) грунта,

следующие: продавливание без выемки грунта (метод проколам
продавливание с выемкой грунта и горизонтальное бурение с
выемкой грунта из труб.

Продавливание без выемки грунта (рис. 4.15) — способ проходки, при котором на конец футляра 6 надевают или приваривают наконечник 8 конической формы, который разбивает грунт во время движения патрона. Прокалывание футляром диаметром 250...500 мм производится с помощью гидродомкратов / или тракторов, а щаметром 100...200 мм — с помощью винтовых домкратов.

Продавливание без выемки грунта для трубопроводов диаметром до 300 мм выполняют также пневмопробойником, который проходит через грунт, оставляя за собой прямолинейную скважину. Скорость проходки от 10 до 80 м/ч.

Продавливание с выемкой грунта — способ проходки, при котором футляр вдавливается открытым концом в грунт, разрабатываемый механическим или ручным способом и удаляемый тележкой, скреперами, совками, винтовыми ковшовыми экскаваторами.

Для продавливания футляра диаметром до 1220 мм с механическим удалением грунта применяют специальную установку (рис. 4.16). Ее размещают в котловане, который располагают на начальном участке. Футляр 2 с головкой / продавливается в результате усилий, развиваемых двумя гидродомкратами 5 и передаваемых на футляр через вставку 4. Головка / футляра на конце имеет кольцевую режущую кромку. Грунт из футляра извлекают челноком 9, который приводится в возвратно-поступательное движение от лебедки 7.

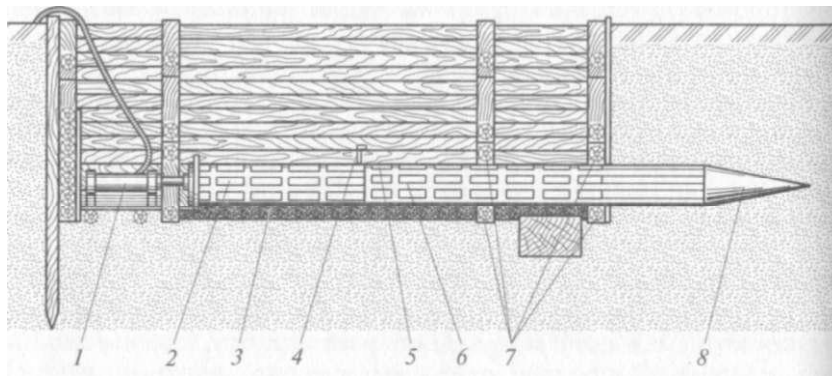


Рис. 4.15. Схема установки для продавливания футляра без выемки грунта:

1 — гидродомкрат; 2 — шомпол; 3 — сменные катки; 4 — стержень; 5 — фланец; 6 — футляр; 7 — брус; 8 — наконечник

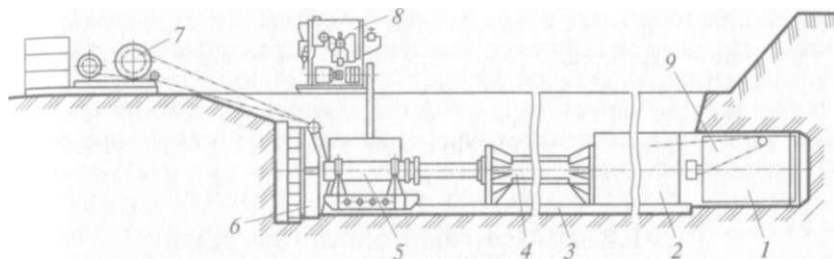


Рис. 4.16. Схема установки для бестраншейной прокладки труб:

1 — головка; 2 — футляр; 3 — направляющая футляра; 4 — вставка; 5 — гидромкрат; 6 — башмак; 7 — лебедка; 8 — гидравлический привод; 9 — челнок

Горизонтальное бурение — наиболее распространенный способ проходки под дорогами при прокладке одновременно нескольких трубопроводов. При бурении грунт перед патроном разрабатывают механическим резанием или размывают струей воды под напором и удаляют из скважины отработавшей водой, винтовым и скребковым конвейерами-совками и тележками. Для горизонтального бурения применяют различные машины и установки.

При всех способах бестраншейной прокладки секции трубопроводов, устанавливаемые внутри футляра, должны иметь минимальное число сварных стыков, которые контролируют физическими методами. Все участки трубопроводов, заключаемые в защитные футляры, проходят испытание, затем их изолируют.

Перед протаскиванием внутрь футляра 4 (рис. 4.17) секцию трубопровода допускают в траншею, устанавливают на ней опоры и укладывают на направляющую рельсовую дорожку /. Сек-

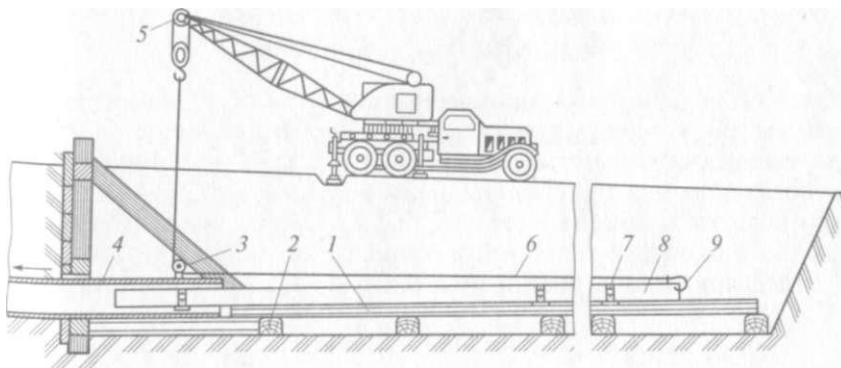


Рис. 4.17. Схема протаскивания секции трубопровода внутрь футляра:

1 — направляющая рельсовая дорожка; 2 — шпала; 3 — отводной блок; 4 — футляр; 5 — автокран; 6 — канат; 7 — опора-ползунок; 8 — секция трубопровода; 9 — крюк

цию 8 протаскивают в футляре 4 автокраном 5 или трубоукладчиком, закрепив один конец каната 6 за торец укладываемой секции, а другой — за крюк крана. Отводной блок 3 приваривают на футляре 4 или закрепляют канатом. При укладке секции без специальных опор ее поверхность покрывают защитной футеровкой из деревянных реек.

4.3.4. Монтаж компенсаторов

Перед установкой компенсаторов в проектное положение их контролируют внешним осмотром. Как правило, все компенсаторы перед окончательным присоединением к трубопроводу должны быть предварительно растянуты или сжаты на величину, указанную в проекте, и установлены на трубопроводы вместе с распорным (или сжимающим) приспособлением, которое снимают лишь после окончательного закрепления трубопроводов на неподвижных опорах. Растяжку применяют для горячих линий трубопровода, а сжатие — для холодных.

Величина предварительной растяжки (сжатия) компенсатора указывается в проекте. При этом необходимо учитывать поправку на температурные условия в момент монтажа компенсатора. Если монтаж выполняют при температуре воздуха, принятой при расчете компенсатора, то растяжку (сжатие) его осуществляют на величину, равную половине температурного изменения длины участка трубопровода, т.е. $\Delta/2$.

В большинстве случаев в момент монтажа температура окружающего воздуха выше расчетной, поэтому в величину предварительного растяжения (сжатия) следует вносить поправку $\Delta_{\text{попр}}$, м, значение которой определяют по формуле

$$\Delta_{\text{попр}} = [\alpha L(t_{\text{монт}} - t_{\text{мин}})]/100,$$

где α — коэффициент линейного расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, принимаемый равным для углеродистых и низколегированных сталей $1,2 \cdot 10^{-5}$ для высоколегированных сталей — $1,6 \cdot 10^{-5}$; L — длина участка трубопровода между неподвижными опорами, м; $t_{\text{монт}}$ — температура воздуха в момент монтажа, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{мин}}$ — средняя температура воздуха в наиболее холодной пятидневке на месте монтажа, $^{\circ}\text{C}$.

Предварительное растяжение (сжатие) $\Delta_{\text{раст}}$ компенсатора

$$\Delta_{\text{раст}} = \Delta/2 + \Delta_{\text{попр}}.$$

На растяжку компенсаторов независимо от способа ее выполнения составляют акт, в котором указывают строительные длины компенсаторов до и после растяжки.

При монтаже трубопроводов широко применяют П-образные, линзовые, сильфонные и сальниковые компенсаторы.

П-образные компенсаторы, как правило, устанавливают в горизонтальном положении и, как исключение, вертикально или наклонно. При установке таких компенсаторов вертикально или наклонно в нижних точках с обеих сторон компенсатора размещают дренажные штуцера для отвода конденсата, а в верхней части — воздухоотводчики.

П-образные компенсаторы с растяжкой (рис. 4.18) монтируют следующим образом. На компенсаторе // параллельно его спинке устанавливают приспособление для растяжки 7, состоящее из двух хомутов, между которыми установлены винт и распорка с натяжной гайкой. Перед растяжкой измеряют длину компенсатора в свободном состоянии, а затем вращением гайки разводят его на необходимую величину предварительной растяжки.

К компенсатору с одной стороны приваривают (стык 6) участок 4 трубопровода. После этого компенсатор поднимают. При подъеме компенсаторы строят в трех точках, исключая строповку за приспособление.

Для обеспечения нормальной работы компенсатор устанавливают не менее чем на трех подвижных опорах 5. Две опоры располагают на прямых участках 4, 9 трубопровода, присоединяемых к компенсатору (при этом край опоры должен отстоять от сварного стыка не менее чем на 500 мм), третью опору ставят под спинку компенсатора.

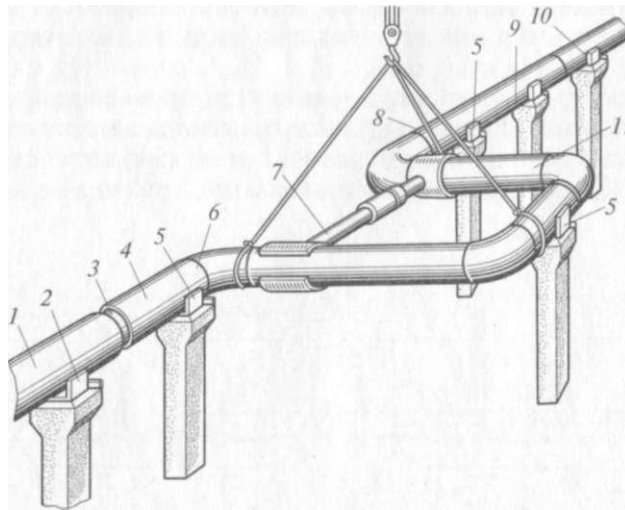


Рис. 4.18. Схема монтажа П-образного компенсатора с растяжкой:

1, 4, 9 — участки трубопровода; 2, 10 — неподвижные опоры; 3, 6, 8 — сварные стыки трубопровода; 5 — подвижные опоры; 7 — приспособление для растяжки;
// — компенсатор

После сборки и прихватки стыка 8 и закрепления участка 9 трубопровода в неподвижной опоре 10 компенсатор отсоединяют от грузоподъемных средств. Далее участок трубопровода / подтягивают к стыку 3 и после его сварки закрепляют в неподвижной опоре Д а затем с компенсатора снимают приспособление для растяжки.

В отдельных случаях П-образные компенсаторы с растяжкой монтируют в другой последовательности. Сначала устанавливают, сваривают и закрепляют в неподвижных опорах участки трубопровода /, 4, 9, затем их присоединяют к предварительно растянутому компенсатору или растяжку компенсатора производят после подъема.

При групповом расположении П-образных компенсаторов параллельных трубопроводов (один внутри другого) и в некоторых других случаях предварительную растяжку компенсаторов заменяют натяжением трубопровода в холодном состоянии. В этом случае при установке компенсаторов трубопровод собирают обычным способом, но в одном из стыков (сварном или фланцевом) оставляют зазор, равный заданной величине растяжки компенсатора.

Сварной стык, у которого будет произведена растяжка компенсатора J (рис. 4.19), указывают в проекте. Если такого указания нет, то для растяжки нужно оставлять зазор в соседнем стыке. Для растяжки, чтобы не было перекоса, нельзя использовать стык, непосредственно прилегающий к компенсатору. Перед растяжкой следует убедиться в том, что все сварные стыки на данном участке трубопровода заварены и прошли термообработку (если она требуется по техническим условиям), а также окончательно закреплены неподвижные опоры /.

При установке компенсаторов без предварительной растяжки для удобства их монтажа в стык трубопровода вставляют временное кольцо 4 длиной, равной величине растяжки. Кольцо прихватывают электросваркой к обеим кромкам трубопровода. Иногда

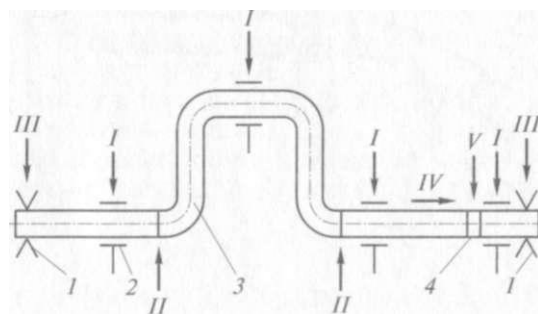


Рис. 4.19. Схема монтажа П-образного компенсатора без растяжки:

I — неподвижная опора; 2 — подвижная опора; 3 — компенсатор; 4 — временное кольцо; I— V — последовательность операций монтажа

на концах стыкуемых труб приваривают временные хомуты из уголков. Через отверстия в них пропускают монтажные удлиненные шпильки и, затягивая гайки,жимают временное прокладочное кольцо 4, установленное между торцами стыка. После сварки стыка хомуты удаляют.

Фланцевый стык, оставленный для растяжки, временно (без постоянных прокладок) стягивают удлиненными шпильками, устанавливая их через одну и оставляя отверстия для постоянных болтов. Диаметр и число шпилек для натяжения трубопроводов в холодном состоянии указывают в проекте.

После установки компенсаторов в проектное положение, сварки всех стыков (кроме одного) и закрепления трубопровода на всех неподвижных опорах по обе стороны компенсатора удаляют временное прокладочное кольцо и стягивают стык для сварки путем затяжки гаек на удлиненных шпильках. При фланцевом соединении перед окончательной затяжкой устанавливают прокладку. После затяжки фланцевого соединения удлиненные шпильки вынимают и на их место устанавливают болты или шпильки, предусмотренные проектом.

Сильфонные компенсаторы перед установкой осматривают, расконсервируют и проверяют соответствие температурного изменения участка трубопровода проекту с допускаемой компенсирующей его способностью. Для угловых компенсаторов проверяют также величину изгиба.

Гибкие элементы компенсаторов необходимо защищать от резких механических нагрузок, от скручивающих нагрузок и от попадания искр при сварке.

Последовательность монтажа сильфонных осевых компенсаторов зависит от наличия в их конструкции приспособлений для предварительной растяжки. При наличии такого приспособления (рис. 4.20, а) компенсатор 3 одной стороной присоединяется (на

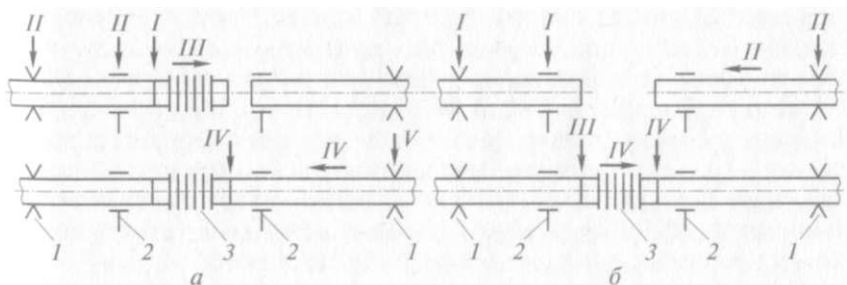


Рис. 4.20. Монтаж осевого компенсатора на трубопроводе:

а — при наличии приспособления для растяжки; б — при отсутствии приспособления для растяжки; 1 — неподвижная опора; 2 — подвижная опора; 3 — компенсатор; I— V — последовательность операций монтажа

фланце или сваркой) к участку трубопровода, который затем устанавливается на направляющие или подвижные опоры 2 и окончательно закрепляется в неподвижной опоре 1. С помощью шпилек и гаек производят предварительную растяжку компенсатора укладывают на опоры другой участок трубопровода, подсоединяют его к компенсатору, после чего закрепляют в неподвижной опоре. Затем с компенсатора снимают шпильки и гайки, установленные для предварительной растяжки.

При отсутствии в конструкции компенсатора приспособлений для растяжки (рис. 4.20, б) монтаж производят путем установки и закрепления обоих участков трубопровода в опорах 1, 2 с разрывом между ними, равным монтажной длине растянутого компенсатора 3. Предварительную растяжку компенсатора выполняют посредством монтажных приспособлений, которые снимают после присоединения компенсатора к обоим участкам.

Для обеспечения надежной работы компенсатора направляющие (подвижные) и неподвижные опоры устанавливают так, чтобы соосность патрубков или фланцев компенсатора составляла 2 мм, а взаимное отклонение осей патрубков компенсатора — не более 1 мм на каждые 200 мм монтажной длины компенсатора.

При монтаже многосекционных компенсаторов консольное крепление их к трубопроводу не допускается. В этом случае необходимо помещать подставку под свободный патрубок компенсатора.

Угловые компенсаторы, установленные по шарнирной схеме (рис. 4.21), монтируют в определенной последовательности. Участки трубопровода устанавливают в направляющих опорах 2 и закрепляют в неподвижных опорах 1. Затем оптическими приборами проверяют расстояние между осями шарниров 3 компенсаторов 4, расположение осей шарниров в одной плоскости и их параллельность. Оси шарниров угловых компенсаторов должны быть перпендикулярны плоскости изгиба трубопровода. Угловые компенсаторы присоединяют к участкам трубопровода в нулевом положении, т.е. перпендикулярно входящему и выходящему участкам трубопровода. В трубопроводе в местах, указанных проектом, создают разрыв, равный величине предварительной растяжки $D_{пред}$. В компенсаторах удаляют фиксаторы у шарниров и участок трубопровода с компенсаторами выводят из нулевого положения (монтажными приспособлениями) на величину предварительной растяжки шарнирной системы. В заключение участок трубопровода с компенсаторами приваривают к уже уложенному.

При монтаже вертикальных участков трубопроводов с линзовыми и сильфонными компенсаторами, для того чтобы исключить возможность их сжатия (растяжения) под действием силы тяжести трубопровода, на период монтажа на трубопроводе закрепляют поддерживающие скобы.

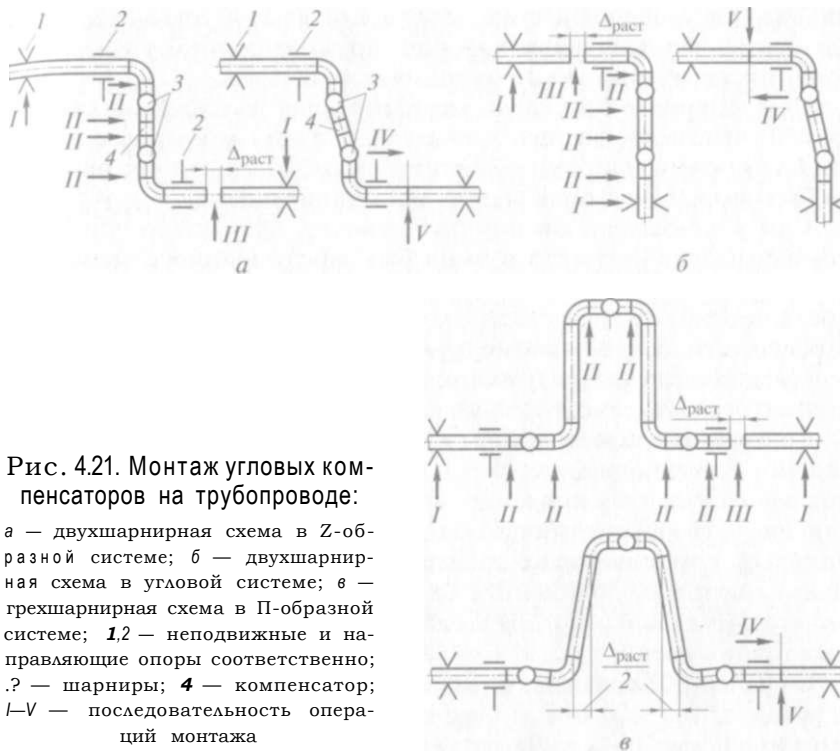


Рис. 4.21. Монтаж угловых компенсаторов на трубопроводе:

а — двухшарнирная схема в Z-образной системе; б — двухшарнирная схема в угловой системе; в — трехшарнирная схема в П-образной системе; 1, 2 — неподвижные и направляющие опоры соответственно; 3 — шарниры; 4 — компенсатор; I—V — последовательность операций монтажа

Сильфонные поворотные компенсаторы монтируют аналогично угловым.

Линзовые компенсаторы рекомендуется устанавливать на трубах, узлах или блоках до подъема в проектное положение. Собранный узел или блок с линзовыми компенсаторами необходимо на время транспортирования, подъема и установки предохранять от деформаций и повреждений. Для этого применяют дополнительные жесткости на компенсаторах. После установки узлов на опоры и закрепления временные жесткости удаляют.

Линзовые компенсаторы растягивают при монтаже на половину их компенсирующей способности после их сварки или окончательного соединения на фланцах с трубопроводом, а также после установки всех опор и подвесок трубопроводов и закрепления трубопроводов в неподвижных опорах. Компенсатор растягивают путем стягивания ближайшего от компенсатора монтажного стыка, у которого специально оставляют соответствующий дополнительный зазор.

Сжатие компенсатора осуществляют после его окончательного соединения с трубопроводом, но до закрепления на неподвижных опорах. Для сжатия или растяжения линзового компенсатора

применяют приспособление, состоящее из двух стяжных хомутов, закрепляемых на трубопроводе по обе стороны от компенсатора, и удлиненных стяжных шпилек с гайками.

При установке линзовых компенсаторов необходимо следить за тем, чтобы дренажные штуцера (если они имеются) находились в нижнем положении, а направляющий стакан компенсатора был вварен по направлению движения вещества.

При установке на линии трубопровода нескольких линзовых компенсаторов в проекте должны быть предусмотрены неподвижные опоры за каждым компенсатором, чтобы исключить возможность прогиба трубопровода, находящегося в сжатом состоянии, и обеспечить более равномерную деформацию всех компенсаторов, установленных на трубопроводе, так как действительная жесткость всех компенсаторов может быть неодинаковой.

Сальниковые компенсаторы при монтаже устанавливаются строго соосно с трубопроводом, без перекосов во избежание заедания подвижных частей и повреждения набивки компенсатора. Направляющие устройства трубопроводов в местах подсоединения к сальниковым компенсаторам должны плотно обжимать трубы пригнанными к ним роликами и центрировать трубу в горизонтальной и вертикальной поверхностях, не создавая больших продольных усилий трения.

Сальниковые компенсаторы не подвергаются растяжению после установки, так как при приварке компенсатора к трубопроводу его раздвигают на величину, указанную в проекте и определяемую по расстоянию между рисками, нанесенными на его корпусе и стакане. При установке необходимо предусмотреть, чтобы в случае срыва неподвижных опор движущаяся часть трубы не вырвалась из корпуса компенсатора.

В большинстве случаев для этого на конец скользящей части трубы приваривают ободок, так чтобы он не мешал работе компенсатора.

4.3.5. Защита подземных трубопроводов от почвенной коррозии

При подземной прокладке стальные трубопроводы подвергаются почвенной коррозии. В грунтах почти всегда содержатся соли, кислоты, щелочи и органические вещества, которые вредно действуют на стенки стальных труб. В некоторых случаях такая коррозия может вызвать очень быстрое появление сквозных свищей в металле трубы и этим вывести трубопровод из строя. Такие разрушения происходят особенно часто в трубопроводах, уложенных без достаточной защиты от коррозии.

Защита подземных трубопроводов от почвенной коррозии может быть активной и пассивной. К активным средствам защиты

подземных трубопроводов от наружной коррозии относятся электрические методы, катодная и протекторная защита. При пассивной защите на наружную поверхность трубопроводов наносят покрытия и изоляцию, при активной — устраняют причины, вызывающие коррозию.

Катодная защита (рис. 4.22, а) заключается в наведении на трубопровод специальными установками внешнего электрического

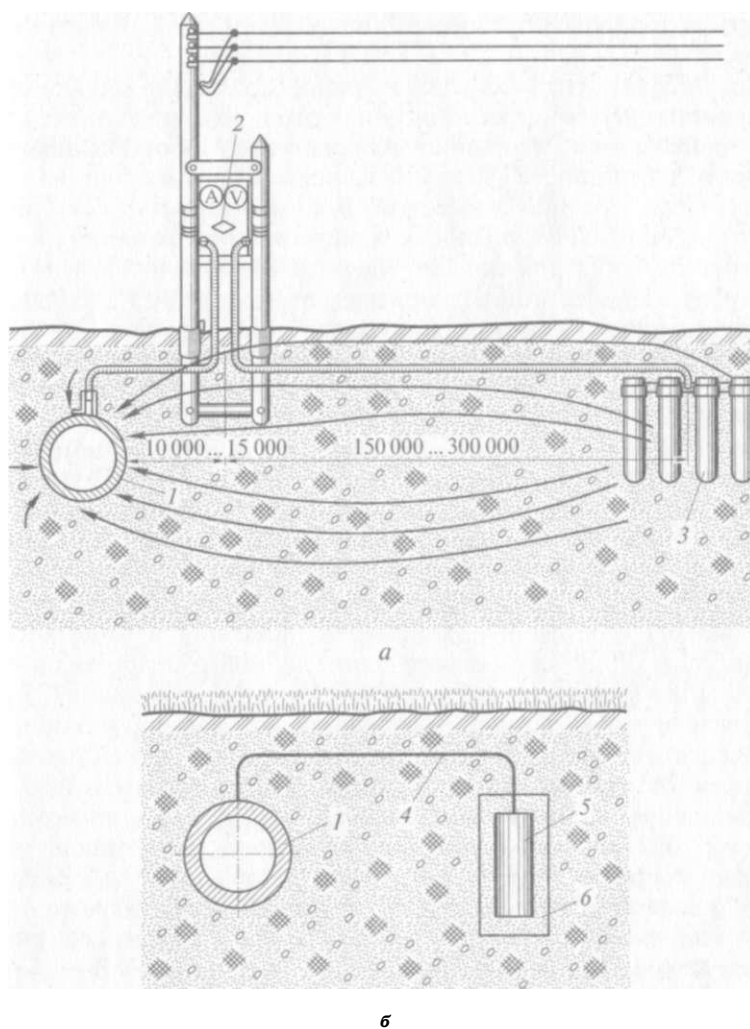


Рис. 4.22. Схема установки защиты:

а — катодной; *б* — протекторной; 1 — трубопровод; 2 — катодная сетевая станция; 3 — анодное заземление; 4 — соединительный проводник; 5 — металлический протектор; 6 — наполнитель

земление 3, изготовленное из электропроводных материалов.

При *протекторной защите* (рис. 4.22, б) к защищаемому трубопроводу / присоединяют металлический протектор 5 (анодный электрод), имеющий более низкий электрический потенциал, чем потенциал металла трубопровода. С применением протекторной защиты трубопровод принимает полярность катода, а протектор — анода.

Средства защиты выбирают на основе данных о коррозионной активности грунтов (агрессивности грунтов по отношению к стальным трубам), а также технико-экономических обоснований. Коррозионная активность грунтов в зависимости от их состава может быть низкой, средней и высокой. Песчаные грунты, если они не содержат каких-либо химических загрязнений, относятся к грунтам низкой коррозионной активности, солончаковые и глинистые грунты с известковыми примесями — к средней, а торфяные и черноземные — высокой коррозионной активности.

Наиболее распространенный способ пассивной защиты от почвенной коррозии — нанесение изоляционного покрытия на трубопроводы. Обычно используют покрытие из нефтяных битумов с наполнителями, из липких поливинилхлоридных и стабилизированных сажей полиэтиленовых лент.

По степени коррозионной активности грунтов применяют нормальное и усиленное изоляционные покрытия (табл. 4.1). Допускается применение других изоляционных покрытий (эпоксидных, каменноугольных, кремнийорганических и силикатных эмалей) обладающих требуемой сплошностью, адгезией и механической прочностью. Допускаемое отклонение толщины битумных покрытий до 4 мм не должно превышать 0,3 мм; более 4 мм — 0,5 мм.

Для того чтобы защитное битумное покрытие прочно пристало к поверхности трубопроводов, его перед нанесением изоляции очищают от ржавчины, земли, пыли, влаги, копоти и окалины, поддающейся механической очистке. Очищенную поверхность, которая должна иметь серый цвет с проблесками металла, чтобы не было коррозии, сразу же грунтуют. Чтобы усилить прилипаемость изоляционного покрытия к металлу трубопровода, грунтовку наносят на сухую поверхность ровным слоем, без пропусков, сгустков, подтеков и пузырей.

Составы грунтовок зависят от применяемого изоляционного материала. В качестве грунтовок под изоляцию из липких полимерных лент используют специальный клей, растворенный в бензине в соотношении по объему соответственно 1:1 или 1:3. Битумные грунтовки под покрытия битумно-резиновой мастикой состоят из битума, растворенного в неэтилированном авиационном

Таблица 4.1

Тип и конструкция изоляционного покрытия

Тип покрытия	Конструкция покрытия	Толщина покрытия без защиты обертки, мм, не менее	Применение изоляции
Нормальное: из полимерных лент	Грунтовка, липкая полимерная лента в один слой, защитная обертка	0,35	Для трубопроводов, укладываемых в фунты с низкой и средней коррозионной активностью
битумное	Битумная грунтовка, слой битумно-резиневой мастики 3 мм, етеклохолст В один слой, защитная обертка	4	
Усиленное: из полимерных лент	Грунтовка, липкая полимерная лента в два слоя, защитная обертка	0,65	Для трубопроводов, укладываемых в грунты с высокой коррозионной активностью; на участках пересечения железнодорожных путей и шоссейных дорог; на переходах через реки, каналы, затапливаемые поймы рек, болота и т.п.
битумное	Битумная грунтовка, слой битумно-резиневой мастики 2...3мм, етеклохолст в один слой, слой битумно-резиневой мастики 2 ... 3 мм, етеклохолст в один слой, защитная обертка	5,5	
То же	Битумная грунтовка, слой битумно-резиневой мастики 5...6 мм, етеклохолст в один слой, защитная обертка	»	

бензине в соотношении 1 :3 по объему или Г. 2 по массе. В летнее время применяют битум БН-90/10, в зимнее — БН-70/30. Толщина слоя битумной грунтовки обычно не превышает 0,2 мм.

После высыхания грунтовки на трубопровод наносят битумно-резиневую мастику, которую, как правило, изготавливают в условиях баз. Мастику приготавливают в битумоварочных котлах, оборудованных смесительными устройствами. Мастику, нагретую

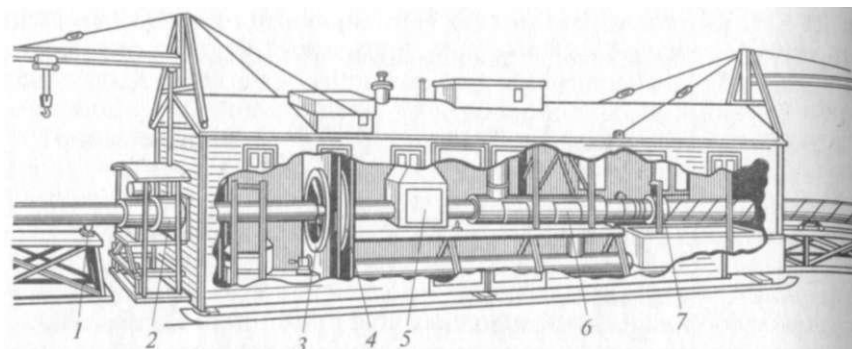


Рис. 4.23. Установка для ОЧИСТКИ и изоляции труб и СЕКШШ трубопрово-

1 — роликовый конвейер; 2 — сушильная печь; 3 — подающий мечами ИМ; 4 — очистная машина; 5 — установка для нанесения грунтовки; 6 — сушильная камера; 7 — установка для нанесения битумной мастики

до температуры 165... 170°C, наносят на трубопровод обливом или набрызгиванием.

Изоляционные покрытия из битума и липких полимерных лент защищают полимерными пленками толщиной не менее 0,5 мм (полимерно-дегтебитумными — ПДБ и полимерно-резинодегтебитумными — ПРДБ), а также стеклорубероидом.

При применении полимерных пленок толщиной менее 0,5 мм их следует наносить в два и более слоев (с общей толщиной не менее 0,5 мм).

При соответствующем технико-экономическом обосновании для защиты изоляционного покрытия допускается применять обертки на картонной основе, а также из рулонных гидроизоляционных материалов толщиной не менее 1 мм: гидроизола, толя, антисептированного рубероида.

Оберточные рулонные материалы накладывают с нахлестом витков на 20...25 мм.

Все работы по очистке секций трубопроводов и нанесению на них изоляции обычно выполняют механизированным способом. Установка для очистки и изоляции труб и секций трубопроводов (рис. 4.23) работает следующим образом.

Секция с роликового конвейера / поступает в сушильную печь 2 и проходит через машину 4 для очистки наружной поверхности. После этого на поверхность трубы наносится грунтовка, а затем изоляция.

Качество изоляционных работ следует контролировать пооперационно в процессе очистки, огрунтовывания и нанесения изоляции. При контроле качества битумно-резиновой мастики проверяют правильность дозирования, правильность режима разогре-

а мастики и введения в нее наполнителей и пластификаторов, физико-механические свойства мастики. Качество нанесения грунтовки контролируют внешним осмотром; проверяют отсутствие пропусков, кусков, подтеков и пузырей, а у битумных покрытий — отсутствие дефектов, равномерность, сплошность и прилипаемость покрытия.

4.3.6. Тепловая изоляция трубопроводов

Тепловую изоляцию технологических трубопроводов применяют для защиты горячих и холодных поверхностей от потерь теплоты и холода, для сохранения температуры транспортируемого вещества, предотвращения его застывания, конденсации, для защиты от ожогов, если температура поверхности трубопроводов выше 60 °С, в местах возможного нахождения персонала, занимающегося эксплуатацией трубопроводов.

Тепловую изоляцию применяют для прокладываемых в помещениях и туннелях трубопроводов, если температура транспортируемого вещества 45 °С и выше.

Для тепловой изоляции трубопроводов широко используют типовые детали, полносборные и комплектные теплоизоляционные конструкции заводского изготовления, допускающие выполнение монтажа промышленными методами. Детали и конструкции изготавливают из различных теплоизоляционных материалов (минеральной ваты, диатомита, перлита, асбеста, стеклоцемента, стеклопластика, ячеистых материалов).

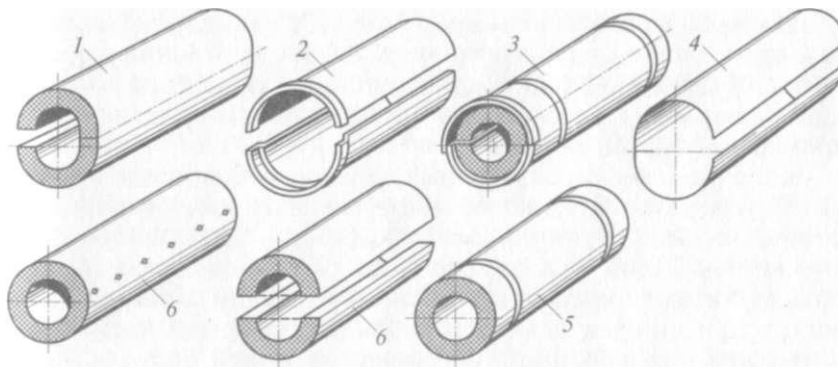


Рис. 4.24. Полносборные теплоизоляционные конструкции:

1 — минераловатный цилиндр; 2 — асбестоцементный полуцилиндр; 3 — полносборная конструкция из минераловатного цилиндра и асбестоцементных полуцилиндров; 4 — металлическое покрытие; 5 — полносборная конструкция из полуцилиндров с покрытием пленкой, стянутая стальными бандажами; 6 — жесткие полуцилиндры; 7 — полносборная конструкция из минераловатного цилиндра и покрытия, скрепленного самонарезающими винтами

Для изоляции трубопроводов выпускают большое число комплектных и полносборных изделий (рис. 4.24): цилиндры, полуцилиндры (скорлупы), плиты из различных теплоизоляционных материалов (минеральной ваты, диатомита, перлита). Для покрытия изоляций применяют оболочки из листового металла, асбестоцемента, стеклоцемента и стеклопластика.

Большое распространение получили изделия из минеральной ваты, температуростойкость которой не менее 600 °С. Минераловатные цилиндры на синтетическом связующем используют для тепловой изоляции трубопроводов диаметром 25...219 мм, длиной 500...1500 мм при температуре изолируемой поверхности -30...+300 °С.

При изоляции трубопроводов с отрицательной температурой транспортируемого продукта на них предварительно наносят пароизоляционный слой из рубероида, швы которого промазывают битумом, или полиэтиленовую пленку, швы которой проклеивают липкой лентой или клеем.

Наружным покрытием, предохраняющим изоляцию от атмосферных осадков и механических повреждений, могут служить асбестоцементные полуцилиндры, которые крепят стальными бандажами из полосовой стали с простым замком, оцинкованная листовая сталь толщиной 0,8...1,0 мм или листы из алюминиевых сплавов, которые крепят самонарезающими винтами.

Для изоляции трубопроводов диаметром до 273 мм применяют также полые полуцилиндры из перлита, вермикулита, соевелита известково-кремнеземистых материалов, рассчитанных на температуру до 600 °С.

Для трубопроводов диаметром более 273 мм используют минераловатные плиты на синтетическом связующем или прошивные маты с обкладками с одной или двух сторон. В качестве обкладки применяют металлическую сетку, асбестовую ткань, стеклоткань, кровельный картон и др.

Тепловую изоляцию фасонных деталей трубопроводов выполняют путем установки специальных фасонных конструкций. В некоторых случаях тепловую изоляцию фасонных деталей выполняют индивидуально на месте монтажа. У фланцевых соединений тепловую изоляцию прерывают. Разрыв изоляции со стороны гаек болтов или шпилек делают равным выступающей части болта (шпильки) плюс 30 мм, а со стороны головки болта — длиной болта плюс 20 мм. Фланцевые соединения изолируют отдельно кожухами из кровельной стали или металлической сетки, которую покрывают слоем минеральной ваты с защитной асбестоцементной штукатуркой.

Компенсаторы в связи с изменением их формы при эксплуатации изолируют, учитывая их тепловую деформацию, для чего швы располагают в местах наибольших деформаций. В местах установ

ки арматуры, подвергаемой частым ремонтам или осмотрам, изоляцию выполняют съемной и покрывают слоем повышенной прочности или металлическими защитными обшивками.

4.4. Контроль, испытание и сдача стальных трубопроводов общего назначения в эксплуатацию

4.4.1. Приемка и техническое освидетельствование смонтированных трубопроводов

По окончании монтажа линии трубопровода, а также отдельного блока производится поузловая сдача — приемка. При этом подлежит проверке:

- правильность выполнения всех монтажных работ и их соответствие проекту, включая термическую обработку и контроль качества сварки, соответствие типов установленной арматуры проектным, правильность монтажа арматуры и дистанционных приводов к ней, легкость открывания и закрывания арматуры;
- законченность и правильность расположения и установки дренажей, воздушников, сливных линий, штуцеров и диафрагм, бобышек для измерения ползучести, реперов для измерения тепловых удлинений трубопровода;
- наличие зазоров и их величина между параллельно проложенными трубопроводами, строительными конструкциями и трубопроводами в местах прохода через перекрытия и стены;
- наличие площадок и лестниц для обслуживания арматуры, расположенной в труднодоступных местах;
- соответствие проекту типов опор и подвесок, мест их расположения и правильность монтажа;
- наличие монтажной технической документации и правильность ее оформления.

При техническом освидетельствовании смонтированного трубопровода проверяют монтажную техническую документацию, подвергают трубопровод наружному осмотру и гидравлическому испытанию. При наружном осмотре проверяют готовность трубопровода к проведению испытаний.

Техническое освидетельствование трубопроводов, не подлежащих регистрации в органах Ростехнадзора, должно проводиться специалистом предприятия, ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию трубопроводов.

Техническое освидетельствование трубопроводов, зарегистрированных в органах Ростехнадзора, осуществляется специалистами организации, имеющей лицензию Ростехнадзора на экспертизу промышленной безопасности.

4.4.2. Методы испытаний трубопроводов и испытательное давление

Все технологические трубопроводы после монтажа перед вводом их в эксплуатацию подвергают испытанию на прочность и плотность. Для особо ответственных трубопроводов, кроме испытания на прочность и плотность, производят испытание их на герметичность.

При испытании на прочность в трубопроводе создают давление, превышающее рабочее. При этом в конструкции трубопровода возникают повышенные напряжения, которые вскрывают его дефектные места.

При испытании на плотность в трубопроводе создают рабочее давление, при котором производят осмотр и обстукивание с целью выявления неплотности системы в виде сквозных трещин отверстий и т.д.

При испытании на герметичность в трубопроводе воздухом или инертным газом создают рабочее давление, которое выдерживают в течение длительного времени (не менее 12 ч). При этом по манометру определяют величину падения давления за время испытания, по которой судят о герметичности системы. Этот вид испытания позволяет выявить мельчайшие неплотности системы.

Испытание трубопроводов на прочность и плотность обычно производят одновременно гидравлическим или пневматическим способом, а испытание на герметичность — только пневматическим. При испытании на прочность и плотность используют преимущественно гидравлический способ как наиболее безопасный. Пневматический способ предусматривают в следующих случаях: когда опорные конструкции или газопровод не рассчитаны на заполнение его водой; если температура воздуха отрицательная и отсутствуют средства, предотвращающие замораживание системы; если гидравлический метод недопустим или невозможен по технологическим или другим требованиям.

Трубопроводы испытывают только при полностью смонтированных линиях или отдельных участках после проверки исполнительной схемы, внешнего осмотра и получения разрешения заказчика. Пневматическое испытание трубопроводов на прочность не разрешается проводить в действующих цехах, а также на эстакадах и в каналах, где уложены другие трубопроводы, находящиеся в работе.

Вид и способы испытаний, значения испытательных давлений указывают в проекте для каждого трубопровода. При отсутствии этих указаний способ испытания (гидравлический или пневматический) выбирает монтажная организация и согласовывает с заказчиком, а вид и значения испытательных давлений принимают в соответствии с правилами Ростехнадзора (ПБ 10-573—03). Ис-

питательное давление для стальных технологических трубопроводов на прочность и плотность как гидравлическим, так и пневматическим способом приведены в табл. 4-2.

При наличии на трубопроводе арматуры из серого чугуна пневматическое испытание на прочность допускается давлением не более 0,4 МПа независимо от диаметра трубопровода.

Трубопроводы для пара и горячей воды подвергают только гидравлическим испытаниям.

Испытанию следует по возможности подвергать весь трубопровод. Если испытанию подвергают отдельные участки, то их разбивку производит монтажная организация.

Смонтированные трубопроводы, как правило, испытывают до их изоляции. Разрешается проводить испытания трубопроводов из бесшовных труб или заранее изготовленных и испытанных блоков

Т а б л и ц а 4.2

Испытательные избыточные давления для стальных технологических трубопроводов

Вид трубопровода и его параметры	Избыточные давления при испытании, МПа	
	на прочность и плотность	на герметичность с определением падения давления
Трубопроводы с абсолютным давлением от 0,095 МПа до избыточного рабочего давления 0,5 МПа при температуре вещества до 400 °С	1,5 $p_{\text{раб}}$, но не менее 0,2	$p_{\text{раб}}$
Трубопроводы с избыточным рабочим давлением 0,5 МПа и выше при температуре вещества до 400 °С	1,25 $p_{\text{раб}}$, но не менее $p_{\text{раб}} + 0,3$	$p_{\text{раб}}$
Трубопроводы с рабочей температурой вещества выше 400 °С независимо от рабочего давления	1,5 $p_{\text{раб}}$, но не менее 0,2	$p_{\text{раб}}$
Трубопроводы для пара и горячей воды	1,25 $p_{\text{раб}}$	—
Трубопроводы для горючих, токсичных и сжиженных газов с рабочим давлением, МПа:		
до 0,005 $p_{\text{изб}}$	—	0,02
свыше 0,0051 до 0,05 $p_{\text{изб}}$	—	$p_{\text{раб}} + 0,3$
свыше 0,051 до 0,1 $p_{\text{изб}}$	—	$p_{\text{раб}}$, но не менее 0,085
от 0,001 до 0,95 $p_{\text{абс}}$ (вакуум)	0,2	0,1

независимо от вида труб с нанесенной тепловой или противокоррозионной изоляцией при условии, что сварные монтажные стыки и фланцевые соединения оставляют неизолированными и доступными для осмотра. Трубопроводы пара и горячей воды, подконтрольные Ростехнадзору, испытывают с нанесенной изоляцией (кроме сварных и фланцевых стыков) после получения разрешения местного органа Ростехнадзора.

При испытаниях на прочность и плотность давление измеряют двумя манометрами, прошедшими проверку и опломбированными. Один из манометров является контрольным. Манометры должны иметь класс точности не ниже 1,5, диаметр корпуса — не менее 160 мм и шкалу на номинальное давление — около 4/3 измеряемого давления. Цена деления шкалы термометров, применяемых при пневматическом испытании, должна быть не более 0,1 °С.

Успешное проведение испытаний зависит от конструкции приспособлений для герметизации, которые должны быть удобными в работе и обеспечивать быструю установку и снятие. Наиболее часто для герметизации концов испытываемых трубопроводов используются инвентарные заглушки различных конструкций.

О проведении испытания трубопровода на прочность и плотность составляют соответствующий акт.

4.4.3. Гидравлическое испытание трубопроводов

Гидравлическое испытание трубопроводов проводят преимущественно в теплое время года при положительной температуре окружающего воздуха (обычно не ниже 5 °С). Для гидравлических испытаний должна применяться, как правило, вода с температурой не ниже 5 °С и не выше 40 °С или специальные смеси (для трубопроводов высокого давления).

Допускается одновременное гидравлическое испытание нескольких трубопроводов, смонтированных на общих несущих строительных конструкциях или эстакаде, если это установлено проектом.

При подготовке к гидравлическому испытанию (рис. 4.25) сначала определяют участки трубопровода 9 и / J, подлежащие испытанию, выбирают места для подсоединения опрессовочного агрегата 7, линии сброса 12 и врезки воздушников 2. При испытании на прочность линию трубопровода (или ее участок) изолируют от аппаратов 5 и других неиспытываемых участков трубопроводов 8 с насосной станцией заглушками 4 с хвостовиками. Использовать для этого установленную на трубопроводе запорную 3 и регулирующую // арматуру не разрешается.

Контрольный манометр / устанавливают на трубопровод так, чтобы шкала его находилась в вертикальной плоскости или была

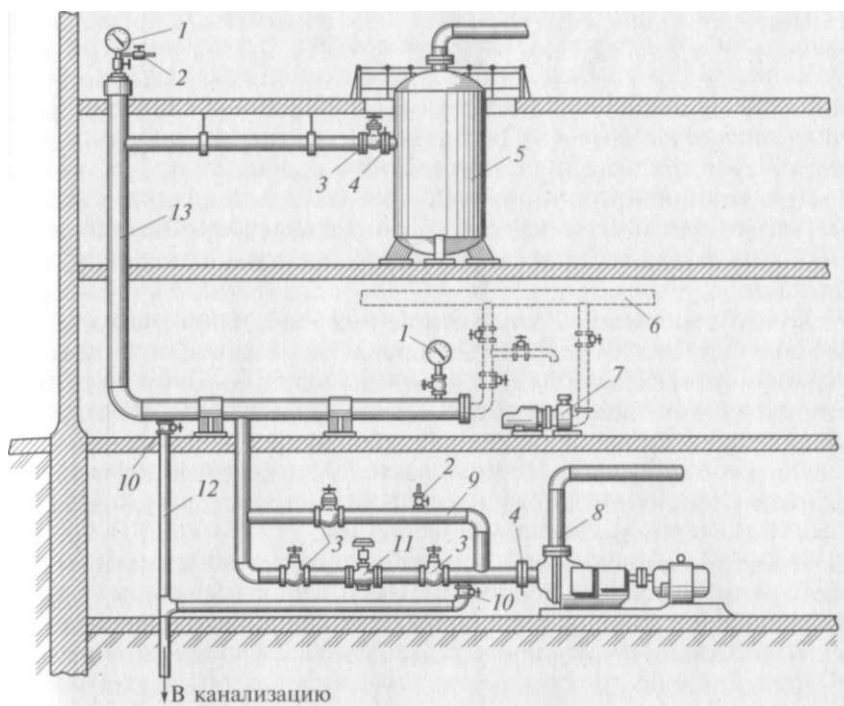


Рис. 4.25. Схема гидравлического испытания трубопровода:

1 — контрольные манометры; 2 — воздушники; 3, 11 — арматура; 4 — заглушки с хвостовиком; 5 — аппарат; 6 — временный трубопровод; 7 — опрессовочный агрегат; 8 — неиспытываемый участок трубопровода с насосной станцией; 9, 13 — участки испытываемого трубопровода; 10 — спускные вентили; 12 — линия сброса

наклонена вперед на угол до 30°. Манометры не должны испытывать вибраций или толчков. На временном трубопроводе 6, который соединяет опрессовочный агрегат 7 или трубопровод, подающий воду, с испытываемым трубопроводом, устанавливают последовательно два запорных вентиля. Временный трубопровод должен быть изготовлен из труб, прочность которых соответствует параметрам испытания, и надежно закреплен. Место прокладки трубопровода выбирают исходя из условий монтажа.

Трубопроводы заполняют водой непосредственно от водопровода или с помощью насоса. При этом следят, чтобы давление, создаваемое в трубопроводе насосом, не превышало испытательного гидравлического давления, которое определяется по одной из следующих формул:

$$p_{\Gamma} = \frac{250(s - C)\varphi\sigma_{\text{доп}}}{D_{\text{н}} - (s - C)} \text{ при } \frac{s - C}{D_{\text{н}}} \leq 0,13;$$

$$p_{\Gamma} = 330 \frac{s-C}{D_{\text{н}}} \left(1 - \frac{s-C}{D_{\text{н}}} \right) \varphi \sigma_{\text{доп}} \text{ при } \frac{s-C}{D_{\text{н}}} > 0,13,$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ — допускаемое напряжение для материала трубопровода при температуре 20°C, МПа; остальные обозначения и их значения следует принимать в соответствии с подразд. 1.6.

При заполнении трубопроводов водой все воздушники должны быть открыты. При появлении в них воды, что свидетельствует о полном вытеснении воздуха из трубопровода, воздушники закрывают.

За трубопроводами, заполненными водой, необходимо вести наблюдение. При появлении течи во фланцевых соединениях или сальниках арматуры подачу воды прекращают, удаляют ее из трубопровода и устраняют дефекты. Если дефекты незначительны, следует продолжать заполнение трубопровода и проводить гидравлическое испытание. В этом случае обнаруженные дефекты устраняют после снятия давления одновременно с другими дефектами, выявленными во время испытания.

Требуемое давление при испытании создается гидравлическим прессом или насосом, подсоединенным к испытываемому трубопроводу через два запорных вентиля. После достижения испытательного давления трубопровод отключается от прессы или насоса. I

Испытательное давление в трубопроводе выдерживают в течение 10 мин (испытание на прочность), после чего его снижают до рабочего давления, при котором производят тщательный осмотр сварных швов (испытание на плотность).

По окончании осмотра давление вновь повышают до испытательного и выдерживают еще 5 мин, после чего снова снижают до рабочего и вторично тщательно осматривают трубопровод.

Продолжительность испытания на плотность определяется временем осмотра трубопровода и проверки герметичности разъемных соединений.

Все обнаруженные в процессе осмотра дефекты (трещины, поры, неплотности разъемных соединений и сальников) отмечают на трубопроводе мелом или краской. Дефекты устраняют только после снижения давления в трубопроводе до атмосферного. Сварные швы подчеканкой исправлять не разрешается.

Все участки стыков, подвергавшиеся исправлению, проверяют неразрушающими методами контроля. Трубы и детали с дефектными продольными швами заменяют новыми.

При обнаружении течи в разъемных фланцевых соединениях их разбирают, определяют причину течи и устраняют ее. Не следует затягивать болты, увеличивая усилие в результате удлинения ручки ключа.

Результаты гидравлического испытания на прочность и плотность считают удовлетворительными, если во время испытания

не произошло разрывов, видимых деформаций, падения давления по манометру, а в основном металле, сварных швах, корпусах арматуры, фланцевых соединениях и во всех врезках не обнаружено течи и запотевания. При неудовлетворительных результатах испытания дефекты следует устранить и испытание повторить.

После проведения испытания воду спускают только при открытых воздушниках. В осенне-зимний период, чтобы избежать размораживания арматуры, труб и других соединений, после гидравлического испытания для полного удаления воды трубопровод продувают воздухом.

При гидравлическом испытании трубопроводов всех назначений температура воды для заполнения трубопроводов не должна превышать 60 °С. При испытании в летний период нельзя оставлять трубопровод на длительное время полностью заполненным водой, так как от нагрева солнечными лучами или окружающим воздухом давление в трубопроводе может повыситься.

При отрицательной температуре окружающего воздуха должны быть приняты меры против замерзания воды в трубопроводе и меры, обеспечивающие надежное освобождение его от воды: предварительный нагрев трубопровода прокачиванием через него горячей воды и испытание его горячей водой; испытание с применением водных растворов с температурой замерзания ниже 0 °С, например раствора хлористого кальция, утепление всех дренажных штуцеров и линий.

Температура замерзания раствора хлористого кальция зависит от его содержания в растворе.

Испытывать трубопровод с применением раствора хлористого кальция следует ограниченными участками: при диаметре трубопровода до 100 мм — не более 1 000 м, при диаметре 100...200 мм — не более 250 м, при 200...300 мм — не более 150 м.

После гидравлического испытания с применением раствора с низкой температурой замерзания трубопровод промывают горячей водой и продувают воздухом. Использованный раствор хлористого кальция собирают в специальную емкость.

4.4.4. Пневматическое испытание трубопроводов

При пневматическом испытании трубопроводы проверяют на прочность и плотность, причем на плотность (в том числе на герметичность) трубопроводы испытывают только после предварительного испытания на прочность любым способом. Испытательное давление при пневматическом испытании стальных трубопроводов на прочность такое же, как при гидравлическом. Испытательное давление на прочность и длина испытываемого участка трубопровода при надземной прокладке не должны превышать величин, указанных в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Предельное избыточное испытательное давление и длина испытываемого участка при пневматическом испытании

Условный проход D , трубопровода, мм	Предельное избыточное испытательное давление, МПа	Наибольшая длина участка трубопровода, м	
		внутреннего	наружного
До 200	2	100	250
От 200 до 500	1,2	75	200
Свыше 500	0,6	50	150

Пневматическое испытание следует проводить воздухом или инертным газом, для чего используют воздухогазодувки, а также монтируемые или специальные передвижные компрессоры.

При пневматическом испытании участок трубопровода подключают к сети сжатого воздуха или компрессору с помощью съемного шланга 1, масловодоотделителя 2, запорного вентиля 4 и контрольного манометра 6 (рис. 4.26). Температуру в испытываемом трубопроводе // контролируют термометрами 10.

В процессе заполнения трубопровода воздухом или инертным газом и подъема давления необходимо постоянно наблюдать за испытываемым трубопроводом. Утечки обнаруживают по звуку. При обнаружении значительных утечек во фланцевых соединениях или сальниках арматуры испытание прекращают, давление снижают до атмосферного и обнаруженные дефекты устраняют.

Обстукивать молотком трубопроводы, находящиеся под давлением, при пневматическом испытании не допускается.

Давление при пневматическом испытании трубопровода на прочность поднимают плавно со скоростью, равной 5 % от p_p в минуту, но не более 0,2 МПа/мин с периодическим осмотром трубопровода. Трубопроводы с рабочим давлением до 0,2 МПа осматривают при достижении давления 0,6 от пробного давления, а затем при рабочем давлении, а трубопроводы с рабочим давлением более 0,2 МПа — при достижении давления 0,3 от пробного, 0,6 от пробного и, наконец, при рабочем давлении.

Испытательное давление выдерживают в течение 5 мин, после чего его снижают до рабочего и осматривают трубопровод, при этом не допускается увеличение давления. Если пневматическому испытанию предшествовало гидравлическое, то трубопровод следует продуть воздухом для удаления оставшейся воды. Дефекты выявляют одним из двух способов: обмазкой соединений трубопровода мыльным раствором; одоризацией воздуха или инертного газа, которым производится испытание. Для приготовления мыльного раствора берут 40 г мыла или мыльного порошка и растворяют его в 1 л воды. Чтобы раствор не высыхал, в

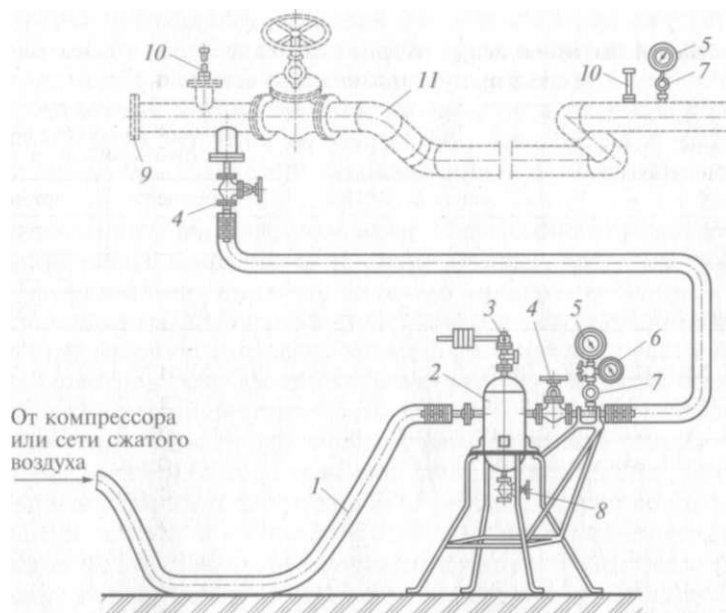


Рис. 4.26. Схема подключения трубопровода при пневматическом испытании:

1 — съемный шланг; 2 — масловодоотделитель; 3 — предохранительный клапан; 4 — запорный вентиль; 5, 6 — манометры; 7 — компенсационные патрубki; 8 — вентиль для продувки; 9 — заглушка; 10 — термометры; // — испытываемый трубопровод

него добавляют несколько капель глицерина. При испытании сварные стыки и разъемные соединения обмазывают мыльным раствором кистью, а в недоступных местах — с помощью краскораспылителя и следят за появлением пузырей. За соединениями, недосягаемыми для визуального осмотра, наблюдают через небольшие зеркала.

При испытании трубопроводов в зимнее время при температуре окружающего воздуха до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ мыльные растворы следует приготавливать на незамерзающих растворителях — техническом глицерине или этиловом спирте. Для приготовления раствора берут 450 г глицерина, 515 г воды и 35 г мыла или 500 г этилового спирта, 465 г воды и 35 г мыла.

Одоризацией воздуха дефекты выявляют следующим образом. К вводимому в испытываемый трубопровод воздуху прибавляют различные пахучие вещества — одоранты, и утечки определяют по запаху. В качестве одорантов используют метилмеркаптан, этилмеркаптан. Жидкого одоранта расходуют 1 л на 5000...20000 м³ воздуха или инертного газа.

При добавлении в закачиваемый воздух одоранта используют специальные дозировочные устройства.

Все дефектные места трубопровода отмечают мелом или краской. При осмотре трубопровода подъем давления необходимо прекратить и поддерживать постоянное рабочее давление, периодически подкачивая в трубопровод дополнительный воздух или инертный газ.

Результаты пневматического испытания считаются удовлетворительными, если за время испытания в сварных швах, фланцевых соединениях и сальниках не обнаружено утечек и пропусков.

Трубопроводы, транспортирующие сильнодействующие ядовитые вещества и другие вещества с токсическими свойствами (сжиженные нефтяные газы, горючие и активные газы, а также легко воспламеняющиеся и горючие жидкости, транспортируемые при температурах, превышающих температуру их кипения), как правило, подвергают дополнительному испытанию на герметичность, определяя падение давления за время испытания (об этом делается указание в проекте).

Пневматическое испытание внутрицевых трубопроводов на герметичность с определением падения давления производят в процессе комплексного опробования объекта совместно с оборудованием после завершения всех монтажных работ (испытаний на прочность и плотность, промывки, продувки, установки измерительных диафрагм, ревизий арматуры).

Межцевые трубопроводы подвергают дополнительному испытанию на герметичность отдельно от аппаратов. Продолжительность такого испытания на герметичность с определением падения давления за время испытания принимается не менее 12 ч.

Трубопровод считают выдержавшим дополнительное испытание на герметичность, если допускаемый процент падения давления (от испытательного) составляет: для внутрицевых трубопроводов, транспортирующих токсичные вещества, и вакуумных — не более 0,05 % в час, а для межцевых трубопроводов с условным проходом до 250 мм — не более 0,1 % в час; для внутрицевых трубопроводов, транспортирующих взрывоопасные, легко воспламеняющиеся, горючие и сжиженные газы, — не более 0,1 % в час, а для межцевых с условным проходом до 250 мм — не более 0,2 % в час.

При испытании межцевых трубопроводов с условным проходом более 250 мм нормы падения давления определяют, умножая приведенные выше цифры на поправочный коэффициент, подсчитываемый по формуле $K = 250/D$, где D — внутренний диаметр трубопровода, мм.

Во время испытания на герметичность падение давления можно измерять только после выравнивания температур внутри трубопровода, для чего в начале и конце испытываемого участка устанавливают термометры.

При пневматических испытаниях трубопроводов на герметичность применяют пружинные манометры, диаметр корпуса которых не менее 160 мм, класс точности — 0,5 или 1. Манометры предназначены для работы в эксплуатационных условиях при температуре окружающей среды $-50...+60^{\circ}\text{C}$. При испытательных давлениях ниже 0,1 МПа используют ртутные или водяные манометры.

При наблюдении за изменением барометрического давления следует использовать данные метеорологических станций или показания барометров.

В период испытаний трубопроводов применяют установленные по проекту гильзы для термометров и штуцера для манометров. Число и места врезок дополнительных штуцеров для манометров согласовываются с заказчиком.

На время проведения пневматических испытаний на прочность как внутри помещений, так и снаружи должна устанавливаться охраняемая (безопасная) зона. Минимальное расстояние зоны должно составлять не менее 25 м при надземной прокладке трубопровода и не менее Юм — при подземной. Границы зоны огораживаются и обозначаются согласно документации на испытания. Для наблюдения за безопасной зоной устанавливаются специальные посты. Число постов определяется исходя из условий, чтобы охрана и безопасность зоны были надежно обеспечены.

Во время подъема давления в трубопроводе и при испытании его на прочность должно быть исключено пребывание людей в охраняемой зоне.

Компрессор, используемый при проведении испытаний, располагают вне охраняемой зоны. Подводящую линию от компрессора к испытываемому трубопроводу предварительно проверяют гидравлическим способом.

Окончательный осмотр трубопровода допускается после того, как испытательное давление будет снижено до расчетного. Осмотр производят только специально выделенные для этой цели и протиприструированные рабочие.

4.4.5. Промывка и продувка трубопроводов

Трубопроводы промывают водой или продувают воздухом по окончании монтажа, обычно в период пусконаладочных работ. Промывку и продувку производят для того, чтобы очистить внутреннюю поверхность трубопроводов от механических загрязнений или чтобы удалить влагу (кроме паропроводов, которые продувают паром, если нет других указаний в проекте). Схему промывки составляют с таким расчетом, чтобы все участки трубопровода были промыты или продуты в определенной технологической последовательности.

Промывка может осуществляться водой, маслом, химическими реагентами и другими допустимыми веществами. Продувка осуществляется сжатым воздухом, паром или инертным газом.

Промываемый или продуваемый трубопровод должен быть отключен от других трубопроводов заглушками. Промывают трубопроводы достаточно интенсивно, обеспечивая скорость воды в трубопроводе 1 ... 1,5 м/с до устойчивого появления чистой воды из выходного патрубка или спускного устройства, диаметр которого составляет не менее 50 % сечения промываемого трубопровода. Во время промывки все запорные органы на трубопроводах полностью открывают, а регулирующие и обратные клапаны вынимают.

На пусковой период при промывке перед машинами на всасывающем патрубке трубопровода устанавливают временный фильтр или конусную сетку с размерами ячейки или диаметром отверстий 4 мм. Размеры конуса и число отверстий выбирают с таким расчетом, чтобы суммарная площадь отверстий (живое сечение) была в 2—3 раза больше площади поперечного сечения всасывающей трубы. Во время промывки следует обстукивать отдельные места трубопровода, где возможна задержка грязи (переходы, отводы). Обычно промывку ведут в 3—4 этапа с перерывами. Каждый этап промывки продолжают 10... 15 мин. При засорении сетки насос останавливают и очищают сетку, затем вновь пускают насос.

Продувают трубопроводы воздухом под давлением, равным рабочему, но не более 4 МПа. Продувка трубопроводов, работающих под избыточным давлением до 0,1 МПа (например, газопроводов) или вакуумом, должна производиться под давлением не более 0,1 МПа. Продолжительность продувки, если нет специальных указаний в проекте, составляет не менее 10 мин.

По окончании промывки или продувки необходимо восстановить проектную схему трубопровода, демонтировать временный промывочный трубопровод, осмотреть и очистить арматуру. Монтажные шайбы, временно установленные в контрольно-измерительных приборах, следует вынуть и заменить диафрагмами согласно проекту.

4.4.6. Защитная и опознавательная окраска трубопроводов

Наружную поверхность трубопроводов окрашивают для защиты от коррозии. Окраска бывает различной в зависимости от места прокладки трубопровода, наличия тепловой изоляции и температуры транспортируемого вещества.

Защитной окраске подлежат все надземные трубопроводы из углеродистой стали с тепловой изоляцией, покрытой кожухами,

или без нее, прокладываемые как на открытом воздухе, так и в помещениях. Исключение составляют изолированные трубопроводы, покрытые асбестоцементной штукатуркой, асбестоцементными формованными изделиями, а также имеющие кожух из коррозионно-стойких металлов (алюминия, оцинкованного железа и др.).

Трубопроводы окрашивают масляной краской, эмалями и лаками (перхлорвиниловыми, эпоксидными). Применяют также способ металлизации алюминием, цинком и другими защитными средствами в зависимости от условий, в которых работает трубопровод. Трубопроводы, прокладываемые в непроходных каналах, неизолированные и имеющие тепловую изоляцию, при рабочей температуре поверхности трубы или изоляции до 25 °С окрашивают битумным лаком. При более высоких температурах поверхностей такие трубопроводы не окрашивают.

Помимо основной защитной окраски, все технологические трубопроводы должны иметь опознавательную цветную окраску.

Опознавательную окраску и маркировку трубопроводов и их элементов применяют для того, чтобы быстро определить содержимое трубопровода. Опознавательная окраска и маркировка трубопроводов и их элементов выполняется в соответствии с государственными стандартами и нормативно-технической документацией по промышленной безопасности.

Опознавательная окраска трубопроводов, позволяющая определить вещество, транспортируемое по трубопроводу:

<i>Цвет окраски трубопровода</i>	
Вода.....	Зеленый
Пар.....	Красный
Воздух.....	Синий
Газы горючие и негорючие.....	Желтый
Кислоты.....	Оранжевый
Щелочи.....	Фиолетовый
Жидкости горючие и негорючие	Коричневый
Прочие вещества.....	Серый

Противопожарные трубопроводы независимо от содержимого (вода, пена, газ, пар) окрашивают по всей поверхности, включая запорно-регулирующую арматуру, в красный цвет.

Окраска трубопроводов в отличительные цвета может быть сплошной по всей поверхности или по отдельным участкам в виде поясов шириной не менее трех наружных диаметров трубопровода. Опознавательные пояса при окраске отдельными участками наносят в наиболее ответственных местах трубопроводов (на ответвлениях у мест соединений, фланцев, мест отбора, арматуры и контрольно-измерительных приборов, в местах перехода трубопроводов через стены, перегородки и перекрытия) не реже чем

через 10 м внутри производственных помещений и на наружных установках и 30...60 м — на наружных магистральных линиях.

Для обозначения наиболее важных свойств транспортируемых веществ на трубопроводы наносят предупреждающие сигнальные кольца: красного цвета — для обозначения легковоспламеняющихся, огнеопасных и взрывоопасных веществ; желтого — опасных и вредных веществ (ядовитых, токсичных, вызывающих химические или термические ожоги, находящихся под высоким давлением или глубоким вакуумом); зеленого — безопасных и нейтральных. По степени опасности транспортируемого в трубопроводе вещества для жизни и здоровья людей или эксплуатации предприятия на трубопровод наносят разное число предупреждающих колец — от одного до трех.

Для дополнительного обозначения вида веществ и их параметров, необходимых по условиям эксплуатации, применяют буквенные и цифровые надписи, которые наносят непосредственно на трубопроводы или специальные маркировочные щитки, а также на поверхности конструкций, к которым прикреплены трубопроводы.

Направление потока веществ, транспортируемых по трубопроводам, указывают острым концом маркировочных щитков или стрелками, наносимыми непосредственно на трубопроводы.

Для обозначения трубопроводов с особо опасным для здоровья и жизни людей или эксплуатации предприятия содержанием, а также при необходимости конкретизировать вид опасности, дополнительно к цветным предупреждающим кольцам наносят предупреждающие знаки треугольной формы с изображениями черного цвета на желтом фоне. Такие знаки изготавливают из листовой стали, пластмассы, прессованного картона и древесины. Эти знаки навешивают на трубопровод или устанавливают на конструкциях, к которым они прикреплены.

В том случае, если от воздействия транспортируемых веществ может измениться оттенок отличительных цветов, обозначение на трубопроводы наносят с помощью маркировочных щитков.

Во всех производственных помещениях, где проложены трубопроводы, на хорошо доступных для обозрения местах вывешивают схемы опознавательной окраски трубопроводов с расшифровкой цветов, предупреждающих знаков и прочих условных обозначений, принятых для маркировки трубопроводов.

4.4.7. Сдача и приемка трубопроводов в эксплуатацию

Сдача и приемка трубопроводов после монтажа осуществляется в соответствии с требованиями Правил устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ 03-585—03) и проекта.

Перед сдачей и приемкой трубопроводов в эксплуатацию окончательно проверяют выполнение всех строительных, монтажных и специальных работ, а также наличие монтажной технической документации на выполненные работы.

Технологические трубопроводы сдают в эксплуатацию одновременно с промышленными установками, агрегатами, цехами и другими объектами, к которым они относятся.

Межцеховые трубопроводы, обслуживающие несколько объектов, можно сдавать самостоятельно по окончании всех строительных, монтажных и специальных работ.

При сдаче в эксплуатацию технологических трубопроводов на условное давление до 10 МПа монтажная организация обязана представлять заказчику следующую техническую документацию: акты проверки внутренней очистки трубопроводов; паспорта на арматуру и акты испытания трубопроводной арматуры (если оно проводилось); журналы сварочных работ (для трубопроводов I и II категорий); акты испытания трубопроводов на прочность и плотность; акты промывки и продувки трубопроводов; акты дополнительного пневматического испытания трубопроводов на плотность; акты готовности траншей и опорных конструкций к укладке трубопроводов; заключение о качестве сварных соединений; протоколы механических испытаний сварных образцов, сертификаты на трубы и сварочные материалы; списки сварщиков, участвовавших в сварке трубопроводов, с указанием номера удостоверения и клейма; исполнительные схемы трубопроводов (для трубопроводов I категории); акты на предварительную растяжку (сжатие) компенсаторов.

Для регистрации трубопровода монтажная организация представляет в местные органы Ростехнадзора паспорт трубопровода, содержащий данные о его характеристиках, рабочих параметрах, результатах освидетельствования и др.; свидетельство о качестве изготовления узлов трубопроводов; свидетельство о качестве монтажа трубопроводов; аксонометрическую схему трубопровода.

Свидетельства о качестве изготовления узлов и монтажа трубопроводов содержат сертификаты на металл труб и всех деталей трубопроводов; паспорта арматуры; сертификаты на применяющиеся при монтаже электроды; удостоверения и данные о результатах проверки электросварщиков; данные о результатах испытаний пробных образцов сварных стыков; журнал термообработки сварных стыков из легированной стали; протокол испытания сварных стыков неразрушающими методами контроля; журнал измерений диаметров паропровода для наблюдения за ползучестью металла; журнал фиксации оси трубопровода; журнал исходных измерений положения паропровода по реперам термического перемещения.

На аксонометрической схеме трубопровода, в качестве которой обычно используют исполнительные чертежи линий трубо-

проводов, должны быть указаны диаметр и толщина стенки труб; расположение опор и подвесок, сварных стыков с указанием клеев сварщиков, выполняющих эти стыки; расположение арматуры спускных продувочных и дренажных устройств; нумерация точек для наблюдения за ползучестью. Схема должна содержать нумерацию элементов трубопровода и нумерацию сварных соединений с выделением монтажных швов. Для трубопроводов, подлежащих изоляции, указывается расстояние между сварными соединениями. Нумерация сварных соединений на схеме и в свидетельстве о монтаже должна быть единой. Для трубопроводов с условным давлением 10 МПа и более нумеруются также разъемные соединения.

К исполнительному чертежу прикладывается спецификация на детали и изделия, применяемые при изготовлении и монтаже трубопровода.

Перечни скрытых работ при монтаже технологических трубопроводов указываются в документации. Освидетельствование скрытых работ следует производить перед началом последующих работ.

4.5. Монтаж и испытания трубопроводов из неметаллических материалов, цветных металлов и стальных с внутренним покрытием

4.5.1. Монтаж трубопроводов из пластмасс

Технологические трубопроводы из пластмасс прокладывают надземно и подземно вне зданий и в помещениях с производствами, относящимися по пожарной опасности к категориям Г и Д для транспортирования жидких и газообразных веществ, к которым материал труб химически стоек или условно стоек.

Трубопроводы из ПВХ диаметром до 110 мм, из ПЭВД и ПЭНД любого диаметра, имеющие изоляцию из негоряемых материалов и предназначенные для транспортирования трудногорючих и негорючих веществ, допускается прокладывать в помещениях с производствами, относящимися по пожарной опасности к категориям В, за исключением складских помещений.

К началу монтажа трубопроводов из пластмасс должны быть полностью закончены строительные сооружения и конструкции (включая отделочные работы) под трубопроводы, в том числе эстакады, лотки, каналы; электро- и газосварочные работы и работы по теплоизоляции горячих трубопроводов и оборудования; монтаж оборудования и металлических трубопроводов, их крепление и испытание.

Монтаж трубопроводов из пластмасс должны выполнять специально обученные рабочие.

Работы, связанные с транспортированием, погрузкой и разгрузкой труб, деталей и узлов трубопроводов из ПЭВД и ПЭНД, следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже -20°C , из ПП и ПВХ — не ниже -15°C . Для труб из фторопласта нижний температурный предел не ограничен.

Трубы, соединительные детали и узлы трубопроводов хранят в закрытых помещениях на стеллажах или в штабелях. На период монтажа допускается хранить трубы и изделия на площадках с постелью из мягкого грунта или на широких подкладках с закругленными краями. Место хранения необходимо защищать от попадания прямых солнечных лучей и располагать на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов, легковоспламеняющихся, взрывоопасных, горючих и смазочных материалов.

При такелажных работах применяют стропы из текстоленты, пенькового каната и других материалов, исключающих повреждение поверхности трубопроводов.

Трубопроводы из пластмасс монтируют главным образом из деталей и узлов трубопроводов, поставляемых в готовом и комплектном виде из трубозаготовительных цехов и мастерских.

Доставляют трубы, детали и узлы на место монтажа, раскладывают их вдоль трассы непосредственно перед началом производства работ.

При монтаже сваривают и склеивают пластмассовые трубы, как правило, при температуре окружающего воздуха $+10\dots+30^{\circ}\text{C}$, но не ниже -5°C . Монтажные стыки сваривают и склеивают в зимних условиях с местной защитой от холода, ветра и атмосферных осадков. Сварные стыки нельзя подвергать механическим воздействиям до полного остывания, а склеенные — в течение 2 ч. Трубы из ПВХ, соединяемые в раструб на резиновых кольцах, монтируют при температуре не ниже -5°C в такой последовательности: очищают поверхность раструба, гладкий конец трубы и кольца; устанавливают кольца в паз раструба; на гладкий конец трубы наносят монтажную метку для контроля глубины его входа в раструб; смазывают гладкий конец трубы и вдвигают его в раструб до монтажной метки. Чтобы облегчить монтаж труб на резиновых кольцах, для смазывания применяют жидкое мыло, мыльный раствор, глицерин и другие вещества, не разрушающие материал трубы и кольца, кроме масла, солидола и других аналогичных смазочных материалов. Для монтажа трубопроводов диаметром более 140 мм в раструб применяют стыковочные устройства на резиновых кольцах (рис. 4.27), обеспечивающие центровку и необходимое усилие при сборке. Приспособление состоит из двух колец: опорного 1 и прижимного 4, связанных между собой рычагом 2 с зажимом и захватом 3.

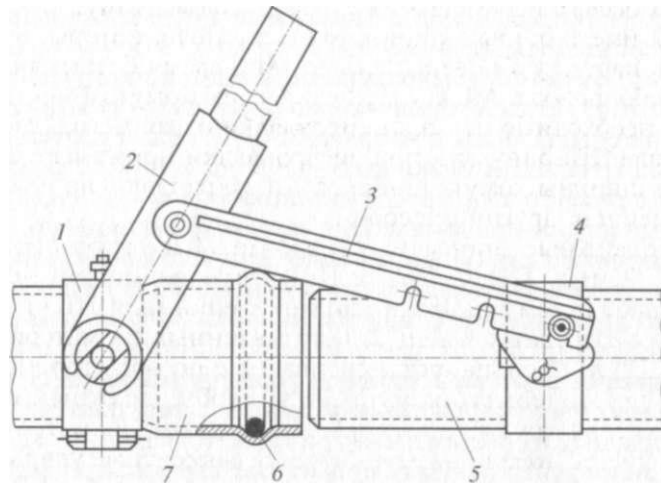


Рис. 4.27. Стыковочное устройство для монтажа труб в раструбах на резиновых кольцах:

1, 4 — кольца; 2 — рычаг с зажимом; 3 — захват; 5 — гладкий конец трубы; 6 — резиновое кольцо; 7 — раструбный конец трубы

Сборку фланцевых соединений, как правило, выполняют при положительной температуре с применением тарированных ключей, обеспечивающих усилие затяжки, указанное в проекте. При отсутствии таких указаний фланцевое соединение собирают, обеспечивая сжатие резиновой прокладки на величину, не превышающую 0,2... 0,4 ее толщины. Если прокладка выполнена из других материалов, то усилие затяжки подбирают опытным путем из условия обеспечения прочности и плотности.

Трубы и звенья трубопроводов опускают в траншеи, каналы и поднимают их на эстакады, этажерки, галереи плавно, без рывков и ударов. Сбрасывать трубы или звенья в траншеи и каналы, а также перемещать их волоком не допускается.

При монтаже трубопроводов должны быть выдержаны предусмотренные проектом уклоны. При отсутствии таких указаний трубопроводы прокладывают с уклоном 0,002...0,005 в сторону аппарата или дренажных устройств.

При монтаже трубопроводов применяют опоры, подвески или сплошные основания (в виде желоба из уголка, швеллера, гнутого профиля или сплошного настила), изготовленные из металла или другого негорючего материала. Допускается использовать в качестве отдельно стоящих опор и подвесок крепления, применяемые для металлических трубопроводов.

Подвижные опоры, как правило, выполняют с помощью хомутов и скоб, изготовленных из пластмассы или металла и допус-

кающих осевые перемещения трубопроводов. Хомут или скоба не должны иметь острых кромок или заусенцев, которые могут повредить наружную поверхность труб во время осевых перемещений трубопровода. Между металлическим хомутом или скобой и трубой необходимо помещать прокладки из мягкого, эластичного материала. Ширину эластичной прокладки принимают на 10 мм больше ширины хомута или скобы и закрепляют на них с помощью клея или другим способом.

Неподвижные опоры на горизонтальных трубопроводах из ПЭВД, ПЭНД, ПП и ПВХ с наружным диаметром до 160 мм выполняют путем приварки или приклейки (для ПВХ) к трубе / упорных разрезных колец 2, изготовленных из материала труб (рис. 4.28, а). Кольца, устанавливаемые по обе стороны неподвижно закрепленного хомута 3 или скобы, должны охватывать 3/4 диаметра трубы. Для труб с наружным диаметром свыше 160 мм вместо колец применяют также сегментные упоры. Неподвижные крепления трубопровода путем сжатия трубы хомутом или скобой не допускаются. Для трубопроводов из фторопласта неподвижные опоры создают путем крепления фланцевого соединения к опорным и строительным конструкциям.

Вертикальные участки трубопроводов закрепляют путем установки опор под раструбом, соединительной деталью или фланцевым соединением. На гладких участках труб крепления устанавливают с приваренными или приклеенными к трубе кольцами 2 (рис. 4.28, б) или сегментами.

Трубопроводы, прокладываемые на сплошном основании, закрепляют хомутами и скобами, которые устанавливают для гори-

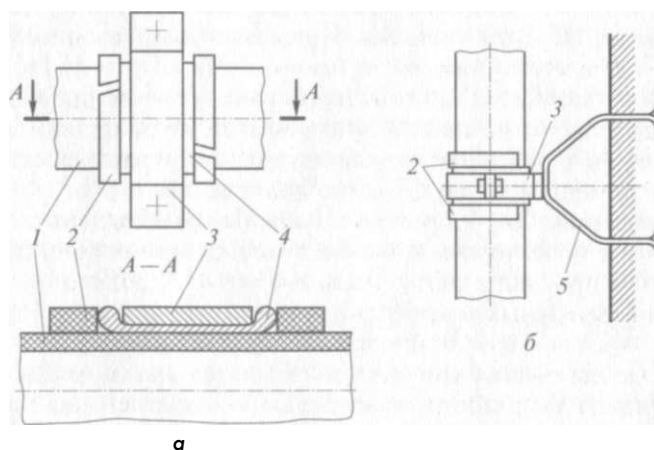


Рис. 4.28. Неподвижные опоры горизонтальных (а) и вертикальных (б) трубопроводов из пластмасс:

1 — труба; 2 — кольцо; 3 — хомут; 4 — прокладочная лента; 5 — консоль

горизонтальных участков труб с наружным диаметром до 63 мм — через каждый метр; для труб с наружным диаметром 63... 160 мм — через 1,5 м; для труб с наружным диаметром свыше 160 мм — через 2 м; для вертикальных и наклонных участков труб с наружным диаметром до 63 мм — через каждые 1,5 м; для труб с наружным диаметром 110 мм и более — через 2 м. Длина не закрепленных на сплошном основании горизонтальных участков трубопроводов в местах поворота и присоединения их к аппаратам, оборудованию, арматуре и фланцам не должна превышать 0,5 м для трубопроводов с наружным диаметром до 63 мм и 1 м для трубопроводов с наружным диаметром свыше 63 мм.

Стальную или стальную футерованную арматуру устанавливают и закрепляют на самостоятельных опорах или строительных конструкциях, чтобы не создавать дополнительной нагрузки на трубопровод и его соединения.

При монтаже трубопроводов из пластмасс используют его самокомпенсацию путем создания поворотов, спусков и подъемов труб. Для труб из ПЭВД, ПЭНД и ПП с наружным диаметром до 50 мм допускается применять компенсационные петли, расположенные в вертикальной плоскости; а с наружным диаметром до 110 мм — компенсировать линейные удлинения труб благодаря их продольному изгибу.

Компенсаторы монтируют на отдельных опорах, как правило, расположенных в горизонтальной плоскости.

При бесканальной прокладке трубопроводов грунт засыпают и уплотняют следующим образом. Сначала трубопровод присыпают вырытым грунтом, который не должен содержать твердых включений размером более 25 мм, на высоту не менее 0,3 м над верхней образующей трубопровода. При засыпке грунт в пазухах уплотняют трамбовкой одновременно с обеих сторон трубопровода слоями толщиной не более 0,2 м на высоту не менее 0,7D, труб. Трамбование грунта непосредственно над трубопроводом не допускается. Затем траншею засыпают грунтом, не содержащим твердых включений размером 100 мм и более, на высоту 0,5 м над верхней образующей трубопровода. Последующую засыпку траншеи производят после предварительного испытания трубопровода.

При бесканальной прокладке или в каналах трубопроводы протяженностью 100...200 м и более монтируют секциями до 12 м с последующим их укрупнением на месте монтажа в плети длиной до 48 м. Плетей, сваренные и склеенные на бровке, укладывают в траншею не ранее чем через 24 ч после соединения последнего стыка. Монтаж трубопроводов из ПВХ, соединенных в раструбы на резиновых кольцах, производят сразу после укладки их в траншею.

Для снижения напряжений, возникающих в трубах и соединениях, в случае прокладки трубопроводов в траншее при темпера-

туре окружающей среды более 10 °С трубопроводы укладывают *змейкой*, засыпают в наиболее холодное время суток и трубопровод заполняют холодной водой перед засыпкой.

Фаолитовые трубопроводы монтируют, как правило, из деталей заводского изготовления. Перед монтажом в деталях и трубах из фаолита проверяют отсутствие трещин, сколов и вздутий лаковой пленки. Крепят фаолитовые трубопроводы на опорах и подвесках хомутами и скобами, которые применяют для металлических трубопроводов. Между трубой и опорой, хомутом или скобой необходимо помещать резиновую прокладку. Расстояние между опорами допускается не более 2 м.

Испытания трубопроводов из ПЭВД, ПЭНД и фторопласта производят при температуре окружающего воздуха не ниже -15 °С, а из ПП, ПВХ и фаолита — не ниже 0 °С.

Трубопроводы из пластмасс следует испытывать гидравлическим способом. Пневматические испытания допускаются только в случае, когда температура окружающего воздуха ниже 0 °С или опорные конструкции не рассчитаны на заполнение трубопровода водой. Фаолитовые трубопроводы подвергаются только гидравлическому испытанию.

Трубопроводы из ПЭВД, ПЭНД, ПП и ПВХ испытывают на прочность и плотность не ранее чем через 24 ч после сварки или склеивания соединений трубопровода. Если склеивание производилось при температуре окружающего воздуха до 15 °С, то к испытанию приступают через 48 ч. Испытательное давление для трубопроводов из ПВХ, ПЭВД, ПЭНД и ПП задается проектом и должно быть равно $1,25/p_{расч}$, но не менее 0,2 МПа, а из фторопласта — $1,5p_{расч}$, но не менее 0,2 МПа. Испытательное давление для трубопроводов из фаолита принимают равным $1,25/p_{расч}$, но не менее 0,05 МПа.

В случае, если для подогрева и испытания трубопровода в осенне-зимний период применяют горячую воду, температура ее не должна превышать 40 °С для трубопроводов из ПЭВД и ПВХ и 60 °С — для трубопроводов из ПЭНД и ПП.

При проведении испытания во время осмотра обстукивание всех пластмассовых трубопроводов не допускается.

4.5.2. Монтаж стеклянных трубопроводов

Стеклянные трубопроводы монтируют только после окончания монтажа и испытания оборудования, металлических и неметаллических трубопроводов и технологических металлоконструкций. Сборку и монтаж таких трубопроводов выполняют специально обученные рабочие.

Трубопроводы собирают из труб и деталей, изготавливаемых специализированными заводами. Предварительную сборку элемен-

тов, узлов и секций трубопроводов производят непосредствен!! на монтажной площадке, если это допускается условиями монтажа. Перед монтажом все трубы и фасонные детали осматривают для выявления дефектов (трещин, сколов, царапин) и отбраковывают. Трещины определяют легким обстукиванием. Принятые для монтажа трубы и фасонные детали очищают и промывают.

Стеклянные трубопроводы при отсутствии указаний в проекте прокладывают с уклоном: 0,002 — при транспортировании газов и пара, 0,003 — воды, 0,005 — кислот и щелочей, 0,01 — пищевых продуктов.

Стеклянные трубы и детали режут с помощью нихромовой проволоки / (рис. 4.29), которая нагревается электрическим током от сети, проходящим через понижающий трансформатор 4, с последующим быстрым охлаждением 2 водой места нагрева. Таким же способом производят косой разрез труб и деталей.

Стеклянные трубы можно резать также стальными дисками диаметром 200...300 мм, толщиной 1,5...2 мм или карборундовыми кругами. Частоты вращения дисков 1 000... 1 500 мин⁻¹.

Плоскость торца трубы или детали после резки и шлифования должна быть перпендикулярной оси трубы. Отклонения от плоскости среза допускаются для труб с условным проходом до 40 мм — 0,7 мм, с $D = 50$ мм — 1,5 мм и с условным проходом более 50 мм — 2 мм.

Резиновые детали, хранящиеся или транспортировавшиеся при температуре ниже 0 °С, перед монтажом выдерживают в течение 24 ч при температуре не ниже 15 °С.

Торцы труб и резиновые кольца перед монтажом протирают насухо. Перед сборкой соединений на концы труб предварительно устанавливают натяжные резиновые кольца. Фланцы устанавливают так, чтобы отверстия для болтов точно совпадали. Стягивают

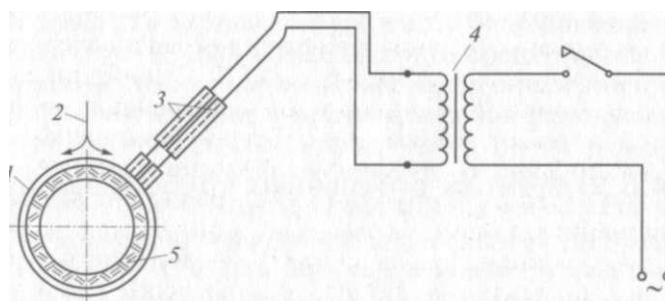


Рис. 4.29. Схема резки стеклянных труб электронагревом:

/ — нихромовая проволока; 2 — охлаждение водой; 3 — электропровода низкого напряжения; 4 — понижающий трансформатор; 5 — стеклянная труба

фланцы клещами, после чего завертывают болты с гайками. Болты соединений затягивают равномерно и поочередно по диагонали.

Стеклянные трубопроводы / закрепляют на круглой колонне двойным кронштейном 4 и накидным хомутом 2 (рис. 4.30, а), а к стене крепят с помощью двойного кронштейна 4 с охватывающим хомутом 5 (рис. 4.30, б) или регулирующего кронштейна 6 (рис. 4.30, в).

Кронштейны, опоры и прдвески устанавливают после разбивки оси трубопровода по проекту и определения мест их крепления.

Расстояния между опорами трубопроводов соответствуют длине трубы, при этом минимальное расстояние составляет 500 мм, а максимальное — 3 000 мм. Каждую трубу диаметром 60 мм и менее крепят на одной опоре, а диаметром более 60 мм — на двух. Трубы длиной до 1 500 мм во всех случаях следует крепить на одной опоре.

От торца трубы опоры для крепления трубопроводов, как правило, располагаются на расстоянии 250... 300 мм, а от торца детали — на расстоянии 60...75 мм.

Непосредственное соприкосновение стеклянных труб и фасонных частей с металлическими деталями — хомутами, кронштейнами, фланцами, защитными гильзами не допускается, для чего устанавливают прокладки из эластичного материала.

Расстояние между поверхностями стеклянных трубопроводов (или их изоляцией) и строительными конструкциями или оборудованием должно быть: для труб с условным проходом до 50 мм — 70 мм, для труб с условным проходом 50... 100 мм — 110 мм и 100...200 мм — 120 мм.

При монтаже трубопроводной арматуры ее устанавливают на отдельные опоры. Нагрузки от веса арматуры и усилия, создаваемые в процессе ее эксплуатации, не должны передаваться на стеклянный трубопровод.

При интервале колебания температуры транспортируемого вещества, или окружающей среды более 55 °С или длине прямого участка стеклянного трубопровода от неподвижной опоры более 100 м устанавливают П-образные стеклянные компенсаторы.

Если на стеклянных трубопроводах нужно установить вставки (отрезки труб), то их длину принимают равной не менее 200 мм для соединений на двух кольцах и 250 мм — на трех кольцах. Если вставки устанавливают на замыкающем участке трубопровода, то их изготавливают по шаблону, выполненному точно по месту.

Зазоры между торцами труб или несовпадение осей трубопровода, возникающие при их монтаже, нельзя устранять путем натяжения труб или их изгиба.

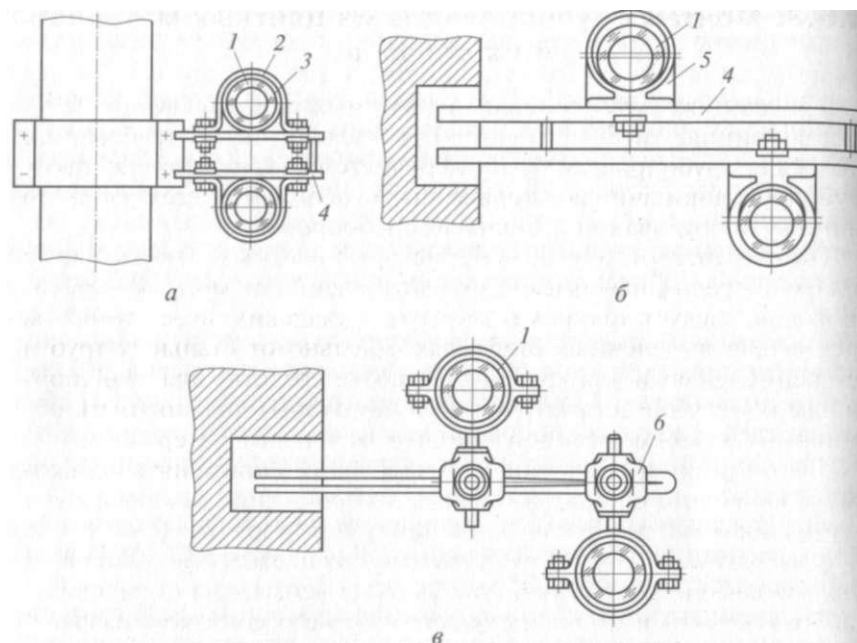


Рис. 4.30. Крепление стеклянных трубопроводов:

а — на круглой колонне двойным кронштейном и накладным хомутом; о — к стене двойным кронштейном и охватывающим хомутом; в — к стене регулирующим кронштейном; / — стеклянные трубопроводы; 2, 5 — накладной и охватывающий хомуты соответственно; 3 — прокладка под хомут; 4, 6 — кронштейны

Стеклянные трубопроводы с тепловой изоляцией закрепляют между соединениями труб в двух местах. Нагрузка от изоляции не должна передаваться на трубопровод, для чего применяют дополнительное крепление изоляции в виде коробов.

Стеклянные трубопроводы испытывают на прочность и плотность только гидравлическим способом (пневматическое испытание на прочность запрещено). Испытательное давление принимают равным $1,25/P_{раб}$, но не менее 0,2 МПа. При испытании, которое выполняют при положительной температуре, давление выдерживают в течение 20 мин, после чего снижают до рабочего и осматривают трубопровод. При обнаружении дефектов в соединениях давление снижают до атмосферного и подтягивают соединения. При этом ослабляют крепления всех хомутов с одной стороны до ближайшей фасонной части, так чтобы этот участок трубопровода мог свободно перемещаться по кронштейнам, опорам и подвескам. Затем подтягивают само соединение, вновь закрепляют трубопровод и повторяют испытание.

4.5.3. Монтаж трубопроводов из цветных металлов и их сплавов

При монтаже трубопроводов из цветных металлов (меди, латуни, алюминия, титана и свинца) соблюдают те же требования, что и для трубопроводов из углеродистой стали. Монтаж таких трубопроводов начинают только после окончания всех работ по монтажу оборудования и стальных трубопроводов.

Трубы, детали и другие материалы из цветных металлов и их сплавов, предназначенные для изготовления и монтажа трубопроводов, следует хранить в закрытых складских помещениях на специально выделенных стеллажах отдельно от стальных труб и деталей. Стеллажи для хранения, а также средства для транспортирования труб и деталей (тележки, автокары) должны быть облицованы деревом, резиной или другим мягким материалом.

Для погрузки и разгрузки труб необходимо применять пеньковые и капроновые канаты или мягкие прокладки, исключающие возможность повреждения наружной поверхности труб.

К прихватке и сварке трубопроводов из цветных металлов и их сплавов допускаются сварщики, сдавшие испытания (заварившие пробные стыки) и имеющие удостоверение о допуске к сварке.

Основным способом сварки трубопроводов из алюминия, меди, титана и их сплавов является ручная аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом. Перед сваркой труб и деталей из алюминия и алюминиевых сплавов поверхность их кромок и околошовный участок для удаления окисной пленки подвергают травлению в растворе едкого натра (45...55 г/л) при температуре 60...70 °С с последующей промывкой в горячей воде при температуре 50 °С, а также производят осветление в растворе азотной кислоты (425 г/л) с промывкой в горячей воде.

Сварка свинцовых трубопроводов представляет некоторые трудности, так как свинец плавится при температуре 327 °С, а пленка окиси, покрывающая его поверхность, — при температуре 850 °С. Свинцовые трубы под сварку собирают с разбортовкой одной из труб, а также встык.

Кромки труб, подлежащие сварке перед сборкой, защищают с двух сторон стальным шабером-скребком для удаления окисной пленки. Сваривают свинцовые трубы водородным и ацетиленовым пламенем. В первом случае для сварки применяют специальные горелки, во втором — обычные ацетиленовые горелки. Присадочным материалом служит свинцовая проволока или пруток, нарезанный из листового свинца.

Пайку используют для получения неразъемного соединения трубопроводов из цветных металлов. К пайке трубопроводов допускаются медники и паяльщики, имеющие удостоверения на право пайки сосудов и трубопроводов.

Поверхность элементов трубопроводов под пайку тщательно очищают от консервирующей смазки, загрязнений, краски, окислины и следов коррозии. Загрязнения жирового происхождения и смазочные материалы удаляют путем обезжиривания с применением водных растворов щелочей или органических растворителей (бензина, четыреххлористого углерода, ацетона, трихлорэтлена). Окисные пленки с поверхности элементов трубопроводов удаляют на ширине не менее 20 мм механическими или химическими средствами.

Паяное соединение следует выполнять в раструб. Размер раструба, который должен указываться в рабочем чертеже, составляет не менее пятикратной толщины стенки трубы.

Перед пайкой выполняют контрольную сборку узла и проверяют зазоры в соединении, которые не должны превышать 0,3 мм.

Для пайки труб из меди и латуни применяют оловянно-свинцовые, латунные, медно-цинковые припои, а для труб из алюминия — алюминиевые припои. Пайку припоями производят с использованием флюсов. Пайку низкотемпературными припоями (температура плавления ниже 450 °С) ведут паяльниками, паяльными лампами, газовыми горелками, а высокотемпературными (температура плавления выше 450 °С) — ацетиленокислородными горелками или горелками, работающими на газах — заменителях ацетилена.

При пайке высокотемпературными припоями флюсы применяют в виде густой пасты, замешанной на спирте или воде (бура или смесь буры с борной кислотой замешивается на воде).

Свинцовые трубы перед монтажом правят механическим или гидравлическим способом. При механическом способе правки через трубу протягивают стальные конические оправки, прикрепленные к канату. Диаметр оправок должен соответствовать внутреннему диаметру трубы. Гидравлический способ правки более производительен. До заполнения водой в оба конца трубы впаивают трубки небольшого диаметра. Воду подают насосом под давлением 0,2...1 МПа в зависимости от толщины стенки, диаметра трубы и вида вмятин. При гидравлическом способе правки не следует допускать таких давлений, при которых стенки трубы выпучиваются.

При монтаже трубопроводов из свинцовых труб требуется особая аккуратность. Свинцовые трубопроводы прокладывают на сплошном основании, представляющем собой желоб из досок или уголков. В желобах и местах расположения фланцев или арматуры оставляют минимальные разрывы. Уложенные в желоб трубы через каждые 700...1 000 мм закрепляют лентой из свинца.

Испытательное давление для трубопроводов из цветных металлов указывается в проекте и принимается равным $1,25p_{раб}$, но не менее 0,1 МПа.

4.5.4. Монтаж стальных трубопроводов с внутренними неметаллическими покрытиями

Трубы, детали и арматура для стальных трубопроводов с внутренним покрытием поступают в полностью готовом для монтажа виде. Качество всех изделий с внутренним покрытием проверяется наружным осмотром, простукиванием и испытанием на электропробой. Такой контроль осуществляется заказчиком, и все принятые изделия по акту передаются монтажной организации.

Наружным осмотром невооруженным глазом выявляют дефекты на поверхности покрытия (отверстия, проколы, трещины, вздутия и т.д.).

Простукивание выполняют легким деревянным или металлическим молотком для обнаружения по звуку мест отставания покрытий от металлической поверхности.

Испытанием на электропробой более тщательно контролируют местные дефекты гуммированного, футерованного и эмалированного слоев, обнаруженные при наружном осмотре. Таким способом контроля с помощью искровых дефектоскопов обнаруживают незаметные на глаз проколы, микропоры, трещины.

Трубы, детали и арматуру с внутренним покрытием при транспортировании следует предохранять от повреждения, для чего отверстия закрывают деревянными заглушками, прикрепленными болтами к фланцам, а на резьбовые концы таких труб навертывают муфты. Такие изделия упаковывают в ящики или обрешетки, уложенные на мягкую подкладку (войлок, гофрированный картон, стружку и др.).

Гуммированные трубы, детали и арматуру хранят в упакованном виде в затемненном помещении при плюсовой температуре, но не выше 20 °С, а футерованные полиэтиленом и фторопластом — в закрытых помещениях или под навесом, чтобы избежать постоянного воздействия солнечных лучей, вызывающих старение футерующего слоя.

До начала монтажа трубопроводов, футерованных полиэтиленом высокой плотности, фторопластом, гуммированных и эмалированных, должны быть выполнены все общестроительные и специальные работы, а также закончены все электрогазосварочные работы в зоне монтажа.

Перед сборкой элементов и узлов трубопроводов гуммированные и футерованные трубы и детали очищают от загрязнений (промывают водой, продувают воздухом и т.п.). Применять для очистки металлические щетки и твердые инструменты запрещается, так как ими можно повредить облицовку.

Гуммированные, футерованные и эмалированные трубопроводы монтируют только при положительной температуре окружающего воздуха.

Переделка гуммированных и эмалированных труб, элементов и деталей заводского изготовления при монтаже не допускается.

Отклонения трубопроводов от проектного положения компенсируют установкой гуммированных, эмалированных или футерованных прямых вставок.

Трубы, узлы, детали и арматуру, хранившиеся или транспортировавшиеся при температуре ниже 0 °С, перед сборкой и монтажом выдерживают в течение 24 ч при температуре не ниже 10 °С. При монтаже таких трубопроводов запрещается подгибать трубы путем нагрева; врезать или устанавливать на резьбе в собранные трубопроводы стальные штуцера, муфты или бобышки; производить какие-либо приварки к трубопроводам; прокладывать трубопроводы на расстоянии менее 0,5 м от трубопроводов и устройств (в том числе временных), транспортирующих пар или другие горячие продукты температурой свыше 80 °С; собирать фланцевые соединения без уплотнительных прокладок; применять дополнительные рычаги на ключи при затяжке фланцевых соединений; применять бесканальную прокладку.

При прокладке через стены, перекрытия, перегородки такие трубопроводы помещают в стальные гильзы, укрепляемые в строительных конструкциях. Диаметр гильзы принимают из расчета свободного прохода футерованной или гуммированной трубы с фланцем.

Гуммированные и футерованные трубопроводы при отсутствии специальных указаний в проекте укладывают с соблюдением уклона не менее 0,003, чтобы обеспечить полный слив продукта в сторону дренажных устройств или аппаратов.

Стальные гуммированные, футерованные и эмалированные трубопроводы после окончания монтажа подвергают испытанию на прочность и плотность, а также испытанию на сплошность внутреннего покрытия. Испытания производят с участием представителя заказчика.

4.5.5. Монтаж чугунных трубопроводов

Чугунные трубопроводы, для того чтобы предохранить их от возможных повреждений, монтируют по окончании на данном участке всех работ по монтажу оборудования и стальных трубопроводов. Каждую трубу и фасонную деталь перед сборкой и монтажом тщательно осматривают и простукивают молотком массой около 0,5 кг. Трубы и детали с раковинами, видимыми трещинами или издающие дребезжащий звук при простукивании (такой звук говорит о трещинах, скрытых под противокоррозионным покрытием), отбраковывают.

Чугунные трубопроводы монтируют из труб и фасонных деталей, предварительно укрупняя их в элементы или звенья в трубозаготовительных цехах или мастерских.

Звенья рекомендуется собирать не более чем из трех труб с условным проходом до 100 мм и не более двух труб с условным проходом 100...300 мм.

Чугунные трубопроводы обычно прокладывают в траншеях и каналах. Доставленные к месту укладки чугунные трубы размещают на расстоянии 1 ...3 м от края траншеи, располагая раструбы в таком направлении, в каком они должны быть уложены в траншее.

Раструбы укладываемых труб, независимо от того, в каком направлении будут транспортировать вещество, всегда должны быть обращены в сторону более высоких отметок по траншее, что облегчает укладку труб.

При укладке чугунных трубопроводов следует обращать особое внимание на надежность основания. Необходимо обеспечить устойчивость трубопроводов от сдвигающих усилий в местах поворотов и тупиков путем устройства упоров.

Монтаж трубопроводов с раструбными соединениями начинают только после очистки внутренней поверхности раструбов и концов труб от напылов изоляционного покрытия и других посторонних веществ, особенно масла и жира; при этом обжигать раструбы и концы труб не разрешается. Выступы металла и остатки формовочной земли необходимо удалить, заострения кромок во внутренней части раструбов — сгладить.

Монтаж трубопроводов из чугунных раструбных труб с заделкой стыковых соединений пеньковой битуминизированной пряжей с устройством замка из асбестоцемента производят в следующей последовательности. После укладки монтируемой трубы на подготовленное основание ее гладкий конец вводят в раструб ранее уложенной трубы и выверяют положение трубы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. После этого гладкий конец трубы центруют так, чтобы ширина раструбной шели была одинаковой по всей окружности. Это достигается установкой клинышков равномерно по окружности. Кроме кольцевого раструбного зазора оставляют зазор между торцами гладкого конца трубы и упорной поверхностью раструба для обеспечения компенсации температурных удлинений. Отклонение от прямолинейности трубопровода в месте раструбного стыка не должно превышать 1 мм на 1 м длины трубопровода.

К заделке раструбных стыков, уложенных в траншее, приступают после подсыпки грунта с обеих сторон труб на высоту не менее $1/2$ ее диаметра и уплотнения грунта. Затем скручивают пеньковую битуминизированную пряжу в жгуты толщиной, несколько большей кольцевого зазора. Длину пряжи принимают равной $1,2$ длины внешней окружности трубы. Жгуты в количестве не менее трех уплотняют конопаткой в кольцевой шели и стык зачеканивают асбестоцементом, используя набор тонких и толстых чеканок.

Когда чеканка отскакивает от асбестоцементной смеси, стык считается зачеканенным.

Асбестоцементную смесь для замка готовят из цемента (марки не ниже 400) и асбестового волокна (не ниже 6-го сорта) в соотношении 2:1 по массе.

Монтаж трубопроводов из чугунных раструбных труб с уплотнением стыковых соединений резиновой манжетой производят в следующем порядке. Монтируемую трубу подают в траншею и удерживают краном в подвешенном состоянии на расстоянии 400...500 мм от раструба ранее уложенной трубы. С помощью шаблона размечают мелом линию ограничения ввода гладкого конца в раструб с учетом зазора 50...60 мм между его торцом и упорной поверхностью раструба. В кольцевой паз раструба закладывают резиновую манжету, при этом гребень манжеты должен полностью размещаться в кольцевом пазе. Затем наружную поверхность гладкого конца трубы до нанесенной отметки и внутреннюю поверхность манжеты смазывают графитоглицериновой смазкой следующего состава: графит порошок 45...50%, глицерин чистый 30%, вода 20...25% по объему.

Монтируемую трубу 3 с помощью монтажного приспособления 2 (рис. 4.31) вводят гладким концом в раструб до ограничительной линии. Центруют конец трубы и выверяют ее положение в вертикальной и горизонтальной плоскости. Затем закрепляют трубу подсыпкой грунта в пазухи с уплотнением до половины

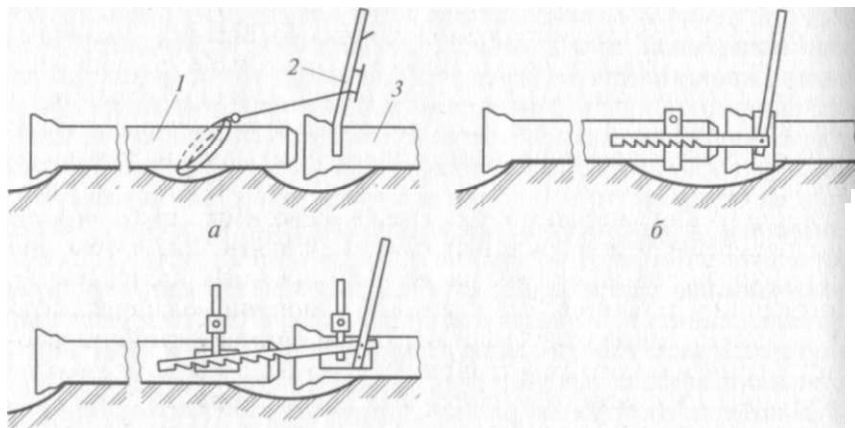


Рис. 4.31. Монтажное приспособление для сборки стыковых раструбных соединений с резиновой манжетой или кольцом:

а — рычажно-канатное: 1 — уложенная труба; 2 — монтажное приспособление; 3 — монтируемая труба; б — реечное с двумя хомутами-захватами; в — реечное с двумя винтовыми захватами

диаметра, оставляя не засыпанными приемки со стыковыми соединениями. При установке в раструбную щель резинового кольца в качестве уплотнения последовательность монтажа сохраняют такой же, как и при установке манжеты. Отличие состоит в том, что на гладкий конец монтируемой трубы предварительно надевают резиновое кольцо.

Чугунные трубопроводы подвергают гидравлическому испытанию. Пневматическое испытание на прочность надземных трубопроводов запрещается. Величина испытательного давления принимается равной $1,25 p_{раб}$, но не менее 0,2 МПа.

4.6. Правила техники безопасности при монтаже трубопроводов

Перед началом монтажа трубопроводов следует осмотреть рабочее место и убедиться, что условия работы отвечают правилам техники безопасности. В зоне выполнения монтажных работ не допускается присутствие посторонних лиц, опасная зона должна быть ограждена и иметь предупредительные знаки и плакаты.

К производству такелажных работ с помощью подъемных механизмов с механическим или электрическим приводом допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обученные по специальной программе, сдавшие экзамены и получившие удостоверение на право производства такелажных работ.

Грузоподъемность механизмов и приспособлений, применяемых при такелажных работах, должна соответствовать массе монтируемого оборудования, узлов трубопроводов и арматуры. Перед началом работы все грузоподъемные средства прочно закрепляют в соответствии со схемой, которая должна быть выдана руководителем работ.

Во избежание несчастных случаев перевозимые трубы и узлы трубопроводов нужно укладывать и закреплять так, чтобы при открытии бортов или стоек на железнодорожных платформах и автомашинах трубы и детали, не могли самопроизвольно скатиться. В момент, когда открывают борта или снимают стойки, рабочие должны находиться у торцов платформы, а когда открывают двери закрытых вагонов — сбоку от дверного проема.

При выполнении верхолазных работ и работ на высоте 1,5 м и выше без применения лесов или подмостей все рабочие должны быть обеспечены предохранительными поясами и специальной обувью с нескользящей подошвой. Каждый рабочий при работе на высоте обязан прикрепляться с помощью предохранительного пояса к надежным и неподвижным элементам зданий или сооружений. Предохранительные пояса должны иметь паспорта и мар-

кировку, состоящую из товарного знака завода-изготовителя, клейма, номера пояса и даты его испытания. Монтируют и демонтируют леса и подмости на высоте рабочие, допущенные к верхолазным работам. К работам с электроинструментом допускаются рабочие, прошедшие производственное обучение. Корпус электроинструмента, работающего при напряжении тока в сети более 36 В, должен иметь надежную изоляцию или должен быть заземлен. Заземлению подлежат также все вспомогательные электрические устройства для электроинструмента (преобразователи частоты тока, понижающие трансформаторы).

При работе с электроинструментом следует пользоваться средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током — диэлектрическими ковриками и резиновыми перчатками (при напряжении более 36 В). Использование электроинструмента с двойной изоляцией или с защитно-отличающими устройствами, работающего при напряжении тока в сети более 36 В без индивидуальных средств защиты от поражения электрическим током, может быть разрешено только при наличии специальных инструкций или указаний.

При монтаже внутрицеховых трубопроводов необходимо следить за надежным креплением каждого участка на кронштейнах или подвесках. До закрепления нельзя снимать строп с крюка грузоподъемного механизма или приспособления. Крепить трубопровод временными средствами (проволокой) не следует.

Вести монтаж наружных трубопроводов во время грозы и ветра более 6 баллов не разрешается.

Нельзя монтировать трубопроводы одновременно на нескольких этажах, расположенных по одной вертикали, не имеющих перекрытий. При необходимости такие работы можно проводить лишь в том случае, если надежные защитные настилы обеспечивают безопасность лиц, работающих на нижних этажах.

Работу вблизи линий электропередачи необходимо выполнять только под наблюдением производителя работ. Чтобы предотвратить поражение человека электрическим током, нужно строго соблюдать нормы расстояний от работающих во весь рост людей или крайних точек стрел кранов до проводов электрических линий высокого напряжения. Значения минимальных расстояний должны быть следующими: при напряжении до 1 кВ — 1,5 м, при 20 кВ — 2 м, при 35... 110 кВ — 4 м.

При монтаже трубопроводов ниже уровня пола первого этажа или уровня земли начинать работы можно только после получения письменного разрешения от организации, выполнявшей сооружение туннелей, каналов и траншей. Не разрешается одному рабочему производить работы в колодцах, камерах и туннелях. При всех условиях рабочих должно быть не менее двух; один из них должен остаться наверху и наблюдать за работающим в колодце.

Перед спуском в колодцы, камеры и туннели необходимо убедиться, что в них нет вредных газов. Выполнение работ в колодцах, камерах и туннелях с температурой воздуха 40 °С не разрешается без устройства приточной вентиляции.

При работе с электросварщиком или при выполнении прихватки собранных стыков, слесарь должен знать и выполнять правила техники безопасности при электродуговой сварке и обязательно пользоваться защитными приспособлениями.

При электросварочных работах на действующих предприятиях нельзя подсоединять провод заземления к надземным и подземным трубопроводам даже при работе вне зоны действующих установок, так как в этом случае может возникнуть искра на расстоянии в несколько сотен метров от места работы.

При гидравлическом или пневматическом испытании трубопровод нельзя оставлять заполненным жидкостью, газом или воздухом без надзора, так как при нагреве его солнечными лучами давление может значительно повыситься.

Контрольные вопросы

1. Какие подготовительные работы должны быть проведены до начала монтажа трубопроводов?
2. В какой последовательности монтируют линии внутрицеховых трубопроводов?
3. Какие существуют способы прокладки межцеховых трубопроводов и в чем особенность каждого из них?
4. Какие условия должны быть соблюдены при монтаже компенсаторов?
5. В чем состоят особенности монтажа чугунных трубопроводов?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Говядко Г.М.* Изготовление вспомогательного оборудования и трубопроводов электростанций / Г. М. Говядко, В.И.Есарев. — Л. : Энергоатомиздат, 1989. — 240 с.
2. *Глухенький Т. Е.* Трубопроводы тепловых электростанций : монтаж и изготовление : учебник для энергетических и энергостроительных техникумов / Т. Е. Глухенький. — М. : Энергия, 1965. — 440 с.
3. *Тавастшерна Р. И.* Монтаж технологических трубопроводов : учебник для проф.-техн. училищ / Р. И.Тавастшерна. — М.: Высш. шк., 1980. — 94 с.
4. Технологические трубопроводы промышленных предприятий : справочник / Р. И.Тавастшерна, А. И.Бесман, В.С. Позднышев и др. — М. : Стройиздат, 1991. — 655 с.
5. Расчет и конструирование трубопроводов : справочное пособие / Б. В.Зверьков, Д.А. Костовейкий, Ш.Н.Каи, К. И. Бояджи. — Л. : Машиностроение, 1979. — 245 с.
6. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов. ПБ 03-585-03. - СПб. : ЦОТПБСП. 2003. - 142 с.
7. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. ПБ 10-573-03. - СПб. : ЦОТПБСП, 2003. - 106 с.
8. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. ПБ 03-593-03. - СПб. : ЦОТПБСП, 2003. - 55 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. Общие сведения о технологических трубопроводах.....	4
1.1. Назначение и классификация трубопроводов.....	4
1.2. Факторы, влияющие на работу трубопроводов.....	11
1.3. Соединения элементов трубопроводов.....	12
1.4. Детали трубопроводов.....	18
1.4.1. Фасонные и соединительные детали трубопроводов.....	18
1.4.2. Опоры и подвески трубопроводов.....	26
1.4.3. Компенсаторы.....	29
1.5. Арматура технологических трубопроводов.....	36
1.5.1. Классификация арматуры трубопроводов.....	36
1.5.2. Запорная, регулирующая, предохранительная и контрольная арматура трубопроводов.....	39
1.5.3. Обозначение и отличительная окраска арматуры трубопроводов.....	46
1.6. Расчет параметров труб.....	48
1.7. Проектная документация и условные изображения технологических трубопроводов на чертежах.....	50
Глава 2. Материалы для изготовления технологических трубопроводов.....	55
2.1. Общие требования.....	55
2.2. Материалы для трубопроводов.....	57
2.2.1. Стальные трубы, используемые для изготовления трубопроводов.....	57
2.2.2. Трубы, детали и соединения стальных трубопроводов с внутренним покрытием.....	58
2.2.3. Трубы, детали и соединения трубопроводов из цветных металлов и чугуна.....	60
2.2.4. Трубы, детали и соединения трубопроводов из пластмасс.....	62
2.2.5. Металлополимерные трубы.....	67
2.2.6. Трубы, детали и соединения трубопроводов из стекла, керамики и камнелитые.....	68
2.3. Контроль качества материалов.....	69
Глава 3. Изготовление технологических трубопроводов.....	73
3.1. Централизованное изготовление стальных трубопроводов.....	73

3.1.1. I схнико-экономическая јқхреКТНВНОСТі , централизованного изготовления трубопроводов.....	73
3.1.2. Узлы стальных трубопроводов и их характеристика.....	75
3.1.3. Структура технологического процесса централизованного изготовления трубопроводов.....	76
3.1.4. Основные требования к приемке материалов и готовых изделий для трубопроводов.....	78
3.2. Обработка труб из стали, цветных металлов и стальных с внутренним покрытием.....	80
3.2.1. Расконсервация, очистка и грунтование труб, деталей и узлов.....	80
3.2.2. Разметка труб.....	82
3.2.3. Резка, разделка кромок и нарезание резьбы.....	88
3.2.4. Гибка труб.....	93
3.2.5. Правка концов труб и деталей.....	101
3.2.6. Раздача, обжим, отбортовка концов труб и вытяжка ответвлений.....	10
3.3. Сборка и сварка стальных трубопроводов.....	10
3.3.1. Сборка деталей, элементов и узлов трубопроводов под сварку.....	10
3.3.2. Сборка фланцевых соединений.....	11
3.3.3. Сварка элементов, узлов и деталей трубопроводов.....	12
3.3.4. Сборка и сварка прямолинейных секций трубопроводов.....	12
3.3.5. Термическая обработка сварных соединений.....	12
3.3.6. Контроль качества сварных соединений.....	132
3.3.7. Маркировка и приемка узлов и секций трубопроводов.....	13
3.4. Изготовление трубопроводов из пластмасс.....	13
3.4.1. Обработка труб.....	135
3.4.2. Сборка, сварка и склеивание трубопроводов.....	140
3.4.3. Контроль качества сварных и клеевых соединений.....	14
3.5. Правила техники безопасности при изготовлении трубопроводов.....	14
Глава 4. Монтаж технологических трубопроводов.....	150
4.1. Подготовка производства и средства механизации монтажных работ.....	150
4.1.1. Подготовка производства монтажных работ.....	150
4.1.2. Такелажные работы, машины, оборудование и оснастка.....	152
4.1.3. Транспортирование и складирование на монтажной площадке.....	157
4.2. Монтаж стальных внутрицеховых трубопроводов общего назначения.....	158
4.2.1. Технологии монтажа внутрицеховых трубопроводов.....	158
4.2.2. Разбивка трассы трубопроводов.....	160
4.2.3. Монтаж опорных конструкций, опор и подвесок.....	163

4.2.4. Укрупненная сборка узлов трубопроводов.....	166
4.2.5. Установка узлов в проектное положение.....	168
4.2.6. Монтаж арматуры, контрольно-измерительных приборов и автоматики.....	172
4.3. Монтаж стальных межцеховых трубопроводов общего назначения.....	174
4.3.1. Способы прокладки межцеховых трубопроводов.....	174
4.3.2. Монтаж надземных трубопроводов.....	177
4.3.3. Монтаж подземных трубопроводов.....	184
4.3.4. Монтаж компенсаторов.....	190
4.3.5. Защита подземных трубопроводов от почвенной коррозии.....	196
4.3.6. Тепловая изоляция трубопроводов.....	201
4.4. Контроль, испытание и сдача стальных трубопроводов общего назначения в эксплуатацию.....	203
4.4.1. Приемка и техническое освидетельствование смонтированных трубопроводов.....	203
4.4.2. Методы испытаний трубопроводов И испытательное давление.....	204
4.4.3. Гидравлическое испытание трубопроводов.....	206
4.4.4. Пневматическое испытание трубопроводов.....	209
4.4.5. Промывка и продувка трубопроводов.....	213
4.4.6. Защитная и опознавательная окраска трубопроводов.....	214
4.4.7. Сдача и приемка трубопроводов в эксплуатацию.....	216
4.5. Монтаж и испытания трубопроводов из неметаллических материалов, цветных металлов и стальных с внутренним покрытием.....	218
4.5.1. Монтаж трубопроводов из пластмасс.....	218
4.5.2. Монтаж стеклянных трубопроводов.....	223
4.5.3. Монтаж трубопроводов из цветных металлов и их сплавов.....	227
4.5.4. Монтаж стальных трубопроводов с внутренними неметаллическими покрытиями.....	229
4.5.5. Монтаж чугунных трубопроводов.....	230
4.6. Правила техники безопасности при монтаже трубопроводов.....	233
Список литературы.....	236