

В.В. ФИЛИППОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ И ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Учебное пособие



ВВЕДЕНИЕ

Когда попадаешь на химическое предприятие первое, что бросается в глаза – сеть трубопроводов. Посмотрим на рисунок. Разве не потрясает? Хорошо видна паутина из множества труб разного диаметра. Завод состоит из производств, производства – из технологических установок, установки – из аппаратов. И все они связаны между собой в единую цепь с помощью трубопроводов. На долю трубопроводов приходится до 25% стоимости всего оборудования. А в общем объёме монтажных работ стоимость монтажа трубопроводов достигает 65%. В кажущемся на первый взгляд хаотическом переплетении множества труб различного диаметра на самом деле царит строгая, выверенная расчётами закономерность. Ведь сначала специалисты рассчитали диаметр каждого трубопровода, выбрали марку стали, нашли толщину тепловой изоляции. Потом другие специалисты проложили каждую трубу сначала на бумаге. И только потом монтажники соединили аппараты трубопроводами – построили завод.



Общий вид современного производства

Для каждой трубы рассчитаны и выбраны:

- диаметр, который определяется расходом проходящего по трубе потока;
- толщина стенки, которая зависит от давления транспортируемой среды;
- марка стали, которая определяется коррозионной активностью вещества;
- толщина тепловой изоляции, уменьшающей потери теплоты в окружающую среду.

Все промышленные объекты, в том числе и трубопроводы, должны соответствовать требованиям Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (ФСЭТАН), ранее Госгортехнадзор.

В задачи Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору входят:

- организация и осуществление на территории России государственного регулирования промышленной безопасности и государственного надзора по безопасному ведению работ, устройству и безопасной эксплуатации оборудования;
- организация и осуществление государственного надзора за соблюдением законодательства РФ по безопасному ведению работ;
- разработка и осуществление мер по профилактике аварий и производственного травматизма;
- работы по устройству, изготовлению и безопасной эксплуатации оборудования, а также охране недр и переработки минерального сырья;
- осуществление лицензирования отдельных видов деятельности, связанных с повышенной опасностью промышленных производств (объектов) и работ;
- участие в разработке и контроль над реализацией научно-технических программ по обеспечению безопасности промышленных производств, персонала и населения;
- обобщение практики применения законодательства России в области безопасного ведения работ и разработка предложений по его совершенствованию.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ

1.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Трубопровод – это сооружение из труб, деталей трубопровода и арматуры, плотно соединенных между собой, предназначенное для транспортирования газообразных и жидких продуктов.

В состав технологических трубопроводов входят:

- прямые участки (линии);
- фасонные детали (отводы, переходы, тройники, заглушки);
- опоры и подвески;
- крепежные детали (болты, шпильки, гайки, шайбы);
- запорно-регулирующая арматура;
- контрольно-измерительные приборы и средства автоматики;
- тепловая и антикоррозионная изоляция.

В зависимости от транспортируемой среды применяются названия: водопровод, паропровод, воздухопровод, маслопровод, газопровод, нефтепровод, продуктопровод и т.д.

Для геометрической характеристики труб используют следующие размеры:

- условный внутренний диаметр (проход) D_y ;
- наружный диаметр D_n ;
- толщина стенки σ ;
- длина l .

Основной характеристикой любого трубопровода является диаметр, определяющий его проходное сечение. Величина проходного сечения определяет расход потока при его рабочих параметрах (давление, температура, скорость).

Условный диаметр D_y – это номинальный внутренний диаметр присоединяемого трубопровода (мм). Труба при одном и том же наружном диаметре может иметь различные номинальные внутренние диаметры.

В нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях промышленности обычно применяют трубы с условным внутренним диаметром 25÷1400 мм, толщиной стенки 2÷16 мм и длиной 4÷12 м.

Для каждого наружного диаметра трубы в зависимости от давления перекачиваемой среды предусмотрено несколько толщин стенок.

Следовательно, труба при конкретном наружном диаметре может иметь различные внутренние диаметры. Внутренний диаметр определяет сечение трубопровода, необходимое для прохождения заданного количества вещества при рабочих параметрах эксплуатации (давлении, температуре, скорости).

В Российской Федерации существует Государственный комитет по стандартизации и метрологии, который разрабатывает государственные стандарты (ГОСТы) на всю выпускаемую в стране продукцию. Слово «стандарт» происходит от английского слова «*stadart*», что в переводе означает «норма, образец».

Кроме государственного стандарта в промышленности используются *отраслевые стандарты* (ОСТы).

Для сокращения количества видов и типоразмеров входящих в состав трубопроводов соединительных деталей и арматуры используют единый унифицированный ряд условных диаметров D_y . Для технологических трубопроводов наиболее часто применяют условные проходы, мм: 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600. Этот ряд условных диаметров введен для ограничения числа применяемых при проектировании и сооружении трубопроводов и, как следствие, сокращение числа типоразмеров входящих в их состав соединительных деталей, арматуры, а также труб.

При выборе трубы для трубопровода под условным диаметром (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 принимают ближайший условный диаметр трубы, т. е. $D_y=200$ мм.

Для выбора толщины стенки (наружного диаметра трубы) и типа стали, которые обеспечат механическую прочность трубопровода при заданных рабочих параметрах среды, вводится понятие «*условное давление*».

Условное давление P_y – это наибольшее избыточное рабочее давление (при температуре среды 20 °С), при котором обеспечивается

длительная работа трубопровода. Для сокращения числа типоразмеров арматуры и деталей трубопроводов ГОСТом установлен унифицированный ряд условных давлений (МПа): 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 160; 250. Например, если предполагается транспортировать поток с давлением 2 МПа, то необходимо выбрать трубу, рассчитанную на условное давление 2,5 МПа.

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

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

Соотношение между условным, пробным и рабочим давлениями для арматуры и соединительных частей трубопроводов с учетом температуры рабочей среды установлены ГОСТ 356-80.

Применение ограниченного числа размеров труб упрощает проектирование трубопроводов, обеспечивает сокращение типоразмеров комплектующих изделий (соединительных деталей, арматуры и пр.), способствует организации их массового изготовления, а также упрощает комплектование строительных, ремонтных и производственных организаций трубами и изделиями.

Трубопроводы должны быть надежны в эксплуатации, так как неисправность в какой-либо части трубопровода может привести к аварии и полной остановке производства или всего промышленного объекта, а также к загрязнению окружающей среды.

В зависимости от размещения на промышленном объекте технологические трубопроводы подразделяют на *внутрицеховые*, соединяющие агрегаты, машины и аппараты технологических установок цеха, и *межцеховые*, соединяющие технологические установки разных цехов.

Внутрицеховые трубопроводы называют *обвязочными*, если они устанавливаются непосредственно в пределах отдельных аппаратах, насосов, компрессоров, резервуаров и др. и соединяют их.

Внутрицеховые трубопроводы имеют сложную конфигурацию, большое число деталей, арматуры и сварных соединений. На каждые

100 м длины таких трубопроводов приходится до 80÷120 сварных стыков. Масса деталей и арматуры в таких трубопроводах достигает 37% от общей массы трубопровода.

Межцеховые трубопроводы, наоборот, характеризуются довольно прямыми участками (длиной до несколько сот метров), сравнительно небольшим количеством деталей, арматуры и сварных швов. Общая масса деталей и арматуры в межцеховых трубопроводах составляет 5%. Но в состав межцеховых трубопроводов необходимо включать П-образные температурные компенсаторы, на долю которых приходится около 7% массы (подробно П-образные компенсаторы описаны на с. 28).

Технологические трубопроводы считаются холодными, если они работают при среде, имеющей рабочую температуру $t_p \leq 50^\circ\text{C}$, и горячими, если температура рабочей среды больше 50°C .

В зависимости от условного давления среды трубопроводы подразделяются на вакуумные, работающие при абсолютном давлении среды ниже 0,1 МПа, среднего давления, работающие при избыточном давлении среды от 1,5 до 10 МПа и высокого давления, когда избыточное давление рабочей среды находится в пределах от 10 до 100 МПа.

Кроме того, существуют ещё так называемые *безнапорные* трубопроводы, в которых среда движется самотёком.

Все применяемые в промышленности соединения можно разделить на неразъёмные и разъёмные (см. раздел 1.2). В трубопроводах применяются, как правило, неразъёмное соединение – сварка. Сварка является наиболее целесообразным и надёжным методом соединения стальных труб. Она широко применяется в трубопроводных системах различного назначения. Но во многих случаях целесообразнее применять разъёмные (фланцевые и резьбовые) соединения, обладающие своими достоинствами и недостатками. Так, в местах установки арматуры, с целью присоединения ее к трубопроводу, принято применять именно фланцевые соединения. Они могут быть использованы и в трубопроводах, требующих периодической разборки в целях очистки или замены отдельных участков. А в трубопроводах с малыми условными диаметрами часто используются резьбовые соединения.

По методу прокладки труб трубопроводы или их участки подразделяют на:

- *подземные* – трубы прокладывают в траншее под землей;
- *наземные* – трубы прокладывают на земле;
- *надземные* – трубы прокладывают над землей на стойках, опорах или с использованием в качестве несущей конструкции самой трубы;
- *подводные* – сооружают на переходах через водные препятствия (реки, озера и т.п.), а также при разработке морских месторождений.

Подробная классификация технологических трубопроводов приведена в таблице.

В зависимости от класса опасности транспортируемого вещества технологические трубопроводы делятся на *три группы* А, Б и В. К группе А относятся трубопроводы для транспорта чрезвычайно и высокоопасных веществ I и II классов опасности (бензол, дихлорэтан, метилхлорид и др.).

К группе Б относятся трубопроводы для транспорта умеренно опасных веществ III класса опасности (жидкий аммиак, винилацетат, ксилол, метанол, фурфурол и др.). К группе В отнесены трубопроводы, предназначенные для перекачивания взрыво- и пожароопасных веществ (горючие сжиженные газы, легковоспламеняющиеся жидкости, горючие жидкости).

Кроме деления на группы, применяется также деление технологических трубопроводов на *пять категорий* I, II, III, IV, V в зависимости от давления и температуры перекачиваемой среды. Для того чтобы определить группу и категорию трубопровода, необходимо воспользоваться «Правилами устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» [1, 4].

Классификация технологических трубопроводов

Признак классификации	Наименование группы	Классификационный критерий
Место расположения	Межцеховые	Между отдельными видами оборудования в пределах цеха или установки
	Внутрицеховые	Между установками, цехами, объектами
Способ прокладки	Надземные	На эстакадах, колоннах, стойках, по стенам зданий
	Наземные	По поверхности земли, в лотках, открытых траншеях, на низких опорах, подкладках или подставках
	Подземные	В каналах, тоннелях, бесканально
Внутреннее давление	Вакуумные	Абсолютное давление менее 0.1 МПа
	Безнапорные или самотёчные	Давление близко к атмосферному
	Низкого давления	Давление от 0.1 до 10 МПа
	Высокого давления	Давление свыше 10 МПа
Температура транспортируемого вещества	Криогенные	Температура ниже минус 153 °С
	Холодные	Температура ниже температуры окружающей среды, но не ниже минус 153 °С
	Нормальные	Температура равна температуре окружающей среды
	Тёплые	Температура не более 45 °С
	Горячие	Температура более 45 °С
Агрессивность транспортируемого вещества	Неагрессивные	Коррозия незначительна
	Малоагрессивные	Скорость коррозии до 0.1 мм/год
	Среднеагрессивные	Скорость коррозии от 0.1 до 0.5 мм/год
	Агрессивные	Скорость коррозии свыше 0.5 мм/год

Окончание таблицы на следующей странице

Транспортируемое вещество	Паропроводы	Водяной пар
	Водопроводы	Холодная и горячая вода
	Нефтепроводы	Нефть и нефтепродукты
	Газопроводы	Горючие, токсичные и сжиженные газы
	Кислородопроводы	Кислород и его смеси с другими газами
	Ацетиленопроводы	Ацетилен
	Аммиакопроводы и др.	Аммиак и другие вещества
Материал	Стальные	Из углеродистой, низко- и высоколегированной стали
	Стальные с внутренним или наружным покрытием	С покрытием резиной, пластмассой, стеклопластиком, эмалью, биметаллические и др.
	Из цветных металлов	Из меди, алюминия, титана, и других металлов и сплавов
	Из неметаллических материалов	Стекланные, керамические, пластмассовые, камнелитные и др.
Способ соединения	Неразъёмные	Соединяемые пайкой, сваркой, склеиванием
	Разъёмные	Соединяемые на резьбе, фланцах, встраив, или развальцовкой

Расположение трубопроводов должно обеспечивать:

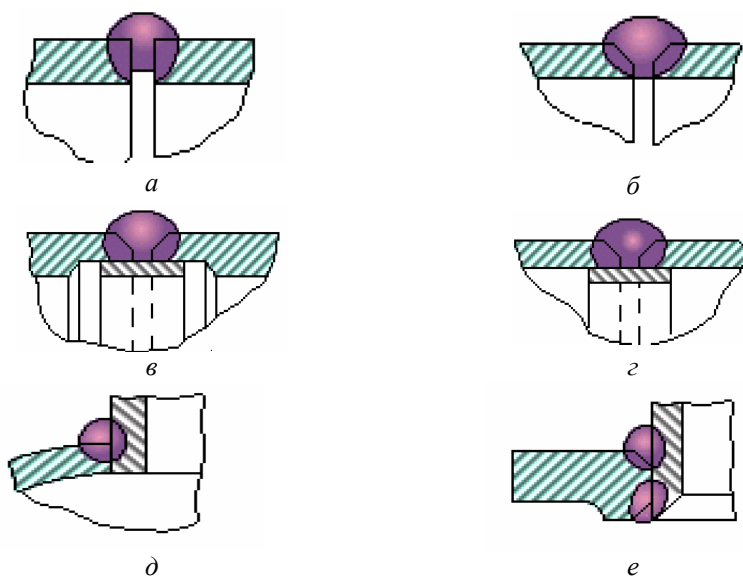
- безопасность и надежность эксплуатации в пределах нормативного срока;
- возможность непосредственного наблюдения за техническим состоянием;
- возможность выполнения всех видов работ по контролю, термической обработке сварных швов и испытанию;
- изоляцию и защиту трубопроводов от коррозии, вторичных проявлений молний и статического электричества;
- предотвращения образования ледяных и других пробок в трубопроводе;
- исключения провисания и образования застойных зон.

1.2. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ

В любой отрасли промышленности, в том числе химической и нефтеперерабатывающей, широко используются различные соединения деталей, узлов, машин, приборов, аппаратов и оборудования.

Как уже отмечалось, соединения бывают *разъёмные* и *неразъёмные*. К неразъёмным соединениям относятся соединения, получаемые сваркой или пайкой, к разъёмным – фланцевые и резьбовые (штуцерные, муфтовые и некоторые др.).

Выбор соединения зависит от материала соединяемых деталей, давления, температуры и физико-химических свойств транспортируемого вещества (агрессивности, токсичности, способности к застыванию или выпадению осадка), условий эксплуатации (герметичности, необходимости частых разборок, огне- и взрывоопасности производства).

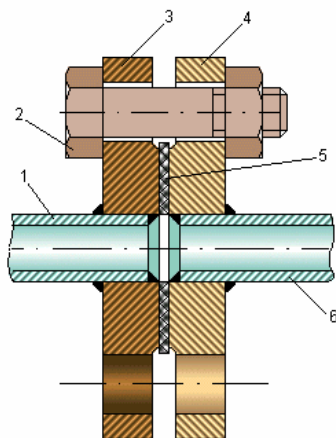


Р и с. 1.1. Некоторые типы швов сварных соединений:

а - односторонний шов; *б* - односторонний шов со скосом кромок; *в* - шов с внутренней расточкой и подкладочным кольцом; *г* - шов с подкладочным кольцом с внутренней расточкой; *д* - угловой шов без скоса кромок; *е* - угловой шов со скосом кромок

Наиболее широко распространен способ получения неразъемных соединений технологических трубопроводов путем электродуговой сварки, которая обеспечивает высокую прочность, надежность и плотность соединений. При строительстве и ремонте трубопроводов применяются различные виды неразъемных сварных соединений труб и деталей трубопроводов, некоторые из которых показаны на рис.1.1.

Среди разъемных соединений на первом месте стоят фланцевые соединения (рис.1.2). Они состоят из фланцев 3 и 4, прокладки (обтюрации) 5, соединительных болтов 2 (или шпилек) с гайками. Герметичность соединения достигается за счет кольцевых прокладок из упругого материала, установленных между торцевыми поверхностями фланцев.



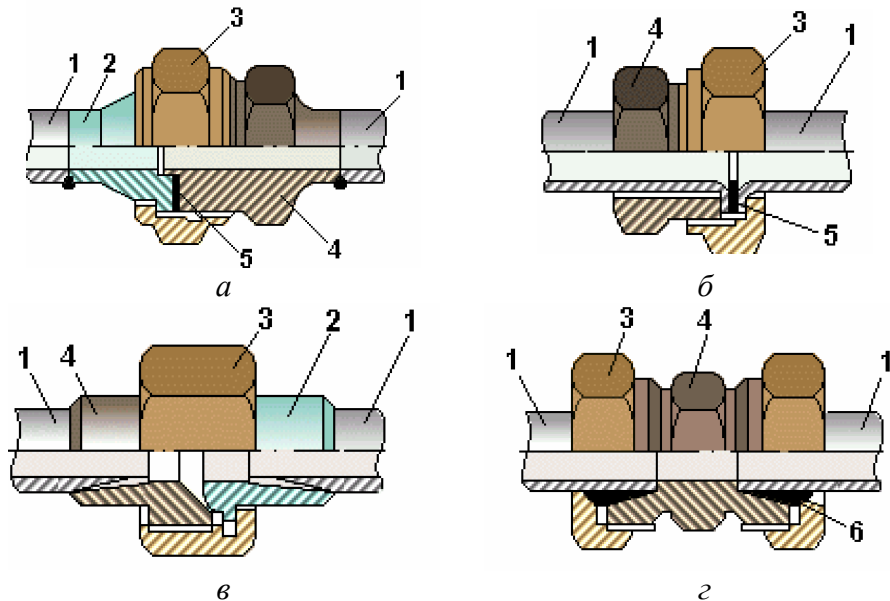
Р и с. 1.2. Фланцевое соединение трубопровода:
1,6 – подлежащие соединению участки трубопровода; 2 – болт
(шпилька) с гайкой; 3,4 – фланцы; 5 – прокладка (обтюрация)

Штуцерные соединения¹ (рис. 1.3) используют в трубопроводах, предназначенных для транспорта густой и жидкой смазки, коммуникаций высокого давления, на водо- и газопроводных линиях, а также для присоединения резьбовой трубопроводной арматуры и контрольно-измерительных приборов и автоматики. На резьбе также со-

¹ Штуцер (нем. *Stutzen* – короткоствольное ружьё, обрез) – деталь, предназначенная для присоединения к трубопроводу арматуры или контрольно-измерительных приборов.

единяют трубопроводы из чугуна и стальных футерованных труб. Штуцерные соединения для гибких трубопроводов (шлангов) иногда называют дюритовыми.

К разъёмным относится также *муфтовое* соединение (рис. 1.4), которое применяется для монтажа водо- и газонапорных труб. На одном конце трубы нарезается или приваривается удлиненная резьба (*сгон*), на которую полностью может поместиться муфта 2 и контргайка 3. На конце другой трубы нарезается короткая резьба длиной, равной примерно половине длины муфты. Трубы соединяют путём свинчивания муфты со сгона на короткую резьбу до упора. Чтобы обеспечить необходимое уплотнение в резьбе, применяют ленту из полимерных материалов, паклю или лен на сурике, либо белилах, поджимая их контргайкой.

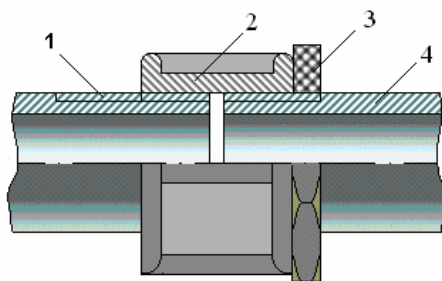


Р и с. 1.3. Типы штуцерных соединений:

- а* - штуцерное соединение трубопроводов, приваренные встык; *б*-штуцерное соединение на отбортованных труба; *в*- штуцерное соединение на конической резьбе; *г*- штуцерное соединение с врезающимся кольцом; 1 – соединяемые трубы; 2 – ниппель; 3 – накидная гайка; 4 – штуцер; 5 – прокладка; 6 – кольцо

Прокладки. Для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры применяют прокладки, изготовленные из специальных прокладочных материалов. Они 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 среды. Форма и размеры прокладок определяются конфигурацией уплотняемых соединений (рис. 1.5).

Для изготовления прокладок применяются как неметаллические материалы, так и металлы. Металлические прокладки используются для ответственных объектов и тяжелых условий работы арматуры (высокой температуры, высокого давления и т.д.), но они требуют больших усилий затяга, чем мягкие прокладки.



Р и с. 1.4. Муфтовое соединение:

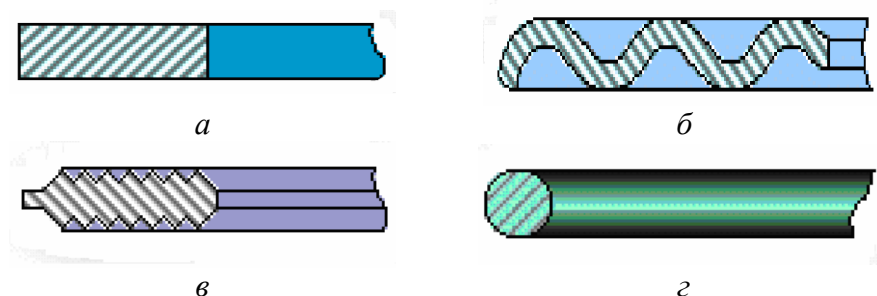
1-участок трубы с длинной резьбой; 2-муфта; 3-контргайка; 4-труба с короткой резьбой

Неметаллические материалы. *Резина* является наиболее пригодным материалом для уплотнения разъемных соединений. Она эластична, требует небольших усилий затяга уплотнений, практически непроницаема для жидкостей и газов. Резина применяется при температуре до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а теплостойкая резина – до $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$. По твердости резину подразделяют на мягкую, средней твердости и твердую.

Существуют пять типов резины: маслобензостойкая (марки А, Б и В, в зависимости от степени стойкости), кислотощелочестойкая, теплостойкая и пищевая.

Прокладки из *целлюлозного прокладочного картона* используются в арматуре для пара низкого давления и воды при рабочей температуре менее 120 °С и рабочем давлении до 0.6 МПа, для масла с температурой менее 80 °С и рабочем давлении до 0.4 МПа, а также в других случаях.

Для высоких температур целлюлозный картон не пригоден, так как обугливается.



Р и с. 1.5. Некоторые типы прокладок:
а - прокладка плоская; б - прокладка гофрированная; в - прокладка зубчатая;
г - прокладка круглая

Фибра листовая (ФЛАК) представляет собой бумагу или целлюлозу, обработанную цинком и затем каландрированную (прессованную). Фибра применяется для прокладок в арматуре при температуре до 100 °С. Она используется при работе на керосине, бензине, смазочном масле, кислороде и углекислоте.

Асбест в качестве прокладочного материала используется в арматуре при повышенных и высоких температурах. Материал минерального происхождения, в технике используется после переработки в виде листового картона или шнура. При температуре 500 °С прочность асбеста снижается на 33 %, а при 600 °С – на 77%.

К щелочам асбест достаточно хорошо устойчив, к кислотам наиболее устойчив антофиллит-асбест.

Асбестовый непрочитанный картон имеет рыхлое строение, низкую прочность, но высокую жаростойкость, используется для арматуры, работающей при температуре до 600 °С, задвижек для горячего дутья, генераторных и дымовых газов и для другой арматуры, не работающей на жидкости. Пропитанный натуральной олифой асбестовый картон может быть использован для нефтепродуктов при давлении до 0.6 МПа и температуре до 180 °С, однако замена его при смене прокладок или ремонте арматуры затруднена, так как он прилипает к металлическим поверхностям. Для уплотнения фланцев газовых задвижек используется также асбестовый шнур, который укладывается спирально на поверхности фланца, предварительно смазанной техническим вазелином.

Паронит листовой изготавливается из смеси асбестовых волокон (60-70%), каучука (12-15%), минеральных наполнителей (15-18%) и серы (1,5-2,0%) путем вулканизации и вальцевания под большим давлением. Теплостойкость паронита зависит от количества в нем резины. Паронит является универсальным прокладочным материалом и используется в арматуре для насыщенного и перегретого пара, горячих газов и воздуха, растворов щелочей и слабых растворов кислот, аммиака, масел и нефтепродуктов при температуре до 450 °С. Чтобы улучшить плотность и увеличить сопротивление распуру прокладки средой, на уплотняющих поверхностях соединения обычно создают две-три узкие канавки треугольного сечения, в котором паронит вдавлируется под действием усилия затяга. Такие канавки делаются и при использовании других неметаллических прокладок. Листы паронита изготавливаются толщиной до 7,5 мм. Прокладку целесообразно применять возможно более тонкую, но толщина ее должна быть достаточной для уплотнения при данной шероховатости обработанных поверхностей и площади уплотнения.

Паронит листовой выпускается четырех марок: ПОН (паронит общего назначения), ПМБ (паронит маслобензостойкий), ПА (паронит, армированный сеткой), ПЭ (паронит электролизерный). Первые три марки используют для уплотнения соединений типов: «гладкие» с давлением рабочей среды не более 40 кгс/см²; «шип-паз»; «выступ-впадина».

Листы паронита имеют размеры от 0,3×0,4 до 1,5×3,0 м, толщина листов от 0,4 до 7,5 мм. Условия применения паронита для различных сред и предельных рабочих параметров среды приведены в ГОСТе.

Пластмассы для прокладок применяются в арматуре, работающей при невысоких температурах. *Пластикат полихлорвиниловый* по эластичности наиболее близко подходит к резине, используется для арматуры в химическом производстве при сравнительно низком интервале температур (от -15 до + 40 °С). *Полиэтилен* в качестве прокладок может использоваться при температуре среды от – 60 до +50 °С. *Фторопласт-4* и *фторопластовый уплотнительный материал (ФУМ)*, выпускаемый в виде шнуров различных профилей и сечений, применяются для температур от –195 до +200 °С. *Винипласт* как прокладочный материал используется ограниченно.

Металлические материалы. Металлические прокладки изготавливаются в виде плоских колец прямоугольного сечения из листового материала или в виде колец фасонного сечения из труб или поковок. Помимо этого изготавливаются комбинированные прокладки, состоящие из мягкой сердцевины (асбест или паронита), облицованной листовым материалом из алюминия, малоуглеродистой стали или коррозионностойкой стали Х18Н9 или Х18Н10Т.

Достоинства металлических прокладок: достаточная плотность при высоких давлениях и температурах среды, коэффициент линейного расширения близок к коэффициенту линейного расширения материала фланца и шпилек или болтов, они могут быть использованы несколько раз после ремонта. К недостаткам следует отнести: необходимость создания больших усилий для обеспечения герметичности соединения, относительно низкие упругие свойства.

2. ДЕТАЛИ ТРУБОПРОВОДОВ

При изготовлении и монтаже стальных технологических трубопроводов используют приварные соединительные детали следующего назначения:

- *отводы* для изменения направления потоков транспортируемого продукта;
- *переходы* для изменения диаметра трубопровода;
- *тройники, тройниковые соединения, крестовины и седловины* для устройства ответвлений;
- *заглушки* для закрытия свободных концов трубопроводов.

2.1. ОТВОДЫ НА ТРУБОПРОВОДАХ

Отвод – фасонная деталь трубопровода, предназначенная для изменения направления потока.

Главными геометрическими характеристиками отводов являются:

- угол φ , на который поворачивает поток; этот угол может принимать значения 20, 30, 45, 60, 90, 110, 130, 150, 180 °;
- отношение радиуса поворота R к внутреннему диаметру трубопровода D_y , которое также нормируется и может принимать значения 1, 1.5, 4, 6, 15, 30.

Отводы (рис. 2.1) по конструкции и способу изготовления подразделяются на:

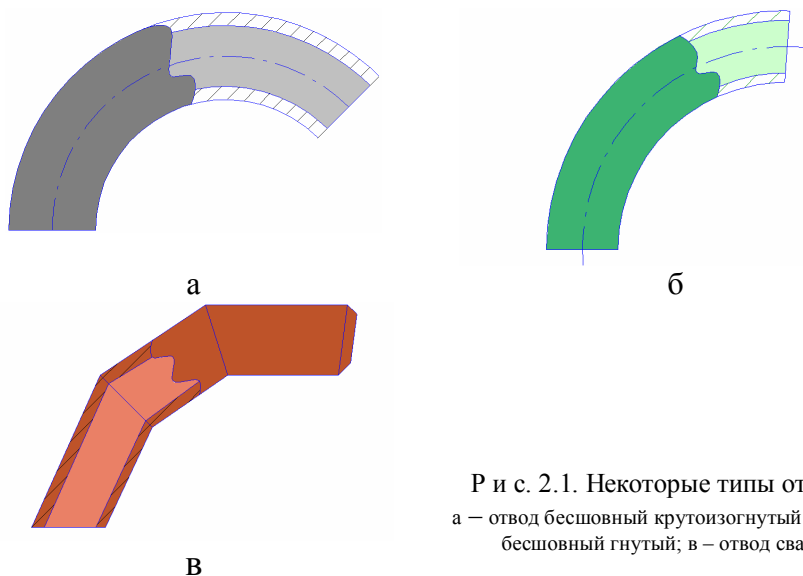
- бесшовные крутоизогнутые или гнутые;
- крутоизогнутые штампосварные;
- сварные (секционные).

Отводы бесшовные крутоизогнутые (см. рис. 2.1, а) имеют малый радиус изгиба $R=(1.0\div 1.5) D_y$, одинаковую толщину стенки на выпуклой и вогнутой образующих и небольшие габариты. Их применение обеспечивает компактное расположение трубопроводов и оборудования и, как следствие, экономию производственной площади. Такие отводы изготовляют из бесшовных труб без прямых участков на концах способом горячей протяжки по рогообразному сердечнику на специализированных гидравлических прессах или штамповкой.

Крутоизогнутые отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий.

Отводы гнутые (см. рис. 2.1, б) изготавливают из бесшовных и сварных труб гибкой на трубогибочных станках в холодном и горячем состоянии. Так как в ходе изготовления таких отводов происходит неизбежное утоньшение стенки, то приходится радиус изгиба делать не менее $2D_y$. Гнутые отводы имеют на концах прямые участки, что вызвано технологией гибки.

Гнутые бесшовные отводы можно устанавливать на технологических трубопроводах всех категорий. Однако изготовление гнутых отводов более трудоемко, чем крутоизогнутых, поэтому их рекомендуется применять на трубопроводах, для которых отсутствуют крутоизогнутые отводы (для трубопроводов из легированных сталей, трубопроводов специального назначения), а также когда по проекту требуется большой радиус изгиба.



Р и с. 2.1. Некоторые типы отводов:
а — отвод бесшовный крутоизогнутый; б — отвод
бесшовный гнутый; в — отвод сварной

Отводы сварные (секционные) (см. рис. 2.1, в) изготавливают из бесшовных и электросварных труб путем вырезки отдельных секций и их последующей сборки и сварки. Радиус сварных отводов обычно

небольшой $(1\div 1,5)D_y$. Такие отводы рекомендуется применять в трубопроводах с условным давлением до 6,4 МПа и только в тех случаях, когда отсутствуют крутоизогнутые или гнутые отводы.

2.2. ОТВЕТВЛЕНИЯ (ТРОЙНИКИ) НА ТРУБОПРОВОДАХ

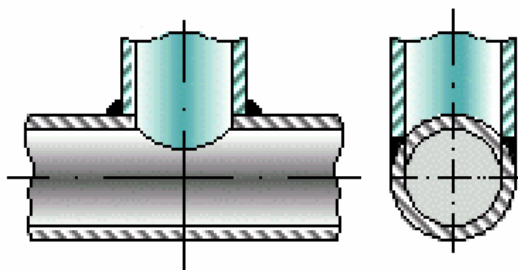
Ответвление (тройник) – фасонная деталь трубопровода, предназначенная для слияния или деления потока вещества под углом 90° .

Ответвления (тройники) по конструкции подразделяют на *равнопроходные* – без уменьшения диаметра ответвления и *переходные* – с уменьшением диаметра ответвления. Разнообразие конструкций тройников вызвано тем, что прочность участка трубопровода в местах образования отверстия резко снижается.

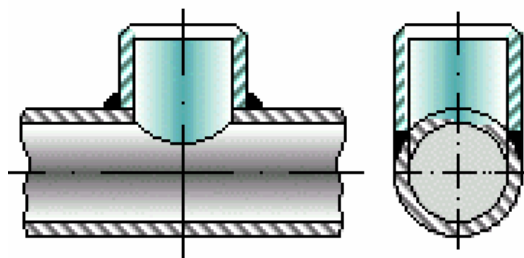
В зависимости от запаса прочности трубопровода и соотношения диаметра ответвления к диаметру основной магистрали может потребоваться его местное усиление. Для этого применяют специальные укрепляющие элементы.

Наибольшее снижение прочности трубопроводов происходит в равнопроходных сварных ответвлениях, получаемых путем врезки без укрепляющих элементов (рис. 2.2).

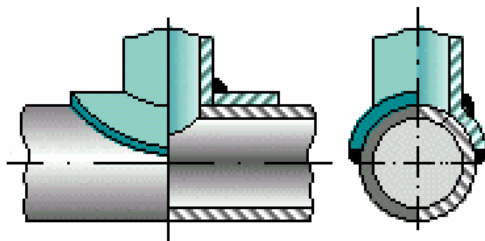
Такие соединения применяют обычно на условное давление P_y до 2 МПа. Для более высоких давлений применяют или *усиленный корпус*, который изготавливают в виде отдельных сварных тройников (рис. 2.3), или укрепляют врезку *накладным воротником* (рис. 2.4).



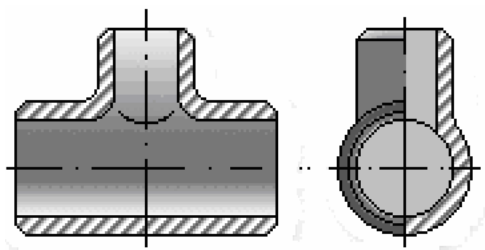
Р и с. 2.2. Врезка в трубу без укрепления отверстия



Р и с. 2.3. Врезка с усиленным корпусом (сварной тройник)



Р и с. 2.4. Врезка с накладным воротником



Р и с. 2.5. Штампованный тройник

Если требуется более высокая прочность и надёжность тройника, то придётся вообще отказаться от сварного шва и перейти на бесшовное сопряжение горловины ответвления. Это достигается, например, с помощью штамповки (рис. 2.5).

2.3. ПЕРЕХОДЫ НА ТРУБОПРОВОДАХ

Переход – фасонная деталь трубопровода, предназначенная для расширения или сужения потока.

Переходы по конструкции подразделяют на концентрические и эксцентрические.

Концентрические переходы (рис. 2.6, а) применяют для вертикальных трубопроводов, а эксцентрические (рис. 2.6, б) – для горизонтальных.

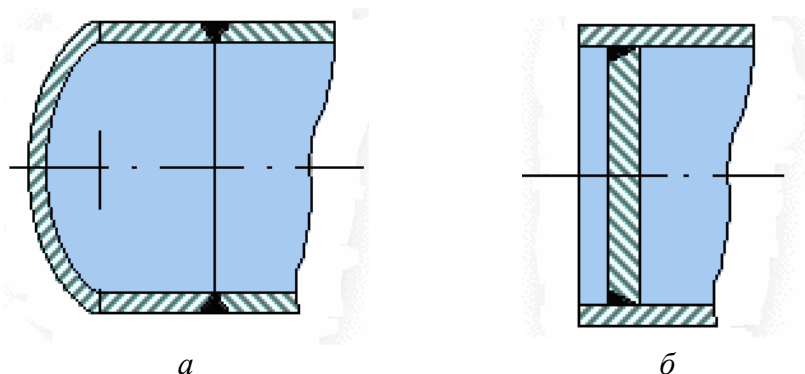


Р и с. 2.6. Виды переходов:
а – концентрический переход; б – эксцентрический переход

Применение эксцентрических переходов позволяет избежать образования так называемых «мешков» в горизонтальном трубопроводе, облегчает удаление продукта при его отключении.

2.4. ЗАГЛУШКИ

Рано или поздно любое производство останавливается на плановый ремонт. В это время происходит замена оборудования или его ремонт. Если аппарат отрезают от сети, то образовавшееся отверстие в трубопроводе необходимо заварить для предотвращения попадания перекачиваемого вещества в окружающую среду. Для этого используют *заглушки* (трубопровод *заглушают*). Можно также вставлять заглушку между фланцами.



Р и с. 2.7. Заглушки трубопроводов:
a – заглушка эллиптическая; *б* – заглушка плоская

Заглушка предназначена для отключения потока на длительный срок. На рис. 2.7 показаны эллиптическая и плоская заглушки.

2.5. ФЛАНЦЫ

При эксплуатации трубопроводов, техобслуживании и ремонте часто возникает необходимость в разьеме (разъединении) отдельных частей трубопроводов, снятии для замены или ремонта арматуры и контрольно-измерительных приборов. Для этих целей используются разъемные соединения – фланцевые, резьбовые и др.

Фланцы являются наиболее распространенным видом разъемного соединения трубопроводов. Они имеют простую конструкцию, легко собираются и разбираются.

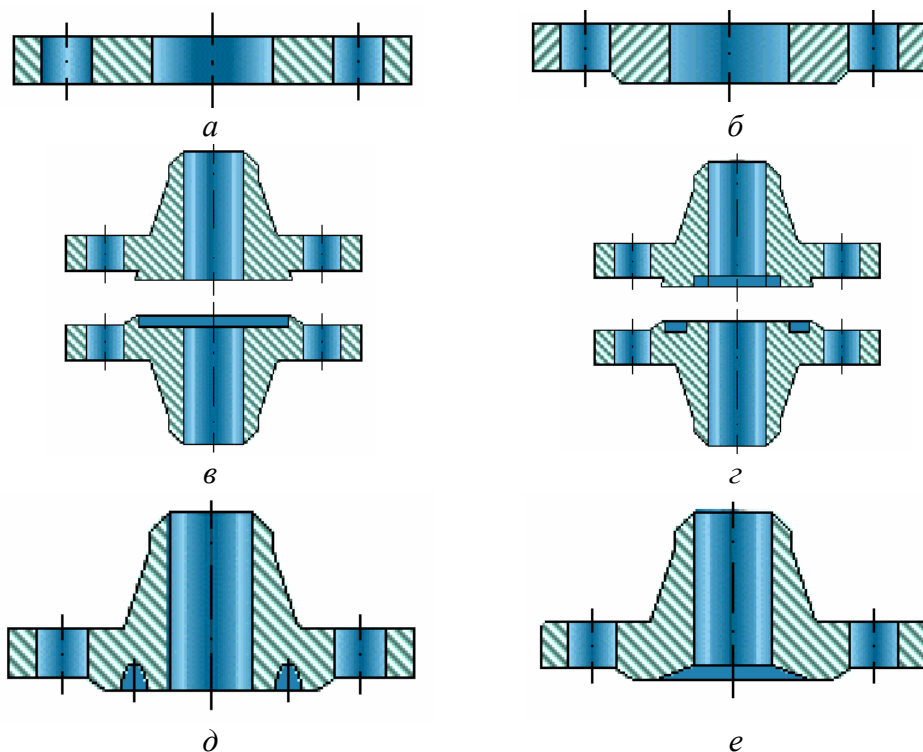
Недостатком фланцевых соединений по сравнению со сварными является:

- более высокая трудоёмкость и стоимость изготовления;
- меньшая надежность в эксплуатации, так как при колебаниях температуры или давления транспортируемого продукта возможна их разгерметизация и как следствие – возникновение утечки.

В связи с этим использование фланцевых соединений в трубопроводах ограничивают. Их применяют:

- для присоединения к фланцевой арматуре;
- к штуцерам оборудования;
- в трубопроводах, требующих периодической разборки для очистки внутренней полости или замены участков повышенной агрессивности;
- для временных или периодически демонтируемых трубопроводов.

Тип фланцев и конструкции уплотнительных поверхностей принимают в зависимости от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого продукта.



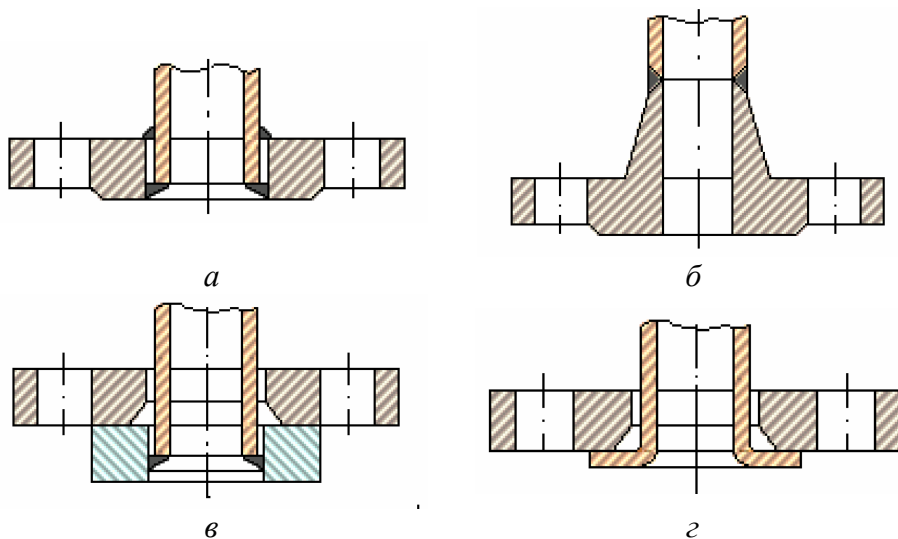
Р и с. 2.8. Типы уплотнительных поверхностей фланцев:

- а* – уплотнительные поверхности без выступов; *б* – уплотнительные поверхности с соединительным выступом; *в* – уплотнительные поверхности с выступом и впадиной; *г* – уплотнительные поверхности с шипом и пазом; *д* – уплотнительные поверхности под прокладку овального сечения; *е* – уплотнительные поверхности под линзовую прокладку

С целью обеспечения взаимозаменяемости фланцев всех типов их присоединительные размеры (наружный диаметр, диаметр болтовой окружности, число и диаметры болтовых отверстий) стандартизованы и установлены одинаковыми для одних и тех же условных давлений и проходов независимо от конструкции и материала фланца.

Чтобы создать необходимую герметичность фланцевого соединения трубопровода, между фланцами устанавливают прокладку, а соприкасающимся уплотнительным поверхностям придают специальную форму. В зависимости от давления и свойств транспортируемого продукта предусмотрено шесть типов уплотнительных поверхностей (рис. 2.8).

Существует несколько способов соединения трубы и уплотнительной поверхности фланца. Наиболее часто применяются фланцы плоские приварные (рис. 2.9, а).



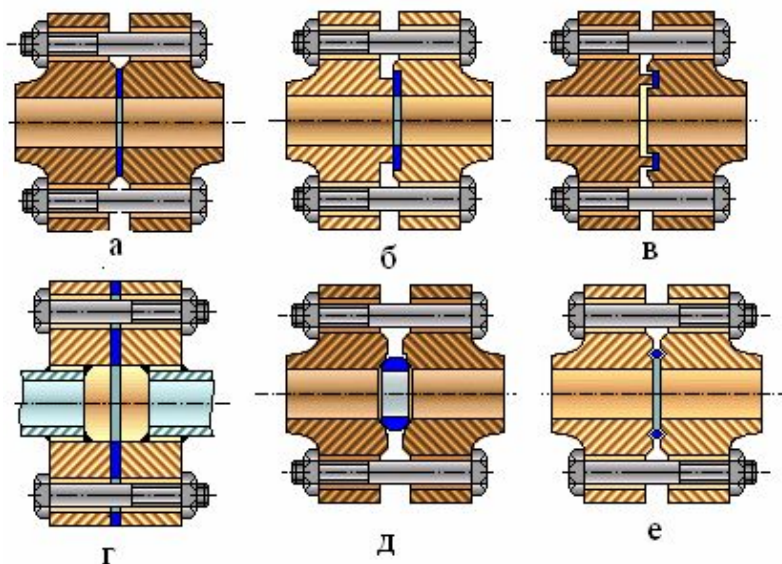
Р и с. 2.9. Способы приварки фланцев:

а – плоский приварной фланец; *б* – фланец приварной встык; *в* – фланец свободный на приварном кольце; *г* – фланец свободный на отбортованной трубе

Фланцы приварные встык (рис. 2.9, б) широко применяются в технологических трубопроводах из углеродистой или легированной стали, особенно для трубопроводов с условным давлением до 20 МПа. Применение фланцев приварных встык позволяет в 2 раза сократить

трудоемкость сварки, так как они присоединяются к трубам одним сварным швом, а плоские приварные – двумя.

Одна из проблем фланцевых соединений – обеспечение центровки (совпадения) болтовых отверстий при монтаже. С целью упрощения монтажа фланцевого соединения применяют свободные фланцы (рис. 2.9, в, г). Их выполняют или на приварном кольце (см. рис. 2.9, в) или на отбортованной трубе (см. рис. 2.9, г). Но изготовление свободных фланцев более трудоемко, чем фланцев приварных встык, и требует большего расхода металла. Единственное преимущество такого соединения – более простая центровка болтовых отверстий путем поворота фланца вокруг оси.



Р и с. 2.10. Основные типы фланцевых соединений:

а – с плоской прокладкой; *б* – с уплотнением типа «выступ-впадина» с плоской прокладкой; *в* – с уплотнением типа «шип-паз» с плоской прокладкой; *г* – фланцы плоские приварные с плоской прокладкой; *д* – с линзовой прокладкой; *е* – с прокладкой овального типа

Для сборки фланцевых соединений применяют крепёжные детали – болты, шпильки, гайки и шайбы. Шпильки имеют преимущества перед болтами, так как у шпилек при их затяжке напряжения распределяются более равномерно, а у болтов в местах перехода стержня

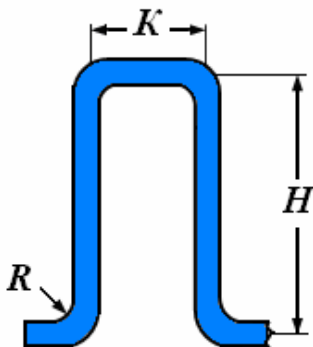
в головку происходит концентрация напряжений. Кроме того, шпильки можно устанавливать в трудно доступных местах. На рис. 2.10 показаны основные типы фланцевых соединений трубопроводов.

2.6. КОМПЕНСАТОРЫ

Общеизвестно, что при изменении температуры предметы изменяют свои линейные размеры. Величина этого изменения зависит от длины изделия l , температурного перепада Δt и коэффициента линейного расширения металла α . Расчётная формула для определения изменения длины участка трубопровода имеет вид

$$\Delta l = \alpha l \Delta t. \quad (2.1)$$

Для снижения напряжений в трубопроводе при тепловом изменении его длины используют метод *самокомпенсации*. При этом трубопровод проектируют так, чтобы обеспечить свободное перемещение его элементов за счёт изгибов и поворотов трассы. Однако часто самокомпенсация не обеспечивает необходимого снижения нагрузок в трубопроводе. Тогда применяют П-образные компенсаторы (рис. 2.11). Их изготавливают гибкой или сваркой из стальных труб.



Р и с. 2.11. П-образный компенсатор

Главными геометрическими размерами компенсатора являются *вылет* H , *длина спинки* K и *радиус кривизны колен* R , который должен быть равен $R=4D_n$.

3. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Трубопроводной арматурой называются устройства, монтируемые на трубопроводах, емкостях, котлах, агрегатах и других установках, предназначенные для отключения, распределения, регулирования, смешения или сброса потоков сред.

Конструкторами создано огромное количество различных видов трубопроводной арматуры. Это количество так велико, что трудно провести даже её обычную классификацию. В основу такой классификации можно положить различные признаки: область применения, принцип действия, характер выполняемых функций, способ соединения с трубой и другие.

Здесь мы не будем рассматривать все эти признаки – они подробно описаны в [3]. Наиболее важно, на наш взгляд, знать, что же должна делать та или иная арматура, поэтому рассмотрим лишь классификацию арматуры по функциональному признаку и по способу перекрытия потока.

Итак, по характеру выполняемых функций арматуру подразделяют на следующие основные классы.

1. *Запорная арматура*, предназначенная для полного перекрытия потока среды в трубопроводе. По количеству применяемых единиц она составляет около 80 % всей арматуры. К запорной относят также *пробно-спускную*, или *контрольно-спускную арматуру*, предназначенную для проверки уровня жидкой среды в емкостях, отбора проб, выпуска воздуха из аппаратов, дренажа. Характерным для этой арматуры является малое значение условного диаметра прохода (D_y). Пробно-спускная арматура выпускается в больших количествах.

2. *Регулирующая арматура*, предназначенная для регулирования расхода рабочей среды с целью поддерживать в заданном диапазоне параметры технологического процесса (температуру, давление, состав материалов, участвующих в процессе). Регулирующую арматуру составляют регулирующие вентили и клапаны, регуляторы давления, регуляторы уровня. К регулирующей относится и дросселирующая арматура, предназначенная для работы при больших перепадах давления.

3. *Распределительно-смесительная арматура*, используемая для распределения потока среды по определенным направлениям. К

ней относятся распределительные клапаны (распределители) и распределительные краны. Распределительно-смесительная арматура используется и для смешения различных сред, например холодной и горячей воды.

4. *Предохранительная арматура*, служащая для предохранения обслуживаемого объекта от чрезмерного повышения давления путем выпуска избыточного количества рабочей среды. К предохранительной арматуре относятся предохранительные клапаны, импульсные предохранительные устройства, мембранные разрывные устройства, перепускные клапаны.

5. *Защитная арматура*, предназначенная для защиты оборудования от аварийных изменений параметров рабочей среды. В отличие от предохранительной защитная арматура при возникновении аварийных условий закрывается и отключает обслуживаемый участок, чем предохраняет его от недопустимых воздействий. К защитной арматуре относятся защитные (отсечные) клапаны, обратные клапаны, отключающие клапаны. В качестве защитной арматуры часто применяют различные быстродействующие типы запорной арматуры (клапаны, задвижки, заслонки, краны).

6. *Фазоразделительная и массоразделительная арматура*, предназначенная для автоматического разделения рабочих сред в зависимости от их фазы и состояния. К ней относятся конденсатоотводчики, воздухоотводчики и маслоотделители.

По способу перекрытия потока среды арматура подразделяется на следующие основные типы.

1. *Задвижка* – это запорная арматура, у которой затвор имеет форму диска, пластины или клина, перемещается возвратно-поступательно вдоль своей плоскости, перпендикулярно к оси потока среды. Задвижки предназначены для полного перекрытия потока рабочей среды и являются одним из наиболее распространенных типов запорной трубопроводной арматуры, устанавливаемой на технологических и магистральных трубопроводах. Запирающий элемент в задвижках перемещается возвратно-поступательно, перпендикулярно направлению потока рабочей среды и имеет два крайних рабочих положения – «открыто» и «закрыто». Принцип работы задвижки показан на рис. 3.1, а.

2. *Клапан*² – арматура, у которой затвор имеет форму тарелки или конуса и перемещается возвратно-поступательно параллельно оси потока среды в седле корпуса арматуры. Клапан, в котором затвор перемещается вручную с помощью винтовой пары (шпиндель и неподвижная ходовая гайка), называется *вентилем*. Принцип работы клапана показан на рис. 3.1, б, а устройство вентили иллюстрирует рис. 3.2.

В зависимости от назначения клапаны подразделяются на:

- *запорные* – предназначены для полного перекрытия потока;
- *регулирующие (вентили)* – предназначены для пропорционального (аналогового) регулирования расхода;
- *предохранительные* – предназначены для автоматического сброса среды при повышении давления сверх установленно-го;
- *перепускные* – предназначены для поддержания давления среды на требуемом уровне путём перепуска её через ответвления трубопровода;
- *отсечные* – предназначены для быстрого перекрытия потока;
- *дыхательные* – предназначены как для выпуска накопившихся в резервуарах паров, так и для впуска в них воздуха при «большом» и «малом» дыхании³.
- *обратные* – предназначены для предотвращения обратного потока среды.

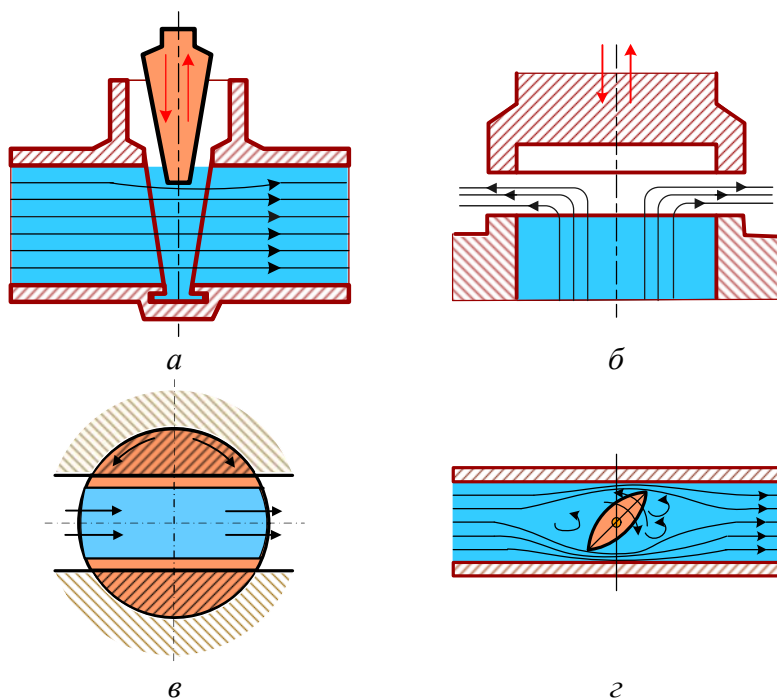
Среди всего этого многообразия нас в первую очередь интересуют вентили, так как наряду с задвижками они широко применяются на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии для управления расходами потоков.

3. *Кран* – затвор, имеющий форму тела вращения (или части его), поворачивается вокруг своей оси, расположенной перпендику-

² В двигателях внутреннего сгорания, насосах, компрессорах клапаном принято называть деталь в виде диска со штоком, скользящим в направляющем отверстии. Этот клапан предназначен для перекрытия потока среды путём перемещения вдоль оси и посадки в седло

³ «Большое дыхание» в резервуарах связано с подъёмом или опусканием уровня жидкости, а «малое дыхание» вызвано изменением температуры окружающей среды (день и ночь).

лярно к оси потока среды. Принцип работы крана показан на рис. 3.1, в.



Р и с. 3.1. Принцип действия запорной арматуры:

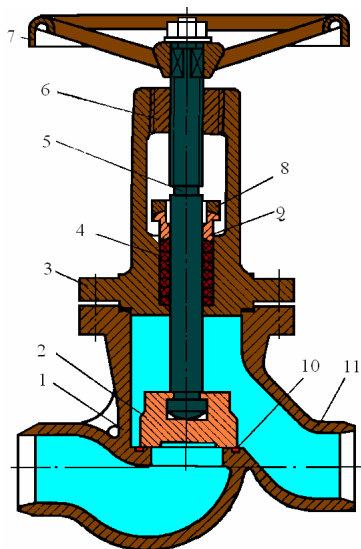
а – задвижка; *б* – клапан; *в* – крана; *г* – заслонка

4. Заслонка (затвор поворотный дисковый)⁴ – затвор, имеющий форму диска, который поворачивается вокруг оси, расположенной в плоскости затвора или параллельно ей. Принцип работы заслонки показан на рис. 3.1, г.

⁴ Старое название этого вида арматуры – заслонка, сейчас чаще употребляется термин «затвор дисковый» или «затвор поворотный дисковый».

3.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

В различные конструкции арматуры входят детали и узлы, имеющие общее назначение и одинаковое название. Рассмотрим их на примере вентиля нормального (см. рис. 3.2).



Р и с. 3.2. Основные детали и части вентиля: 1 – корпус; 2 – затвор (золотник); 3 – крышка; 4 – сальниковая набивка; 5 – шпindelь; 6 – ходовая гайка; 7 – маховик; 8 – фланец сальника; 9 – нажимная втулка; 10 – седло корпуса; 11 – парубок под приварку к трубопроводу (присоединительный патрубок)

Корпус — деталь, заменяющая отрезок трубы длиной, равной расстоянию между торцами присоединительных фланцев или патрубков под приварку к трубопроводу. Корпус вместе с крышкой образует герметически изолированную от внешней среды полость, внутри которой перемещается затвор.

Затвор — подвижная часть рабочего органа — деталь или конструктивно объединенная группа деталей, предназначенная для герметичного разъединения двух участков трубопровода путем перекрытия проходного отверстия в проточной части корпуса. Для этой цели в корпусе предусмотрено **седло**, снабженное уплотнительным кольцом. Затвором в вентилях служит тарелка клапана (при малых размерах называется золотником), в задвижках — клин или диск, либо два диска одновременно, в кранах — пробка в виде конуса, цилиндра или шара.

Крышка — деталь, используемая для герметичного перекрытия отверстия в корпусе, через которое устанавливается затвор. В управляемой арматуре крышка имеет отверстие под шпindelь.

Шпиндель — деталь, представляющая собой стержень, снабженный резьбой, при помощи которого происходит управление затвором. Шпиндель, не имеющий резьбы, называется штоком.

Ходовая гайка имеет также резьбу и образует со шпинделем резьбовую пару для перемещения затвора и установки его в требуемое крайнее или промежуточное положение (резьба самотормозящая).

Сальник — устройство, предназначенное для герметизации подвижного сопряжения крышки со шпинделем. Свое название сальник получил в связи с тем, что набивка сальника для воды и пара обычно пропитывается жировыми составами. Крышка сальника — деталь, предназначенная для сжатия набивки; она бывает цельной и составной. В последнем случае крышка сальника состоит из нажимной втулки и фланца сальника. Поднабивочная втулка является опорой набивки. Нажимные шпильки, анкерные или откидные болты сальника с гайками служат для затяжки сальниковой набивки. В клапанах и вентилях, предназначенных для опасных или вредных сред, вместо сальника применяется *сильфонный*⁵ узел, обеспечивающий абсолютную герметичность подвижного соединения шпинделя с крышкой.

Маховик — деталь (обычно литая), имеющая вид обода со ступицей, которая соединена с ободом спицами. Служит для ручного управления арматурой. Маховики малых размеров изготавливаются в виде сплошного диска.

⁵ Сильфон — тонкостенная металлическая гофрированная оболочка («гармошка»); расширяется или сжимается под действием разности давлений внутри и снаружи.

3.3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

При изменении величины или направления вектора скорости потока происходит потеря его энергии. Элементы сети, в которых происходит такая потеря, называют местными сопротивлениями⁶. Так вот, любая арматура обладает гидравлическим сопротивлением, т.е. вызывает потерю энергии потока. Тут можно выделить два крайних случая.

1. Арматура установлена на трубопроводе с большим расходом потока. В этом случае необходимо, чтобы гидравлическое сопротивление арматуры было минимальным во избежание больших энергетических затрат на транспорт.

2. Арматура установлена в тупиковых участках трубопровода, предназначена для отбора проб, сброса или слива транспортируемой среды и используется периодически. В таких случаях потеря энергии не имеет принципиального значения.

Для характеристики величина потери энергии в арматуре вводится коэффициент гидравлического сопротивления ζ . Чем больше его значение, тем при прочих равных условиях больше потеря напора (давления). Ориентировочные значения коэффициента ζ для различных типов запорной арматуры приведены в табл. 3.1.

Из приведённых в табл. 3.1 значений коэффициентов гидравлического сопротивления следует, что в трубопроводах, по которым поток движется постоянно и с большой скоростью, целесообразно устанавливать в качестве запорной арматуры задвижки, краны или заслонки. На тупиковых трубопроводах, поток в которых движется редко и его скорость не имеет принципиального значения, лучше устанавливать вентили.

В табл. 3.2 приведена сравнительная характеристика различных типов запорных устройств.

⁶ Подробно см. раздел гидравлики в курсе «Процессы и аппараты химических производств»

Таблица 3.1

Значения коэффициента гидравлического (местного) сопротивления для различных типов арматуры

Тип арматуры	Модификация	Значение ζ
Кран	Шаровой полнопроходной	0.1÷0.4
	Шаровой суженный	0.4÷1.6
	Пробковый	0.4÷1.2
Задвижка	Полнопроходная	0.1÷1.2
	Суженная	0.2÷1.8
Вентиль	Проходной	4.5÷11.0
	Прямоточный	0.3÷2.5

Таблица 3.2

Характеристика различных типов запорных устройств

Тип арматуры	Краткая характеристика
Задвижка	Малая длина, большая высота. Большой ход затвора, большое время открывания и закрывания. Малое гидравлическое сопротивление
Клапан	Большая длина. Малый ход затвора, малое время открывания и закрывания. Большое гидравлическое сопротивление
Кран	Малая высота. Малое время открывания и закрывания. Большой крутящий момент, необходимый для срабатывания. Малое гидравлическое сопротивление
Заслонка	Малые габариты и масса. Малое время открывания и закрывания. Проход частично перекрыт затвором при открытом положении. Незначительное гидравлическое сопротивление

3.4. ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Вентили. Напомним, что вентиль – это разновидность клапана, предназначенная для *ручного управления* расходом потока. В качестве затвора в вентилях используется пара «диск – седло». Диск закреплён на шпинделе, который движется возвратно-поступательно по ходовой резьбе перпендикулярно плоскости седла (см. рис. 3.1, б, 3.2).

Применение ходовой резьбы, обладающей свойством самоторможения, позволяет оставлять затвор в любом положении с уверенностью, что это положение сохранится и не будет самопроизвольно изменяться под действием давления среды.

Вентиль отличается простотой конструкции и обеспечивает высокую плотность в закрытом положении. Промышленностью выпускаются вентили с размером до $D_y=200$ мм. Но наиболее целесообразна установка вентилей на трубопроводах малого диаметра. По мере увеличения условного диаметра трубопровода, начиная с $D_y=50$ мм, вентили уступают место задвижкам.

Это объясняется тем, что при больших условных диаметрах прохода и высоких давлениях усилие на шпинделе возрастает настолько, что вентиль становится трудноуправляемым.

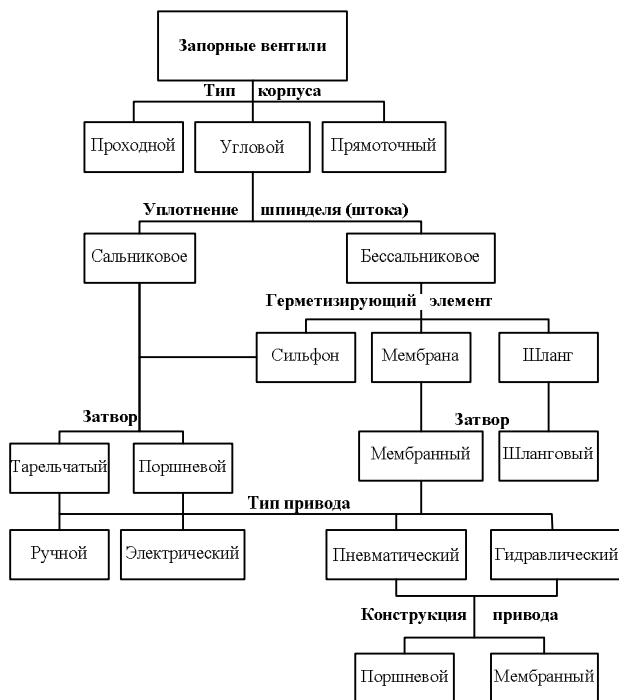
Положительным качеством вентиля является сравнительно небольшой ход затвора, необходимый для полного открытия вентиля. Для этой цели тарелку вентиля достаточно поднять на $\frac{1}{4}$ диаметра отверстия в седле, тогда как для открытия задвижки необходимо клин или диск переместить на величину, равную диаметру отверстия, т.е. в четыре раза больше, поэтому вентиль имеет значительно меньшую габаритную высоту, чем задвижка того же диаметра, но длина его (расстояние между наружными торцами проходных фланцев вентиля) больше, чем в задвижке, причем с увеличением диаметра прохода эта разница увеличивается.

Конструкторами арматуры создано большое количество типов вентилей, предназначенных для работы в конкретных условиях. На рис. 3.3 сделана попытка показать классификацию используемых в промышленности вентилей.

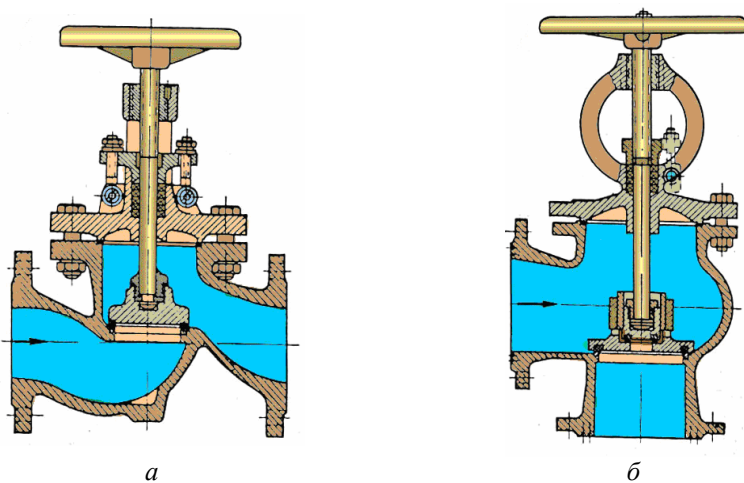
По месту расположения на трубопроводе различают вентили проходные (рис. 3.4, а) и угловые (рис. 3.4, б).

Проходные вентили устанавливаются на горизонтальном или вертикальном участке трубопровода, угловые – на месте поворота трубопровода. Угловые вентили имеют меньшее гидравлическое сопротивление, однако область их применения ограничена поворотными участками трубопровода.

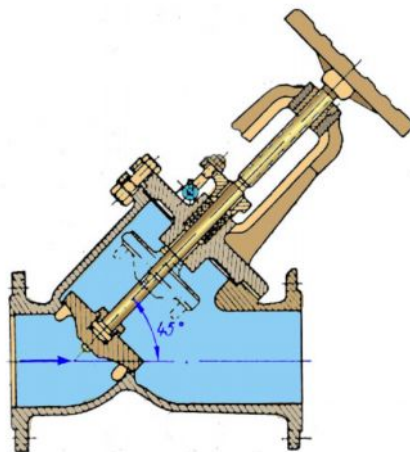
И проходной, и угловой вентили вызывают резкое изменение траектории потока, что приводит к значительным потерям давления в них. С целью уменьшения гидравлического сопротивления сконструированы *прямоточные* вентили (рис. 3.5). Их шпindelь расположен под углом к оси прохода потока. Но за уменьшение сопротивления приходится заплатить увеличением хода шпинделя: для полного открывания вентиля этот ход у прямоточного вентиля значительно больше, чем у нормального.



Р и с. 3.3. Классификация запорных вентилей



Р и с. 3.4. Типы запорных вентилей:
а – вентиль запорный проходной; *б* – вентиль запорный угловой



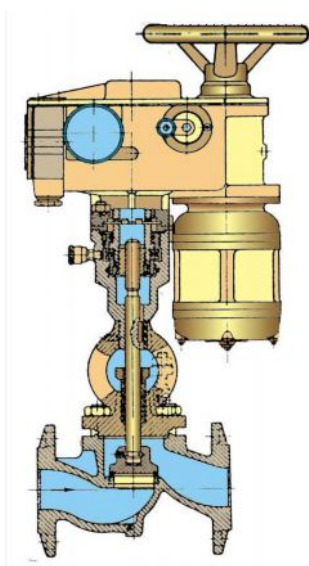
Р и с. 3.5. Вентиль прямооточный

Как правило, вентили конструируются и устанавливаются так, чтобы движение среды происходило «под клапаном», т.е. навстречу движения тарелки клапана при закрывании (см. рис. 3.1, а и 3.2). Обратное движение среды, т.е. «на клапан» (см. рис. 3.1 б), осуществляется редко и применяется главным образом в вентильях большого диа-

метра, для неответственных установок, с целью разгрузить шпindel от больших продольных усилий сжатия.

Для присоединения к трубопроводам вентили снабжаются либо фланцем, либо муфтами с внутренней резьбой. Для энергетических установок вентили ввариваются в трубопровод, для чего они снабжаются соответствующими патрубками.

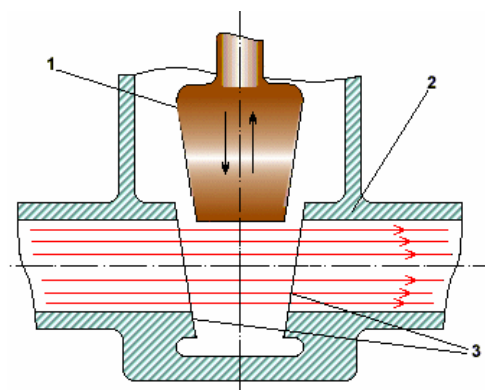
Вентили чаще всего приводятся в действие вручную, с помощью маховика. В последнее время все шире стали применять вентили с электрическим, электромагнитным, пневматическим и гидравлическим приводом. На рис. 3.6 показан конструкция вентиль с электроприводом.



Р и с. 3.6. Вентиль с электроприводом

Задвижки. Напомним, что задвижка – это арматура с затвором в виде листа, диска или клина, который перемещается вдоль уплотнительных поверхностей корпуса перпендикулярно оси потока.

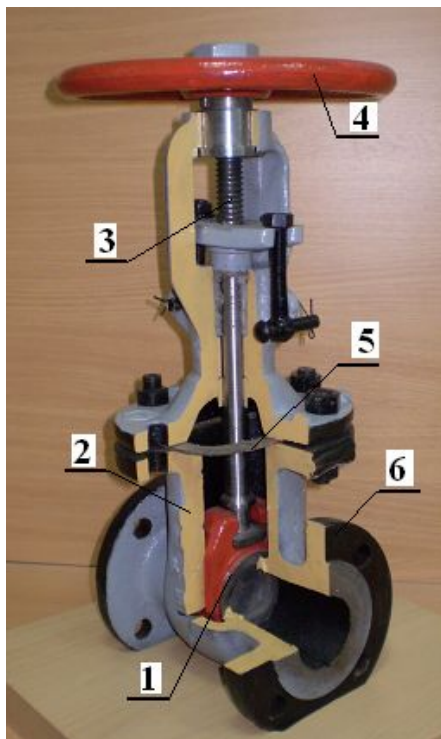
Задвижки имеют большее распространение и применяются обычно для трубопроводов от $D_y=50$ мм до $D_y=2000$ мм. Положительными качествами задвижки являются сравнительная простота конструкции и малое, по сравнению с вентилями, гидравлическое сопротивление, поэтому в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности в качестве запорно-регулирующего устройства, как правило, используются задвижки. Недостатком задвижек является их относительно большая высота, поэтому в тех случаях, когда затвор должен быть, как правило, закрыт, а открывание производится редко, в целях экономии места при $D_y < 200$ мм используются вентили. Принцип работы задвижки показан на рис. 3.7, а её устройство – на рис. 3.8.



Р и с. 3.7. Принципиальная схема работы клиновой задвижки: 1 – запорно-регулирующий орган (клин); 2 – корпус; 3 – уплотнительные поверхности корпуса

Внешне отличить задвижку от вентиля довольно просто: у вентиля маховик вращается и выдвигается вместе со шпинделем, а при вращении маховика задвижки шпиндель не вращается, а только выдвигается из корпуса (при открывании) или заходит в него (при закрывании).

Конструкторами создано большое многообразие задвижек.



а

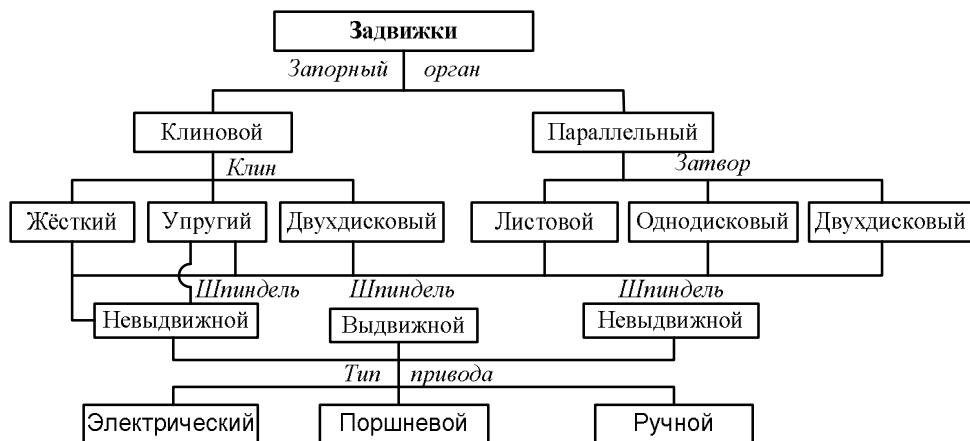
б

Р и с. 3.8. Устройство задвижки:

а - положение «закрыто»; *б* - положение «Открыто»; 1 - затвор; 2 - корпус; 3 – шпindelь; 4 – маховик; 5 – уплотнительная прокладка; 6 – фланец

Классифицировать их можно по различным признакам (рис. 3.9). Обычно в основу классификации кладут следующие признаки:

- конструкция запирающего элемента (затвора);
- расположение ходового узла;
- тип привода;
- способ подсоединения к трубопроводу.



Р и с. 3.9. Классификация задвижек

По форме запорного органа задвижки подразделяются на *клиновые* и *параллельные*.

Клиновая задвижка имеет затвор, в котором уплотнительные поверхности расположены под небольшим углом друг к другу, образуя клин. В параллельной задвижке уплотнительные поверхности расположены параллельно друг другу.

Клиновые задвижки изготавливаются с цельным (жестким или упругим) клином или составным двухдисковым клином, образованным двумя расположенными под углом друг к другу дисками, образующими таким образом клин. Применение жесткого клина в задвижках малых диаметров создает надежную конструкцию с высокой герметичностью запирающего элемента, но при колебаниях температуры рабочей среды здесь возникает вероятность заклинивания затвора в корпусе. Затвор в виде упругого клина лишён этого недостатка. При повышенных требованиях к герметичности применяется двухдисковый затвор.

Параллельные задвижки могут иметь затвор в виде одного диска или листа (шиберная), или в виде двух дисков с расположенным между ними распорным клином или распорной пружиной. При неблагоприятных условиях работы уплотнительных колец затвора, во избежание коррозии и задираания металла рабочих поверхностей, приме-

няются параллельные задвижки со смазкой. В таких задвижках полость корпуса заполняется консистентной смазкой, которая смазывает уплотнительные кольца и несколько повышает герметичность затвора

Задвижки обычно изготавливаются полнопроходными, т. е. диаметры отверстий в проходах задвижки не сужаются. В некоторых случаях, с целью экономии места при монтаже и с целью уменьшения усилий и моментов, необходимых для управления расходом, применяются *суженные* задвижки, у которых диаметры отверстий в корпусе сужаются.

На рис. 3.10, а показана полнопроходная задвижка с цельным клином, на рис. 3.10, б – суженная задвижка с симметричным сужением, а на рис. 3.10, в – суженная с несимметричным. Суженные задвижки имеют больший коэффициент гидравлического сопротивления, чем полнопроходные.

Для управления задвижками используется ручной или электропривод. На задвижках больших диаметров с ручным управлением используется редуктор с червячной, конической или цилиндрической зубчатой передачами для уменьшения необходимого усилия на маховиках ручного привода

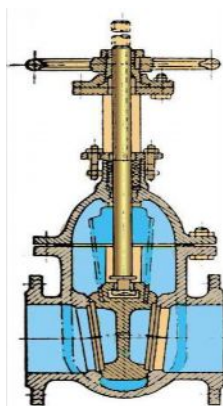
Для снижения физических усилий, необходимых для управления задвижками, а также с целью автоматизации процесса задвижки снабжают электроприводом (рис. 3.10, г).

Достоинства задвижек:

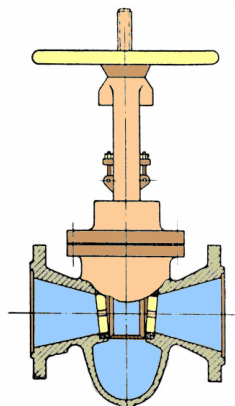
- сравнительная простота конструкции;
- малое гидравлическое сопротивление;
- малая строительная длина.

Недостатки задвижек:

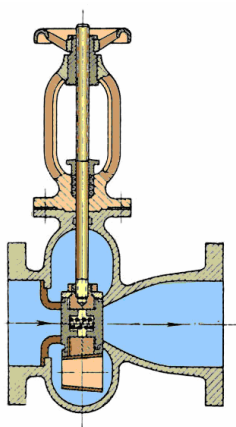
- большое время открытия и закрытия;
- большая, по сравнению с другими видами арматуры, строительная высота;
- невозможность использования для регулирования потока рабочей среды.



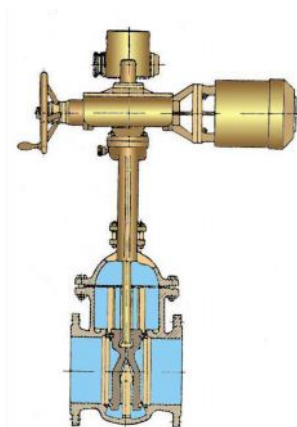
а



б



в



г

Р и с. 3.10. Конструкции задвижек:
а – полнопроходная задвижка с клиновым затвором;
б – задвижка с симметричным сужением корпуса;
в – задвижка с несимметричным сужением корпуса;
г – задвижка с электроприводом

Краны. Напомним, что кран – это арматура с затвором в форме тела вращения.

Классификация кранов приведена на рис. 3.11.



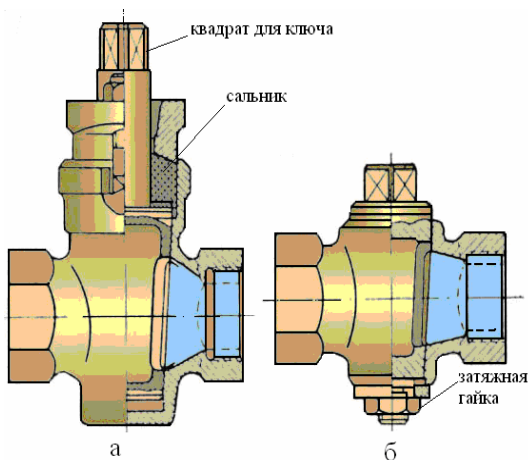
Р и с. 3.11. Классификация кранов

По конструкции затвора краны подразделяются на *конусные*, *шаровые* и *цилиндрические*. Запорный или регулирующий орган конусного крана имеет форму конуса (рис. 3.12), шарового крана – форму шара (рис. 3.13), цилиндрического крана - цилиндрическую.

По назначению краны подразделяются на *проходные* и *пробно-спускные*. У проходного крана имеется два присоединительных патрубка. Пробно-спускные краны предназначены для отбора проб и слива жидкости. Поэтому они снабжены одним присоединительным патрубком и прямым или изогнутым спуском.

По способу герметизации краны подразделяются на две группы: *сальниковые* и *натяжные*. В сальниковых кранах поджатие пробки осуществляется путем затягивания сальника, через набивку которого передается осевая нагрузка на пробку крана. Для возможности отжатия пробки с целью регулирования усилия снизу корпуса устанавливается отжимной винт. В натяжных кранах продольное усилие на пробке создается затяжкой гайки на хвостовике пробки. Таким образом, в натяжных кранах верхний и нижний торцы пробки не уплотняются, а в случаях протечки крана рабочая среда будет поступать наружу. В сальниковых кранах в случае образования неплотности в конусном соединении среда наружу поступать не будет, а будет просачиваться в перекрытую часть трубопровода.

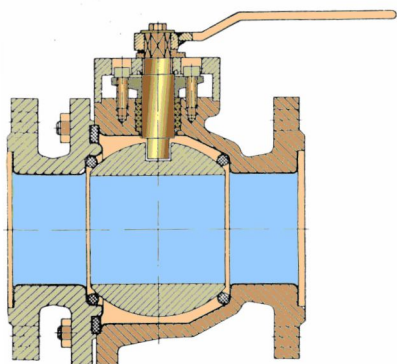
Р и с. 3.12. Краны проходные конусные с креплением муфтой: *а* – сальниковое уплотнение; *б* – натяжное уплотнение



Для управления краном пробка крана обычно снабжается квадратом для ключа или рукоятки (см. рис. 3.12, б), в некоторых случаях на пробке закрепляется рукоятка управления (см. рис. 3.13).

Крепление проходных кранов на трубопроводах производится либо муфтами с внутренней резьбой (см. рис. 3.12), что обычно применяется для кранов из чугуна и цветных сплавов небольшого размера, либо с помощью фланцев, которыми обычно снабжаются краны с большим диаметром прохода (см. рис. 3.13).

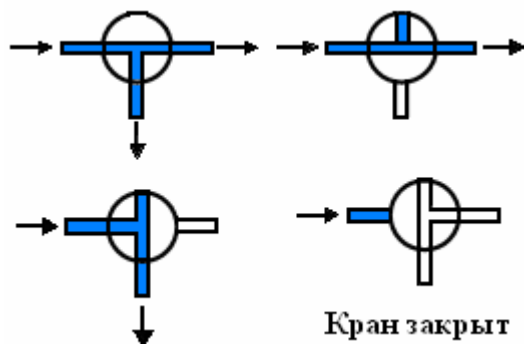
Рассмотренные конструкции кранов по выполняемой функции являются затворами, т.е. они служат для открывания или закрывания прохода потока.



Р и с. 3.13. Кран проходной шаровый фланцевый

Такие краны являются *двухходовыми*: они имеют два рабочих положения пробки.

Существуют также *трехходовые* краны, имеющие четыре положения пробки (рис. 3.14), при которых поток среды может либо разветвляться по двум направлениям, либо направляться в каждое из них в отдельности, либо поток может перекрываться полностью.



Р и с. 3.14. Положения трёхходового крана

Краны изготавливаются из латуни, бронзы, чугуна, стали, пластмассы и других неметаллических материалов.

Краны имеют довольно ограниченное применение. Их устанавливают, главным образом, на трубопроводах малого диаметра. Достоинствами кранов являются:

- простота конструкции;
- компактность;
- малое гидравлическое сопротивление;
- сравнительно небольшие размеры по высоте;
- возможность предохранения уплотняющих поверхностей корпуса и пробки от воздействия протекающей среды при открытом положении крана и возможность применения смазки уплотняющих поверхностей.

Вместе с тем краны имеют недостатки:

- сравнительно быстрый износ и потеря плотности корпусного соединения в связи с большим трением соприкасающихся поверхностей при повороте пробки;
- относительная сложность процесса притирки пробки и корпуса крана.

Заслонки. По своей конструкции заслонка представляет собой короткий отрезок трубы с затвором в виде диска, поворачивающимся вокруг оси, расположенной перпендикулярно к оси прохода (см. рис. 3.1, г).

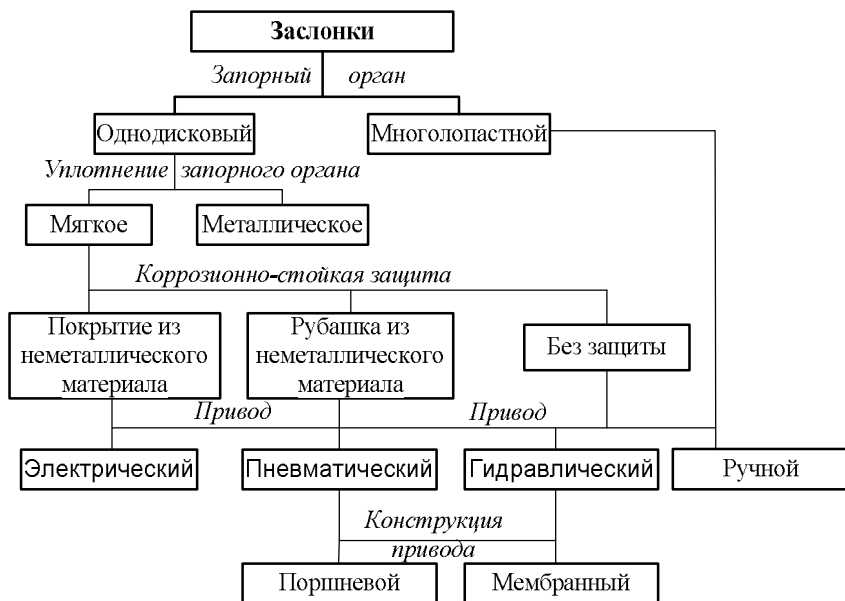
Затвор (диск) может быть плоским или двояковыпуклым (линзовым) – чечевицеобразного сечения. Для герметизации запорного органа

применяются металлические или мягкие (резина, фторопласт) уплотнительные кольца. Заслонки могут использоваться как запорная и как регулирующая арматура.

Серийно заслонки выпускаются для трубопроводов с условными диаметрами прохода от 50 до 2400 мм и более. Они используются и для трубопроводов больших гидротехнических сооружений. Для того чтобы обеспечить достаточную герметичность запорного органа, применяются уплотнительные резиновые шнуры, смещают ось вращения диска, используют диск диаметром большим, чем диаметр проходного отверстия в корпусе.

В последнем случае закрытое положение запорного органа создается при положении диска под некоторым углом к поперечному сечению корпуса.

Классификация заслонок приведена на рис. 3.15.



Р и с. 3.15. Классификация заслонок

Управление заслонками может осуществляться вручную, с использованием электро-, пневмо- или гидропривода. В производственных условиях возможно отключение внешнего источника энергии

(электроэнергии, давления пневматики или гидравлики), поэтому для управления заслонкой обязательно предусматривается ручной дублер.

Достоинствами заслонок являются:

- минимальная строительная длина;
- малые масса и металлоемкость;
- простота конструкции;
- малое число деталей;
- относительно низкая стоимость.

Эти преимущества по отношению к другим типам запорной арматуры возрастают с увеличением условного диаметра.

Недостатками заслонок являются пониженная герметичность запорного органа и большие крутящие моменты на валу, необходимые для управления заслонками с большими условными диаметрами прохода при значительных перепадах давления на затворе. Это вынуждает применять в ряде случаев поршневые гидроприводы. В последнее время заслонки получают все большее применение в широком диапазоне давлений и температур рабочей среды, когда к герметичности запорного органа не предъявляются высокие требования. Заслонки применяются как с горизонтальной, так и с вертикальной осью поворота затвора. Помимо круглых заслонок существуют заслонки с затвором прямоугольной формы и многостворчатые. Последние представляют собой ряд прямоугольных затворов, поворачивающейся вокруг своей оси.

3.5. РЕГУЛИРУЮЩАЯ АРМАТУРА

Многие технологические процессы требуют обеспечения заранее заданного режима, определяемого температурой, давлением, концентрацией компонентов. Регулирование режима работы установки, агрегата, системы осуществляется путем изменения расхода соответствующей среды. Так, температура в печи регулируется количеством подаваемого в топку топлива, давление в энергоустановке – количеством пара, концентрация – массовым содержанием соответствующего компонента. Изменение количества протекающей по трубопроводу рабочей среды осуществляется *регулирующей арматурой*, в состав которой входят регулирующие вентили, регулирующие клапаны и регуляторы давления.

При помощи вентилей можно производить только периодическое ступенчатое регулирование. Непрерывное и бесступенчатое регулирование осуществляется при помощи регулирующих клапанов, снабженных приводом. Они являются исполнительным устройством в системе автоматического регулирования технологических

процессов. Регулятор давления представляет собой автоматически действующее автономное устройство, состоящее из регулирующего клапана, снабженного приводом, управляемым чувствительным элементом, реагирующим на давление рабочей среды, без применения постороннего источника энергии. Классификация регулирующих вентилей приведена на рис. 3.16, а регулирующих клапанов – на рис. 3.17.

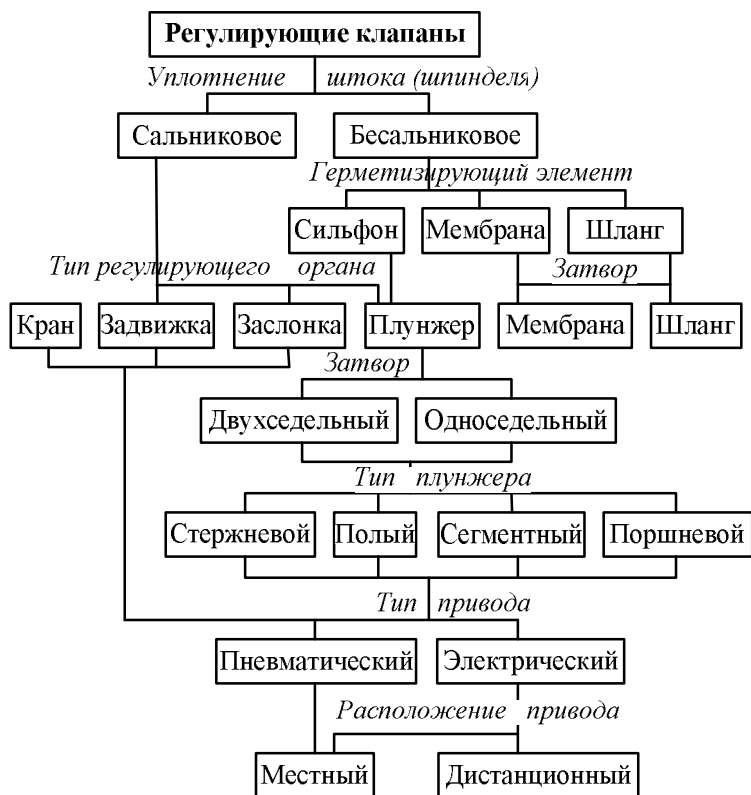


Р и с. 3.16. Классификации регулирующих вентилей

Наиболее простым регулирующим устройством является регулирующий вентиль, который отличается от запорного формой затвора, а иногда конструкцией всего рабочего органа. Регулирующий вентиль, предназначенный и используемый на больших перепадах давления ($P_2 \leq 0.5P_1$), называется дроссельным. Для изменения расхода через вентиль затвор перемещается относительно седла, перекрывая его отверстие.

Регулирующие клапаны изготавливают односедельными и двухседельными. Наиболее часто применяются двухседельные, которые имеют большую пропускную способность. Они управляются сжатым воздухом от постороннего источника и могут быть использованы для автоматического непрерывного бесступенчатого регулирования.

Регулирующие клапаны могут иметь вид действия «нормально открыт» (НО) или «нормально закрыт» (НЗ) в зависимости от того, открыт или закрыт клапан при отсутствии давления на приводе.



Р и с. 3.17. Классификация регулирующих клапанов

Более подробно конструкции регулирующей арматуры описаны в [3, с.122].

3.6. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА

Предохранительные клапаны предназначены для исключения возможности повышения давления в объекте сверх установленного. Достигается это путем сброса рабочей среды. Поскольку при срабатывании предохранительного клапана поступление рабочей среды в объект не прекращается, его пропускная способность должна быть достаточной, чтобы сброс среды превосходил поступление.

К предохранительным клапанам предъявляется ряд требований, основными из которых являются:

- обеспечение в открытом положении требуемой пропускной способности; надежная конструкция;
- безотказная работа – открытие и закрытие при установленных значениях $P_{\text{по}}$ – давления полного открытия и $P_{\text{з}}$ – давления закрытия, которые должны быть по возможности близки друг к другу;
- герметичность перекрытого запорного органа при действии среды $P_{\text{р}}$;
- сохранение работоспособности в течение заданного срока службы и при больших перерывах между циклами срабатывания.

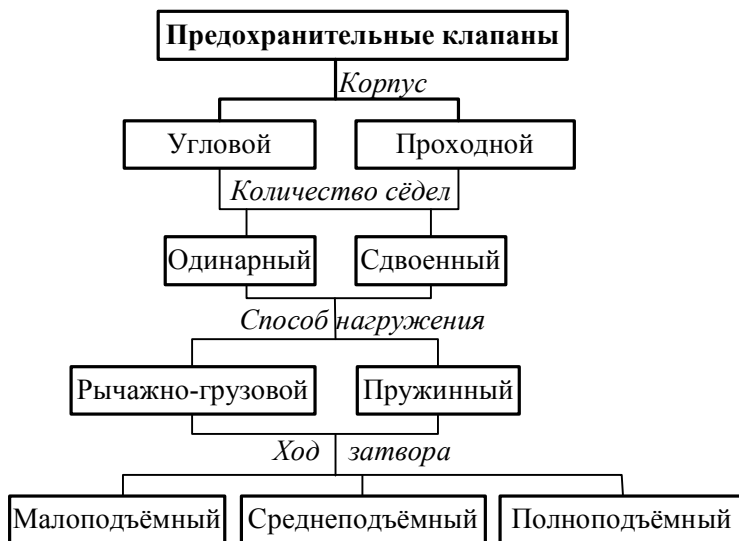
Места обязательной установки предохранительных клапанов, их размеры и количество выбираются в соответствии с требованиями ФСЭ-ТАН.

Предохранительные клапаны различаются методом выброса среды, числом тарелок (сёдел), величиной подъема клапана, методом нагружения и т.д. Классификация предохранительных клапанов приведена на рис. 3.18.

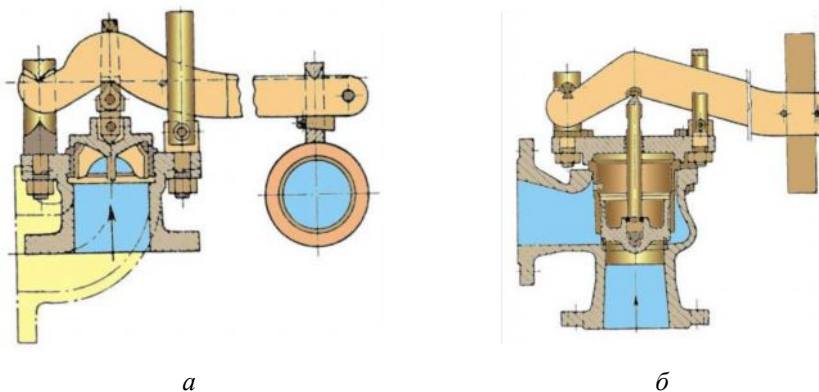
По методу выброса среды (пара) предохранительные клапаны можно разделить на клапаны *открытого типа* (рис. 3.19, а), у которых пар непосредственно выпускается в атмосферу, и клапаны *закрытого типа* (рис. 3.19, б), у которых пар может отводиться в назначенное место.

По числу сёдел предохранительные клапаны разделяются на *одинарные* и *двойные (сдвоенные)*.

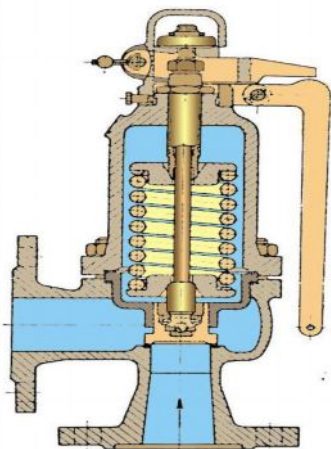
По методу нагружения клапаны разделяются на *рычажно-грузовые* (см. рис. 3.19), у которых усилие уплотнения осуществляется с помощью груза, и *пружинные* (рис. 3.20), у которых усилие уплотнения осуществляется с помощью пружины.



Р и с. 3.18. Классификация предохранительных клапанов



Р и с. 3.19. Предохранительные клапаны рычажно-грузовые:
a – открытого типа; *б* – закрытого типа



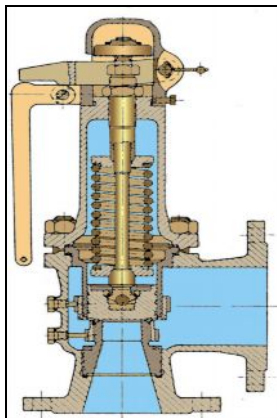
Р и с. 3.20. Предохранительный клапан
пружинный малоподъёмный
фланцевый

По высоте подъема тарелки предохранительные клапаны разделяются на *малоподъёмные*, у которых высота подъема тарелки примерно составляет 0.05 диаметра седла, и *полноподъёмные*, у которых подъем тарелки не менее 0.25 диаметра седла.

Существуют предохранительные клапаны с высотой подъема тарелки менее 0.25, но более 0.05 диаметра седла. Их мож-

но назвать среднеподъёмными.

Пропускную способность предохранительного клапана желательно иметь возможно большей.



Р и с. 3.21. Клапан предохранительный полноподъёмный пружинный прямого действия
фланцевый

Для её повышения некоторые элементы конструкции изменяются, в результате чего получаются *полноподъёмные предохранительные клапаны прямого действия* (рис. 3.21).

Кроме полноподъёмных предохранительных клапанов прямого действия, применяются *полноподъёмные предохранительные клапаны непрямого действия*, в которых срабатывание производится с помощью поршневого привода после открывания вспомогательного так называемого импульсного клапана.

Предохранительный клапан должен не только быстро открываться при достижении соответствующего давления, но и плотно перекрывать седло после посадки тарелки. В этом отношении рычажно-грузовые клапаны работают не всегда надежно, поэтому применение предохранительных клапанов с импульсным электромагнитным управлением повышает надежность предохранительных устройств.

При длительном пребывании в закрытом положении уплотняющие кольца тарелки и корпуса могут «прикипеть», поэтому необходимо производить периодическую проверку работоспособности клапана. С этой целью предохранительные клапаны снабжаются устройством, позволяющим производить пробное срабатывание («подрыв» клапана). Это устройство обычно выполняется в виде рычага, действующего на шток тарелки. Чтобы обслуживающий персонал не мог произвольно менять положение грузов на рычажно-грузовых предохранительных клапанах, грузы стопорятся, а клапаны закрываются кожухами с откидными крышками, запирающимися на замок. В крышке клапана делается прорезь, через которую выпускается цепочка. Эта цепочка предназначена для подъема рычага при продувке.

Пружинные клапаны регулируются путем завинчивания затяжной гайки пружины до распорной контрольной трубки, ограничивающей затяг пружины. Регулировочный барашек и защитный колпак пломбируется. При большом весе грузов клапана должно быть предусмотрено приспособление, позволяющее одному человеку приподнимать груз для проверки и продувки клапана. Предохранительный клапан оборудуется трубами, отводящими рабочую среду за пределы установки при их срабатывании и продувке.

Время открывания полноподъемного клапана, т.е. время, в течение которого достигается полное открытие запорного органа, составляет $0.008 \div 0.04$ с, а время срабатывания, т.е. время от начала открытия до момента выхода клапана на установившийся режим работы, обычно составляет $0.06 \div 0.16$ с.

Обратные клапаны. В процессе эксплуатации установок неизбежно возникают аварийные ситуации, когда останавливается насос, падает давление в системе в результате разрыва трубопровода и т.д. В этих случаях поток меняет направление своего движения на обратное. Для того чтобы исключить эту возможность, применяют обратные клапаны.

Их назначение – пропускать среду только в одном направлении. При изменении направления потока они закрываются, прекращая обратное движение. Классификация обратных клапанов показана на рис. 3. 22.

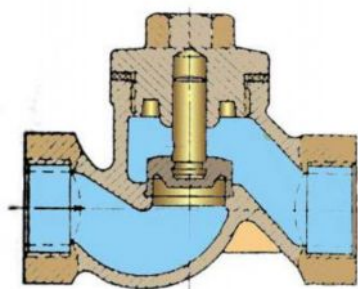


Р и с. 3.22. Классификация обратных клапанов

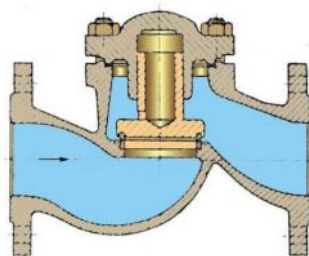
Обратные клапаны подразделяются на *подъемные* и *поворотные*.

В подъемном обратном клапане при прохождении среды в заданном направлении тарелка поднимается над седлом, открывая проход.

На рис. 3. 23 показаны обратные клапаны подъемные с различным способом присоединения к трубопроводу.



а



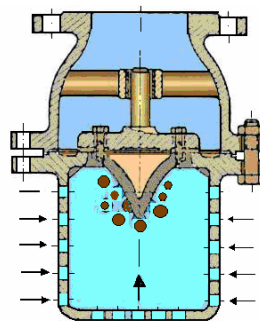
б

Р и с. 3.23. Клапаны обратные подъемные:
а – муфтовый; *б* – фланцевый

На рис. 3.24 показан обратный клапан, используемый в насосных установках при всасывании воды. Для защиты системы от возможного попадания и засасывания посторонних тел клапан защищен предохранительной сеткой, образованной в виде полого чугунного цилиндра, снабженного отверстиями.

Рассмотренные конструкции обратных клапанов предназначены для горизонтальных трубопроводов. Для вертикальных трубопроводов также применяются подъемные и поворотные обратные клапаны.

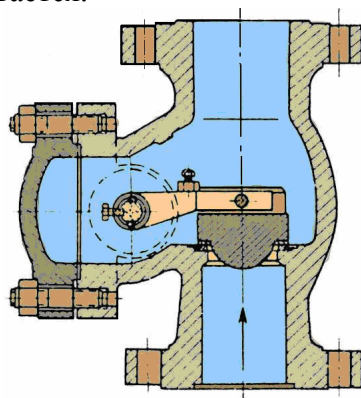
На рис. 3.25 показан обратный поворотный клапан, устанавливаемый на вертикальном трубопроводе за питательным насосом на тепловых электростанциях.



Р и с. 3.24. Обратный подъемный клапан с защитной сеткой для водопроводов

Когда поворотная тарелка садится на седло клапана, предотвращая обратный поток воды, автоматически включается перепускной клапан, связанный с помощью рычагов с осью поворота тарелки. Игольчатый вентиль служит для установления количества воды, необ-

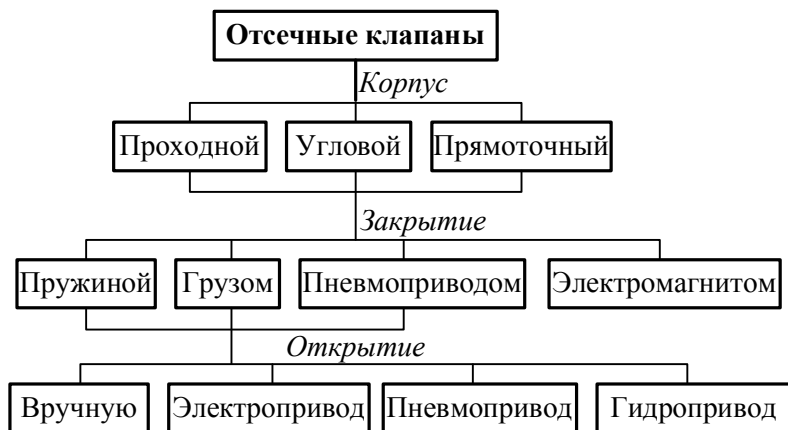
ходимого при перепуске. При подъеме тарелки перепускной клапан автоматически закрывается.



Р и с. 3.25. Обратный клапан
для вертикальных трубопроводов

Перепуск воды в данных условиях необходим для того, чтобы предотвратить запаздывание насоса при закрытом обратном клапане.

Отсечные (защитные) клапаны предназначены для быстрого отключения трубопровода при аварийной ситуации или по технологическим требованиям. Их классификация приведена на рис. 3.26.



Р и с. 3.26. Классификация отсечных (защитных) клапанов

Главной характеристикой отсечных клапанов является быстрое действие, которое достигается срабатыванием пружины в момент закрытия клапана. Пружина взводится пневматикой или электроприводом. В электроприводной арматуре для удержания пружины во взведенном положении используют защелки, управляемые электромагнитами. Применяются также быстродействующие отсечные клапаны с двусторонним поршневым приводом. В качестве отсечной арматуры кроме клапанов могут использоваться быстродействующие задвижки, краны и заслонки. Вид действия этой арматуры – НЗ (нормально закрыт, т.е. в рабочем положении поток перекрыт запорным органом арматуры). Типовые конструкции этой арматуры подробно рассмотрены в [3, с.132]

Отключающие клапаны. На современных энергетических, химических и других установках установлено большое количество устройств, приводов и приборов, к которым присоединяются импульсные трубопроводы малых диаметров для подачи управляющего сигнала или измерения давления (манометры).

Условия работы этих трубопроводов (наружное расположение, малые диаметры, вибрации оборудования) приводят к их частым поломкам и обрывам, в результате чего рабочая среда начинает свободно выходить в атмосферу. Чтобы избежать поступления в окружающую среду вредных и ядовитых веществ, на таких трубопроводах устанавливают *отключающие клапаны*.

Их назначение – предотвратить выход вещества потока в атмосферу при чрезмерно большом расходе через импульсный трубопровод (обрыв).

Классификация отсечных клапанов показана на рис. 3.27. Отключающий клапан можно рассматривать как двухпозиционный регулятор расхода, который реагирует на скорость потока в контролируемом трубопроводе. Он открыт при малых расходах и закрывается при повышении скорости среды свыше предельно допустимой. Силовая нагрузка на затвор может создаваться пружиной или грузом (последнее редко).

Усилие пружины удерживает клапан в открытом положении. При возникновении перепада давления на рабочем органе возникает гидродинамическое усилие. Затвор, преодолевая сопротивление пружины, под действием этого усилия закрывает рабочий орган. Для того

чтобы вновь открыть клапан, необходимо выравнивать давление до и после золотника или переместить принудительно золотник в открытое положение рабочего органа.

Грузовой отключающий клапан срабатывает тогда, когда скорость рабочей среды в обслуживаемом трубопроводе достигнет аварийного значения (обрыв трубы за клапаном).

В связи с высокой скоростью давление над поршнем понижается⁷ и под действием перепада давления над и под поршнем он поднимается и закрывает соединенным с ним затвором седло клапана. Пока с одной стороны золотника будет действовать давление, запорный орган клапана будет закрыт.

Отключающие клапаны могут быть с регулируемым и нерегулируемым расходом срабатывания. Они могут также иметь отдельно расположенный чувствительный элемент.



Рис. 3.27. Классификация отключающих клапанов

Наиболее широко используются отключающие клапаны с пружинным нагружением, так как они допускают установку в любом рабочем положении. Эти клапаны включаются в работу автоматически

⁷ Ещё одна область применения уравнения Бернулли.

после устранения неисправности в трубопроводной системе и выравнивания давления по обе стороны клапана.

Гидрозатворы и дыхательные клапаны. *Гидрозатвор* представляет собой предохранительное устройство, предназначенное для предотвращения чрезмерного повышения давления газа (пара) в аппаратах и трубопроводах. Затвором здесь служит столб жидкости, который перекрывает выход газу до того момента, когда в защищаемом объекте произойдет чрезмерное повышение давления. В этот момент давление газа выталкивает жидкость из напорной трубы, и газ сбрасывается через открывшийся проход.

Дыхательные клапаны предназначены для впуска или выпуска атмосферного воздуха в резервуары. Под действием непрерывного изменения температуры окружающего воздуха изменяется объем жидкости и, самое главное, пара над этой жидкостью. Кроме того, при повышении температуры из жидкости может выделяться растворенный в ней газ, а при понижении — снова растворяться. Для того чтобы избежать образования избыточного давления или вакуума, необходимо в зависимости от создавшихся условий выпускать избыточное количество пара или впускать воздух из окружающей среды. Таким образом происходит «малое дыхание» резервуара. «Большое дыхание» возникает при больших изменениях объема жидкости, когда она закачивается в резервуар (пар при этом выходит в атмосферу) или, наоборот, откачивается из резервуара (теперь в резервуар поступает атмосферный воздух).

В принципе можно просто соединить резервуар с атмосферой при помощи трубы. Но это приведёт к постоянному поступлению в атмосферу вредных и пожароопасных веществ. Поэтому на резервуарах устанавливаются дыхательные клапаны, впускающие или выпускающие воздух в зависимости от давления внутри резервуара.

В дыхательном клапане конструктивно объединены два предохранительных клапана, действие которых направлено в противоположные стороны. Оба клапана имеют вид действия НЗ (нормально закрыт), но один из них соединен с воздушным пространством резервуара подклапанной полостью, другой — надклапанной полостью. Соответственно один клапан открывается при превышении внутреннего давления над наружным, второй — при превышении наружного над внутренним. В обычных условиях оба клапана закрыты. Но при появлении разности между внутренним и внешним давлениями один

из них открывается. Выпуск избыточного воздуха из резервуара может производиться в открытое пространство или в соответствующую емкость для его очистки в случае вредных испарений.

К дыхательным клапанам, устанавливаемым на резервуары для нефтепродуктов, предъявляются повышенные требования. В зимнее время затвор клапана (тарелка) не должен примерзать к седлу. Для обеспечения этого условия применяются различные способы, однако в основном они базируются на применении для уплотнения запорного органа незамерзающих жидкостей. Пропускная способность дыхательного клапана должна обеспечивать нормальную эксплуатацию резервуара при максимальных количествах расходуемого или поступающего в резервуар нефтепродукта. Темные нефтепродукты, имеющие повышенную вязкость, затрудняют или делают невозможной нормальную работу дыхательного клапана, поэтому резервуары для темных нефтепродуктов оборудуются вентиляционными патрубками, которые создают возможность «большого дыхания» резервуара, выполняя функцию дыхательного и предохранительного клапанов одновременно. Обычно вентиляционный патрубок выполняется в виде трубы, закрытой сверху, на боковых стенках которой вырезаны окна, защищенные сеткой. Для предупреждения возможных повреждений на патрубок надевается открытый снизу цилиндрический кожух.

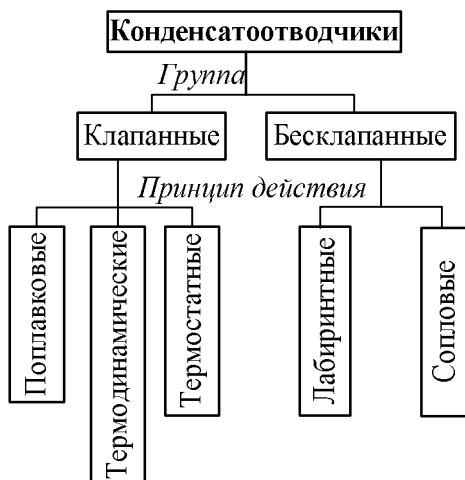
Параллельно дыхательным клапанам устанавливаются предохранительные клапаны или гидравлические затворы. Они предназначены для выпуска паров и воздуха в случае возникновения повышенного давления. На стационарных резервуарах часто устанавливаются гидравлические затворы, принцип действия которых основан на том, что воздушное пространство резервуара соединено патрубком с наружной атмосферой через масляную ванну, которая их разъединяет.

Конденсатоотводчики. Одним из самых распространённых и эффективных теплоносителей является водяной пар. Вода, получив теплоту и перейдя в парообразное состояние, способна передавать большое количество энергии на значительные расстояния. Дойдя до объекта, к которому требуется подводить теплоту, пар начинает конденсироваться, выделяя при этом теплоту конденсации. Однако в силу различных причин не весь пар удаётся перевести в жидкую фазу — часть его не конденсируется, образуя так называемый *пролётный пар*. Появление пролётного пара крайне нежелательно, так как вызывает

потери тепловой энергии. Возникает необходимость в специальных устройствах, отделяющих конденсат от пролётного пара. Они должны вернуть пар в линию пара, а отделённую жидкую фазу направить в линию конденсата. Такие устройства называются конденсатоотводчиками. Их классификация показана на рис. 3.28.

Отделять жидкую фазу от пара можно с помощью *гидравлического* или *механического* затвора. Соответственно конденсатоотводчики подразделяются на *бесклапанные* и *клапанные*.

Установки или агрегаты, в которых используется водяной пар, можно разделить на две группы: энергетические и обогревательные. Назначение энергетических установок – выработка электрического тока. К нагревательным относятся установки, которые используют теплоту фазового перехода из пара в жидкую фазу для нагрева каких либо веществ.



Р и с. 3.28. Классификация отключающих клапанов

В энергетических установках образование конденсата происходит нерегулярно, например, в периоды пуска установки или в случаях, когда осуществляется прогрев тех или иных участков системы. При установившемся режиме этих установок образование избыточного конденсата, не участвующего в технологическом процессе установки, как правило, не должно происходить.

В нагревательных установках, где пар используется не как источник энергии, а как теплоноситель для передачи теплоты, конденсат выделяется непрерывно и в значительных количествах, так как отвод теплоты от пара здесь происходит постоянно.

Для обслуживания энергетических установок обычно применяют клапанные конденсатоотводчики периодического действия. Для обслуживания обогревательных устройств используются бесклапанные конденсатоотводчики непрерывного действия с *гидравлическим затвором*.

Механический запорный орган автоматически открывается или закрывается при определенных условиях, создаваемых наличием конденсата. Таким образом, автоматический конденсатоотводчик с механическим запорным органом представляет собой, по существу, двухпозиционный регулятор прямого действия, в котором роль и чувствительного элемента, и привода выполняют поплавков, термоэлемент или диск специальной конструкции.

Конденсатоотводчики поплавкового типа могут быть с открытым поплавком, с опрокинутым поплавком и с закрытым поплавком. Конденсатоотводчики с термоэлементом могут быть с термостатом или с биметаллическими термопластинами. В термодинамических конденсатоотводчиках диск, перекрывающий входное отверстие для пара, открывает его при наличии конденсата.

Оценка конструкции конденсатоотводчика производится с учетом его пропускной способности, эксплуатационных и монтажных свойств, включающих ремонтпригодность и надежность. Эксплуатационные свойства в основном определяются удобством при выполнении работ по техническому обслуживанию и сохранением параметров работы конденсатоотводчика при длительном его использовании, герметичностью соединений и безотказностью в работе.

Габаритные размеры конденсатоотводчика должны быть по возможности небольшими с целью снижения его металлоемкости, стоимости и тепловых потерь в окружающее пространство. Простота конструкции и надежность работы обеспечиваются уменьшением числа деталей и достаточными их размерами. Чтобы создать возможность выпуска конденсата при аварийном состоянии, конденсатоотводчики снабжаются наружным или внутренним обводом с запорными устройствами. Для удаления осадка конденсатоотводчики должны

иметь снизу отверстие, закрываемое пробкой, а для выпуска воздуха также отверстие, но вверху, закрываемое также резьбовой пробкой.

Конденсатоотводчик должен надежно выпускать конденсат в пределах широкого интервала давлений пара, температур конденсата и скорости его поступления в конденсатоотводчик. При недостаточной чувствительности конструкции пролетный пар будет периодически уходить из системы, что, например, свойственно сопловым конденсатоотводчикам. Конденсатоотводчик должен быть по возможности нечувствительным к загрязнениям, допускать продувку с целью очистки внутренней полости и быструю смену изношенных деталей. Каждый тип конденсатоотводчика имеет свои конструктивные достоинства и недостатки, которые позволяют рекомендовать его для определенных условий работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ 03-585-03). Сер. 03. Вып. 25 /Колл. авт. М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2004. 152 с.
2. Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением до 10.0 МПа (100 кгс/см²): Нормат.-производ. изд./А.Е. Фолиянц, Н.В. Мартынов, В.Б. Серебряный и др.; Под ред. А. Фолиянца. М.: Химия, 1988. 288 с.
3. Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н. Справочник конструктора трубопроводной арматуры. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. 518 с.
4. Технологические трубопроводы промышленных предприятий /Р.И. Тавастшерна, А.И. Бесман, В.С. Позднышев; Под ред. Р.Тавастшерна. М.: Стройиздат, 1991. 655 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	1
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ	5
1.1. Общие понятия и определения	5
1.2. Виды соединений труб	12
2. ДЕТАЛИ ТРУБОПРОВОДОВ	18
2.1 Отводы на трубопроводах	19
2.2 Ответвления (тройники) на трубопроводах	21
2.3 Переходы на трубопроводах	23
2.4 Заглушки	23
2.5 Фланцы	223
2.6 Компенсаторы.....	25
3. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА.....	29
3.1. Классификация трубопроводной арматуры	29
3.2. Основные элементы трубопроводной арматуры.....	33
3.3 Сравнительная характеристика запорной арматуры.....	35
3.4. Типовые конструкции запорной арматуры	36
3.5. Регулирующая арматура.....	51
3.6. Предохранительная арматура.....	53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	65