

Персонал, обслуживающий технологические трубопроводы

Классификация трубопроводов и их виды

Рассмотрим классификацию трубопроводов по следующим характерным признакам:

1. По функциональному назначению трубопроводы подразделяют на

– всасывающие;

– нагнетательные.

2. С конструктивной точки зрения трубопроводы подразделяют на:

– простые;

– сложные;

– короткие;

– длинные.

Простыми называют трубопроводы, не имеющие ответвлений и обслуживающие только одну точку Р х.

Причем, диаметр трубы, а также расход жидкости на всей длине трубы остается неизменным.

Сложные трубопроводы делятся на тупиковые, параллельные и кольцевые.

Тупиковые состоят из магистрального (главного) трубопровода, от которого в разные стороны отходят ответвления к потребителям.

Параллельные состоят из нескольких параллельно проложенных трубопроводов, связанных между собой перемычками с регулируемыми задвижками.

Кольцевые представляют собой замкнутую сеть труб, что обеспечивает подачу воды в любом направлении.

При аварии на каком-либо участке подача воды потребителю не прекращается.

Короткими называют трубопроводы, которые имеют значительные местные сопротивления по сравнению с линейными (путевыми).

Длинными называют трубопроводы, у которых доминируют потери напора по длине трубопровода; местными потерями и скоростным напором пренебрегают.

Система уравнений и задачи гидравлического расчета трубопроводов

Гидравлический расчет трубопроводов основан на следующих уравнениях, формулах и зависимостях:

– уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{2g} + \Delta h_{\Sigma} = H = \text{const} ; \quad (1.8)$$

– уравнение неразрывности для установившегося потока жидкости

(уравнение постоянства расхода):

$$Q = VF = \text{const} ; \quad (1.1)$$

– формула Дарси-Вейсбаха для учета потерь на трение (по длине трубопровода):

$$\Delta h_{\ell} = \lambda \frac{\ell v^2}{d 2g}; \quad (1.10)$$

– формула для учета местных потерь:

$$\Delta h_{\Sigma} = \xi_{\Sigma} \frac{v^2}{2g}; \quad (1.11)$$

– формула Шези при расчете длинных трубопроводов:

$$V = c\sqrt{iR} \quad \text{или} \quad Q = Fc\sqrt{iR}, \quad (1.12)$$

где $c = \frac{1}{n} R^y$ – коэффициент Шези, n – коэффициент шероховатости,

R – гидравлический радиус, y – показатель степени, $y = f(n, R)$.

Обозначив в формуле (1.12) через $K = Fc\sqrt{R}$, получим

$$Q = K\sqrt{i}, \quad (1.13)$$

где K – расходная характеристика (модуль расхода), представляющая собой расход при гидравлическом уклоне, равном единице.

– формула для определения гидравлического уклона (удельных потерь напора по длине):

$$i = \frac{\Delta h_{\ell}}{\ell} = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{Q^2}{F^2 c^2 R} \quad (1.14)$$

или по формуле Дарси-Вейсбаха (13.10):

$$i = \frac{\Delta h_{\ell}}{\ell} = \frac{\lambda \frac{\ell v^2}{d 2g}}{\ell} = \frac{\lambda v^2}{d 2g}.$$

Заменяя скорость V на Q , из уравнения расхода $Q = VF$ получим

$$\bar{i} = \frac{16\lambda Q^2}{2g\pi^2 d^5} = \frac{8\lambda Q^2}{g\pi^2 d^5} . \quad (1.15)$$

Обозначим $A = 8\lambda / g\pi^2 d^5$ – удельное сопротивление трубопровода, получим

$$\bar{i} = AQ^2 . \quad (1.16)$$

Тогда

$$\Delta h_f = \bar{i}l = AQ^2 l = SQ^2 , \quad (1.17)$$

где S – линейное сопротивление трубопровода.

Найдем связь между K и A из формул:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{\bar{i}}} \quad \text{или} \quad K^2 = \frac{Q^2}{\bar{i}} . \quad (1.18)$$

Подставляя значение \bar{i} из формулы (1.15), получим

$$K^2 = \frac{Q^2}{8\lambda} \frac{g\pi^2 d^5}{Q^2} = \frac{g\pi^2 d^5}{8\lambda} = \frac{1}{A} . \quad (1.11)$$

Из выражений (1.18), следует

$$\bar{i} = \frac{Q^2}{K^2} . \quad (1.20)$$

Тогда потери по длине определяются по формуле

$$\Delta h_f = \bar{i}l = \frac{Q^2}{K^2} l . \quad (1.21)$$

Учитывая, что $\bar{i} = \Delta h_z / \ell$, имеем

$$Q = K \sqrt{\frac{\Delta h_z}{\ell}} = \frac{K}{\sqrt{\ell}} \sqrt{\Delta h_z}.$$

Обозначив $P = K / \sqrt{\ell}$, получим окончательно:

$$Q = P \sqrt{\Delta h_z}, \quad (1.22)$$

где P – проводимость, выражающая собой расход жидкости при $\Delta h_z = 1$.

Сравнивая выражения (1.17) и (1.22), найдем связь между P и S .

Из выражения (1.17) имеем $Q = \sqrt{\Delta h_z / S}$,

тогда:

$$P \sqrt{\Delta h_z} = \sqrt{\frac{\Delta h_z}{S}} \quad \text{или} \quad P = \frac{1}{\sqrt{S}}; \quad S = \frac{1}{P^2}. \quad (1.23)$$

Значения A и K приводятся в гидравлических справочниках.

Общая задача гидравлического расчета трубопроводов заключается в определении диаметров труб для пропуска заданного расхода воды и напора, необходимого для подачи воды ко всем точкам водоразбора при оптимальных затратах.

При расчете затрат учитывают расход средств на строительство и эксплуатацию трубопровода.

Например, если принять при расчете высокие скорости движения воды, то за счет этого можно уменьшить диаметры труб, но увеличатся потери напора по

длине, что приведет в процессе эксплуатации к большим затратам электроэнергии.

Рекомендации по выбору оптимальных скоростей движения жидкости в трубопроводах приводятся в СНиПах.

При решении инженерных задач четыре величины – расход Q , скорость V , диаметр трубопровода d и потери напора Δh – являются переменными и взаимозависимыми. Их связывают между собой уравнения Бернулли и неразрывности (расхода), потери по длине трубопровода и на местных сопротивлениях, которые учитываются по формулам (1.10 и 1.11) соответственно. Определенность решения задач гидравлического расчета трубопроводов достигается при следующих условиях:

1. Задается расход воды.
2. Принимаются оптимальные скорости движения воды.

Наряду с общей задачей гидравлического расчета трубопроводов решаются следующие частные задачи:

1. Проверяется пропускная способность трубопровода при заданных значениях диаметров труб и напора.
2. Определяется напор при заданных значениях диаметров труб и расхода воды.

Рассмотрим определение напора по схеме, представленной на рис. 1.1.



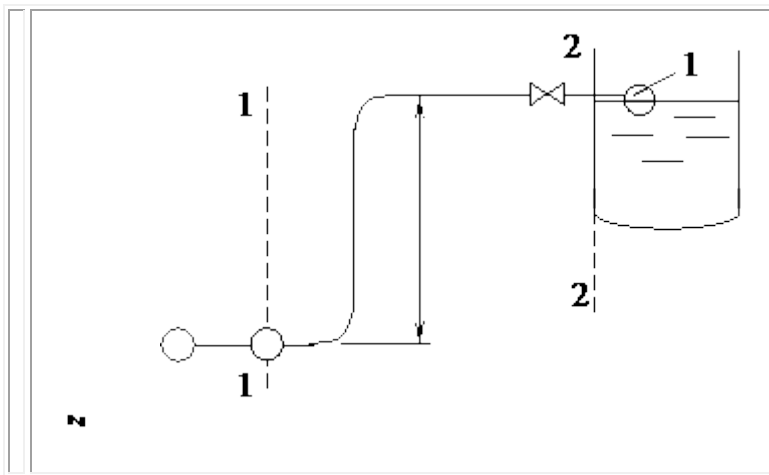


Рис. 1.1

Применяя уравнение Бернулли, для сечений 1–1 и 2–2 запишем:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h_{1-2}, \quad (1.24)$$

где $z_1 = 0$, $z_2 = z$, $\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g}$, так как величина скоростных напоров городского водопровода мала и ею можно пренебречь ($V_1 \approx V_2$) (на практике эта разность около 5 см)

Тогда уравнение (1.24) примет вид

$$\frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + z + \Delta h_{1-2}, \quad (1.25)$$

где $\frac{P_1}{\rho g}$ – величина пьезометрического напора в сечении 1-1. Он расходуется для подъема воды на высоту z и на преодоление гидравлических сопротивлений в трубопроводе Δh_{1-2} , $\frac{P_2}{\rho g}$ – свободный напор, необходимый для преодоления местного сопротивления клапана 1 и создания скорости излива воды в бак.

Свободный напор в местах водоразбора принимается в пределах 1...4 м и обозначается $H_{св}$.

Тогда уравнение Бернулли (1.25) можно записать так:

$$H = H_{св} + z + \Delta H_{1-2} . \quad (1.26)$$

Для определения напора в любом сечении трубопровода необходимо знать:

- разность геометрических отметок z между наиболее высоко расположенным водоразбором и данным сечением потока; если точка потребления расположена ниже заданного сечения, то z принимается со знаком минус;
- уровень свободного напора $H_{св}$ в высшей точке водоразбора;
- уровень потерь напора на гидравлических сопротивлениях по пути движения воды от заданного сечения до наиболее удаленной точки водоразбора.

Так как разность отметок z и свободный напор обычно задаются, то для определения требуемого напора производится расчет потерь напора, связанных с гидравлическим сопротивлением трубопровода.

Расположение арматуры на трубопроводах сосуда

Арматура различного вида и назначения служит для управления и контроля материальных потоков, проходящих по трубопроводам. С помощью арматуры выполняют следующие операции: включение и отключение отдельных участков трубопровода, изменение направления потока, расхода или давления, отделение жидкости от пара. К арматуре относят также фонари, для визуального контроля потоков жидкостей, и указатели уровня.

Классификация арматуры. Трубопроводную арматуру принято классифицировать по ряду признаков. Остановимся на некоторых из них.

По области применения:

Промышленная трубопроводная арматура общего назначения используется в различных отраслях народного хозяйства.

Промышленная трубопроводная арматура для особых условий работы предназначается для эксплуатации при относительно высоких давлениях и температурах, при низких температурах, на коррозионных, токсичных, радиоактивных, вязких, абразивных или сыпучих средах.

Специальная арматура разрабатывается и изготавливается по отдельным заказам на основании особых технических требований.

Судовая арматура выпускается для работы в специфических условиях эксплуатации на судах речного и морского флота

Сантехнической арматурой оснащаются различные бытовые устройства: газовые плиты, ваннные установки, кухонные раковины и др.

По функциональному назначению (виду):

Запорная арматура предназначена для полного перекрытия потока рабочей среды в трубопроводе и пуска среды в зависимости от требований технологического процесса (цикл «открыто-закрыто»).

Регулирующая арматура предназначена для регулирования параметров рабочей среды посредством изменения ее расхода. К ней относятся: регулирующие клапаны, регуляторы давления, регуляторы уровня жидкости, дросселирующая арматура и т.п.

Распределительно-смесительная (трехходовая или многоходовая) арматура предназначена для распределения рабочей среды по определенным направлениям или для смешения потоков среды (например, холодной и горячей воды). Сюда относятся распределительные клапаны и краны.

Предохранительная арматура предназначена для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от недопустимого давления посредством сброса избытка рабочей среды. Сюда относятся: предохранительные клапаны, импульсные предохранительные устройства, мембранные разрывные устройства, перепускные клапаны.

Защитная арматура предназначена для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от недопустимых или предусмотренных технологическим процессом изменений параметров или направления потока рабочей среды и для отключения потока без выброса рабочей среды из технологической системы. Сюда относятся: обратные клапаны, отключающие клапаны.

Фазоразделительная арматура предназначена для автоматического разделения рабочих сред в зависимости от их фазы и состояния. Сюда относятся конденсатоотводчики, воздухоотводчики и маслоотделители.

По конструктивным типам(табл. 6.1):

Задвижка – трубопроводная арматура, в которой запирающий элемент перемещается возвратно-поступательно перпендикулярно направлению потока рабочей среды.

Клапан – трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается возвратно-поступательно параллельно оси потока рабочей среды в седле корпуса арматуры.


Клапан, в котором запирающий элемент перемещается с помощью винтовой пары и управляется вручную, называется вентилем.

Кран – трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент имеет форму тела вращения или его части; поворачивается вокруг своей оси, перпендикулярно расположенной по отношению к направлению потока рабочей среды.

Затвор (затвор дисковый) - трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент имеет форму диска и поворачивается вокруг оси, перпендикулярной к оси трубопровода.

Таблица 6.1.– Конструктивные типы арматуры (в зависимости от способа перекрытия потока среды)

Тип арматуры	Эскиз	Краткая характеристика
Кран		<p>Малая строительная высота. Малое время открывания и закрывания. Большие крутящие моменты, необходимые для управления. Малое гидравлическое сопротивление.</p>
Задвижка		<p>Малая строительная длина, большая строительная высота. Большой ход затвора, большое время открывания и закрывания. Малое гидравлическое сопротивление.</p>
Затвор дисковый		<p>Малые габаритные размеры и масса. Малое время открывания и закрывания. Проход</p>

		частично перекрыт затвором при открытом положении изделия. Незначительное гидравлическое сопротивление.
Клапан		Большая строительная длина. Малый ход затвора, малое время открывания и закрывания. Большое гидравлическое сопротивление.

Трубопроводную арматуру классифицируют также по условному давлению, рабочей температуре, способу присоединения к трубопроводу, способам герметизации, управления и т.п.

Раздел. 2 Конструкции трубопроводной арматуры

Запорная арматура. Запорная арматура по количеству применяемых единиц составляет 80 % всей арматуры. Поэтому на рассмотрении ее конструкций мы остановимся несколько подробнее.

Запорная арматура должна обеспечивать плотность отключения в закрытом состоянии и оказывать минимальное сопротивление протекающей среде в открытом состоянии. Различные производители выпускают сотни подвидов запорной арматуры, однако все их можно подразделить на 3 вида: вентили, задвижки и краны.

Вентили. Вентили, как запорные органы, применяют преимущественно при небольшом проходном сечении (диаметр трубопровода до 100 мм), когда требуется большая плотность отключения (например, для дренажных и спускных трубопроводов), и в основном они используются в качестве регулирующих органов.

На рис. 6.1, а изображен наиболее распространенный тип запорного вентиля – нормальный (другое название – проходной) фланцевый

вентиль низкого и среднего давления. Он состоит из корпуса 4, в который запрессовано стальное или бронзовое кольцо (седло 5), и клапана (тарелки) 6, соединенного со шпинделем 7. На конце шпинделя имеется резьба. При вращении маховика 1 во время закрывания или открывания вентиля шпиндель ввинчивается в траверсу 9. Присоединение запорного вентиля к трубопроводу осуществляется с помощью фланцев 3. На рис. 6.1, б показан запорный вентиль высокого давления бесфланцевый, который крепится к трубопроводам посредством сварки.

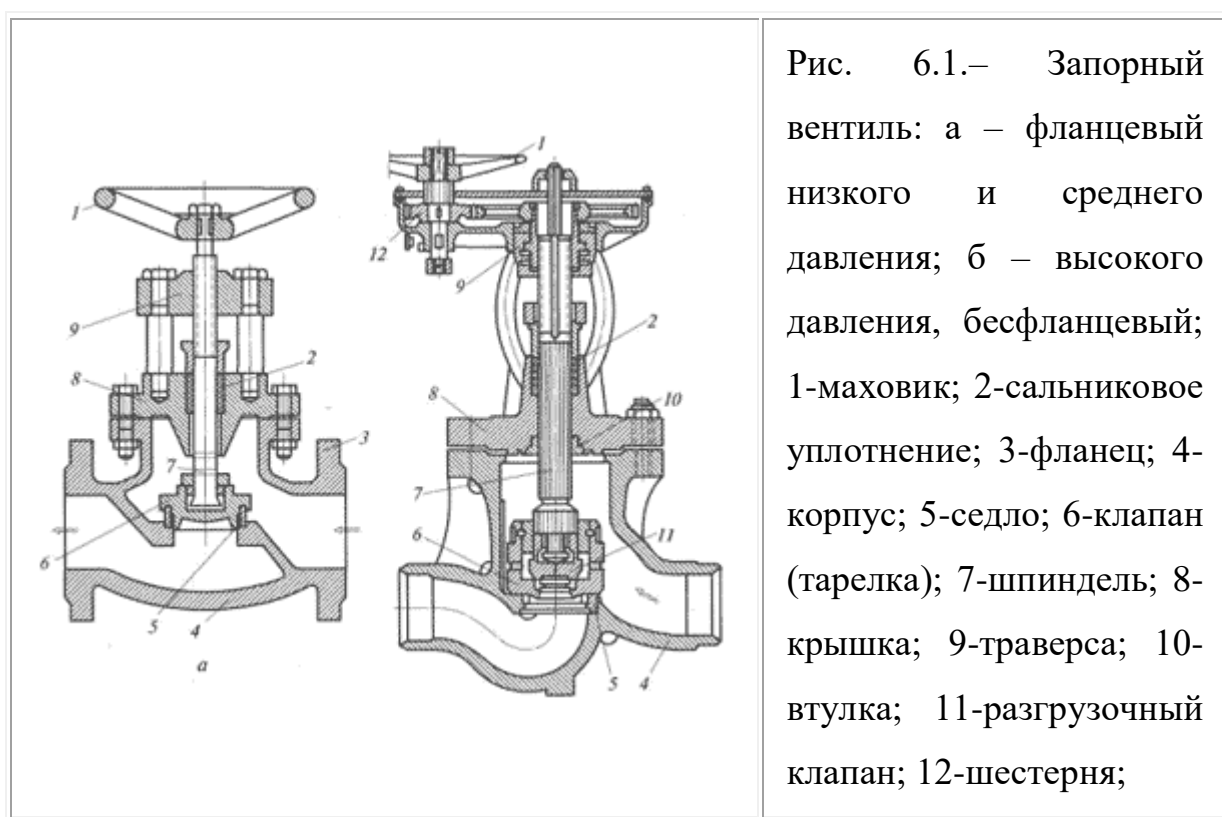


Рис. 6.1.– Запорный вентиль: а – фланцевый низкого и среднего давления; б – высокого давления, бесфланцевый; 1-маховик; 2-сальниковое уплотнение; 3-фланец; 4-корпус; 5-седло; 6-клапан (тарелка); 7-шпиндель; 8-крышка; 9-траверса; 10-штулка; 11-разгрузочный клапан; 12-шестерня;

Количество жидкости или газа, проходящего через вентиль, регулируется подъемом или опусканием клапана. Для облегчения открывания крупных вентилях применяют разгрузочные обводные (байпасные) линии малого диаметра, служащие для выравнивания давления среды до и после вентиля. Прежде чем открыть основной вентиль, открывают байпас и после того, как в трубопроводе до и после вентиля установится одинаковое давление, приступают к открыванию основного вентиля. Для этой же цели некоторые вентили выполняются

с двумя расположенными на одном шпинделе клапанами (тарелками), один из которых имеет меньший размер и устанавливается в средней части большого клапана (см. рис. 6.1, б). При подъеме шпинделя сначала поднимается малый разгрузочный клапан 11 на определенную высоту, а затем после выравнивания давления при дальнейшем открывании вентиля поднимается большой клапан 6.

Для облегчения открывания вентиля привод шпинделя осуществляют через две цилиндрические шестерни 12 от маховика диаметром до 500 мм. При эксплуатации каждый ventиль должен обеспечивать полное перекрытие трубопроводов.

Нормальный ventиль является надежным запорным и регулирующим органом. Однако он создает большое сопротивление потоку среды вследствие резкого двукратного изменения направления ее движения. Меньшим сопротивлением обладают прямоточные (косые) и угловые ventили.

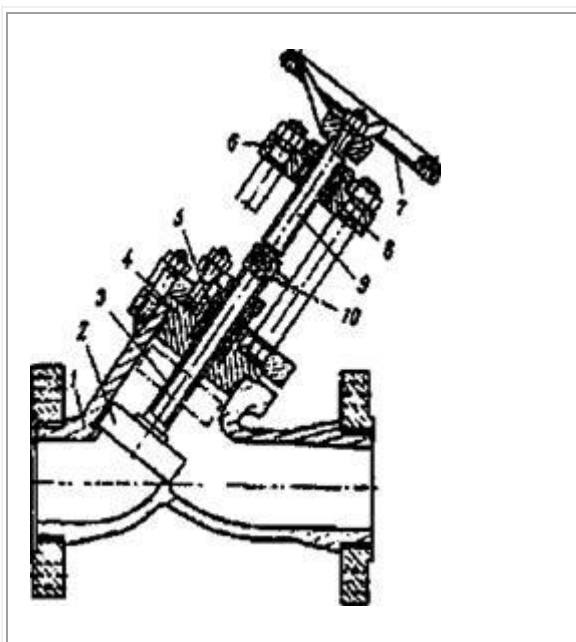


Рис. 6.2.— Прямоточный ventиль.

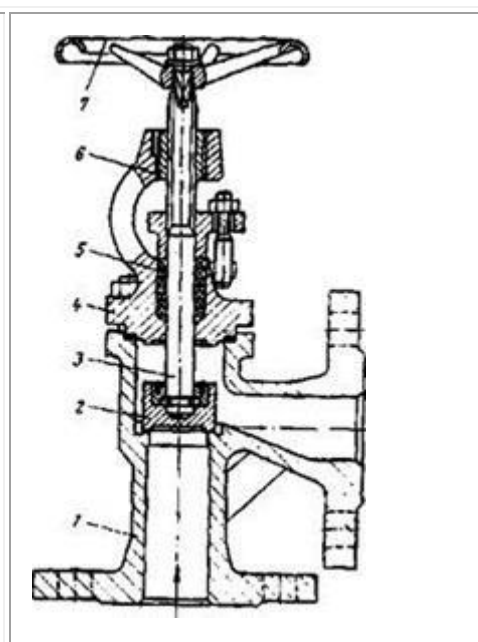


Рис. 6.3.— Угловой ventиль

К прямоточным относят ventили, корпус которых имеет соосные патрубки входа и выхода. Ось шпинделя, расположена в нем под углом

45...60° к оси этих патрубков. Преимущества вентилей этого типа по сравнению с нормальными следующие: относительно малое гидравлическое сопротивление; компактность конструкции; отсутствие зон застоя.

Недостатки прямоточных вентилей – большая по сравнению с проходными длина и относительно большая масса.

Вентиль (рис. 6.2) состоит из корпуса 1 с навинченными на него фланцами. Уплотнительная кромка получена при обработке корпуса. В этой конструкции крышка 4 крепится к корпусу вместе со стойкой 6. Сальниковое устройство 5 обычной конструкции с нажимным фланцем. На стойке жестко посажена ходовая гайка 8. Наиболее интересным в рассматриваемой конструкции является то, что узел соединения 10, штока 3 со шпинделем 9 вынесен за пределы корпуса. Это позволяет жестко (сваркой) закрепить клапан 2 на штоке.

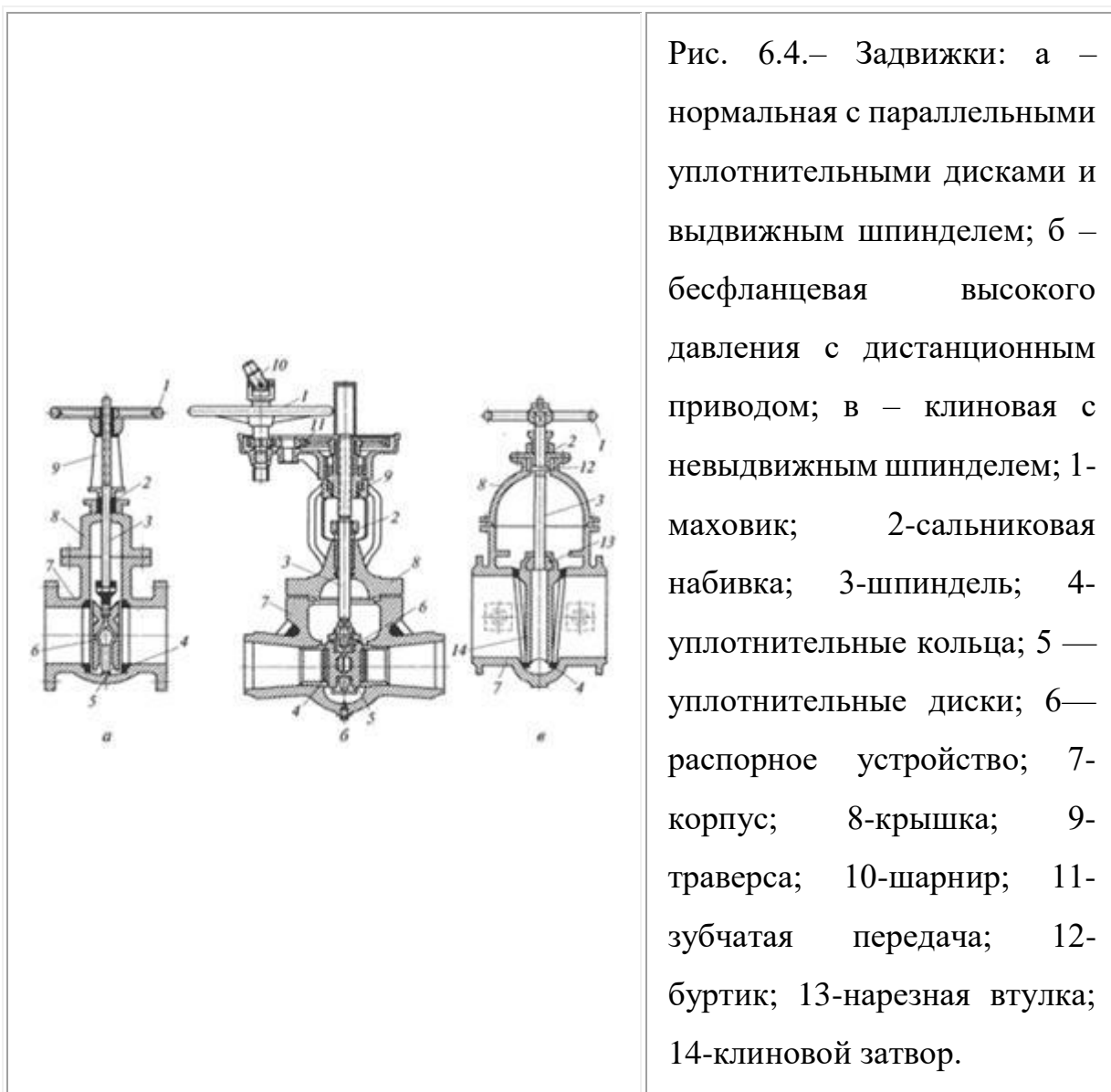
Угловые вентили рис. 6.3 имеют корпус с перпендикулярно расположенными патрубками, причем один из патрубков соосен или параллелен оси седла и золотника 2. Вентили этого типа предназначены для соединения двух частей трубопровода, расположенных перпендикулярно друг другу или для монтажа на повороте.

Эти вентили по сравнению с проходными более компактны по конструкции, меньше по массе и не имеют застойных зон в корпусе. К недостаткам угловых вентилей относятся относительно высокое (по сравнению с прямоточными) гидравлическое сопротивление и большая высота.

Угловой вентиль (рис.6.3) предназначен для работы при давлениях рабочей среды, меньших 6,4 МПа, и при невысоких температурах. Он состоит из корпуса 1, на котором закреплена крышка 4, отлитая вместе со стойкой. На стойке крепится ходовая гайка 6 и сальник 5. Набивка

сальника состоит из уплотнительных колец. Ходовая гайка предохраняется от вращения вокруг оси при помощи винтов. В этой конструкции седло заменяется уплотнительной, поверхностью, полученной обработкой перемычки корпуса. Тарельчатый золотник 2 соединен со шпинделем 3. Это предотвращает вращение золотника в закрытом положении затвора. Маховик закрепляется на шпинделе.

Задвижки. В промышленности широкое применение нашли задвижки, которые создают значительно меньшее сопротивление потоку среды, чем вентили. Жидкость или пар к задвижкам подводится с любой стороны. Задвижки могут иметь разные затворы (параллельные и клиновые), выдвигаемые и невыдвигаемые шпиндели.



На рис. 6.4, а приведена нормальная задвижка с параллельными уплотнительными дисками. Задвижка состоит из чугунного корпуса 7, крышки 8, маховика 1, выдвижного шпинделя 3, уплотнительных колец 4 и дисков 5. Между дисками устанавливается распорное устройство 6. При вращении маховика по часовой стрелке шпиндель вместе с дисками опускается, распорное устройство, упираясь в нижнюю часть корпуса, раздвигает диски и плотно прижимает их к уплотнительным кольцам, закрывая проход жидкости или газу. В задвижках с выдвижным шпинделем шпиндель и маховик имеют квадратную резьбу, и при вращении маховика шпиндель вывинчивается или ввинчивается в него, увлекая за собой диски.

На предприятиях часто применяются задвижки или вентили с электрическим приводом, позволяющим открывать или закрывать их дистанционно. На рис. 6.4, б приведена бесфланцевая задвижка высокого давления с дистанционным приводом. Бесфланцевая арматура непосредственно приваривается к трубопроводу.

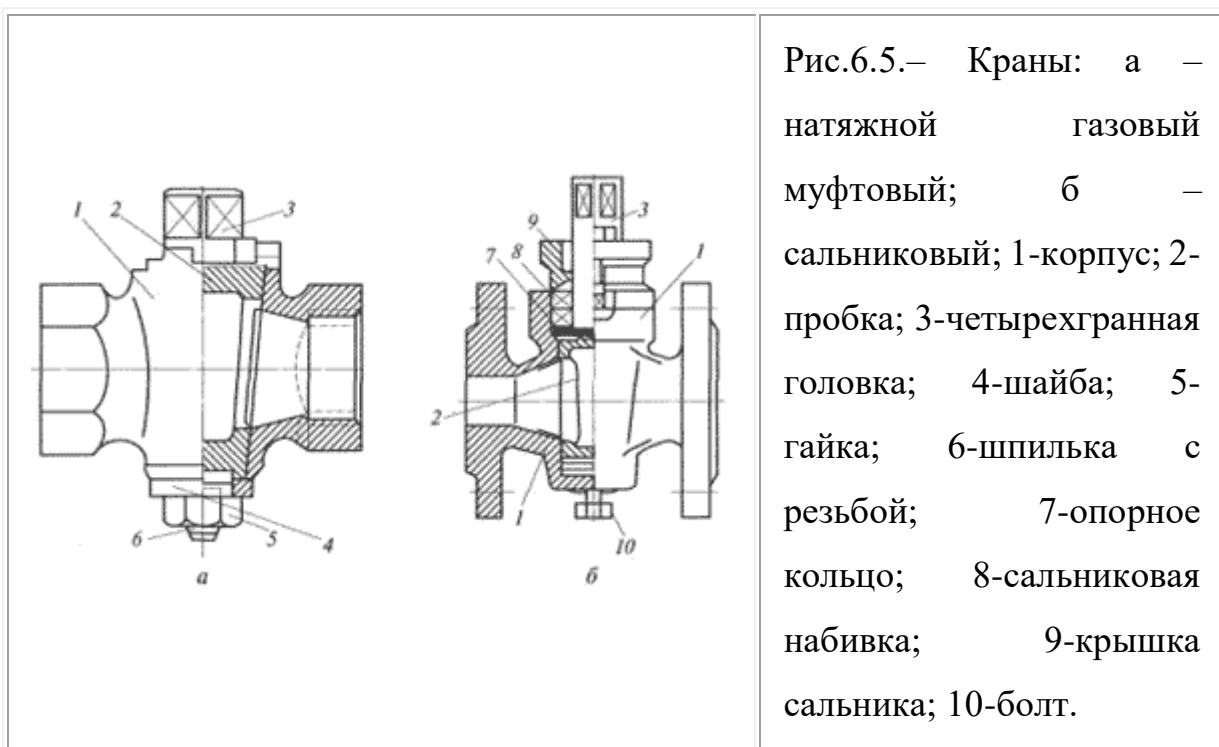
В клиновых задвижках с невыдвижным шпинделем 3 (рис. 6.4, в) последний вращается вместе с маховиком 1. На конце шпинделя 3 имеется резьба, которая входит в нарезную втулку 13, расположенную в верхней части клинового затвора 14. При вращении маховика шпиндель 3 из-за имеющегося на нем буртика 12 не может подняться и будет вращаться вместе с маховиком. При этом нарезная втулка 13 будет вращаться по его резьбе, поднимая или опуская клиновой затвор 4 задвижки.

Уплотнение шпинделя задвижки достигается при помощи сальниковой набивки 2 и грундбуксы (сальникового уплотнения). Грундбукса с внешней стороны имеет резьбу, при помощи которой она ввинчивается в крышку и, таким образом, уплотняет набивку.

По сравнению с вентилями задвижки создают относительно небольшое гидравлическое сопротивление, требуют меньшего усилия на открывание и закрывание, допускают протекание среды в обоих направлениях, имеют меньшую длину корпуса, могут быть изготовлены на большое проходное сечение. К недостаткам задвижек относятся более сложная, чем у вентилей, конструкция, быстрый износ уплотнительных поверхностей затвора и большой подъем затвора при полном открывании, что увеличивает ее габаритные размеры.

Краны. В качестве запорного устройства для низкого давления среды (0,3...0,5 МПа) применяются пробковые краны. Краны предназначены для быстрого открывания и закрывания прохода в трубопроводе и для регулирования расхода. Краны имеют малое гидравлическое сопротивление. Их основной недостаток – плохая герметичность.

Пробковые краны по способу уплотнения бывают натяжные (рис. 6.5, а) и сальниковые (рис. 6.5, б); по способу соединения — муфтовые и фланцевые; по материалу корпуса и пробки — чугунные, бронзовые и комбинированные (чугунный корпус с бронзовой пробкой).



Основными элементами кранов являются корпус 1 и коническая пробка 2 с отверстием для прохода газа. На четырехгранной головке 3 под ключ наносится риска, совпадающая с направлением отверстия в пробке. Если риска на головке совпадает с направлением трубопровода, на котором установлен кран, то проход для среды открыт, а если риска направлена поперек трубопровода, то проход закрыт.

В натяжных кранах в нижней части пробки есть шпилька 6 с резьбой (см. рис. 6.5, а), на которую надевается шайба 4 и накручивается гайка 5. Плотность в этих кранах обеспечивается натяжением гайки. Краны, устанавливаемые на газопроводах, должны иметь упоры, ограничивающие поворот пробки в границах 90°.

Плотность в сальниковых кранах обеспечивается сальниковой набивкой 8. Уплотнение ее осуществляется затягиванием сальника с помощью крышки 9 сальника. Для облегчения разборки сальникового крана в нижней части корпуса устанавливается отжимной болт 10.

В настоящее время пробковые краны вытесняются шаровыми, которые обеспечивают большую герметичность и меньшие усилия при открывании и закрывании, не требуют обслуживания. Одна из разновидностей шарового крана представлена на рис. 6.6.

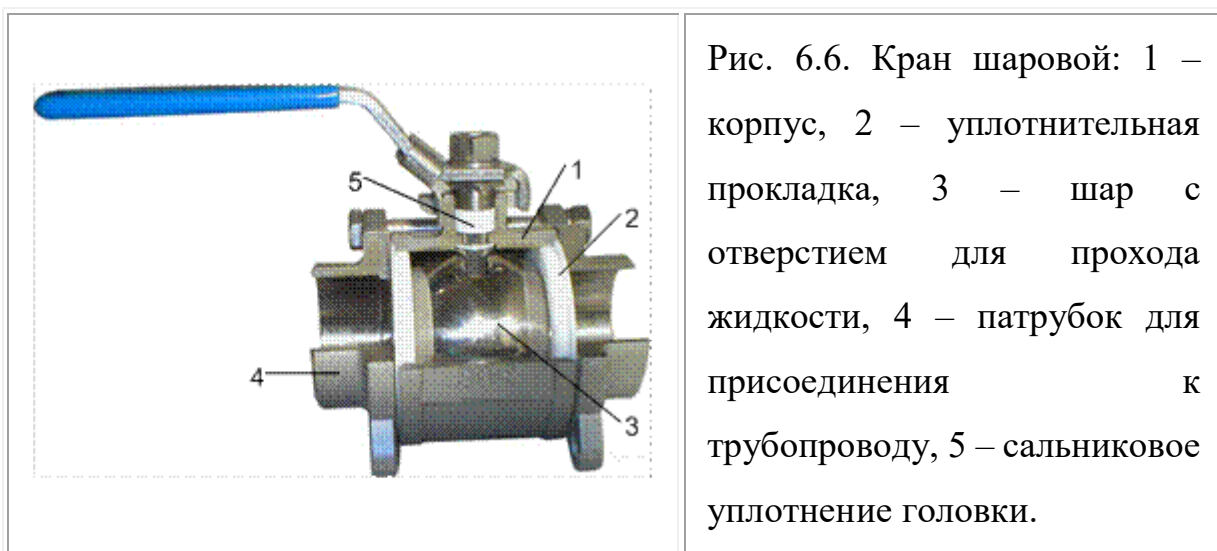


Рис. 6.6. Кран шаровой: 1 – корпус, 2 – уплотнительная прокладка, 3 – шар с отверстием для прохода жидкости, 4 – патрубок для присоединения к трубопроводу, 5 – сальниковое уплотнение головки.

Для изменения направления потоков или их смешивания промышленностью выпускаются трехходовые краны (рис. 6.7). Они используются, главным образом, в измерительной технике, но существуют трехходовые краны и для применения на технологических трубопроводах.

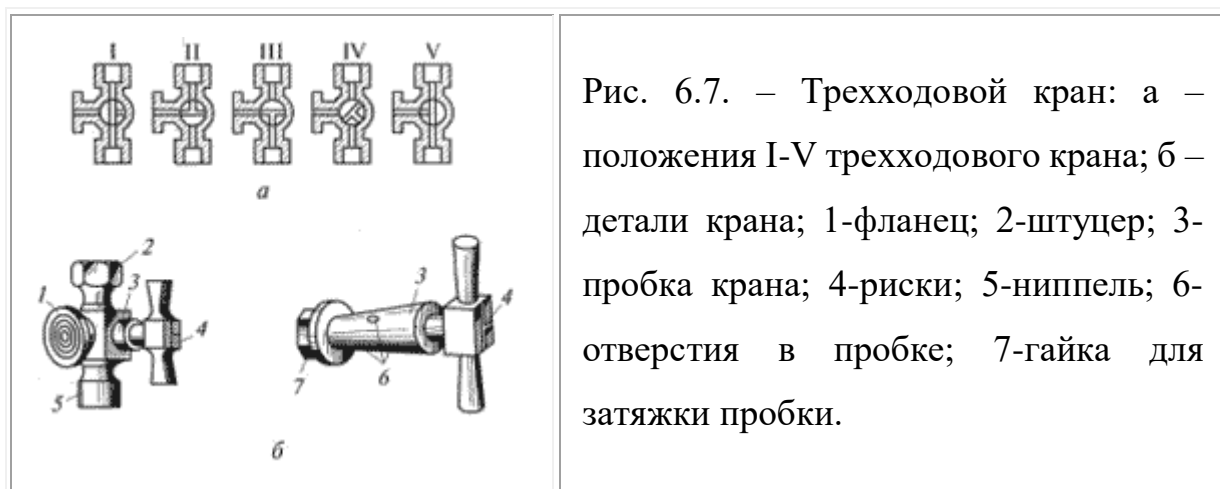


Рис. 6.7. – Трехходовой кран: а – положения I-V трехходового крана; б – детали крана; 1-фланец; 2-штуцер; 3-пробка крана; 4-риски; 5-ниппель; 6-отверстия в пробке; 7-гайка для затяжки пробки.

На ручке трехходового крана в виде буквы Т нанесены риски, совпадающие с направлениями каналов в пробке. Поворотом ручки можно соединять между собой все три входа в кран (положение V), либо попарно (положения I, II, III), либо все их разъединить (положение IV)

Дроссельная и регулирующая арматура. Для регулирования расходов жидкости или газа или снижения их давления применяют арматуру клапанного типа, в частности, вентили. Обычные вентили применяются для этих целей ограничено, так как, во-первых, изменяют расход только при малых высотах подъема клапана (до четверти диаметра седла), во-вторых, шарнирное крепление клапана затрудняет точную регулировку и, наконец, расход потока меняется не пропорционально углу поворота шпинделя.

Отличие дроссельной арматуры от обычных вентилях в том, что клапан кроме обычной запорной поверхности имеет устройство, обеспечивающее почти линейное изменение сечения для прохода

потока от угла поворота и увеличенный ход шпинделя от открытого до закрытого положения.

Для грубого регулирования расхода часто применяют дисковые (дроссельные) заслонки, которые также называют заслонками типа «бабочка» или «бабочка». Один из вариантов такой заслонки приведен на рис. 6.8.



Рис. 6.8.— Дисковая заслонка.

Арматура обратного действия(обратный клапан). Различают конструкции обратных клапанов вентильного и поворотного типов. Первый аналогичен по конструкции вентилю, но клапан в нем не зафиксирован и может свободно подниматься над седлом давлением потока, движущегося в разрешенном направлении, и придавливаться к седлу, перекрывая движение среды в обратном направлении. В клапанах поворотного типа собственно клапан расположен на петле и, поворачиваясь на ней, может открывать или закрывать проход среды.

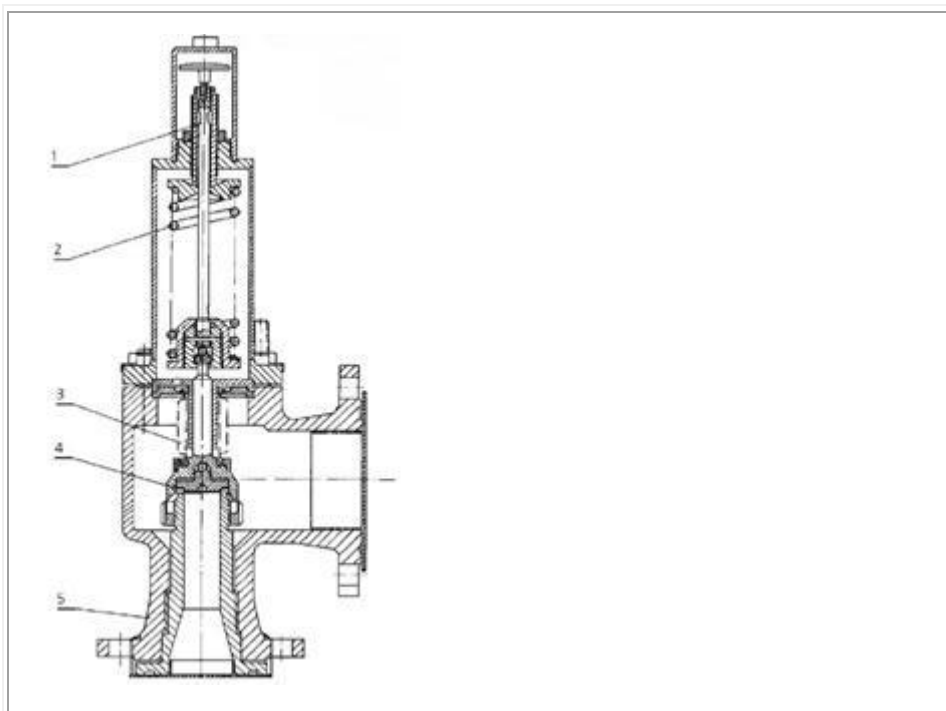


Рис. 6.9.- Предохранительный клапан пружинного типа.

Арматура предохранительная (предохранительный клапан).

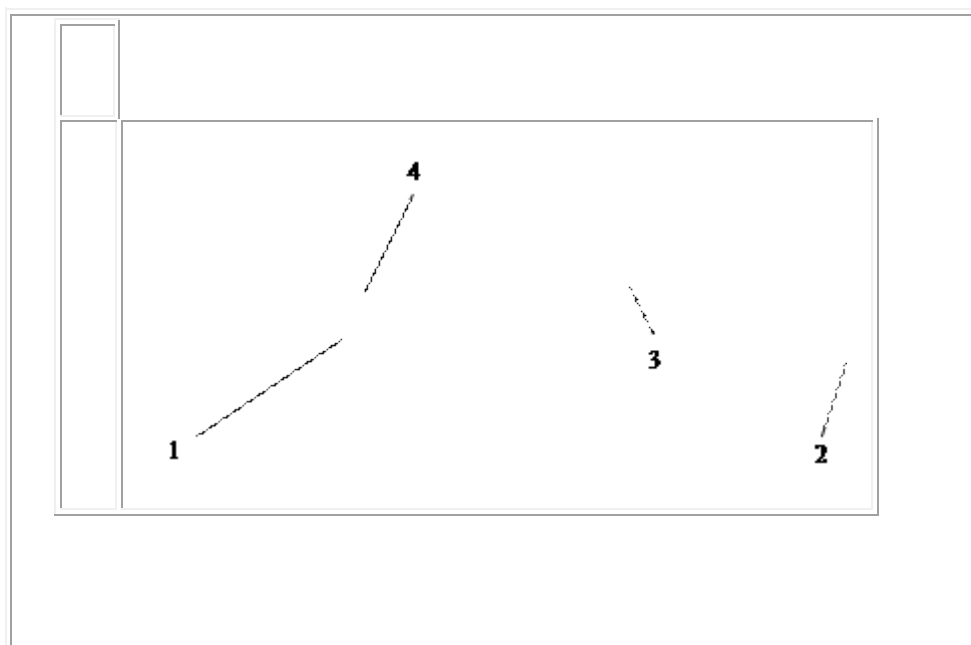
Арматура предназначена для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от подъема давления выше допустимой величины.

Наиболее распространены клапаны вентильного типа с самодействующими (прямо действующими) приводными устройствами пружинного (рис. 6.9) или грузового (рис. 6.10) типа. Самодействие – подъем затвора арматуры давлением рабочей среды без использования каких-либо дополнительных средств автоматики.

Обязательными компонентами конструкции предохранительного клапана являются корпус 1, собственно клапан, состоящий из золотника 3 и седла 4 (рис. 6.9), и задатчик (пружина) 2, обеспечивающий силовое воздействие на клапан. С помощью задатчика 2 клапан настраивается таким образом, чтобы усилие на золотнике клапана 3 обеспечивало его прижатие к седлу 4 запорного органа и препятствовало пропуску рабочей среды, в данном случае настройку производят специальным винтом 1, вращая который можно сжимать или отпускать пружину 2.

Когда предохранительный клапан закрыт, на золотник 3 воздействует рабочее давление в защищаемой системе, стремящееся открыть клапан и сила от сжатой пружины 2, препятствующая открытию. С возникновением в системе давления, превышающего допустимую величину, его воздействие на золотник преодолевает усилие сжатой пружины. Запорный орган начинает открываться и, если давление в системе не перестанет возрастать, происходит сброс рабочей среды через клапан. С понижением давления в защищаемой системе, из-за сброса среды, запорный орган клапана под действием усилия от пружины закрывается.

Пружинный клапан обладает хорошим быстродействием и обеспечивает герметичность (исключает попадание сбрасываемой среды в атмосферу помещения). В то же время, он плохо держит настройку, что обусловлено «усталостью» пружины и зависимостью создаваемого ею усилия от температуры.



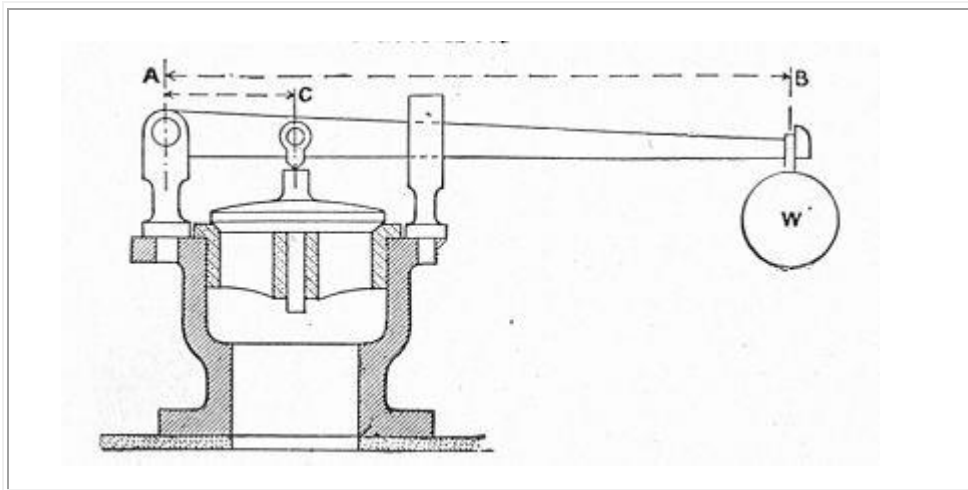


Рис. 6.10.- Предохранительный клапан грузового типа.

Этого недостатка лишен предохранительный клапан грузового типа (рис. 6.10). Он отличается от пружинного тем, что усилию на золотник 1 от давления рабочей среды противодействует сила создаваемая грузом 2, передаваемая через рычаг 3 на шток 4 клапана. Настройка таких клапанов на давление открытия производится фиксацией груза определённой массы на плече рычага.

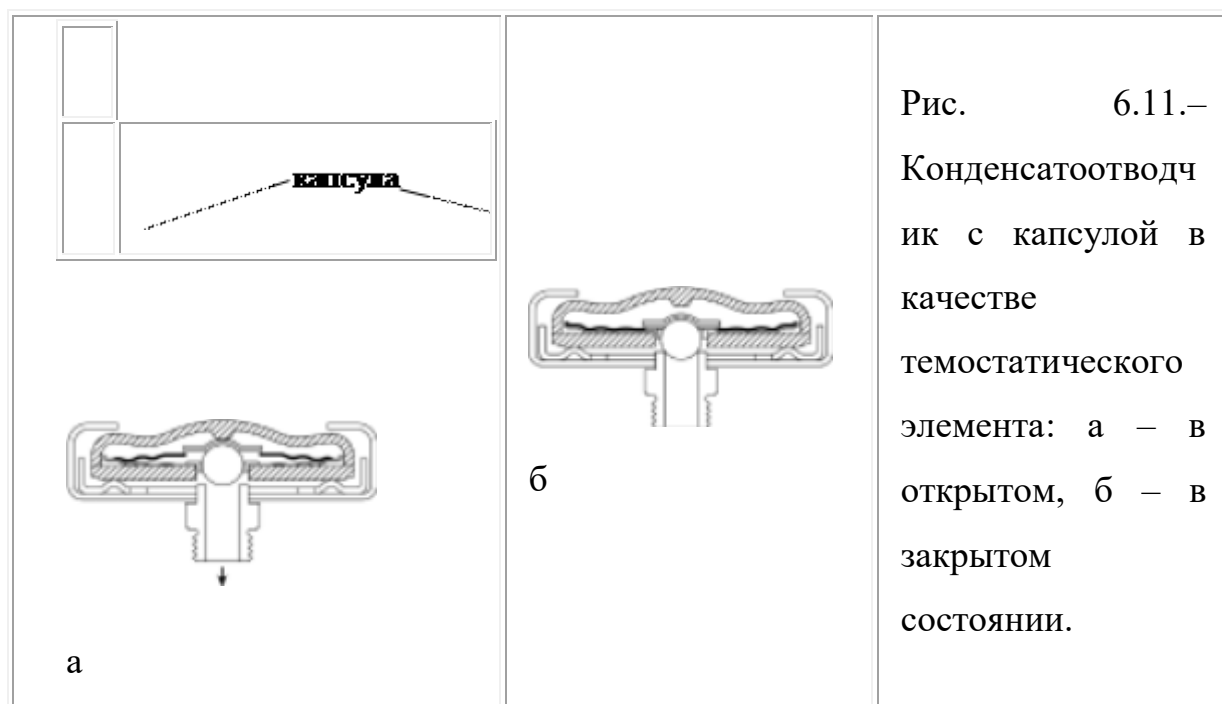
Недостатками грузового клапана являются: замедленное в сравнении с пружинным открытие (из-за большой инерции системы из груза, рычага и золотника) и неизбежность попадания сбрасываемой среды в атмосферу.

Конденсатоотводчики. Конденсатоотводчики предназначены для автоматического отделения конденсата от пароводяной эмульсии и выпуска его из системы. Конденсат образуется в теплообменниках и при прогреве трубопроводов и установок когда часть пара превращается в воду. Конденсатоотводчик должен выпускать воду и задерживать пар, что осуществляется с помощью гидравлического или механического затвора.

В различных конструкциях конденсатоотводчиков для отделения конденсат от пара используется различие их физических свойств: плотности, температуры или удельного объема.

Типы конденсатоотводчиков.

Термостатические конденсатоотводчики реагируют на разницу температуры пара и конденсата. Пар отдает свое тепло в нагревательном устройстве, образуя конденсат при температуре пара. Из-за потерь тепла температура конденсата падает. Термостатический конденсатоотводчик пропускает конденсат при возникновении этой разницы температур. Как только в конденсатоотводчик попадает пар, температура возрастает и конденсатоотводчик закрывается. На рис. 6.11 показан рабочий элемент одного из вариантов термостатического конденсатоотводчика в открытом (рис. 6.11, а) и закрытом (рис. 6.11, б) состоянии.



Термостатический элемент представляет собой капсулу, заполненную специальной жидкостью, имеющей точку кипения ниже, чем у воды. В холодном состоянии капсула "сжата" и шарик в ее нижней части открывает клапан конденсатоотводчика, позволяя конденсату свободно уходить. Когда конденсат проходит через конденсатоотводчика, он

омывает капсулу, нагревая жидкость в ней. Жидкость в капсуле вскипает до того, как до конденсатоотводчика дойдет пар. Давление внутри капсулы увеличивается, гибкая пластина изгибается и шарик закрывает клапан. Теперь конденсатоотводчик остывает и в определенный момент капсула опять "сожмется", шарик откроет клапан и процесс повторится снова.

Механические конденсатоотводчики реагируют на разницу плотности пара и конденсата. Эти конденсатоотводчики разделены на две категории: с шаровым поплавком (рис. 6.12) и с поплавками в виде стакана. Выпускаются две разновидности таких устройств: с открытым и с перевернутым стаканом. В конденсатоотводчике с шаровым поплавком (рис. 6.12) поплавок 1 всплывает при наличии конденсата 3 и открывает клапан 2, который выпускает конденсат.

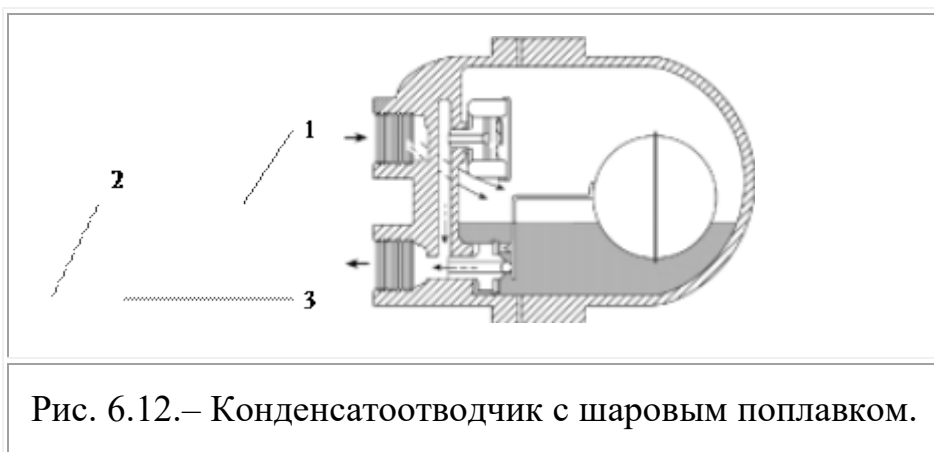


Рис. 6.12.— Конденсатоотводчик с шаровым поплавком.

Что касается конденсатоотводчика с поплавком типа открытый или перевернутый стакан, то поплавок в нем всплывает, когда конденсат из стакана вытесняется паром. При этом он закрывает клапан. Когда же стакан заполняется конденсатом, он тонет и открывает клапан.

Термодинамические конденсатоотводчики реагируют на разницу скоростей пара и конденсата. Работа термодинамических конденсатоотводчиков частично зависит от образования вторичного пара. Эта группа включает в себя термодинамические дисковые,

импульсные и лабиринтные конденсатоотводчики. Все рассчитаны на то, что горячий конденсат вскипает и образует пароводяную смесь.

Одна из разновидностей такого конденсатоотводчика представляет собой трубку, в которую впаяны чередующиеся диски и диафрагмы. Это устройство оказывает незначительное гидравлическое сопротивление выходу конденсата и весьма значительное, если в него поступает пар.

Места установки контрольно-измерительных приборов на трубопроводах и предохранительных клапанов и принципы их действия

Основными приборами и средствами, обеспечивающими безопасную эксплуатацию котлов и автоклавов, являются манометры, указатели воды, предохранительные клапаны, регулирующая арматура и автоматические устройства безопасности. На рис. представлена схема расположения арматуры и контрольно-измерительных приборов на котлах.

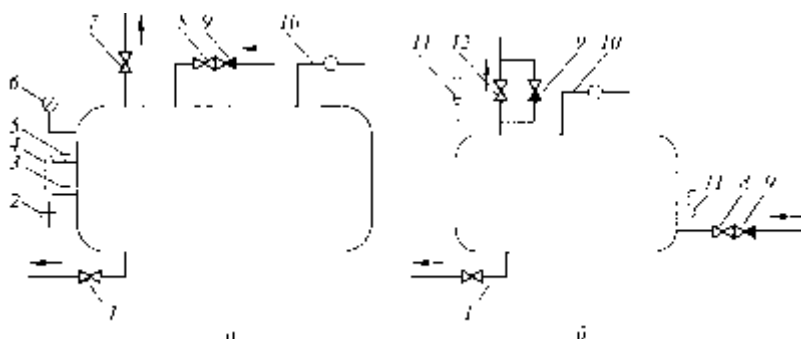


Рис. Расположение арматуры и контрольно-измерительных приборов на котлах: а - паровом; б - водяном; 1 - вентиль для спуска воды; 2 - спускной кран для продувки; 3 - водяной кран; 4 - указатель уровня воды; 5 - паровой кран; 6 - манометр; 7 - парозапорный вентиль; 8 - питательный вентиль; 9 - обратный клапан; 10 - предохранительный клапан; 11 - термометр; 12 - водоразборный вентиль

Основными приборами для контроля давления в котлах и автоклавах являются манометры. По назначению и конструктивным особенностям манометры делят на манометры показывающие - для определения давления визуально;

манометры сигнализирующие (электроконтактные) - для замыкания или размыкания электрических цепей при достижении в оборудовании заданных значений избыточного давления; манометры самопишущие - для измерения и регистрации избыточного давления в аппарате на протяжении полного цикла тепловой обработки продуктов.

Для сигнализации давления и управления блокировкой безопасности иногда используют мембранные реле давления. При тепловой обработке пищевой продукции в автоклавах требуется строго соблюдать режим подъема, выдержки и снижения температуры, что определяет качество выпускаемой продукции. В связи с этим автоклавы оснащают программными регуляторами или автоматическими системами теплового регулирования, которые обеспечивают автоматизацию режима тепловой обработки.

Принцип действия показывающего манометра (рис.) основан на растяжении трубчатой пружины избыточным давлением.

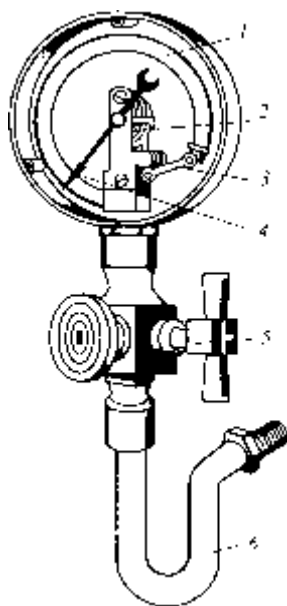


Рис. Показывающий манометр: 1 - пустотелая трубка; 2 - зубчатый сектор; 3 - тяга; 4 - стрелка; 5 - трехходовое устройство; 6 - сифонная трубка

Пустотелая металлическая трубка заполнена конденсатом и соединена через сифонную трубку с паровым пространством котла или автоклава. При повышении давления пара трубка выпрямляется. К верхнему свободному концу ее прикреплена тяга, связанная с зубчатым сектором. Тяга поворачивает

сектор, взаимодействующий с шестеренкой, сидящей на оси, на которой укреплен стрелка. При повороте оси стрелка отклоняется и показывает давление на шкале манометра. Между манометром и сифонной трубкой устанавливают трехходовое устройство для подключения, отключения и проверки манометра.

Манометры сигнализирующие (электроконтактные), действующие при определенных значениях давления, применяют для электрической сигнализации, блокировки и автоматического управления. Сигнализирующие манометры отличаются от показывающих манометров лишь специальными электрическими контактами.

Принцип действия такого манометра заключается в том, что если давление пара в измеряемом пространстве уменьшится и достигнет того минимального значения шкалы, на которой установлен первый контакт, стрелка замкнет цепь и выключит лампочку зеленого цвета. Если же давление увеличится, то стрелка замкнет второй контакт - цепь красной лампочки.

Для непрерывного контроля тепловой обработки пищевой продукции и записи давления пара внутри автоклава устанавливают самопишущие манометры. Действие манометра основано на уравнивании измеряемого давления пара силой упругой деформации трубчатой пружины. Раскручивание пружины, вызванное изменением давления, передается при помощи передаточного механизма на перо прибора, записывающее на дисковой диаграмме измеряемое давление.

Манометры можно устанавливать на штуцере корпуса оборудования, на трубопроводе до запорной арматуры или на пульте управления. Манометр должен быть расположен так, чтобы показания его были отчетливо видны обслуживающему персоналу; при этом шкала его должна находиться в вертикальной плоскости или быть наклонена в сторону площадки обслуживания до 30° .

Манометр нельзя применять, если:
отсутствуют пломба или клеймо;

просрочен срок проверки;

стрелка манометра при его включении не возвращается на нулевую отметку шкалы;

разбито стекло;

есть другие повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Проверяют манометры, опломбируют их или клеймят не реже одного раза в год. Кроме того, не реже одного раза в шесть месяцев предприятие должно дополнительно проверять рабочие манометры контрольным манометром с записью результатов в журнал контрольных проверок.

Одним из наиболее чувствительных приборов, измеряющих давление, является реле давления. Этот прибор служит для включения и выключения электрической цепи блокировки безопасности, исключающей возможность открытия крышки при наличии давления в оборудовании.

На рис. показан общий вид реле давления.

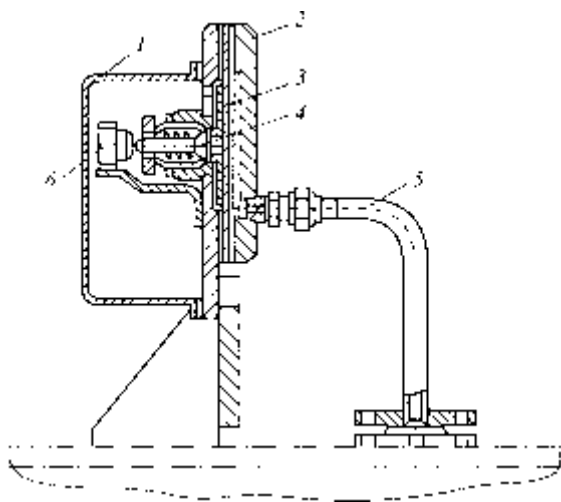


Рис. Схема реле давления: 1 - кожух; 2 - крышка; 3 - резиновая мембрана; 4 - шток; 5 - штуцер; 6 - микропереключатель

Чувствительным элементом реле является резиновая мембрана, зажатая между нижней плитой и крышкой. Давление, подводимое к штуцеру, изгибает мембрану. Под действием мембраны, преодолевая сопротивление пружины, поднимается шток, который действует на микропереключатель, замыкает электрическую цепь управления. Микровыключатель закрывается кожухом.

Указатели уровня воды предназначены для предупреждения утечки воды или переполнения котла. У водогрейных котлов на выходе воды из котла устанавливают паровой кран. На водоуказательных приборах должны быть указаны нижний и высший уровни. Запорная арматура служит для отключения от котла и продувки прибора.

Для предупреждения аварий и взрывов аппаратов, работающих под давлением, служат автоматические предохранительные клапаны (рис.).

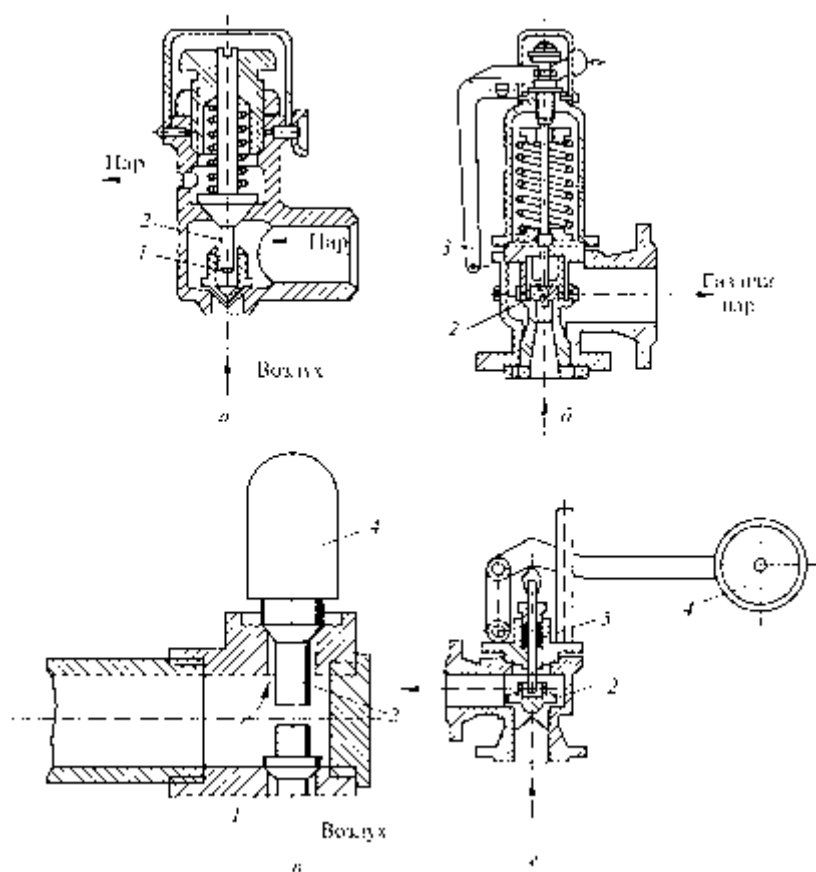


Рис. Конструктивные схемы предохранительных клапанов: а - двойного пружинного; б - пружинного рычажного; в - двойного грузового; г - грузового рычажного: 1 - атмосферный клапан; 2 - паровой клапан; 3 - рычаг для продувки; 4 - груз; 5 - сальниковое уплотнение

При увеличении давления газа или пара в аппарате выше установленного предела приподнимается клапан и давление снижается. Сминание паровой рубашки аппарата в результате конденсации пара предохраняется вакуумным клапаном, приподнимающимся под действием разности между атмосферным давлением и давлением в паровой рубашке.

Пропускную способность предохранительных клапанов и их число выбирают так, чтобы в сосуде не создавалось давление, превышающее избыточное рабочее давление более чем на 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) при избыточном рабочем давлении в сосуде до 0,3 МПа (3 кгс/см²) включительно, на 15 % - при избыточном рабочем давлении в сосуде до 6,0 МПа (60 кгс/см²) включительно и на 10% - при избыточном рабочем давлении в сосуде свыше 6,0 МПа (60 кгс/см²). Давление настройки предохранительных клапанов должно быть равно рабочему давлению в сосуде или превышать его, но не более чем на 25 %.

Предохранительные клапаны размещают в местах, доступных для осмотра. Рабочую среду, выходящую из предохранительного клапана, отводят в безопасное место, удаленное от рабочей зоны.

Различают полноподъемные предохранительные клапаны, у которых $h \geq 1/4 d$, и низко подъемные, у которых $h \geq 1/20d$, где h - высота подъема тарелки клапана, d - диаметр тарелки клапана. В верхних частях полноподъемных предохранительных клапанов устанавливают вторые тарелки. При повышении давления в сосуде сверх допустимого пар выходит через пространство, образующееся между нижней тарелкой и седлом, и, двигаясь с большой скоростью, оказывает динамическое воздействие на верхнюю тарелку, имеющую больший диаметр, в результате чего клапан поднимается до отказа. При одинаковом диаметре клапана и одном и том же давлении пара пропускная способность полноподъемного клапана больше, чем низкоподъемного.

Схема сил, действующих на рычаг предохранительного клапана, показана на рис.

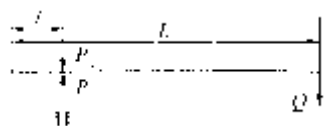


Рис. Схема сил, действующих на рычаг предохранительного клапана

Регулирующая арматура, установленная на оборудовании, работающем под давлением, предназначена для настройки и поддержания требуемого режима (температуры, давления) при тепловой обработке пищевой продукции, а также для предохранения его от аварий из-за повышения давления в паровой магистрали.

От качества работы регулирующих устройств во многом зависят точность поддержания установленных параметров и надежность работы всей системы, работающей под избыточным давлением.

Материал и конструкция регулирующей арматуры должны отвечать следующим требованиям:

детали, образующие проходное сечение, должны иметь достаточную стойкость против эрозионного износа;

ширина и высота регулируемого сечения и величины полного хода клапана должны обеспечивать необходимую точность регулирования;

регулирующие клапаны должны обеспечивать минимально возможный пропуск рабочей среды в закрытом положении;

конструкция регулирующих клапанов должна быть такой, чтобы ход подвижных частей был плавным, без максимальных усилий.

Все котлы и автоклавы, рассчитанные на давление, которое меньше давления в подводящем паропроводе от парогенераторов, должны быть оснащены редуцирующим устройством, автоматически перепускающим жидкость (пар) из полости более высокого давления в полость более низкого давления с поддержанием постоянства давления в одной из полостей. Редукционный клапан устанавливают на горизонтальном участке трубопровода.

Подготовка клапана к работе заключается в следующем. Сначала вывертывают пробку из корпуса и заливают в него воду до уровня отверстия, после чего пробка плотно завинчивается. Пружина при этом должна быть ослаблена. Далее открывают впускную задвижку и подтягивают пружину. Задвижка выпуска пара при этом должна быть закрыта. Затем осуществляют натяжение пружины таким образом, чтобы выпуск пара через

предохранительный клапан при закрытой выпускной задвижке был небольшим, и полностью открывают впускную задвижку. После этого постепенно открывают задвижку для выпуска пара.

Регулирующие клапаны с пневматическим мембранным исполнительным механизмом предназначены для регулирования различных технологических параметров (давления, расхода пара или воды, температуры), а также служат запорными органами в схемах блокировочных устройств. Устанавливают эти клапаны на присоединительных трубопроводах сосудов.

Принцип работы такого клапана основан на использовании давления рабочей среды (пара, воды и т. п.) в мембранной полости.

Под действием давления в корпусе мембрана прогибается и воздействует на толкатель, который, сжимая пружину посредством штока, открывает клапан для пропуска пара в сосуд. В нужный период времени подача давления в корпус прекращается, толкатель под действием пружины возвращает мембрану в исходное положение, а клапан перекрывает доступ пара в сосуд.

Для удаления из котлов и автоклавов конденсата, образующегося во время технологической обработки пищевых продуктов паром, применяют конденсатоотводящие устройства - конденсационные горшки, конденсатоотводчики непрерывного действия.

На рис. приведена конструктивная схема конденсационного горшка с закрытым поплавком.

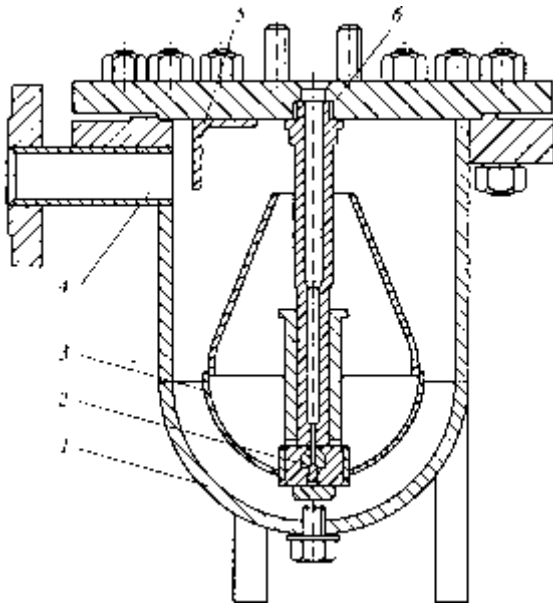


Рис. Конденсационный горшок: 1 - корпус, -2 - поплавок; 3 - отражательный угольник (козырек); 4 - штуцер для входа конденсата; 5 - клапан; 6 - регулировочный клапан

Конденсат из сосуда через входной штуцер поступает в корпус и заполняет пространство между поплавком и корпусом. Для предупреждения попадания конденсата непосредственно в поплавок против входного штуцера установлен отражательный угольник. По мере заполнения горшка водой поплавок всплывает и клапан перекрывает выходной канал в штуцере. При дальнейшем заполнении горшка вода достигает верхней кромки поплавка и постепенно его заполняет. Поплавок, наполненный водой, тонет, и клапан открывает выходной канал в штуцере. Вода, находящаяся в поплавке, под давлением пара удаляется через выходное отверстие в отводящую трубу. По мере удаления из корпуса конденсата поплавок всплывает, его клапан снова закрывает канал для выхода пара.

На предприятиях с целью повышения культуры производства и безопасной эксплуатации системы, работающей под давлением, используют автоматизированную конструкцию непрерывного выпуска конденсата из сосуда (рис.).

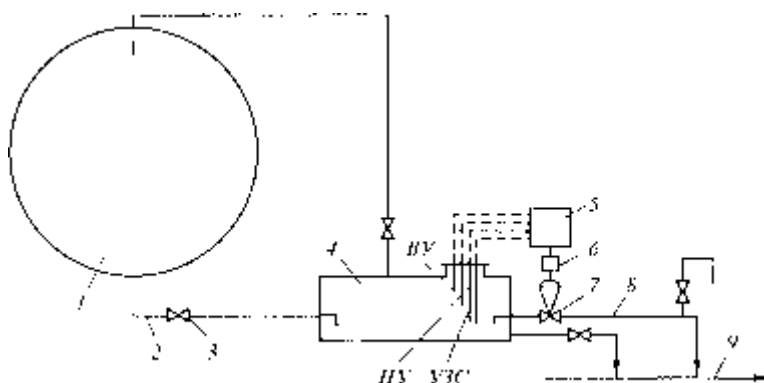


Рис. Схема автоматизированной системы непрерывного выпуска конденсата из оборудования, работающего под давлением: 1 - оборудование (котел, автоклав); 2 - трубопровод; 3 - вентиль; 4 - накопитель; 5 - электронный блок; 6 - преобразователь; 7 - клапан; 8 - трубопровод для удаления конденсата; 9 - конденсационная линия

Принцип ее работы заключается в следующем: конденсат из котла (автоклава) при открытом вентиле по трубопроводу поступает в накопитель и при соприкосновении конденсата с датчиком нижнего уровня (НУ) включает в работу электронный блок. При дальнейшем повышении уровня конденсата до датчика верхнего уровня (ВУ) замыкается электрическая цепь и подается питание электропневматическому преобразователю, который обеспечивает подачу воздуха в мембранную полость клапана с мембранным исполнительным механизмом. Этот клапан открывается, и конденсат из накопителя удаляется в конденсаторную линию. В дальнейшем при понижении уровня конденсата ниже датчика НУ электрическая цепь размыкается, и электропневматический преобразователь отключает подачу воздуха к клапану, который закрывается, удаление конденсата прекращается. Датчик УЗС контролирует допустимый уровень конденсата.

Котлы с камерным сжиганием топлива оборудуют устройствами, автоматически прекращающими подачу топлива к горелкам при снижении уровня воды ниже допустимого предела. На рис. представлена принципиальная схема работы такого устройства.

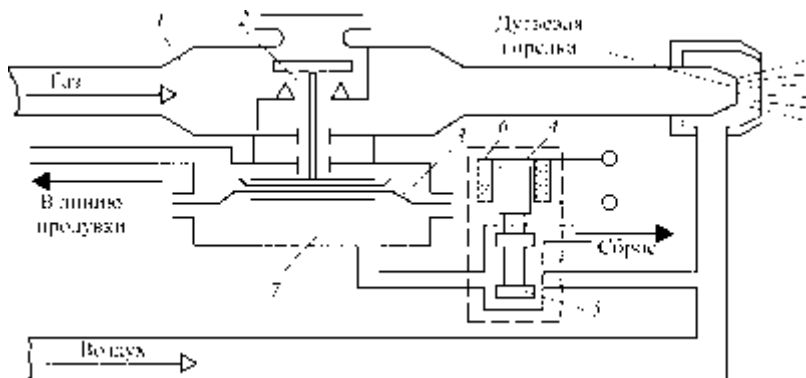


Рис. Схема блокировки подачи топливного газа к горелкам: 1 - автомат блокировки; 2 - штук с клапаном; 3 - мембрана; 4 - электромагнитный клапан; 5 - золотник; 6 - катушка электромагнита; 7 - подмембранное пространство

При уменьшении подачи воздуха в топку в подмембранном пространстве образуется разрежение, мембрана опускается и закрывает клапан на линии подачи газа. Для того чтобы исключить возможность разрежения под мембраной, верхняя ее часть продувается газом.

Для предотвращения аварий при эксплуатации паровых котлов на предприятиях действуют автоматические системы регулирования подачи воды в котлы и сигнализации предельных уровней.

Большинство сигнализаторов уровня воды с автоматическим регулированием ее подачи основано на принципе электропроводности воды. При понижении воды в котле ниже установленного предела электрическая цепь размыкается, звуковая сигнализация свидетельствует об утечке воды. Одновременно автоматически включается питательный насос. При повышении установленного уровня воды в котле питательный насос автоматически отключается.

В целях надежной работы паровых котлов устанавливают не менее двух независимых друг от друга питательных насосов.

В автоклавных установках применяют автоматические устройства контроля теплового режима обработки пищевой продукции -программные регуляторы температуры и автоматические системы теплового регулирования.

Программный регулятор (рис.) предназначен для контроля и автоматического регулирования температуры по заданной программе в процессе обработки продуктов.

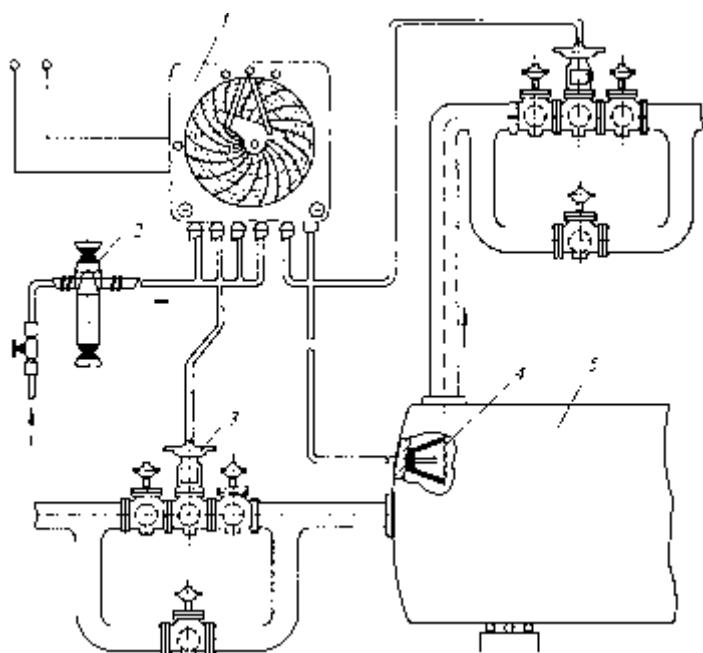


Рис. Схема программного регулятора температуры: 1 - манометрический термометр; 2 - фильтр; 3 - регулирующие клапаны; 4 - термобаллон; 5 - автоклав

Измерительной системой регулятора служит манометрический термометр, который заполнен маловязкой жидкостью (ксилолом) и герметично закрыт. Программный регулятор получает сжатый воздух от компрессора, который включается с помощью регулятора давления воздуха. Воздух очищается в фильтре и поступает в программный регулятор. Принцип действия программного регулятора температуры основан на расширении жидкости при нагревании. Термобаллон установлен внутри автоклава. При изменении температуры рабочей среды изменяется давление жидкости внутри манометрического термометра. Эти изменения регистрируются на дисковой диаграмме термометра.

По диаграмме можно определить, какие были колебания давления и температуры в отдельные периоды времени, когда именно понижалась температура и т. д. При всяком отклонении температуры от заданной подается

команда, сжатый воздух воздействует на регулирующие клапаны, которые изменяют количество пара, подаваемого в автоклав.

Автоматическая система теплового регулирования автоклавов состоит из комплекта регулирующих и измерительных приборов с унифицированным выходным сигналом постоянного тока и предназначена для программного регулирования, контроля, сигнализации, записи температуры и давления в автоклаве.

Принцип действия системы основан на преобразовании давления пара и соответственно температуры в унифицированный сигнал постоянного тока, который поступает от манометра и программного датчика в регулирующий прибор. Манометр является бесшкальным датчиком давления и служит для преобразования измеряемого давления рабочей среды в пропорциональный унифицированный сигнал постоянного тока.

Программный датчик вырабатывает электрический сигнал постоянного тока, который, согласно программе, изменяется во времени. По сигналам манометра и датчика регулирующий прибор управляет исполнительными механизмами. Когда поступает сигнал от регулирующего прибора, срабатывает пневматический золотник и сжатый воздух через каналы золотника поступает в мембранную полость регулирующего клапана. Клапан открывается и пропускает пар в автоклав до тех пор, пока температура в автоклаве не превысит установленного значения.

При повышении давления и температуры пара в автоклаве по сигналам манометра и программного датчика регулирующий прибор будет воздействовать на золотник, и он перекроет канал, по которому воздух поступает в мембранную полость клапана. Клапан под действием пружины закроется, и поступление пара в автоклав прекратится. При понижении температуры в автоклаве, ниже заданной процесс повторяется.