

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

**ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

*к выполнению лабораторных работ*

*для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
(профиль «Проектирование, строительство и эксплуатация  
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»)  
всех форм обучения*

Воронеж 2022

УДК 692.2(07)  
ББК 38.763я7

**Составители:**

*Г. А. Кузнецова, С. О. Харин*

**Газораспределительные системы:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» (профиль «Проектирование, строительство и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Г. А. Кузнецова, С. О. Харин. – Воронеж, Изд-во ВГТУ, 2022. – 37 с.

В методических указаниях приводятся основные методики прокладки трубопроводов в нормальных условиях, в горных условиях и на болотах.

Предназначены для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» (профиль «Проектирование, строительство и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_ЛР\_ГРС.pdf.

Ил. 15. Библиогр.: 7 назв.

**УДК 692.2(07)**  
**ББК 38.763я7**

*Рецензент – Б. А. Попов, канд. с.-х. наук, доц. кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ*

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении дисциплины «Газораспределительные системы» для бакалавров направления 21.03.01 Нефтегазовое дело всех форм обучения студенты должны выполнить лабораторные работы.

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ГАЗОВАЯ ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА

**Цель работы:** изучение конструкции различных видов запорной арматуры.

**Программа работы:**

- ознакомиться с различными видами запорной арматуры, применяемыми при газоснабжении объектов;
- определить материалы, из которых детали изготовлены;
- составить отчет, в котором привести эскиз арматуры, указать назначение каждого вида арматуры,  $D_y$  и  $P_y$ , строительные размеры, материал каждой детали.

#### **Теоретические положения**

Трубопроводной арматурой называют устройства, монтируемые на трубопроводах, емкостях, аппаратах и других установках, предназначенные для распределения потоков по требуемым направлениям, регулирования различных параметров среды (давления, расхода) и т.д.

Основными общими параметрами трубопровода и арматуры являются условный диаметр прохода  $D_y$  и условное давление  $P_y$  [1]. Условный диаметр прохода  $D_y$  – величина, условно характеризующая внутренний диаметр элемента трубопровода, необязательно совпадающая с его действительным внутренним диаметром. Если два элемента имеют одинаковые  $D_y$ , то их присоединительные размеры обеспечивают стыковку. Условное давление  $P_y$  – величина, характеризующая пригодность элемента для надежной эксплуатации при данных рабочих параметрах среды. При рабочей температуре меньше 200°C условное давление равно рабочему ( $P_y = P_p$ ); при более высокой температуре значение  $P_y > P_p$ . Арматура состоит в основном из запорного или дроссельного устройства и привода. Эти устройства представляют собой закрытый крышкой корпус, внутри которого перемещается затвор. Корпус имеет два или более присоединительных конца, при помощи которых он крепится на трубопроводе.

Газ, протекающий через запорное или дроссельное устройство, должен быть герметично изолирован от внешней среды, то есть не должен выходить наружу. Перемещением затвора внутри корпуса относительно его седла изме-

няют площадь прохода для газа, в результате чего изменяется гидравлическое сопротивление.

Седлом называют часть внутренней поверхности корпуса или специальную деталь, с которой сопрягается затвор в закрытом положении.

Устройство называется запорным, если оно предназначено для герметичного разобщения одной части трубопровода или аппарата от другой, и дроссельным, если его основное назначение заключается в точном регулировании площади прохода – гидравлического сопротивления. В запорных устройствах поверхности затвора и седла, соприкасающиеся во время отключения частей трубопровода, называются уплотнительными; в дроссельных устройствах поверхности затвора и седла, образующие регулирующий орган для среды, называются дроссельными.

По функциональному назначению арматура подразделяется на следующие основные классы [2]:

- запорная;
- регулирующая;
- предохранительная и защитная;
- контрольная.

Запорная арматура, предназначенная для полного перекрытия потока среды, подразделяется по ГОСТ Р 52720-07 на следующие типы:

- задвижки;
- краны;
- клапаны;
- затворы дисковые.

Тип арматуры характеризует взаимодействие подвижного элемента затвора (запирающего органа) с потоком рабочей среды и определяет основные конструктивные особенности трубопроводной арматуры. Перечисленные типы арматуры имеют наиболее широкое распространение – около 80% всего количества применяемых изделий; в настоящей работе рассматривается этот класс арматуры.

### ***Основные типы запорной арматуры***

#### **а) Задвижки.**

ГОСТ 9698-86 Задвижка – широко применяемое запорное устройство, в котором перекрытие прохода осуществляется поступательным перемещением затвора (диска) в направлении, перпендикулярном движению потока транспортируемой среды.

Принципиальная особенность задвижек заключается в том, что при их закрывании запорный элемент не преодолевает заметные усилия от давления среды, так как он двигается поперек потока. В задвижках при закрывании необходимо преодолеть только трение. Площадь уплотнительных поверхностей задвижек невелика – два узких кольца вокруг прохода. Благодаря этому в задвижках легко обеспечивается относительно надежная герметичность. Разнообразные по конструкции задвижки подразделяются на клиновые (рис. 1.1) и параллельные (рис. 1.2). В зависимости от конструкции системы «винт-ходовая

гайка» и от расположения ходовой гайки различают задвижки с выдвижным и невыдвижным шпинделем. В задвижках с невыдвижным шпинделем последний вращается вместе с маховиком. На конце шпинделя и на дисках есть резьба. При вращении маховика и шпинделя, диски по резьбе поднимаются или опускаются, открывая или закрывая проход. В задвижках с выдвижным шпинделем маховик закреплен на корпусе так, что при его вращении шпиндель вывинчивается или ввинчивается по резьбе в маховике, увлекая за собой укрепленные на нем диски. По выступающему над маховиком размеру  $l$  шпинделя можно оценить, открыта эта задвижка или нет. Параллельные задвижки изготавливаются с  $D_y = 50; 80; 100; 125; 150; 200; 300$  и  $400$  мм.

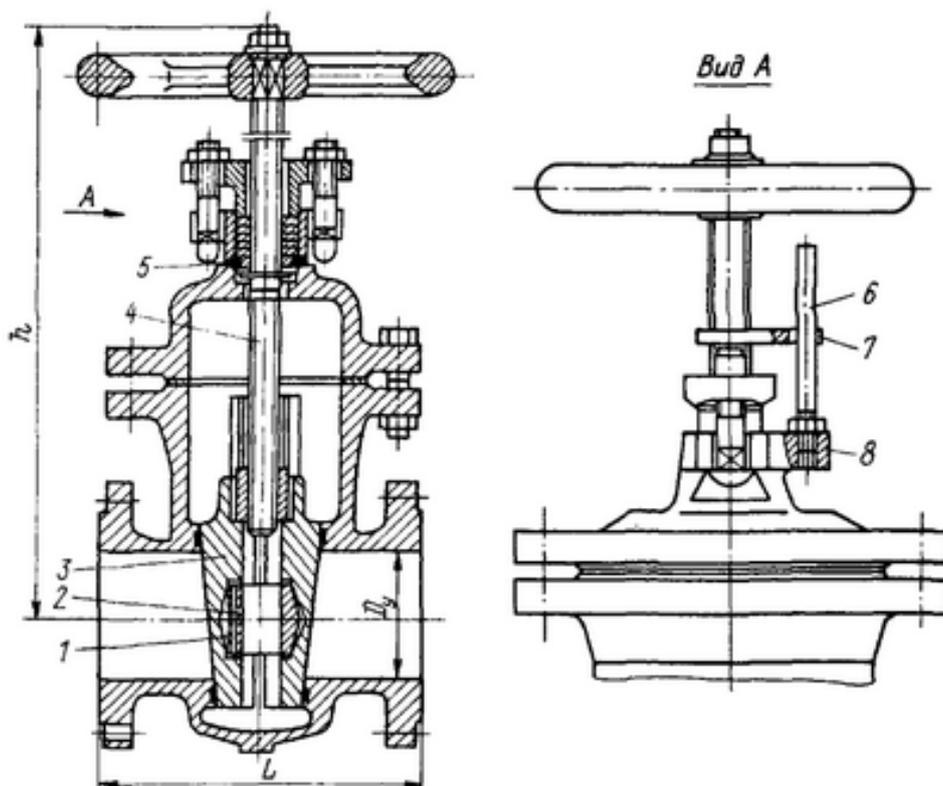


Рис. 1.1 Задвижка клиновая с невыдвижным шпинделем 30ч47кб4:

1 – регулировочная прокладка; 2 – вкладыш; 3 – диск клинового затвора; 4 – шток;  
5 – уплотнительное кольцо; 6 – стержень; 7 – диск; 8 – выступ сальниковой гайки

Стальные клиновые задвижки изготавливаются без редуктора с  $D_y = 50-250$  мм; с редуктором с  $D_y = 300; 400$  мм и с электроприводом с  $D_y = 500-1200$  мм. Седла или уплотнительные поверхности, параллельные уплотнительным поверхностям затвора диска, в клиновых задвижках расположены под некоторым углом к направлению перемещения затвора, который называют клином.

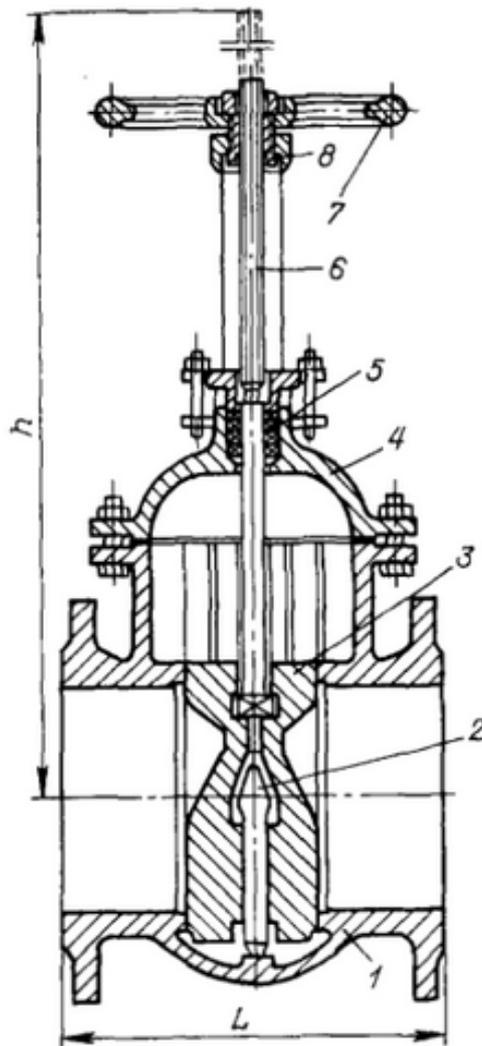


Рис 1.2 Задвижка параллельная с выдвижным шпинделем 30ч7бк:  
 1 – корпус; 2 – распорный клин; 3 – двухдисковый затвор; 4 – крышка;  
 5 – сальник; 6 – шпindelь; 7 – маховик; 8 – резьбовая втулка

Преимущества задвижек такой конструкции – повышенная герметичность прохода в закрытом положении, а также незначительные усилия, необходимые для обеспечения уплотнения. Недостатки – повышенный износ уплотняющих кромок затвора, а также технологические трудности получения герметичности в затворе. Уплотнение шпинделя в местах прохода через крышку корпуса в обоих случаях производится сальниковой набивкой. На рис.1.1 и рис.1.2 показаны конструкции соответственно клиновых и параллельных задвижек с выдвижным и невыдвижным шпинделями.

б) Краны конусные и шаровые.

ГОСТ 9702 – 87 Краны – это запорные устройства, в которых подвижная деталь затвора (пробка) имеет форму тела вращения с отверстием для пропуска потока и при перекрытии потока вращается вокруг своей оси. Любой кран имеет две основные детали: неподвижную – корпус и вращающуюся – пробку.

В зависимости от геометрической формы уплотнительных поверхностей затвора краны разделяются на два основных типа: конусные и шаровые.

Конусные краны представляют собой проходной кран, имеющий входной и выходной патрубки, расположенные на одной оси. Они позволяют поворотом пробки на  $90^\circ$  легко осуществлять управление потоком газа, имеют низкий коэффициент гидравлического сопротивления.

В последнее время широкое применение получили шаровые краны (рис.1.3), обладающие всеми основными преимуществами конусных – простота конструкции, прямооточность, низкое гидравлическое сопротивление, постоянство взаимного контакта уплотнительных поверхностей.

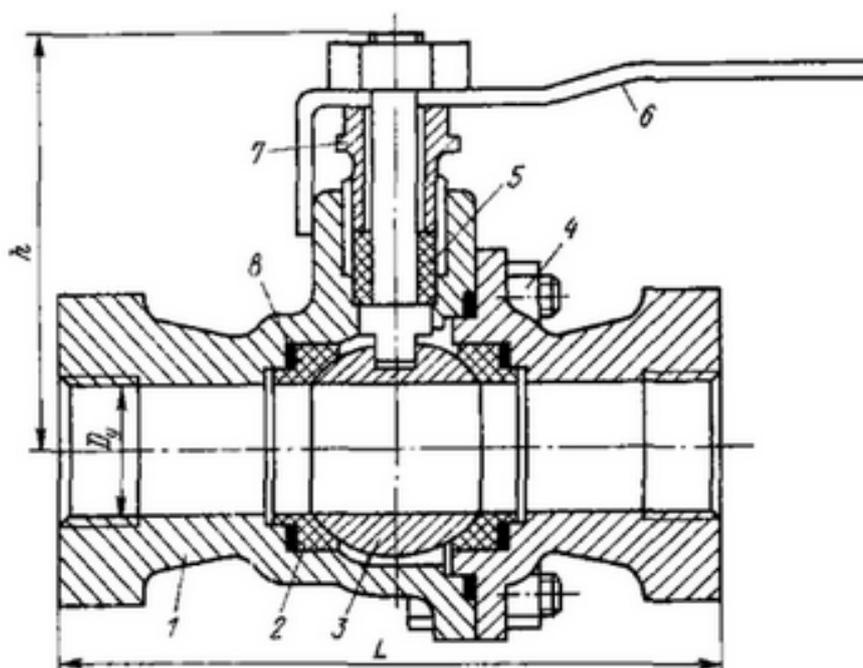


Рис 1.3 Кран шаровой сальниковый муфтовый 11ч38п1:

- 1 – корпус; 2 – фторопластовое кольцо; 3 – шаровая пробка; 4 – соединительные болты; 5 – сальниковая набивка; 6 – рукоятка; 7 – сальниковая гайка; 8 – резиновая прокладка

В то же время отличаются от них следующим: пробка и корпус благодаря сферической форме имеют меньшие габаритные размеры и массу, большую прочность и жесткость, меньшую трудоемкость в изготовлении (при наличии технологического оборудования), что объясняется отсутствием весьма трудоемких механической обработки и особенно притирки уплотнительных поверхностей корпуса и пробки.

Шаровые краны характеризуются большим разнообразием конструкций. Кран шаровой сальниковый муфтовый (см. рис.1.3) состоит из чугунного корпуса 1 и пробки 3 сферической формы с круглым отверстием диаметром, примерно равным внутреннему диаметру газопровода. Плотность затвора обеспечивается двумя уплотнительными фторопластовыми кольцами 2 со сферической уплотнительной поверхностью и резиновыми прокладками 8. Корпус

состоит из двух частей, соединяемых болтами 4. Кран, оснащенный ручкой 6 и ограничителем поворота, может устанавливаться в любом рабочем положении. Стандарт распространяется на промышленную трубопроводную арматуру – запорные шаровые и конусные краны на условные давления  $P_y$  от 0,1 до 32 МПа (от 1,0 до 320 кгс/см<sup>2</sup>), условные проходы  $D_y$  от 4 до 1400 мм.

в) Клапаны запорные. ГОСТ 9697-87

Клапан – запорно-регулирующая трубопроводная арматура с поступательным перемещением затвора в направлении, совпадающем с направлением потока транспортируемой среды. Перемещение затвора осуществляется за счет ввинчивания шпинделя в ходовую гайку. В основном клапаны предназначены только для перекрывания потоков, но во многих случаях, в отличие от задвижек и кранов, на их основе достаточно просто могут быть созданы дросселирующие устройства с любой расходной характеристикой. Клапаны изготавливаются с условным проходом  $D_y$  от 3 до 600 мм на условные давления от  $P_y$  0,25 до 250 МПа (от 2,5 до 2500 кгс/см<sup>2</sup>). По типу привода они подразделяются на клапаны с:

- ручным управлением;
- электроприводом;
- гидроприводом.

Многочисленные разновидности применяемых клапанов можно классифицировать по конструкции на проходные, угловые, прямооточные и смесительные.

г) Затворы

Затворы дисковые ГОСТ 12521-89

Дисковые затворы применяются в качестве запорных устройств на трубопроводах на условные давления  $P_y$  от 0,25 до 2,5 МПа (от 2,5 до 25 кгс/см<sup>2</sup>) с условными проходами  $D_y$  от 40 до 2800 мм. Применяются затворы чугунные, стальные, из титановых сплавов. По виду привода они подразделяются на затворы с:

- ручным приводом;
- электроприводом;
- пневмоприводом;
- гидроприводом.

По типу присоединения к трубопроводам они бывают фланцевые для затворов из чугуна, стали, титановых сплавов и с патрубками под приварку для стальных затворов.

### ***Затворы гидравлические***

Гидравлические затворы применяют только на подземных газопроводах низкого давления (рис.1.4) и, как правило, устанавливают на ответвлениях к объектам или на вводах к зданиям.

Для отключения подачи газа (закрытия затвора) необходимо открыть крышку 5 ковера (защитная гильза), вывернуть пробку 4 из трубки 2 и залить через нее в корпус 1 гидрозатвора необходимое количество воды (зимой – незамерзающей жидкости). При пуске газа воду из гидрозатвора откачивают руч-

ным или электрическим насосом. Сложность и длительность работ по заливке и откачке жидкости – основной недостаток гидрозатворов.

Положительные качества их – абсолютная надежность отключения подачи газа и невозможность утечки на проход. Гидрозатворы можно использовать одновременно в качестве пункта для измерения разности потенциалов между землей и трубой. Для этого к трубе гидрозатвора приваривают полосу 3, а в утрамбованный грунт до установки подушки 6 ковера забивают электрод заземления 7. Гидравлический затвор изготавливается индивидуально местными строительными-монтажными организациями на  $P_y$  до 5 кПа на  $D_y = 50, 60, 80, 100, 150$  мм.

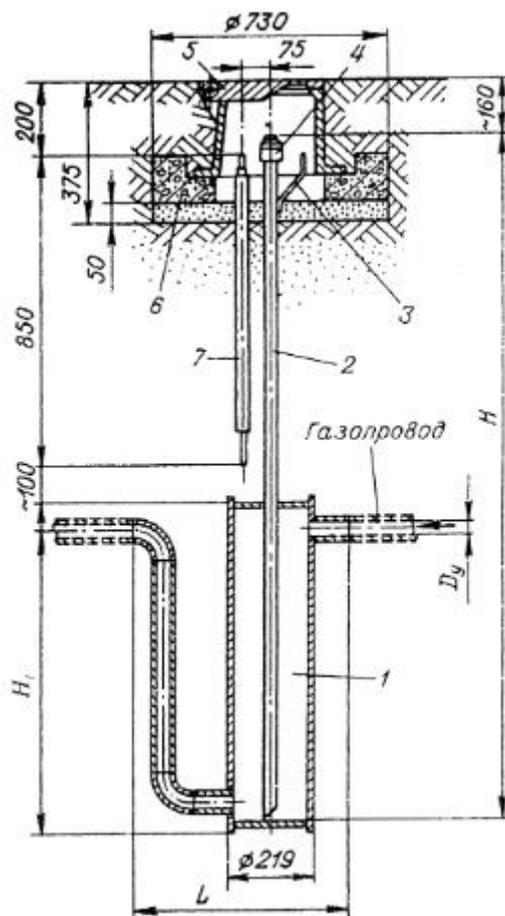


Рис.1.4 Гидравлический затвор:  
1 – корпус; 2 – трубка; 3 – полоса; 4 – пробка; 5 – крышка;  
6 – подушка; 7 – электрод заземления

### **Основные монтажные и эксплуатационные параметры арматуры**

Основными монтажными параметрами трубопроводной арматуры являются: условный диаметр прохода  $D_y$ , строительная длина  $L$  и высота  $H$ , конструкция и присоединительные размеры проходных патрубков. Строительная длина  $L$  характеризует длину участка трубы, которую арматура заменяет в трубопроводе. Для фланцевой проходной арматуры  $L$  равна расстоянию между торцами присо-

единительных фланцев. Строительные длины зависят от технологических и конструктивных параметров арматуры, поэтому их унификация может быть осуществлена лишь для узкого интервала однотипных конструкций; они определяются соответствующими стандартами (для проходных фланцевых клапанов ГОСТ 3326-85, для литых фланцевых задвижек ГОСТ 3706-93 и т.д.).

Арматура малых диаметров прохода ( $D_y < 80$  мм) может иметь муфтовые патрубки с цилиндрической внутренней резьбой, снабженные снаружи шестигранником. Размер «под ключ» шестигранника может составлять от 19 до 100 мм и должен удовлетворять требованиям ГОСТ 6424-73. Строительная высота  $H$  – расстояние от оси проходных патрубков корпуса арматуры до наивысшей точки конструкции (шпинделя или привода) при открытом положении изделия.

### **Условные диаметры проходов $D_N$ ( $D_y$ ) и давления $P_N$ ( $P_y$ )**

Условным проходом в арматуре называется номинальный размер диаметра прохода в его присоединительных патрубках, который должен быть примерно равен размеру трубы в свету. Так как наружный диаметр трубы соответствует стандартному размеру резьбы, при разных толщинах стенок внутренние диаметры труб оказываются разными. Однако условные диаметры этих труб принимаются одинаковыми и выбираются из параметрического ряда, устанавливаемого стандартом. Условные диаметры проходов трубопроводной арматуры в мм согласно ГОСТ 28338-89 имеют 31 основной размер (в скобках в дюймах): 3; 6; 10(3/8); 15(1/2); 20(3/4); 25(1); 32(1,1/4); 40(1,1/2); 50(2); 65(2,1/2); 80(3); 100(4); 125(5); 150(6); 200(8); 250(10); 300(12); 350; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 2000; 2400; 3000; 3400; 4000. Согласно этому стандарту условный диаметр прохода обозначается, например,  $D_N$  20. Для ранее разработанных проектов допускается использование обозначения  $D_y$  20.

Арматура и соединительные части трубопроводов характеризуются условным ( $P_y$ ), пробным ( $P_{np}$ ) и рабочим ( $P_p$ ) давлениями. Давление  $P_y$  соответствует допустимому для данного изделия давлению  $P_{np}$  при нормальной температуре. В связи с тем, что прочность металлов с повышением температуры понижается, ГОСТ предусматривает максимальные рабочие давления  $P_p$  (давление при фактической температуре), при которых они могут применяться в зависимости от свойств металла и температуры рабочей среды. ГОСТ 356-80 определяет параметрический ряд номинальных давлений в МПа, состоящий из следующих значений (в скобках в кгс/см<sup>2</sup>): 0,1 (1,0); 0,16 (1,6); 0,25 (2,5); 0,4 (4,0) и т.д. до 80 (800). Обозначают, например,  $P_N$  40 (условное давление 40 кгс/см<sup>2</sup>),  $P_{np}$  60 (пробное давление 60 кгс/см<sup>2</sup>).

### **Способы присоединения арматуры**

Основные способы присоединения арматуры: фланцевое, муфтовое, цапковое, сварное, штуцерное. Наиболее распространено фланцевое соединение арматуры с трубопроводами. Его преимущества заключаются в следующем:

возможность многократного монтажа и демонтажа, надежность герметизации стыков и возможность их подтяжки, большая прочность и пригодность для очень широкого диапазона давлений и проходов. К недостаткам фланцевого соединения следует отнести потерю герметичности со временем из-за ослабления затяжки и большие габаритные размеры и массу.

Муфтовые соединения применяются для арматуры малых условных проходов (до  $D_y < 50$  мм). В этом случае концы арматуры имеют вид муфты с внутренней резьбой.

Цапковое соединение, имеющее наружную резьбу, применяется в тех случаях, когда арматура ввинчивается непосредственно в тело какого-либо аппарата, прибора или машины или соединяется при помощи накидной гайки.

Сварное присоединение арматуры производится в случаях, когда получение надежного герметичного соединения с трубопроводом сложно. Сварное соединение, кроме надежной герметичности, имеет следующие преимущества: отсутствие необходимости подтяжки, большая экономия металла, снижение массы арматуры. Недостаток – сложность демонтажа и замены арматуры.

#### ***Условные обозначения арматуры***

Условные обозначения общепромышленной арматуры, разработанные центральным конструкторским бюро арматуростроения (ЦКБА), состоят из ряда цифровых и буквенных индексов. Первые две цифры обозначают тип арматуры:

кран для трубопровода – 11;

клапан – 14; 15;

задвижка – 30; 31;

затвор – 32.

Следующая буквенная характеристика (из одной-двух букв) обозначает материал корпуса:

углеродистая сталь «с»;

легированная сталь «лс»;

нержавеющая сталь «нж»;

серый чугун «ч»;

ковкий чугун «кч»;

латунь, бронза «б»;

алюминий «а».

Первая цифра, идущая после буквенного обозначения, указывает вид привода:

механический: с червячной передачей - 3

с цилиндрической передачей - 4

с конической передачей - 5

пневматический - 6

гидравлический - 7

электромагнитный - 8

электрический - 9

Последние буквы (одна-две) обозначают материал уплотнительных поверхностей:

латунь; бронза «бр»;  
нержавеющая сталь «нж»;  
баббит «бт»;  
кожа «к»;  
резина «р»;  
пластмасса «п».

В отраслевых документах после буквенного обозначения материала корпуса указывается двухзначный номер, причем первая цифра – вид привода, вторая – конструктивная особенность арматуры. Примеры условных обозначений арматуры:

1. 15кч22нж – число «15» означает, что это клапан, буквы «кч» – корпус выполнен из ковкого чугуна, число «22» характеризует конструкцию клапана, а буквы «нж» указывают, что уплотнительные поверхности выполнены из нержавеющей стали.

2. 30ч47бр – задвижка клиновья с цилиндрической передачей с неподвижным шпинделем, фланцевая; корпус выполнен из серого чугуна, уплотнительные поверхности – бронзовые.

3. 11б24п – кран шаровой сальниковый муфтовый, корпус бронзовый, с уплотнительными фторопластовыми кольцами. Маркировка, выполняемая на корпусе арматуры, должна содержать: товарный знак завода-изготовителя; условное давление; диаметр условного прохода; стрелку, показывающую направление потока среды. На арматуре, обеспечивающей прохождение рабочей среды в любом направлении, стрелка в маркировке отсутствует. Для выбора конкретной арматуры следует пользоваться каталогами на продукцию выпускающих заводов [4, 5, 6].

### **Чугуны**

В арматуростроении для изготовления отливок корпусов и крышек используют серые, ковкие и высокопрочные чугуны; реже, в зависимости от пропускаемой среды, чугуны кислотостойкие, жаростойкие, щелочестойкие и антифрикционные.

Наибольшее распространение получили серые чугуны марок СЧ 15; СЧ 20; СЧ 25 (ГОСТ 1412-85), ковкие чугуны КЧ 30-6 и КЧ 33-8 (ГОСТ 1215-79), высокопрочные - ВЧ 35, ВЧ 40 и ВЧ 45 (ГОСТ 7293-85).

В указанных марках чугунов первая цифра показывает предел прочности материала при растяжении (кгс/мм<sup>2</sup>), вторая – относительное удлинение при разрыве образца (%). Для изготовления деталей арматуры могут также применяться чугуны коррозионно-стойкие и жаропрочные марок ЧН17ДЗХ2; ЧН5Г8; ЧН15ДЗХШ (ГОСТ 7769-82), а также антифрикционный чугун марки АЧС-1 (ГОСТ 1585-85).

## ***Стали***

Сталь благодаря высокой механической прочности и пластичности является высококачественным материалом для изготовления ответственных деталей арматуры. Пластичность стали способствует выравниванию напряжений в отдельных точках детали и уменьшает опасность ее внезапного разрушения, что особенно важно для арматуры высоких параметров и другой ответственной арматуры. Для изготовления корпусных деталей арматуры чаще применяют углеродистые стали марок 20Л; 25Л; 35Л (ГОСТ977-88), а также 20Х; 40Х; 35ХМ; 38Х2М10А; 18Х2П4МА и др. (ГОСТ 4543-71). Из высоколегированных сталей в арматуростроении применяются, главным образом, стали мартенситного, ферритного и аустенитного классов – 12Х13; 12Х18Н9Т; Х32Н8; 08Х21Н6М2Т и др. (ГОСТ 5632-72).

## ***Цветные металлы и сплавы***

Латуни в трубопроводной арматуре применяются для изготовления уплотнительных колец, ходовых гаек, в некоторых случаях для деталей мелкой паропроводной арматуры. Латунь – пластичный материал, имеет хорошую коррозионную стойкость. В основном получили распространение следующие марки латуней: ЛЦ40МцЗЖ; ЛЦ40МцЖЗ; ЛЦ16К4 и ЛЦ40С (ГОСТ 17711-80). Бронза применяется для изготовления шпинделей, ходовых гаек, подшипников, втулок, венцов червячных колес, пружин, работающих в коррозионной среде. Для этих целей применяются следующие марки безоловянных бронз: БрА10Мц2; БрА10Ж4Н4 и БрА9Мц2Л (ГОСТ493-79); из оловянных бронз – БрОЗЦ12С15 (ГОСТ 613-79).

## ***Прокладочные материалы***

К прокладочным материалам предъявляют следующие требования:

- 1) они должны быть дешевыми и недефицитными;
- 2) материал прокладки должен заполнять неровности уплотняемых поверхностей;
- 3) материал прокладки должен быть упругим(эластичным) и одновременно прочным;
- 4) коэффициент линейного расширения материала прокладки должен быть близким к коэффициенту линейного расширения материала арматуры и болтов;
- 5) физические свойства прокладки должны обладать стабильностью при рабочей температуре среды и коррозионной устойчивостью по отношению к среде;
- б) если прокладку изготавливают из металла, то он должен иметь твердость и предел текучести ниже, чем металл уплотняемых поверхностей фланцев или патрубков.

Для изготовления прокладок применяются как металлические, так и неметаллические материалы. Металлические прокладки используются для ответственных объектов и тяжелых условий работы арматуры (высокая температура, большие давления и т.д.), но они требуют значительно больших усилий для затяжки соединения, чем мягкие прокладки из неметаллических материалов.

Неметаллические материалы. Из них наиболее пригодным материалом для уплотнения различных соединений является резина. Она эластична, требует небольших усилий натяга уплотнений, практически непроницаема для жидкостей и газов. Применяется обычно листовая техническая резина (ГОСТ 7338-77), которая подразделяется на следующие пять типов: маслобензостойкая, кислото-щелочестойкая, теплостойкая, морозостойкая и пищевая.

Асбест в качестве прокладочного материала используется в арматуре при повышенных и высоких температурах в виде листового картона или шнура. Листовой паронит (ГОСТ 481-80) изготавливается из смеси асбестовых волокон (60 – 70 %), растворителя, каучука (12 – 15 %), минеральных наполнителей (15 – 18 %) и серы (1,5 - 2,0 %) путем вулканизации и вальцевания под большим давлением. Целесообразно применять более тонкую прокладку, однако ее толщина должна быть достаточной для герметизации соединения при данной шероховатости обработанных поверхностей и площади уплотнения.

Паронит выпускается следующих марок: ПОН (общего назначения), ПМБ (масло-бензостойкий), ПА (армированный сеткой), ПЭ (электролизерный), ПС (специальный для этилового спирта, жидкого кислорода), ПСГ (специальный графитированный). Полимерные материалы применяют для прокладок при невысоких температурах среды. В качестве прокладочного материала применяют полихлорвинил, по эластичности близкий к резине. Он легко деформируется и уплотняет фланцевые соединения при относительно небольших усилиях натяга. Используют его для арматуры при температуре от  $-15$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Полиэтилен, обладающий высокой стойкостью, применяют для прокладок при температурах от  $-60$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Фторопласт-4 применяют для сложных прокладок, состоящих из сердцевины (асбест, резина или гофрированная сталь) и облицовки из фторопласта. В таких прокладках сердцевина обеспечивает упругость, а облицовка – высокую химическую стойкость. Их используют при температурах среды от  $-250$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ . Выпускается также фторопластовый уплотнительный материал ФУМ для температур от  $-60$  до  $+150^{\circ}\text{C}$  в виде шнуров и лент по ТУ-6-05-1388-70. Он обладает высокими антикоррозионными свойствами, как и фторопласт-4, но более удобен для использования.

### ***Металлические материалы***

Прокладки изготавливаются в виде плоских колец прямоугольного сечения из листового материала или в виде колец фасонного сечения из труб или поковки. В качестве материала используются металлы – алюминий, медь, свинец, а также сплавы – сталь (08X18H10T), монель-металл (HM28Ж2,5Мц1,5). Для уплотнения соединений на газопроводах при любых давлениях используются: медь марок М1 и М2 (ГОСТ 495-77), алюминий (ГОСТ 21631-76 или ГОСТ 13726-78) в виде листов толщиной 1-4 мм. Помимо этого изготавливаются комбинированные прокладки, состоящие из мягкой сердцевины (асбест, паронит) и облицованного листовым материалом металла. Достоинства металлических прокладок: достаточная плотность при высоких давлениях и температурах сре-

ды, возможность повторного использования после соответствующего ремонта. Недостаток – необходимость создания больших усилий для обеспечения герметичности соединения, относительно высокая стоимость.

### ***Набивочные материалы***

Большинство конструкций арматуры имеет устройство для герметизации подвижного соединения «крышка-шпindel» с применением сальниковых набивок. Материалы для сальниковой набивки должны иметь высокую упругость, физическую стойкость при рабочей температуре, химическую стойкость против действия рабочей среды и малый коэффициент трения. В качестве набивочных материалов в основном применяются: хлопчатобумажные материалы марок ХБС-сухой и ХБП-пропитанный (ГОСТ6904-83), пенька марок ПС-сухой и ПП-пропитанный (ГОСТ4668-75), асбестовый шнур марок АС-сухой и АП-пропитанный (ГОСТ 1770-74), набивку марки ЛП (ГОСТ 5152-84).

### ***Смазки***

Смазывающие материалы должны подбираться таким образом, чтобы они в рассматриваемых условиях работы обеспечивали сохранение жидкой прослойки, не выдавливались, были бы физически и химически стабильными. Для различных деталей арматуры используются следующие смазочные материалы:

1. Для резьбовых пар «шпindel-ходовая гайка» смазка должна удовлетворять требованиям: не стекать после нанесения на резьбу, выдерживать большие контактные давления, быть стойкой при заданной температуре. При температурах до 55°C для этой цели подходит солидол, состоящий в основном из вязкого минерального масла, загущенного кальциевым мылом эфирных кислот. При высоких температурах в состав смазки обычно вводится в качестве компонента чешуйчатый или коллоидный графит, оказывающий хорошее смазывающее действие.

2. Для узлов трения при температуре до 115°C широко применяют тугоплавкую универсальную смазку (консталин жировой) УТ-1, а при температуре до 135°C – УТ-2 (ГОСТ1957-73).

3. Для уплотнения бронзовых пробковых кранов может быть использована смазка следующего состава: молотая слюда – 2; натриевое мыло на саломасле – 35±4; машинное масло – 58±5 (% по массе). Широкое применение получили антифрикционные смазки: ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74), представляющая собой минеральное масло, загущенное литиевым мылом (используется в интервале температур от –60 до +120°C; ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 4433-80), представляющая собой кремнийорганическую жидкость, загущенную литиевым мылом. Смазка используется в интервале температур от – 60 до +150°C, не действует на резину и может быть использована для заполнения резиновых манжет.

4. Для консервации газовой арматуры следует использовать пушечную смазку УНЗ (ГОСТ 19537-83) или консервационное масло НГ-204У (ГОСТ 18974-73).

### Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируется арматура, устанавливаемая на газопроводах?
2. Какие известны типы присоединения арматуры к газопроводам?
3. Из каких материалов изготавливают корпуса арматуры?
4. Каковы особенности конструкции задвижки, клапана и пробковых кранов?
5. Какие основные типы задвижек и клапанов вы знаете?
6. Какие основные типы кранов вы знаете?
7. Какие условные обозначения арматуры приняты ЦКБА (центральным конструкторским бюро арматуростроения)?
8. Какой тип крана имеет наименьшее гидравлическое сопротивление и почему?
9. Дайте определения условным диаметру  $D_N$  ( $D_y$ ) и давлению  $P_N$  ( $P_y$ ).
10. Где и при каких давлениях газа применяется гидравлический затвор?
11. Каковы основные монтажные и эксплуатационные параметры арматуры?
12. Назовите способы присоединения арматуры к трубам.
13. Для изготовления корпусов каких видов арматуры применяют сплавы ЧН5618 и 18Х2Н4МА. Расшифруйте марки сплавов.
14. Какие типы листовой технической резины используются для уплотнения соединений?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

#### ТРУБЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГАЗОПРОВОДОВ

**Цель работы:** ознакомление с устройством газопроводов, материалами труб и соединительных элементов при их сооружении.

**Программа работы:**

- ознакомиться с различными видами труб, применяемыми при сооружении газопроводов;
- ознакомиться с соединительными элементами трубопроводов;
- изучить способы соединения труб;
- составить отчет, в котором привести эскизы соединения труб различными способами (сваркой, пайкой, фланцевые, резьбовые) с указанием материалов и элементов.

#### 1. Теоретические положения

Газораспределительная система представляет собой производственный комплекс взаимосвязанных объектов, предназначенных для транспортировки и бесперебойной подачи природного газа непосредственно его потребителям. В эту систему входят газопроводы, состоящие из труб, соединительных элементов и различной арматуры. Газопроводы по месту прокладки подразделяются на наружные и внутренние. Наружным является подземный, наземный или надземный газопровод, проложенный вне зданий до наружной конструкции здания. Внутренний газопро-

вод – газопровод, проложенный от наружной конструкции здания до места подключения расположенного внутри зданий газоиспользующего оборудования. По рабочему давлению транспортируемого газа они подразделяются на газопроводы высокого давления I и II категории, среднего и низкого давления [3].

Согласно СНиП 42-01-2002 для подземных газопроводов следует применять стальные и полиэтиленовые трубы (до 0,3 МПа), для наземных и надземных – стальные. Для внутренних газопроводов низкого давления разрешается применять стальные и медные трубы. Выбор материала труб, трубопроводной запорной арматуры, соединительных деталей производится с учетом давления газа, диаметра и толщины стенки газопровода, расчетной температуры наружного воздуха в районе строительства. При этом для подземных и наземных стальных газопроводов следует применять трубы и соединительные детали с толщиной стенки не менее 3 мм, для надземных и внутренних газопроводов – не менее 2 мм.

## **2. Трубы для газопроводов**

При строительстве газопроводов применяют, как правило, стальные трубы. Для подземных газопроводов давлением до 0,3 МПа применяют и полиэтиленовые трубы. Для внутренних газопроводов низкого давления и импульсных линий приборов автоматики и КИП допускается применение медных труб.

### **Стальные трубы**

В соответствии с рекомендациями СП 42-102-2004 для строительства систем газоснабжения следует применять трубы, изготовленные из хорошо сваривающихся углеродистых сталей обыкновенного качества или качественных сталей. Свариваемость таких сталей определяется по углеродному эквиваленту, который определяется по формуле

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (2.1)$$

где С, Мn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P – содержание (% массы) в составе металла трубной стали соответственно углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора. Величина эквивалента не должна превышать 0,46.

Стальные трубы для наружных и внутренних газопроводов следует изготавливать из спокойной (сп) малоуглеродистой стали обыкновенного качества марок Ст2 и Ст3 по ГОСТ 380-94 и качественной стали марок 08, 10, 15 и 20 по ГОСТ 1050-88; для наружных газопроводов из низколегированной стали марки 08Ю по ГОСТ 9045-93, 09Г2С по ГОСТ19281-89 и стали 10Г2 по ГОСТ 4543-71.

В ряде случаев допускается применять трубы из полуспокойной (пс) и кипящей (кп) сталей. Трубы, отвечающие требованиям ГОСТ 3262-75 (водогазопроводные), допускается применять при сооружении наружных и внутренних газопроводов низкого давления с условным диаметром до 80 мм.

По способу изготовления стальные трубы подразделяются на сварные (прямо- и спиральношовные) и бесшовные (горяче- или холоднодеформированные).

Сварные прямошовные трубы изготавливают из листов, полосовых и рулонных заготовок. Листовые заготовки пропускают через валки листогибочного стана, где они принимают цилиндрическую форму, а затем сваривают и калибруют по соответствующим стандартам. Водо-газопроводные сварные трубы диаметром от 10 до 165 мм и толщиной стенки  $S=1,8-5,5$  мм, длиной до 12 м выпускают по ГОСТ 3262. Примеры обозначения:

а) труба 20x2,8 ГОСТ 3262-75 – труба обыкновенная обычной точности изготовления, немерной длины с условным проходом  $D_y$  20 мм, толщиной стенки 2,8 мм, без резьбы;

б) труба Р-20x2,8-4000 ГОСТ 3262-75 – то же, мерной длины (4000 мм), с резьбой. Электросварные прямошовные трубы изготавливают последующим стандартам: ГОСТ 10704-91 устанавливает сортамент на трубы диаметром от 10 до 1420 мм и толщиной стенки от 1 до 32 мм. Технические требования на трубы должны соответствовать ГОСТ 10705-80. Пример обозначения трубы:

$$\text{Труба} \frac{76 \cdot 3 \cdot 58000 \text{ II ГОСТ } 10704 - 91}{\text{ВСтЗсп ГОСТ } 10705 - 80},$$

где после слова «Труба» в числителе указывается наружный диаметр (76) в мм, толщина стенки (3) в мм, мерная длина (5000) в мм, класс точности по длине (II), стандарт на сортамент (ГОСТ 10704-91), в знаменателе – группа (В), марка стали (СтЗсп), стандарт на материал (ГОСТ 10705-80). ГОСТ 10705-80 устанавливает технические требования на трубы, которые подразделяются на группы:

Группа А – с нормированием механических свойств из сталей сп, пс, кп марок Ст2; Ст3; Ст4 категории 4 по ГОСТ 16523-89; категории 1 по ГОСТ 14637-89.

Группа Б – с нормированием химических свойств из сталей сп, пс и кп марок Ст1-Ст4 по ГОСТ 380-94 и ГОСТ 14637-89; сп, пс и кп марок 08, 10, 15 и 20 по ГОСТ 1050-88 и марки 08Ю по ГОСТ 9045-93.

Группа В – с нормированием механических и химических свойств, остальные параметры такие же как и для группы Б.

Группа Г – с нормированием испытаний гидравлическим давлением.

ГОСТ 10706-76 распространяется на прямошовные электросварные трубы диаметром от 478 до 1420 мм. Трубы подразделяются на группы А, Б, В и Г; изготавливаются из сталей кп, сп, пс марок Ст2, Ст3, и Ст4 по ГОСТ 380-94.

По государственному стандарту ГОСТ 20295-85 выпускаются электросварные трубы трех типов: Тип 1 – прямошовные диаметром 159-426 мм, выполненные контактной сваркой; Тип 2 – спиральношовные диаметром 159-820 мм, выполненные электродуговой сваркой; Тип 3 – прямошовные диаметром 530-820 мм, выполненные электродуговой сваркой.

Класс прочности труб – К34; К38, ..., К60. Цифра указывает на прочность при растяжении в кгс/мм<sup>2</sup>. Обозначение: Труба тип 3-530x8-К52 ГОСТ

20295-85.Расшифровка обозначения: труба прямошовная (тип 3) диаметром 530 мм, толщиной стенки 8 мм, класс прочности К52 без термической обработки. По ГОСТ 8696-74 выпускаются электросварные спиральношовные трубы диаметром от 159 мм до 2520 мм группы А; Б и В из сталей марок Ст2 сп; Ст3 сп по ГОСТ 380-94; сталей марок 08, 10, 20 по ГОСТ 1050-88 и 17Г1С и 09Г2С по ГОСТ 19281-89. Пример обозначения:

Труба 630×7-Б Ст2 сп ГОСТ 8696-74. Расшифровка обозначения: труба диаметром 630 мм, толщиной стенки 7 мм, немерной длины из стали марки Ст2 сп по группе Б ГОСТ 8696-74. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные изготавливают по следующим стандартам: ГОСТ 8731-74 «Технические условия» и ГОСТ 8732-78 «Сортамент». Материалы для труб: углеродистые и легированные стали по ГОСТ 380, 1050, 4543 и 19281; диаметры труб от 25 мм до 75 мм.

Пример обозначения

$$\text{Труба} \frac{70 \cdot 3,5 \cdot 1250 \text{кр} \text{ГОСТ} 8732 - 78}{\text{Б}10 \text{ГОСТ} 8731 - 74}.$$

Труба диаметром 70 мм, толщиной стенки 3,5 мм, длина кратна 1250 мм, из стали марки 10 по группе Б ГОСТ 8731-74. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные изготавливают по следующим стандартам: ГОСТ 8733-74 «Технические условия»; ГОСТ 8734-75 «Сортамент». Группы А; Б; В; Г; Д; Е – после специальной термической обработки.

#### ***Трубы из цветных сплавов***

Импульсные газопроводы для присоединения КИП и приборов автоматики должны быть, как правило, изготовлены из стальных труб для газопроводов соответствующего давления. Однако для их подключения и для строительства внутренних газопроводов низкого давления допускается использование медных тянутых или холоднокатаных труб по ГОСТ 617-90 из меди марок М1 и М2 по ГОСТ 859-78. Наружный диаметр труб – 3-30 мм, толщина стенок 0,5-5,0 мм.

#### ***Полиэтиленовые трубы***

В газопроводах, предназначенных для обеспечения природным газом потребителей, полиэтиленовые трубы применяются для подземных газопроводов. Трубы из полиэтилена для газопроводов изготавливаются по ГОСТ Р 50838-95 с наружным диаметром от 20 мм до 225 мм и толщиной стенки от 3,0 мм до 20,5 мм. Для прокладки газопроводов диаметры полиэтиленовых труб выбирают из следующего ряда: 20; 25; 32; 40; 50; 63; 75; 90; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225.

Пример условного обозначения: Труба ПЭ63 ГАЗ SDR 11-110x10 ГОСТ Р 50838-95. Труба из полиэтилена ПЭ63 номинальным диаметром 110 мм и номинальной толщиной стенки 10 мм для газа. Здесь SDR11 – стандартное размерное отношение диаметра трубы к толщине стенки; ПЭ63 – цифра обозначает десятикратное значение минимальной длительной прочности в МПа. Полиэтиленовые трубы для газопроводов должны иметь коэффициент запаса не менее 2,5. Прокладка таких газопроводов не допускается при температуре стенки

в условиях эксплуатации ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  и при давлениях свыше 0,3 МПа. Глубина прокладки должна быть не менее 0,8 м от верха трубы.

### Соединительные детали труб

Для строительства газопроводов и монтажа газового оборудования применяют фитинги – соединительные части и детали заводского изготовления, помещаемые в местах поворотов, переходов и разветвлений, а в отдельных типах и для соединения основных прямолинейных звеньев труб. К фитингам относятся также вспомогательные детали (заглушки-пробки и колпаки, седелки, футорки, сгоны и т.п.). Соединительные части и детали стандартизованы. Допускается использование приварных стальных соединительных частей и деталей, выполненных по чертежам проектными организациями с учетом технических требований одного из стандартов на соответствующую соединительную часть или деталь. Изготавливать такие детали можно из стальных бесшовных и прямошовных сварных труб или листового проката. В зависимости от характера изменения трубопровода фитинги называются: отводами, переходами, тройниками, заглушками, фланцами, муфтами и др. (рис. 2.1).

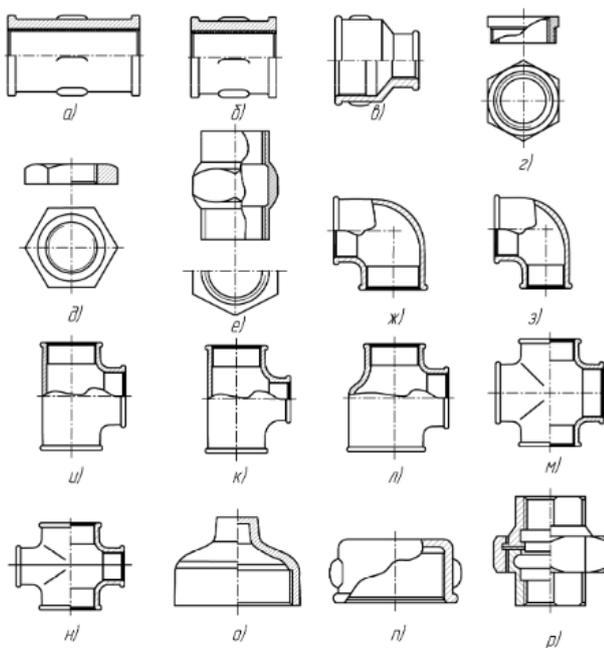


Рис. 2.1. Соединительные части и детали труб из ковкого чугуна:

- а – муфта прямая длинная; б – муфта прямая короткая; в – муфта переходная;
- г – футорка; д – гайка; е – муфта компенсирующая; ж, з – угольники;
- и – тройник прямой; к – тройник переходный; л – тройник с двумя переходами;
- м – крест прямой; н – крест переходный; о – пробка-заглушка; п – колпак-заглушка;
- р – соединительная

Отводы предназначены для изменения направления потока газа. По конструкции и способу изготовления отводы могут быть: бесшовные крутоизогнутые или гнутые, штампованные и сварные (секционные).

Переходы предназначены для изменения диаметра газопровода. По конструкции переходы подразделяются на концентрические, применяемые для линий газопроводов, расположенных вертикально, и эксцентрические – для расположенных горизонтально.

Тройники предназначены для устройства ответвлений газопроводов при разделении потока газа. По конструкции тройники подразделяются на равнопроходные без уменьшения диаметра ответвления и переходные с уменьшением.

Заглушки предназначены для закрытия свободных концов газопроводов. По конструкции заглушки подразделяются на эллиптические, плоские и плоские ребристые. Фланцы – наиболее распространенный вид разъемного соединения газопроводов. Тип фланцев и конструкции уплотнительных поверхностей принимают в зависимости от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого газа. По конструкции фланцы могут быть: плоские приварные, приварные встык или воротниковые и свободные, выполняемые на приварном кольце или на отбортованной трубе. Виды медных соединительных деталей представлены на рис. 2.2.

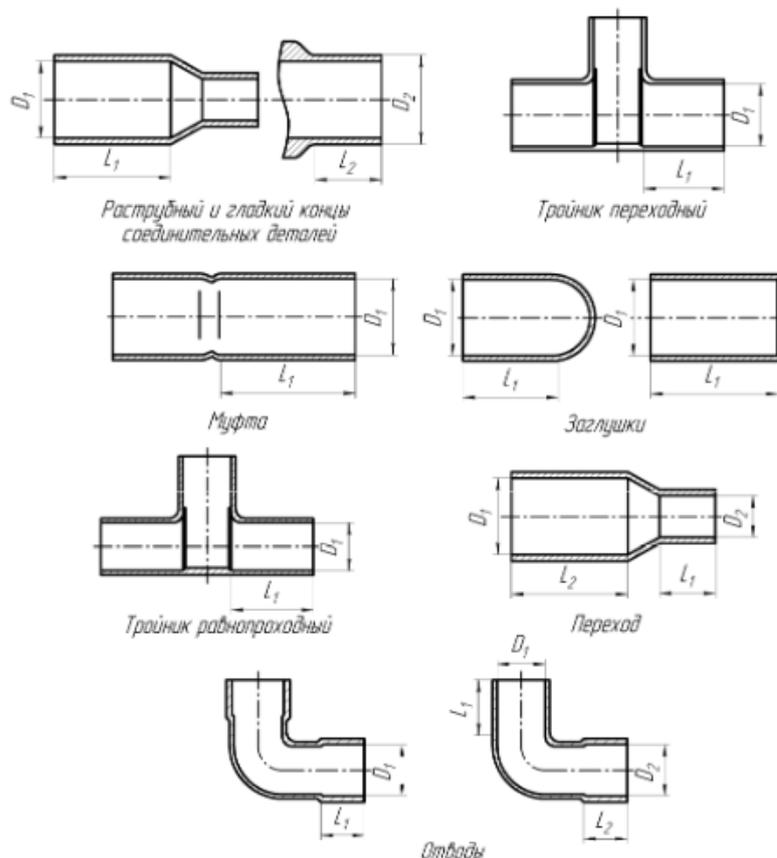


Рис.2.2. Виды медных соединительных деталей

### **Соединения труб и деталей газопроводов**

Соединения труб следует предусматривать неразъемными. Разъемными могут быть соединения стальных труб с полиэтиленовыми, а также в местах

установки арматуры, оборудования и контрольно-измерительных приборов (КИП). Соединения стальных труб производятся, как правило, сваркой. При этом применяют дуговую (ручную, полуавтоматическую и автоматическую под флюсом) и газовую сварку, стыковую контактную сварку, сварку в среде защитных газов и пайку.

Типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений должны соответствовать требованиям действующих стандартов.

Для стальных подземных газопроводов должны применяться стыковые и угловые соединения, для полиэтиленовых – соединения встык нагретым инструментом или при помощи деталей с закладными электронагревателями. Швы не должны иметь трещин, прожогов, незаваренных кратеров, а также недопустимых смещений кромок, непровара, включений, пор, несоосности труб и других дефектов, снижающих механические свойства сварных соединений. Разъемные соединения выполняют на резьбе и на фланцах. Резьбовые соединения осуществляют с помощью соединительных частей (фитингов) на цилиндрической трубной резьбе по ГОСТ 6357-81 (рис. 2.3).

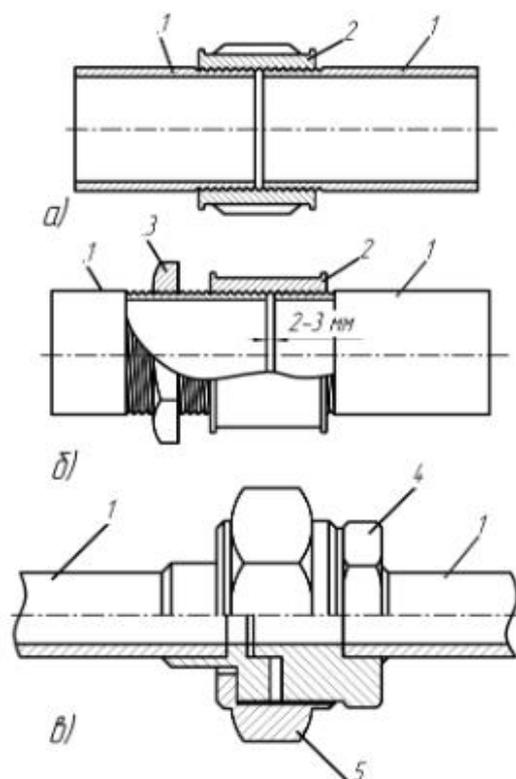


Рис.2.3 Соединение стальных труб на резьбе:

а) на короткой, б) на длинной (сgone), в) штуцерное;

1 – труба, 2 – муфта, 3 – контргайка, 4 – штуцер, 5 – накидная гайка

Для создания герметичного соединения труб резьбовое соединение уплотняют льняной прядью или при помощи подмотки фторопластовой ленты ФУМ. Соединительные части для стальных водо-газопроводных труб изготов-

ливают из ковкого чугуна или стали. Торцовые плоскости фитингов должны быть перпендикулярны к осям проходов и иметь фаски.

На наружных газопроводах фланцевые соединения применяют для установки задвижек, кранов и другой арматуры. На внутренних газопроводах фланцевые и резьбовые соединения допускаются только для присоединения запорной арматуры.

На наружных газопроводах фланцевые соединения применяют для установки задвижек, кранов и другой арматуры. На внутренних газопроводах фланцевые и резьбовые соединения допускаются только для присоединения запорной арматуры.

В большинстве случаев фланцы изготавливают из стали В Ст3 сп. Выбор конструкции фланцев зависит от рабочих параметров и физико-химических свойств транспортируемого продукта, от материалов труб. Фланцы устанавливаются на трубе с помощью сварки, а также за счет отбортовки концов труб или приваренных к трубам колец. Фланцы, применяемые для присоединения к газопроводам арматуры, оборудования и приборов, должны соответствовать ГОСТ 12820-80 и ГОСТ 12821-80 на  $P_y = 0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6$  и  $2,5$  МПа. Герметичность фланцевых соединений достигается применением прокладочных материалов в соответствии с требованиями СНиП 42-01-2002.

При монтаже внутренних газопроводов и импульсных линий из медных труб применяется высокотемпературная пайка твердым припоем, при этом применяют телескопические (капиллярные) паяные соединения типов ПН-4; ПН-5 по ГОСТ 19249-73 (рис. 2.4).

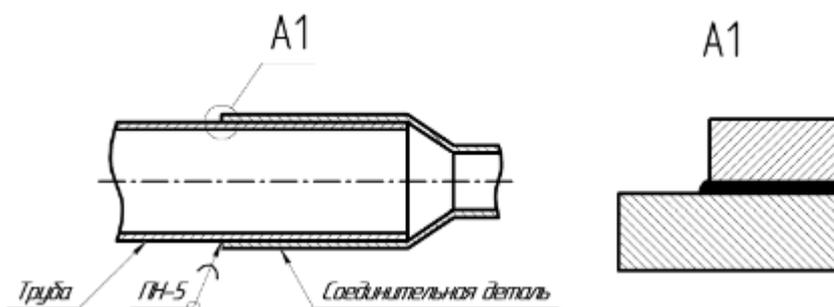


Рис. 2.4 Соединения медных труб пайкой

Условное обозначение паяных соединений состоит из:

- буквенно-цифрового обозначения типа паяного соединения;
- толщины паяного соединения типов ПН-4; ПН-5 по ГОСТ 19249-73

Условное обозначение паяных соединений состоит из:

- буквенно-цифрового обозначения типа паяного соединения;
- толщины паяного соединения;

- 72 – обозначения стандарта (ГОСТ). Например: ПН-5 0,1×15×47 ГОСТ 19249-73 – полное условное обозначение телескопического паяного соединения ПН-5 толщиной 0,1 мм, шириной 15 мм, длиной 47 мм.

Для присоединения запорной арматуры и измерительных приборов к медному газопроводу следует предусматривать латунные переходные детали. На рис. 2.5. приведена схема присоединения запорной арматуры к медному газопроводу.

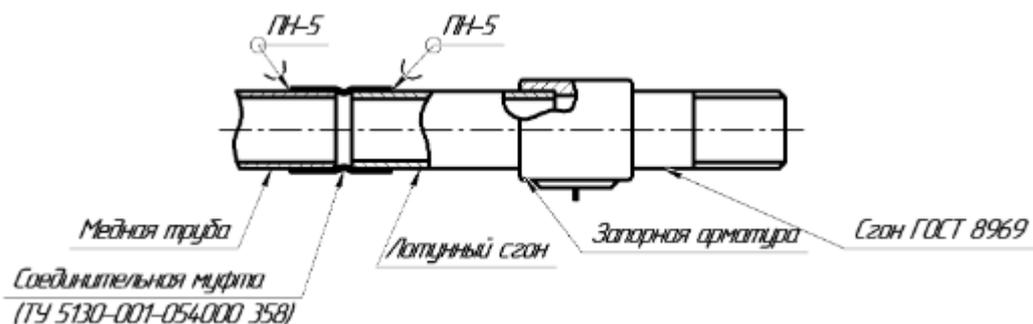


Рис. 2.5. Схема присоединения запорной арматуры к медному газопроводу

Соединения труб из полиэтилена следует предусматривать неразъемными. Соединительные детали из полиэтилена изготавливаются по ТУ 6-19-359-87. Применяются сварные соединения встык нагретым инструментом или при помощи деталей с закладными электронагревателями (ЗН).

На рис. 2.6 показаны принципиальные схемы соединения полиэтиленовых труб сваркой и фланцевое соединение. Швы не должны иметь трещин, а также недопустимых в соответствии с требованиями нормативных документов смещений кромок, несоосности труб. Разъемными могут быть соединения полиэтиленовых труб со стальными трубами, а также соединения в местах установки арматуры, оборудования и контрольно-измерительных приборов. Разъемные соединения полиэтиленовых труб со стальными трубами в грунте могут предусматриваться только при условии устройства футляра с контрольной трубкой.

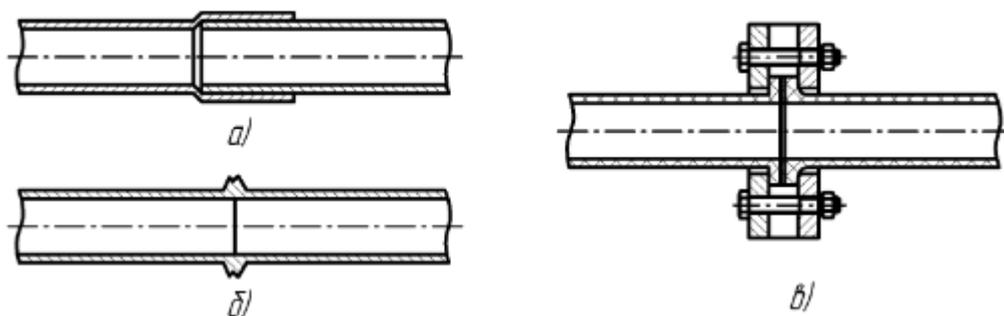


Рис.2.6. Соединение полиэтиленовых труб:  
а) сваркой в раструб; б) сваркой встык; в) фланцевое

### Вопросы для самоконтроля

1. Что называется диаметром условного прохода труб?
2. Какое давление в трубах называется условным?
3. Какие разновидности труб вы знаете?
4. Какие виды соединений труб вы знаете?
5. Как осуществляется герметизация фланцевых соединений труб?
6. Какие виды прокладок используются во фланцевых соединениях?
7. В чем особенность резьбовых соединений?
8. Каковы достоинства и недостатки полиэтиленовых труб?
9. При каких давлениях используются полиэтиленовые трубы?
10. Для прокладки каких газопроводов применяются полиэтиленовые трубы?
11. Каким образом соединяют полиэтиленовые трубы?
12. Виды и назначение фитингов?
13. Перечислите приварные детали стальных газо-проводов и их назначение.
14. Назовите области применения водо-газопроводных труб по ГОСТ 3262.
15. Расшифруйте: 010705ГОСТВСт3сп9110704ГОСТII5000376Труба—××.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 БЫТОВАЯ ГАЗОВАЯ ПЛИТА

**Цель работы:** изучение конструкции бытовой газовой плиты.

**Программа работы:**

- ознакомиться с устройством бытовой газовой плиты;
- ознакомиться требованиями по обеспечению устойчивой работы газовых горелок;
- составить отчет, который должен содержать теоретические сведения об устройстве плиты,

#### **Теоретические положения**

Бытовые газовые плиты должны отвечать требованиям ГОСТ 33998-2016 «Приборы газовые бытовые для приготовления пищи. Общие технические требования и методы испытаний».

В соответствии с ГОСТом плиты имеют следующую классификацию:

- класс 1 – отдельно стоящий прибор для приготовления пищи;
- класс 2 – прибор для приготовления пищи, встраиваемый между двумя предметами мебели;
- класс 3 – прибор, встраиваемый в кухонный блок и/или рабочую поверхность.

Наиболее ярким представителем отечественных плит является унифицированная газовая плита ПГ- 4, представляющая собой тумбу без ножек. Высота рабочего стола бытовых плит около 850 мм, ширина около 600 мм, расстояние между центрами соседних конфорок принимается не менее 230 мм.

На лицевой стороне плиты размещен распределительный щиток с пятью ручками и их указателями. Поворот ручки возможен лишь после нажатия

(вдавливания) в осевом направлении. Стол плиты – закрытый и одновременно служит поддоном для сбора пролитой пищи. На задней кромке стола установлен щиток-экран (в некоторых модификациях заменен откидывающейся крышкой). Конфорочные решетки – прутковые, эмалированные или оксидированные.

На лицевой стороне плиты размещен распределительный щиток с пятью ручками и их указателями. Поворот ручки возможен лишь после нажатия (вдавливания) в осевом направлении. Стол плиты – закрытый и одновременно служит поддоном для сбора пролитой пищи. На задней кромке стола установлен щиток-экран (в некоторых модификациях заменён откидывающейся крышкой). Конфорочные решётки – прутковые, эмалированные или оксидированные.

Духовой шкаф – цельносварной, снабжён съёмным дном и подвесками для трёх полок. В комплект шкафа входят противень, жаровня и решётка.

Дверца духового шкафа имеет смотровое стекло, за которым размещён биметаллический термоуказатель. Дисковая горелка не имеет запальника и зажигается через откидной лючок в дне духового шкафа. Ручки дверок духового и сушильного шкафов – плоские, изготовлены из стального листа с покрытием хромом или из полированного листового алюминия. Сушильный шкаф, размещённый под духовым шкафом, представляет собой ящик либо выдвижной, либо с откидной дверцей.

Газовые плиты изготавливают двух-, трёх- и четырёхконфорочными, с духовыми шкафами и без них.

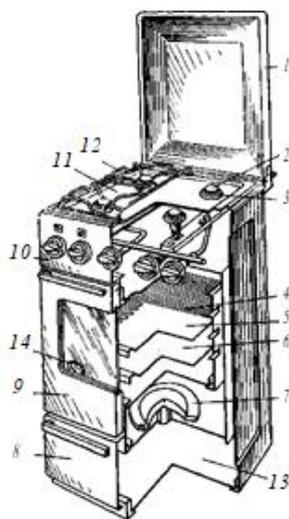


Рис 3.1 Общий вид унифицированной газовой плиты ПГ-4:

- 1 – крышка плиты или щиток; 2 – крышка горелки; 3 – насадка горелки стола; 4 – решетка духового шкафа; 5 – противень для выпечки; 6 – жаровня; 7 – горелка духового шкафа;
- 8 – дверка сушильного шкафа; 9 – дверка духового шкафа; 10 – распределительный щиток;
- 11 – стол плиты; 12 – решетка стола; 13 – сушильный шкаф; 14 - термоуказатель

В соответствии с ГОСТ 33998-2016 КПД конфорочных горелок должен быть не менее 52 %. Со- держание окиси углерода в продуктах сгорания при

работе горелок с номинальной мощностью не должно превышать 0,1 % в пересчете на сухие газы и коэффициент избытка воздуха равен единице ( $\alpha = 1$ ).

На отечественных бытовых газовых плитах используются многофакельные инжекционные горелки низкого давления (рис. 2.2).

Для обеспечения устойчивости работы газогорелочное устройство плиты сконструировано так, чтобы:

а) горелка работала с максимальным коэффициентом первичного воздуха;  
б) горелка располагалась по отношению к дну посуды таким образом, чтобы обеспечивалось хорошее ее омывание продуктами сгорания и исключалась возможность соприкосновения внутреннего конуса пламени с ее дном.

в) расстояние между дном посуды и горелкой было оптимальным, так как с увеличением этого расстояния возрастает избыток воздуха и падает КПД горелки, а с уменьшением – растет химическая неполнота сгорания. Величина оптимального расстояния определяется тепловой нагрузкой и коэффициентом первичного воздуха, размерами конфорочного отверстия и дна посуды. Для горелок с нормальной мощностью оптимальное расстояние составляет примерно 20 мм;

г) продукты сгорания отводились через зазор (не менее 8 мм) между дном посуды и рабочим столом.

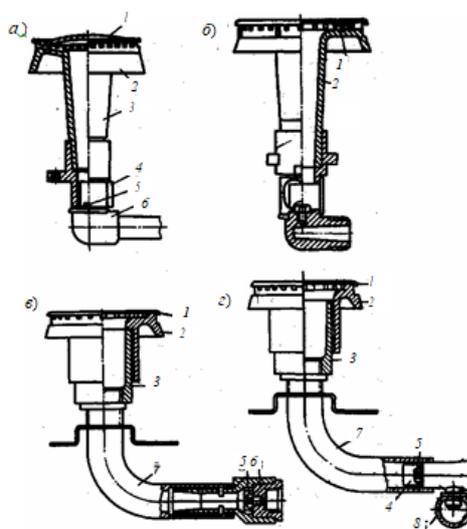


Рис. 3.2 Конфорочные горелки:

- а* – вертикальная; *б* – вертикальная с плиточным пламенем;  
*в* – с горизонтальным смесителем; *г* – без регулятора первичного воздуха;  
1 – колпачок; 2 – огневой насадок; 3 – диффузор; 4 – окно для подсоса воздуха;  
5 – наконечник сопла; 6 – корпус сопла; 7 – трубка-смеситель; 8 – коллектор

К показателям, характеризующим работу газовых аппаратов, относятся тепловая мощность аппарата, эффективность, характеризующаяся коэффициентом полезного действия (КПД), и теплопроизводительность [4].

Различают номинальные и предельные значения указанных показателей. Номинальной тепловой мощностью называют такую, при которой аппарат имеет наилучшие показатели работы: наибольшую полноту сгорания газа при

наиболее высоком КПД, при этом в конструктивных элементах аппарата не должны возникать опасные тепловые напряжения, которые могут сократить установленный срок службы. Номинальная тепловая мощность, являющаяся паспортной величиной аппарата, определяется при номинальной тепловой нагрузке. Предельной тепловой мощностью является максимальная тепловая нагрузка, превышающая номинальную на 20 %. При этом не должны ощутимо ухудшаться полнота сгорания газа, уменьшаться КПД и срок службы аппарата. Безопасность работы газового аппарата характеризуется полнотой сгорания газа и устойчивой работой газогорелочных устройств.

Давление газа перед горелкой может быть номинальным, максимальным и минимальным. Номинальное соответствует номинальной тепловой мощности, максимальное и минимальное соответствуют максимальной и минимальной тепловым мощностям горелки.

Теплопроизводительностью газового прибора называют количество теплоты, переданное прибором при сжигании газа нагреваемому телу.

### **Контрольные вопросы**

1. По каким показателям классифицируются газовые плиты?
2. Перечислите основные части газовой плиты.
3. Назовите тип конфорочных горелок, в чем их разница, достоинства и недостатки?
4. Объясните принцип действия конфорочной горелки.
5. Какие типы конструкций конфорочных горелок используются в отечественных плитах?
6. Какие неисправности могут возникать в газовых плитах?
7. Перечислите основные требования, предъявляемые к помещениям при установке в них газовых плит.
8. Как следует размещать газовые плиты в помещении?
9. В каких помещениях установка газовых плит не допускается?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ПРОТОЧНЫЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬ**

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и принципом работы проточного газового водонагревателя.

### ***Программа работы:***

•определить тепловую мощность и коэффициент полезного действия аппарата; установить зависимости между теплопроизводительностью прибора и температурой уходящих газов.

•представить отчёт по работе, который должен содержать основы теории, основные зависимости для определения номинальной теплопроизводительности, номинальной тепловой мощности и коэффициента полезного действия.

### **Теоретические положения**

Нагревание воды для бытовых нужд обеспечивают бытовые газовые водонагреватели, которые разделяются на проточные и емкостные.

Наиболее широкое применение получили проточные газовые водонагреватели (ВПГ), работающие на газовом топливе, представляющие собой теплообменные аппараты, предназначенные для подогрева водопроводной воды до 50...60 °С с целью удовлетворения хозяйственно-бытовых и санитарно-гигиенических нужд.

Все проточные водонагреватели по величине номинальной тепловой мощности (согласно ГОСТ Р 19910–94) делятся на две группы: малые – от 8 до 9 кВт, и большие от 17 до 18 кВт, от 21 до 23 кВт и от 26 до 28 кВт; по степени автоматизации – на высший и первый классы [5].

КПД водонагревателей при номинальной нагрузке должен быть не ниже 80 %, содержание оксида углерода в продуктах сгорания водонагревателя не должно превышать 0,05 %; водонагреватели должны обеспечивать паспортную производительность в пределах расчётных давлений газа при наименьшем значении его низшей теплоты сгорания; температура продуктов сгорания за тягопрерывателем должна быть не менее 110 °С.

Все основные элементы ВПГ (рис. 4.1) смонтированы в эмалированном кожухе прямоугольной формы.

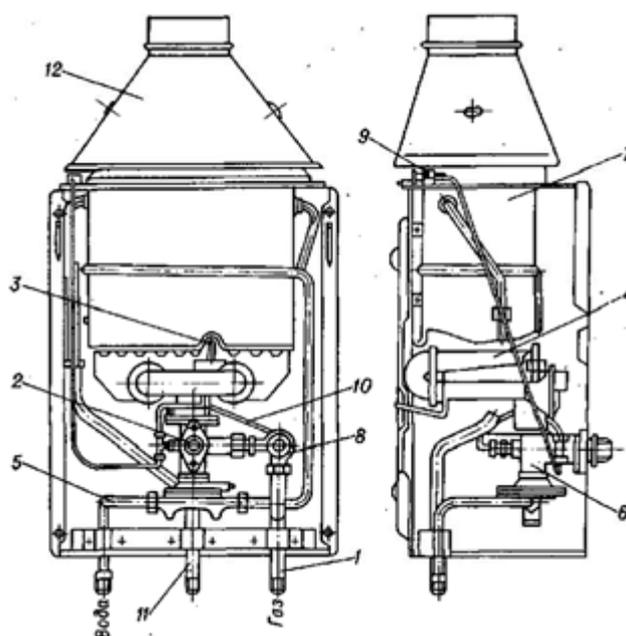


Рис 4.1 Аппарат водонагревательный проточный газовый

Аппарат имеет следующие узлы: газопровод 1, кран блокировочный газовый 2, горелку запальную 3, горелку основную 4, патрубков холодной воды 5,

блок водогорелочный с тройником горелки 6, теплообменник 7, автоматическое устройство безопасности по тяге с электромагнитным клапаном 8, датчиком тяги 9 и термопарой 10, патрубок горячей воды 11 и газоотводящее устройство 12.

Водонагреватель оборудован инжекционной горелкой с двумя инжекторами, обеспечивающими поступление первичного воздуха до 60 % необходимого для сгорания. Это обеспечивает полное сгорание газа в коротких факелах.

Теплообменник состоит из огневой камеры и калорифера. Размещённые на наружной стороне огневой камеры змеевики предохраняют стенки камер от перегрева.

В первых моделях водонагревателей применялись два змеевика, один для подачи холодной воды к калориферу, другой – горячей воды к разборному крану. В современных конструкциях ВПГ змеевик делает лишь один оборот вокруг огневой камеры.

Принцип работы аппарата следующий. Газ поступает в электромагнитный клапан 8. Газовый блокировочный кран водогорелочного блока осуществляет принудительное последовательное включение запальной горелки и подачу газа к основной горелке.

Кроме ручной блокировки крана на пути газа к основной горелке имеются два автоматических блокировочных устройства. Блокировку поступления газа в основную горелку при обязательной работе запальной горелки обеспечивает электромагнитный клапан, работающий от термопары. Блокировка подачи газа в горелку в зависимости от наличия протока воды через аппарат осуществляется с помощью клапана, имеющего привод через шток от мембраны, расположенной в водогорелочном блоке. При нажатой кнопке электромагнитного клапана и открытом положении блокировочного газового крана на запальную горелку через электромагнитный клапан газ поступает в блокировочный кран, а далее через тройник – по газопроводу к запальной горелке.

При нормальной тяге в дымоходе (разрежение не менее 2,0 Па) термопара, нагреваемая пламенем запальной горелки, передаёт импульс электромагнитному клапану, который автоматически открывает доступ газа к блокировочному крану. Если тяга нарушена или отсутствует, биметаллическая пластина датчика тяги нагревается уходящими продуктами сгорания газа, открывает сопло датчика тяги и газ, поступающий во время нормальной работы аппарата на запальную горелку, уходит через сопло датчика тяги. Пламя запальной горелки гаснет, термопара охлаждается и электромагнитный клапан отключается в течение 60 с, т.е. прекращает подачу газа.

Для плавного зажигания основной горелки предусмотрен замедлитель зажигания, работающий при вытекании воды из надмембранной полости как обратный клапан, частично перекрывающий сечение клапана и тем самым замедляющий движение мембраны вверх, а следовательно, и зажигание основной горелки.

Основное количество теплоты передаётся воде через калорифер (рис. 4.2).

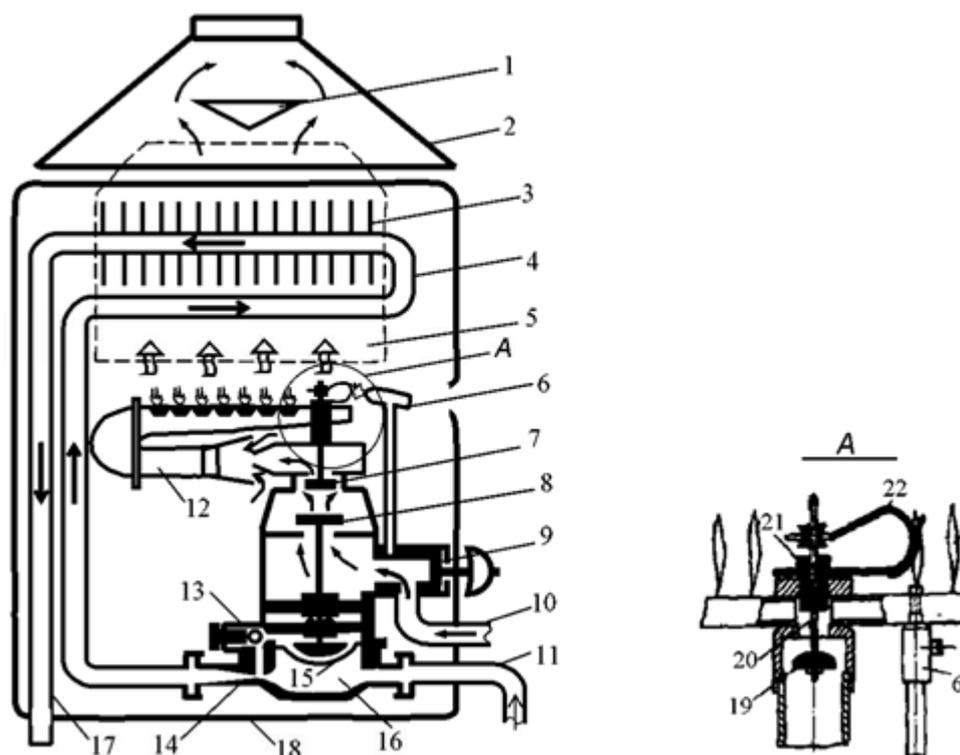


Рис 4.2 Принципиальная схема водонагревателя

- 1 – предохранитель от обратной тяги; 2 – газоотводящее устройство;  
 3 – калорифер; 4 – змеевик; 5 – огневая камера; 6 – запальник; 7 – клапан безопасности; 8 – клапан блокировки газа; 9 – блок-кран; 10 – вход газа, 11 – вход воды; 12 – горелка;  
 13 – шариковый замедлитель зажигания; 14 – трубка Вентури;  
 15 – мембрана; 16 – мембранная камера; 17 – выход воды; 18 – кожух; 19 – клапан;  
 20 – шток; 21 – уплотнение; 22 – биметаллическая пластина

Охлаждение огневой камеры обеспечивается одним витком змеевика. Калорифер 3 собран из одного ряда медных пластин и пересекается тремя горизонтальными участками змеевика 4. Теплота передаётся радиацией, конвекцией и теплопроводностью через металлические стенки, которые находятся в контакте с одной стороны с водой, с другой – потоком отходящих газов.

Водяная часть блок-крана имеет верхнюю и нижнюю водяные камеры, разделённые мембраной из прочной резины. Если открыть водяной вентиль перед колонкой, то верхнюю и нижнюю камеры заполнит вода. По принципу сообщающихся сосудов давление на мембрану сверху и снизу станет одинаковым, т.е. мембрана будет находиться в равновесии. Если открыть водоразборный вентиль, то вода потечёт через водонагреватель. Минувя подмембранное пространство, вода, прежде чем попасть по соединительной трубе в змеевик, проходит через сопло Вентури ( $d_{\text{в}} = 3,4 \text{ мм}$ ).

При прохождении воды через узкую часть сечения скорость её значительно возрастает, за счёт чего создаётся разность давлений над и под мембраной. Давление воды в верхней водяной камере блок-крана понизится, а в ниж-

ней водяной камере увеличится настолько, что мембрана передвинется в верхнее положение. Шток тарелочки при движении вверх упрётся в толкатель газового клапана, пересилит давление действующей на него пружины и медленно откроет газовый клапан. Если будет открыт газовый кран основной горелки, то газ начнёт поступать в горелку и загорится от запальника.

Если прекратится подача воды, то давление на мембрану сверху и снизу уменьшится, а газовый клапан под действием пружины перекроет газ на горелку. Это предохранит радиатор от распаивания. То же произойдет, если перекрыть водоразборный вентиль.

Для автоматизации подачи газа на основную горелку в проточном водонагревателе предусмотрен биметаллический термоклапан. В зону действия термоклапана вводится согнутая биметаллическая пластина 22. В холодном состоянии верхняя полоса пластинки находится в горизонтальном положении, вследствие чего клапан 19 через шток 20 удерживается в закрытом положении, перекрывая проход газа на основную горелку. При нагревании биметаллической пластины 22 верхняя полоса её опускается, что приводит к перемещению клапана и открытию прохода на горелку.

В новых конструкциях водонагревателей предусмотрены дополнительные функции автоматики по блокировке работы основной горелки, например, вместо биметаллического термоклапана установлен электромагнитный датчик пламени (рис. 4.3).

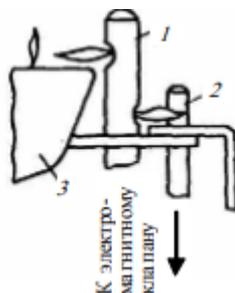


Рис 4.3 Электромагнитный датчик пламени:  
1- запальная горелка; 2- термопара; 3 – основная горелка

В зону пламени запальной горелки введена термопара 2, которая является датчиком электродвижущей силы для электромагнитного клапана, управляющего доступом газа к горелке водонагревателя.

Основными показателями, характеризующими работу водонагревателя, являются: тепловая мощность, тепловая производительность и коэффициент полезного действия [6].

Тепловой мощностью газового прибора называют количество тепла, образующееся в результате сжигания газа, подводимого к горелке в единицу времени.

Различают номинальные и предельные значения величин. Номинальной тепловой мощностью называют максимальную тепловую мощность, достигаемую за время длительной работы прибора, при которой показатели работы его

соответствуют установленным нормам (прибор имеет наиболее высокий КПД, даёт наибольшую полноту сгорания газа и имеет наибольший срок службы). Номинальной тепловой мощности аппарата соответствует номинальное давление газа перед ним.

Номинальную теплопроизводительность  $Q_{ном}$  следует определять при расходе воды, установленным таким образом, чтобы при температуре воды на входе в аппарат не более  $25^{\circ}\text{C}$  разность температур на входе и выходе составляла  $(40 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  [7].

Номинальная теплопроизводительность  $Q_{ном}$ , кВт, вычисляется по формуле

$$Q_{ном} = \frac{mc_p(t_2 - t_1)}{3600}, \quad (4.1)$$

где  $m$  - расход воды во время испытания, кг/ч;

$c_p$  - удельная теплоемкость воды,  $c_p = 4,187$  кДж/кг $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2$  - температура воды на выходе,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$  - температура воды на входе,  $^{\circ}\text{C}$ .

Номинальную тепловую мощность  $N_{ном}$ , кВт, вычисляют по формуле

$$N_{ном} = \frac{BQ_n}{3600}, \quad (4.2)$$

где  $B$  - расход газа, м $^3$ /с;

$Q_n$  - низшая теплота сгорания газа, кДж/м $^3$ ,  $Q_n = 35364$  кДж/м $^3$ .

Перед измерением расхода газа аппарат должен проработать не менее 5 мин.

Расход газа  $B$ , м $^3$ /ч, приведенный к нормальным условиям, вычисляют по формуле

$$B = \frac{V_{прив}}{\tau}, \quad (4.3)$$

где  $V_{прив}$  - объем газа, приведенный к нормальным условиям, м $^3$ ;

$\tau$  - время, в течение которого измерялся объем израсходованного газа, с.

Объем газа  $V_{прив}$  вычисляют по формуле

$$V_{прив} = V \frac{273}{273 + t_2} \cdot \frac{P_0 + P_2}{101325}, \quad (4.4)$$

где  $V$  - объем газа, измеренный счетчиком, м $^3$ ;

$t_2$  - температура газа на входе в горелку, °С;

$P_0$  - барометрическое давление воздуха, Па;

$P_2$  - давление газа перед горелкой, Па.

Коэффициент полезного действия  $\eta$  рассчитывается по формуле

$$\eta = \frac{Q_{ном}}{N_{ном}} \cdot 100\%. \quad (4.5)$$

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные технические характеристики проточных газовых водонагревателей.
2. Объясните устройство и принцип действия ВПГ.
3. Объясните назначение мембранной камеры, мембраны, сопла Вентури.
4. Что такое замедлитель зажигания и как он действует?
5. Для чего служит блок-кран?
6. Для чего предназначен калорифер проточного аппарата?
7. Почему трубки калорифера имеют ребрение?
8. Объясните устройство и принцип действия электромагнитного клапана.
9. Для чего предназначен датчик тяги?
10. Что произойдет, если при работающем аппарате неожиданно прекратится подача воды?
11. Перечислите характерные неисправности ВПГ и методы их устранения.
12. Расскажите порядок включения и выключения проточного водонагревателя.
13. Перечислите требования, предъявляемые к помещениям и местам установки проточных газовых водонагревателей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кязимов, Карл Гасанович. Газоснабжение: устройство и эксплуатация газового хозяйства : Учебник Для СПО / Кязимов К. Г., Гусев В. Е. - 6-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 392. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-12470-5 : 919.00. URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/447571>
2. Ионин, А. А. Газоснабжение [Электронный ресурс] / Ионин А. А., - 5-е, стер. - : Лань, 2012. - 448 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1286-0. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2784](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2784)
3. Шибeko, А. С. Газоснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Шибeko А. С. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 520 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-3662-0. URL: <https://e.lanbook.com/book/125714>
4. Колибаба, О. Б. Основы проектирования и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления [Электронный ресурс] / Колибаба О. Б., Никишов В. Ф., Ометова М. Ю., - 2-е изд., стер. - : Лань, 2017. - 204 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1416-1. URL: <https://e.lanbook.com/book/93004>
5. Кашкинбаев, И.З. Методические основы совершенствования строительства трубопроводов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Т.И. Кашкинбаев; И.З. Кашкинбаев. - Алматы : Нур-Принт, 2016. - 23 с. - ISBN 978-601-7869-01-4. URL: <http://www.iprbookshop.ru/67097.html>
6. Суслов, Д.Ю. Газоснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Кушев; Б.Ф. Подпоринов; Д.Ю. Суслов. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. - 265 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/66647.html>
7. Колпакова, Н.В. Газоснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Колпаков; Н.В. Колпакова. - Газоснабжение ; 2022-08-31. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2014. - 200 с. - ISBN 978-5-7996-1185-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68425.html>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1. Газовая запорная арматура.....	3
Лабораторная работа № 2. Трубы и соединительные элементы газопровода	16
Лабораторная работа № 3. Бытовая газовая труба.....	25
Лабораторная работа № 4. Проточный водонагреватель.....	28
Библиографический список.....	35

## ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
(профиль «Проектирование, строительство и эксплуатация  
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»)  
всех форм обучения

### **Составители:**

**Кузнецова** Галина Александровна  
**Харин** Сергей Олегович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 17.06.2022.

Уч.-изд. л. 2,0.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84