

# Регуляторы давления газа



## Назначение и классификация

Управление гидравлическим режимом работы системы газораспределения осуществляют с помощью регуляторов давления, которые автоматически поддерживают постоянное

давление в точке отбора импульса независимо от интенсивности потребления газа. При регулировании давления происходит снижение начального — более высокого — давления на конечное — более низкое. Это достигается автоматическим изменением степени открытия дросселирующего органа регулятора, вследствие чего автоматически изменяется гидравлическое сопротивление проходящему потоку газа.

В зависимости от поддерживаемого давления (расположения контролируемой точки в газопроводе) регуляторы давления разделяют на регуляторы «до себя» и «после себя». В ГРП (ГРУ) применяют только регуляторы «после себя».

Автоматический регулятор давления состоит из исполнительного механизма и регулирующего органа. Основной частью исполнительного механизма является чувствительный элемент, который сравнивает сигналы датчика и текущего значения регулируемого давления. Исполнительный механизм преобразует командный сигнал в регулирующее воздействие и в соответствующее перемещение подвижной части регулирующего органа за счет энергии рабочей среды (это может быть энергия газа, проходящего через регулятор, либо энергия среды от внешнего источника — электрическая, сжатого воздуха, гидравлическая).

Если перестановочное усилие, развиваемое чувствительным элементом регулятора, достаточно большое, то он сам осуществляет функции управления регулирующим органом. Такие регуляторы называются регуляторами прямого действия. Для достижения необходимой точности регулирования и увеличения перестановочного усилия между чувствительным элементом и регулирующим органом может устанавливаться усилитель — командный прибор (иногда называемый «пилотом»). Измеритель управляет усилителем, в котором за счет постороннего воздействия (энергии рабочей среды) создается усилие, передающееся на регулирующий орган.

Так как в регулирующих органах регуляторов давления происходит дросселирование газа, то их иногда называют дросселирующими.

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

В связи с тем, что регулятор давления газа предназначен для поддержания постоянного давления в заданной точке газовой сети, то всегда необходимо рассматривать систему автоматического регулирования в целом — «регулятор и объект регулирования (газовая сеть)». Принцип работы регуляторов давления газа основан на регулировании по отклонению регулируемого давления. Разность между требуемым и фактическим значениями регулируемого давления называется рассогласованием. Оно может возникать вследствие различных возмущений — либо в газовой сети из-за разности между притоком газа в нее и отбором газа, либо из-за изменения входного (до регулятора) давления газа.

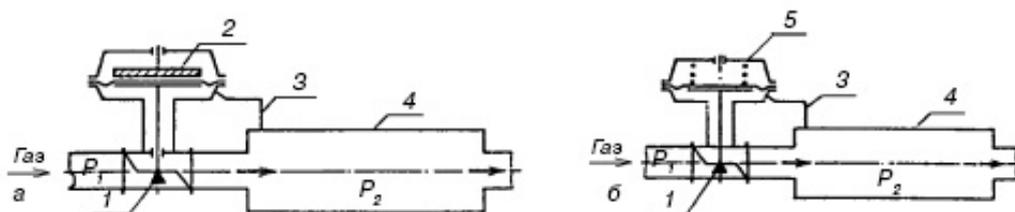
Правильный подбор регулятора давления должен обеспечить устойчивость системы «регулятор-газовая сеть», т. е. способность ее возвращаться к первоначальному состоянию после прекращения возмущения.

Исходя из закона регулирования, положенного в основу работы, регуляторы давления бывают астатические, статические и изодромные.

В системах газораспределения два первых типа регуляторов получили наибольшее распространение.

В *астатических* регуляторах (рис. 1, а) на чувствительный элемент (мембрану) действует постоянная сила от груза 2. Активная (противодействующая) сила — это усиление, которое воспринимает мембрана от выходного давления  $P_2$ . При увеличении отбора газа из сети 4 будет уменьшаться давление  $P_2$ , баланс сил нарушится, мембрана пойдет вниз и регулирующий орган откроется.

Такие регуляторы после возмущения приводят регулируемое давление к заданному значению независимо от величины нагрузки и положения регулирующего органа. Равновесие системы может наступить только при заданном значении регулируемого давления, причем регулирующий орган может занимать любое положение. Такие регуляторы следует применять на сетях с большим самовыравниванием, например, в газовых сетях низкого давления достаточно большой емкости.



**Рис. 1. Схемы регуляторов давления:**

а — астатический регулятор; б — статический регулятор давления; 1 — регулирующий (дроссельный) орган; 2 — мембранно-грузовой привод; 3 — импульсная трубка; 4 — объект регулирования — газовая сеть; 5 — мембранно-пружинный привод.

Люфты, трение в сочленениях могут привести к тому, что регулирование станет неустойчивым. Для стабилизации процесса в регулятор вводят жесткую обратную связь. Такие регуляторы называются статическими. При статическом регулировании равновесное значение регулируемого давления всегда отличается от заданной величины, и только при номинальной нагрузке фактическое значение становится равным номинальному. Статические регуляторы характеризуются неравномерностью.

В регуляторе (рис. 1, б) груз заменен пружиной — стабилизирующим устройством. Усилие, развиваемое пружиной, пропорционально ее деформации. Когда мембрана находится в крайнем верхнем положении (регулирующий орган закрыт), пружина приобретает наибольшую степень сжатия и  $P_2$  — максимальное. При полностью открытом регулирующем органе значение  $P_2$  уменьшается до минимального. Статическую характеристику регуляторов выбирают пологой, с тем чтобы неравномерность регулятора была небольшой, при этом процесс регулирования

становится затухающим.

*Изодромный* регулятор (с упругой обратной связью) при отклонении регулируемого давления  $P_2$  сначала переместит регулирующий орган на величину, пропорциональную величине отклонения, но если при этом давление  $P_2$  не придет к заданному значению, то регулирующий орган будет перемещаться до тех пор, пока давление  $P_2$  не достигнет заданного значения.

## Термины, используемые для характеристики работы регуляторов давления газа

*Статическая ошибка* — отклонение регулируемого давления от заданного при установившемся режиме, также называют неравномерностью регулирования.

*Динамическая ошибка* — максимальное отклонение давления в переходный период от одного режима к другому.

*Ход клапана* — расстояние, на которое перемещается клапан от седла.

*Диапазон настройки* — разность между верхним и нижним пределами давления, между которыми может быть осуществлена настройка регулятора.

*Верхний предел настройки давления* — максимальное выходное давление, на которое может быть настроен регулятор.

*Зона регулирования* — разность между регулируемыми давлениями при 10 % и 90 % от максимального расхода.

*Зона нечувствительности* — разность регулируемого давления, необходимая для изменения направления движения регулирующего органа.

*Зона пропорциональности* — изменение регулируемого давления, необходимое для перемещения регулирующего органа (клапана) на значение его номинального (полного) хода.

*Условная пропускная способность  $K_v$*  — величина, равная расходу воды плотностью 1 г/см<sup>3</sup> (1000 кг/м<sup>3</sup>) в кубических метрах в час через регулятор при номинальном (полном) ходе клапана и перепаде давления 0,1 МПа (1 кг/см<sup>2</sup>).

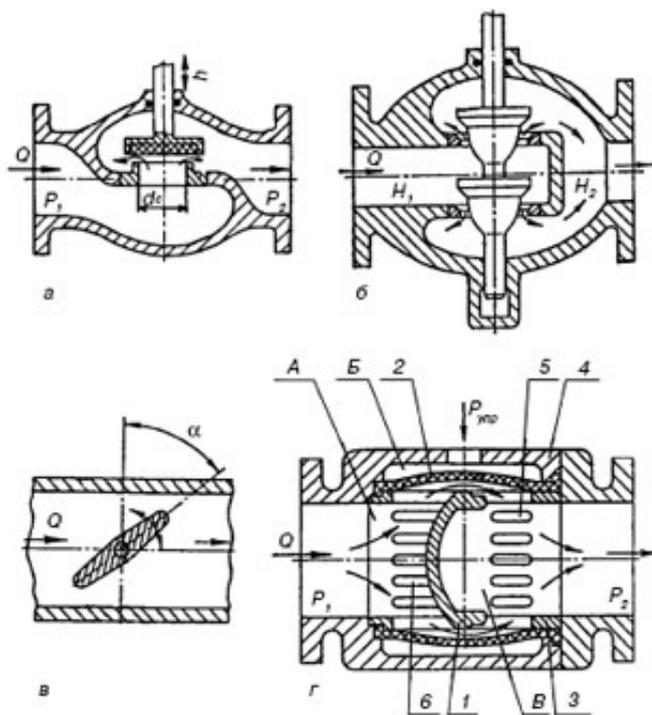
*Относительная протечка* — отношение максимального значения протечки воды через затвор регулирующего органа при перепаде давления на 0,1 МПа и условной пропускной способности  $K_v$ .

Конструкции регуляторов давления газа должны удовлетворять следующим требованиям:

- зона пропорциональности не должна превышать 20 % верхнего предела настройки выходного давления для комбинированных регуляторов и регуляторов баллонных установок и 10 % для всех других регуляторов;
- зона нечувствительности не должна быть более 2,5 % верхнего предела настройки выходного давления;
- постоянная времени (время переходного процесса регулирования при резких изменениях расхода газа или входного давления) не должна превышать 60 с.

Основными элементами регулирующих (дросселирующих) органов являются затворы. Они могут быть односедельные, двухседельные, диафрагменные и шланговые, крановые и заслоночные.

В городских системах газоснабжения в основном применяют регуляторы с одно- и двухседельными затворами, реже — с заслоночными и шланговыми (рис. 2).



**Рис. 2. Конструктивные схемы дросселирующих органов регуляторов давления газа:**

а — с односедельным затвором; б — с двухседельным; в — с заслоночным; г — со шланговым.

Односедельные и двухседельные затворы могут выполняться как с жестким уплотнением (металл по металлу), так и с эластичным (прокладки из маслобензостойкой резины, кожи, фторопласта и т. п.). Такие затворы состоят из седла и клапана. Достоинством односедельных затворов является то, что они легко обеспечивают герметичность уплотнения.

Однако клапаны односедельных затворов являются неразгруженными, т. к. на них действует разность входного и выходного давлений.

В регуляторах давления газа широко применяют тарельчатые плоские клапаны с эластичным уплотнением. Полный ход плоского клапана, при котором будет осуществляться процесс регулирования, определяется из равенства боковой поверхности цилиндра с диаметром седла  $d_c$ , высотой подъема клапана  $h$  и площади седла клапана:

$$(\pi d_c^2)/4 = \pi d_c h, h = 0.25 d_c$$

Для примера: регулятор с диаметром седла 4 мм имеет полный ход клапана 1 мм. Практически высоту подъема плоского тарельчатого клапана принимают  $(0,3+0,4)d_c$ . Дальнейший подъем клапана не сказывается на его пропускной способности. При изменении формы затвора ход клапана можно увеличить.

Двухседельные затворы при тех же условиях обладают значительно большей пропускной способностью вследствие большей суммарной площади проходного сечения седел. Эти клапаны являются разгруженными, однако при отсутствии расхода газа они не обеспечивают герметичности, что объясняется трудностью посадки затвора одновременно по двум плоскостям. Двухседельные регулирующие органы используют чаще в регуляторах с постоянным источником энергии.

Заслоночные затворы применяют обычно в ГРП с большими расходами газа (например, ТЭЦ) и используют как регулирующий орган регуляторов непрямого действия с посторонним источником энергии.

Шланговый регулирующий орган (рис. 2, г) имеет эластичный шланг 2 и стакан 3, расположенный в корпусе 4. В стакане 3 есть два ряда продольных прорезей 5 и 6 для прохода газа и поперечная перегородка 1.

Перегородка 1 и эластичный шланг 2 разделяют полость устройства на три камеры: А — входного, В — выходного и Б — управляющего давления.

При отсутствии входного давления шланг герметично отделяет камеру А от камеры В под действием предварительного натяжения, с которым шланг надет на стакан. При подаче  $P_1$  шланг отжимается от стакана. При подаче управляющего давления в камеру Б изменяется зазор между шлангом и стаканом и происходит регулирование. Затвор аналогичного типа имеет регулятор давления РДО-1.

В регуляторах давления газа, устанавливаемых в ГРП, в качестве чувствительного элемента и одновременно привода в основном используют мембраны (плоские и гофрированные).

Плоская мембрана представляет собой круглую плоскую пластину из эластичного материала. Мембрана зажимается между фланцами верхней и нижней мембранных крышек. Центральная часть мембраны с обеих сторон зажата между двумя круглыми металлическими дисками (обжимными). Жесткие диски увеличивают перестановочную силу и уменьшают неравномерность регулирования.

Перестановочное усилие, развиваемое мембраной, зависит от величины так называемой эффективной площади мембраны. Она изменяется в зависимости от прогиба мембраны. Перестановочное усилие определяется по формуле:

$$N = cFP,$$

где  $c$  — коэффициент активности мембраны;  $F$  — площадь мембраны (в проекции на плоскость ее заделки);  $P$  — избыточное давление рабочей среды;  $cF$  — активная площадь мембраны.

Зависимость коэффициента активности мембраны  $c$  от величины ее относительного прогиба  $\Delta h$  приведена на рис. 3.3.

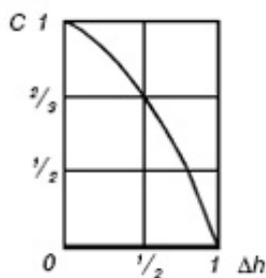


Рис. 3.3.

В связи с тем, что при различном прогибе мембраны значения коэффициента активности изменяются, изменяется и перестановочное усилие мембраны. Это создает неравномерность регулирования. Поэтому для плоской мембраны с двумя обжимными металлическими дисками (диаметром 0,8 диаметра мембраны) оптимальным является участок на кривой при изменении  $\Delta h$  от 0 до 1/2, соответственно, коэффициент активности  $c$  изменяется в пределах от 1 до 2/3 (~ от 100 до 67 %).

Диаметр обжимных дисков принято выбирать не более 0,8 диаметра мембраны для обеспечения необходимой подвижности мембранного привода.

# Основные принципы выбора регуляторов

Выбор регуляторов давления газа необходимо производить с учетом следующих факторов:

- тип объекта регулирования;
- максимальный и минимальный требуемый расход газа;
- максимальное и минимальное входное давление;
- максимальное и минимальное выходное давление;
- точность регулирования (максимально допустимое отклонение регулируемого давления и время переходного процесса регулирования);
- необходимость полной герметичности при закрытии регулятора;
- акустические требования к работе регуляторов с высокими входными давлениями и большими расходами газа.

Основным требованием при подборе регулятора давления является обеспечение устойчивости его работы на всех возможных режимах, что проще всего добиться правильным выбором регулятора для того или иного объекта. Для тупикового газопровода (с отбором газа в конце газопровода) следует применять статические регуляторы прямого действия. В случае больших расходов газа — непрямого действия. Для кольцевых и разветвленных газовых сетей, учитывая их способность к самовыравниванию, в принципе можно использовать любые типы регуляторов, но так как эти сети имеют обычно большие расчетные расходы, то лучше применять астатические регуляторы непрямого действия (с пилотом). Эти регуляторы позволяют более точно поддерживать давление после себя.

Неравномерность регулирования у статических регуляторов давления прямого действия  $\pm(0-20)$  %, статических непрямого действия (с пилотом) и астатических  $\pm(5-10)$  %.

При подключении к сетям высокого давления, давление в которых имеет значительные колебания, а также учитывая практически существующие конструкции регуляторов, может оказаться, что одноступенчатое снижение давления не применимо. В этом случае следует либо выбирать двухступенчатый регулятор давления, либо применить двухступенчатое редуцирование, при котором первым регулятором давление снижается до промежуточного значения, а вторым — до необходимого с высокой точностью.

При выборе регулятора давления необходимо учитывать явления, связанные с шумом работающего регулятора. Возникновение шумов вызвано газодинамическими колебательными процессами у дроссельных органов и стенок регуляторов. При совпадении частоты колебаний амплитуда колебаний клапана может резко возрасти, что приведет к износу и разрушению клапана, сильной вибрации регулятора. Наиболее эффективный метод снижения амплитуд колебаний — установка гасителя шума (перфорированного патрубка) сразу после редуцирования газа.

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93