



И. А. Шур

Газорегуляторные ПУНКТЫ И УСТАНОВКИ



Ленинград «Недра» Ленинградское отделение 1985

Шур И. А. Газорегуляторные пункты и установки.— Л.: Недра, 1985.— 288 с.

Приведены основные сведения о назначении и размещении газорегуляторных пунктов (ГРП) и установок (ГРУ), конструкции регуляторов давления, предохранительных запорных и сбросных устройств, газовых фильтров и шкафов ГРП, а также приборов для измерения расхода газа. Даны размеры и технические характеристики оборудования для ГРП и ГРУ, таблицы, номограммы и формулы, необходимые для выбора оборудования и перерасчета их характеристик при изменении параметров газа, с иллюстрацией этих действий на конкретных примерах. Рассмотрены технологические схемы ГРП и ГРУ с приборами для измерения расхода газа и без них, а также при одновременной работе двух и более параллельных технологических линий. Приведены основные требования к помещениям ГРП и особенности обслуживания и настройки оборудования. Рассмотрены взаимосвязь работы регулятора давления и объекта регулирования — системы газопроводов после него, а также особенности выбора режимов настройки ПЗК и ПСУ при питании газом тупиковых и кольцевых систем газоснабжения.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, наладкой и эксплуатацией ГРП и ГРУ.

Табл. 52, ил. 85, список лит. 14 назв.

Рецензент — Б. С. Одесский (Ленгаз)

Исаак Азриелевич Шур
ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ
ПУНКТЫ И УСТАНОВКИ

Научный редактор В. Е. Берхман

Редактор издательства Л. А. Рейхерт. Переплет художника А. А. Власова.
Технический редактор И. Г. Сидорова. Корректор М. Г. Дешалыт.

ИБ № 5140

Сдано в набор 29.03.85. Подписано в печать 05.07.85. М-32252. Формат 60×90^{1/16}. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 18,00. Усл. кр.-отт. 18,00. Уч.-изд. л. 18,96. Тираж 12 600 экз. Заказ 675/636. Цена 1 р. 30 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», Ленинградское отделение,
193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 18.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Надежное и устойчивое функционирование систем газоснабжения населенных пунктов, промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий невозможно без устройства газорегуляторных пунктов (ГРП) и установок (ГРУ), определяющих режимы давления в газопроводах. Так, при газоснабжении населенного пункта поддержание в газопроводах давления в заданных пределах необходимо для гарантированного обеспечения всех объектов расчетным количеством газа; постоянство давления газа перед газопотребляющими агрегатами, а еще лучше перед газогорелочными устройствами, диктуется требованиями эффективного использования газового топлива с оптимальным коэффициентом полезного действия, надежной и безопасной работы автоматики регулирования процесса сжигания газа и агрегатов в целом.

Нормальная работа ГРП и ГРУ может быть обеспечена, если при их проектировании и эксплуатации учтены характеристики каждого из технологических элементов схемы, их взаимодействие друг с другом, а также связь ГРП (ГРУ) с объектом регулирования. Это особенно важно при разработке и использовании шкафных ГРП, а также ГРП с несколькими параллельно включенными регуляторами.

В технической литературе последних лет ГРП и ГРУ уделялось мало внимания, хотя отечественная промышленность освоила выпуск нового регулирующего и предохранительного оборудования, а также шкафных ГРП. Некоторые типы применяемых приборов морально устарели и не соответствуют нормативным требованиям.

Настоящая книга представляет собой попытку обобщить накопленный опыт проектирования и эксплуатации ГРП и ГРУ, причем главное внимание уделено вопросам устройства и выбора оборудования. В связи с ограниченным объемом книги из всех контрольно-измерительных приборов, применяемых в ГРП и ГРУ, рассмотрены только приборы и устройства для измерения расхода газа.

Автор выражает искреннюю благодарность В. В. Андриановой, А. С. Вераксо, О. Н. Долматовичу, О. В. Климовой, Л. А. Колпакову, Э. Г. Левитиной, Б. М. Плиссу, В. Ю. Полякову, Р. Р. Рыбакову, Е. Б. Столпнеру и З. Г. Чернякову за ценные советы и практическую помощь при подготовке книги, а также Ф. Ф. Казанцеву, любезно предоставившему материалы по клапанам КПП(В) и регуляторам РДБК.

Глава 1

НАЗНАЧЕНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ ГРП И ГРУ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основное назначение газорегуляторных пунктов (ГРП) и установок (ГРУ) — снижение входного давления газа (дросселирование) до заданного выходного и поддержание последнего в контролируемой точке газопровода постоянным (в заданных пределах) независимо от изменения входного давления и расхода газа потребителями. Кроме этого, в ГРП (ГРУ) производятся: очистка газа от механических примесей, контроль за входным и выходным давлением и температурой газа, учет расхода (если отсутствует специально выделенный пункт измерения расхода), предохранение от возможного повышения или понижения давления газа в контролируемой точке газопровода сверх допустимых пределов.

Наличие в системе газоснабжения постоянного давления (в заранее заданном диапазоне его колебания) является одним из важнейших условий безопасной и надежной работы этой системы и подключенных к ней газопотребляющих объектов и агрегатов.

ГРП и ГРУ оснащаются практически одним и тем же оборудованием и отличаются друг от друга в основном своим расположением. ГРУ монтируют непосредственно в помещениях, где расположены агрегаты, использующие газовое топливо (цеха, котельные и т. п.). ГРП размещают в зависимости от назначения и технической целесообразности: в отдельно стоящих зданиях; в пристройках к зданиям; на несгораемом покрытии промышленного здания, в котором расположены потребители газа; в шкафах, устанавливаемых на несгораемой стене снаружи газифицируемого здания, на отдельно стоящей несгораемой опоре или (при наличии опорных стоек) на бетонном фундаменте.

В соответствии с назначением в ГРП и ГРУ входят следующие элементы.

1. Регулятор давления (РД), понижающий давление газа и поддерживающий его в контролируемой точке на заданном уровне независимо от расхода газа и изменения в определенных пределах входного давления.
2. Предохранительный запорный клапан (ПЗК), прекращающий подачу газа при повышении или понижении его давления после регулятора сверх заданных пределов. На промышленных предприятиях, где по условиям производства не допускается перерыв в подаче газа (например, электростанциях), ПЗК не устанавливают, а для предупреждения аварий предусматривают сигнализацию о повышении или понижении давления газа сверх установленных пределов.
3. Предохранительное сбросное устройство (ПСУ), сбрасывающее излишки газа из газопровода после регулятора, с тем чтобы давление газа в контролируемой точке не превысило заданного.
4. Фильтр для очистки газа от механических примесей. Установка фильтра не обязательна в ГРУ, к которой газ поступает через ГРП или централизованный пункт очистки газа предприятия и расстояние от которой до ГРП или пункта очистки не превышает 1000 м.
5. Контрольно-измерительные приборы (КИП) для измерения: давления газа до и после регулятора, а также на обводном газопроводе — манометры показывающие (при необходимости самопишущие); перепада давления на фильтре — дифманометр; учета расхода газа в ГРП или ГРУ (при необходимости) — расходомеры; температуры газа перед расходомером — термометры показывающий и самопишущий.

6. Импульсные трубопроводы для соединения регулятора, ПЗК, ПСУ и КИП с теми точками на газопроводах, в которых контролируется давление и температура газа.

7. Сбросные трубопроводы для стравливания газа в атмосферу от ПСУ, продувочных линий и т. п.

8. Запорные устройства для включения и отключения регулирующего и предохранительного оборудования, а также КИП. Число и расположение запорных устройств должны обеспечить возможность отключения основного оборудования и необходимых КИП для ревизии и ремонта ГРП (ГРУ) без прекращения подачи газа к потребителям.

9. Обводный газопровод (байпас) с двумя запорными устройствами для снабжения газом через него потребителей на время ревизии и ремонта, а также аварийного состояния оборудования, смонтированного на основной технологической линии. В шкафом ГРП устройство байпаса не обязательно.

В зависимости от давления газа на вводе ГРП и ГРУ подразделяют на:

— ГРП и ГРУ среднего давления (более 0,05 до 3 кгс/см²);

— ГРП и ГРУ высокого давления (более 3 до 12 кгс/см²).

ГРУ размещают в непосредственной близости от ввода газопровода в помещение цеха (котельной), так чтобы не создавались помехи при эксплуатации и ремонте основного технологического оборудования. Подача газа от ГРУ к потребителям, расположенным в других зданиях, не допускается. Питание газом агрегатов, расположенных в других помещениях здания, от одной ГРУ допускается, если эти агрегаты работают при одинаковых давлениях газа и в любое время суток обеспечен свободный доступ обслуживающего персонала газовой службы в эти помещения.

ГРУ с давлением газа до 6 кгс/см² на предприятиях и в отдельно стоящих отопительных котельных разрешается располагать непосредственно в помещении, где находятся агрегаты, использующие газ, или в смежном, соединенном с ним открытым просемом желательнее на всю высоту помещения, при обеспечении в них не менее чем трехкратного воздухообмена в час. При этом в одном здании, как правило, устанавливают не более одной ГРУ для газоснабжения агрегатов одного помещения. Если агрегаты работают на различных давлениях газа или расположены в различных помещениях здания, то в таком здании или помещении предусматривают несколько ГРУ. В цехах с расходами газа более 1000 м³/ч и помещениях большой протяженности (литейные цеха и т. п.) для агрегатов, работающих на одинаковых режимах давления газа, также допускается размещение двух и более ГРУ.

ГРУ с давлением газа от 6 до 12 кгс/см² допускается размещать только в помещениях тех цехов, где такое давление газа необходимо по условиям технологии производства.

Расстояния от ГРП, размещенного в отдельном здании или в отдельно стоящем шкафу, считая от наружных стен по горизонтали в свету, должно быть не меньше указанного в табл. 1.1. При соблюдении этих расстояний ГРП может располагаться на территории промышленного и коммунального предприятия, в зоне зеленых насаждений, внутри жилых кварталов, а также во дворах. Если ГРП расположено на открытой площадке под навесом, эти расстояния отмеряют от края оборудования. Согласно СНиП II—89—80 расстояние от зданий и сооружений I и II степени огнестойкости с производствами категорий А (т. е. для взрывоопасных производств), Б, В и Е до других зданий и сооружений тех же степеней огнестойкости должно составлять не менее 9 м, а при условии оборудования их стационарными автоматическими системами пожаротушения может быть уменьшено до 6 м. К таким зданиям, очевидно, могут быть отнесены ГРП, расположенные в пристройках, а также шкафные ГРП, установленные на стенах зданий.

На промышленных предприятиях ГРП среднего и высокого (до 6 кгс/см²) давления могут размещаться в пристройках к зданиям I и II степени огнестойкости с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям Г и Д. При технической необходимости допускается размещать ГРП во встроенных помещениях одноэтажных производственных зданий той же степени огнестойкости и категории пожароопасности.

Минимальные расстояния от ГРП, м

Давление газа на входе в ГРП, кгс/см ²	До зданий и сооружений	До железнодорожных и трамвайных путей (до ближайшего рельса)	До автодорог (до обочины)	До воздушной линии электропередачи
До 6	10	10	5	Не менее 1,5
Свыше 6 до 12	15	15	8	высоты опоры То же

Если агрегаты, расположенные в цехе, по технологии производства должны получать газ с давлением выше 6 кгс/см², то ГРП высокого давления (свыше 6 до 12 кгс/см²) разрешается размещать в пристройке к данному цеху. При климатических условиях, обеспечивающих нормальную работу оборудования ГРП, последние на территории промышленного предприятия могут размещаться на открытых огражденных площадках под навесом. Если газопроводы прокладываются над перекрытием цеха, агрегаты которого используют газовое топливо, то ГРП может также размещаться на крыше этого цеха. В последнем случае предел огнестойкости покрытия должен быть не менее 0,75 ч, а утеплитель его выполнен из несгораемого материала.

ГРП с давлением газа до 6 кгс/см², предназначенные для газоснабжения коммунальных предприятий и отопительных котельных, расположенных в отдельно стоящих зданиях, допускается размещать в пристройках к помещениям этих предприятий, в которых находятся газоиспользующие агрегаты. В отдельных случаях допускается размещение ГРП с давлением газа до 6 кгс/см² во встроенных помещениях одноэтажных отдельно стоящих котельных, использующих газовое топливо (при этом к помещению ГРП предъявляются те же требования, что и к отдельно стоящим зданиям ГРП).

ГРП с давлением газа до 6 кгс/см² для газоснабжения промышленных и коммунальных предприятий и ГРП с давлением до 3 кгс/см² для газоснабжения коммунально-бытовых потребителей в шкафах из несгораемых материалов можно устанавливать на стене газифицируемого здания не ниже III степени огнестойкости на высоте, удобной для обслуживания и ремонта оборудования. Расстояние по горизонтали от шкафов ГРП с давлением до 3 кгс/см², расположенного на стене, до окна, двери или других проемов должно быть не менее 1 м. Под окнами и балконами шкафы ГРП устанавливать не допускается. Если давление больше 3 (до 6 кгс/см²), то на стене, на которой размещается ГРП, не должно быть дверных и оконных проемов.

При размещении ГРП в пристройке к зданию та часть стены здания, которая становится стеной ГРП, должна быть глухой, несгораемой, противопожарной и газонепроницаемой.

Устройство ГРП в подвальных и полуподвальных помещениях зданий, в пристройках к зданиям школ, больниц, детских учреждений, а также к жилым, зрелищным и административным зданиям не допускается.

1.2. ГРП (ГРУ) В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЕМ

Качество работы ГРП (ГРУ) является одним из важнейших факторов, определяющих надежность, безопасность и экономичность функционирования системы газоснабжения населенного пункта в целом и отдельных потребителей (объектов), входящих в эту систему. Этим обусловлено то, что при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) газоснабжения особую роль отводят контролю и управлению работой ГРП (ГРУ), а точнее основного технологического оборудования (регуляторов давления, ПЗК, ПСУ, фильтров и запорных устройств), из которого состоят ГРП (ГРУ).

Вместе с развитием систем газоснабжения, увеличением их пропускной способности, числа подключенных к ним потребителей и соответственно числа ГРП и ГРУ возникло и постепенно укреплялось понимание необходимости централизации сбора данных о параметрах газа в системе и воздействия на них. В результате для ряда крупных систем газоснабжения населенных пунктов были созданы диспетчерские системы, которые, несмотря на ограниченные возможности, практически сводившиеся к контролю некоторых параметров на ГРП, позволили значительно улучшить оперативность управления и повысить стабильность газоснабжения потребителей без увеличения ресурсов газа. В настоящее время в связи с широким внедрением в практику вычислительной техники, совершенствованием конструкции регулирующих, запорных и предохранительных устройств, а также настоятельной необходимостью обеспечения наиболее эффективного использования газа с учетом рационального распределения его потоков и регулирования давления на повестку дня стал вопрос о замене диспетчерских систем автоматизированными системами управления, которые обладают значительно более широкими функциями и обеспечивают качественно более высокий уровень управления разветвленным газовым хозяйством.

В функции АСУТП могут входить: получение, первичная обработка и выдача дежурному персоналу информации о состоянии контролируемых параметров; предупредительная и аварийная сигнализация об отклонении параметров от заданных значений и о состоянии технологического оборудования, в том числе и технических средств АСУТП; контроль режимов газопотребления; расчет на модели системы газоснабжения оптимальных параметров технологического процесса (например, давления); выдача рекомендаций по ликвидации аварийных ситуаций; формирование и распечатка различных сведений о функционировании системы газоснабжения; дистанционное управление технологическим процессом. Команда исполнительным механизмам о выполнении рекомендаций ЭВМ дается обслуживающим персоналом с пульта АСУТП. Этот же персонал может в любой момент получить исчерпывающие данные о параметрах среды в интересующей его точке (зоне) системы и внести при необходимости соответствующие коррективы.

Таким образом, АСУТП представляет собой человеко-машинный комплекс, включающий технические средства, которые обеспечивают замену физического и умственного труда человека работой машин для сбора, переработки и вывода информации. Однако в отличие от автоматической системы АСУТП требует также затрат труда операторов на принятие решения и его реализацию, а также на контроль и обслуживание системы. Какие бы функции ни поручались АСУТП газоснабжения, выполнение их возможно только при взаимодействии ее составных частей, присущих любой АСУ: оперативного персонала и организационного, информационного, программного и технического обеспечения (ГОСТ 16084—75).

Передача информации в АСУТП газоснабжения осуществляется с помощью телемеханических устройств, принципиально и конструктивно состоящих из трех частей: полукomплекта пункта управления (ПУ), полукomплектов контролируемых пунктов (КП) и устройств связи полукomплектов между собой. В качестве последних обычно используют каналы телефонной сети.

В функции телемеханических устройств входят:

- телеизмерение (ТИ) — передача значений контролируемых величин;
- телесигнализация (ТС) — передача данных о состоянии и отклонениях режимов работы оборудования на КП;
- телеуправление (ТУ) — дистанционное изменение режимов работы оборудования;
- телефонная связь (ТФ).

В средства управления и регулирования АСУТП газоснабжения входят исполнительные механизмы, управляющие запорными устройствами — задвижками с электроприводом или предохранительными клапанами с дистанционным управлением, а также устройства дистанционного управления настройкой регуляторов давления.

Важную роль в эффективности и жизнеспособности АСУТП играет управляющий вычислительный комплекс (УВК), являющийся центром обработки ин-

Объем автоматизации ГРП (ГРУ) при создании АСУТП

Выполняемые функции	Телемеханические операции по категориям ГРП	
	сетевые	объектовые
Измерение давления газа на входе	ТИ	ТИ
То же, на выходе	ТИ	—
Сигнализация предельных давлений газа на входе	ТС	ТС
То же, на выходе	ТС	ТС*
Измерение текущего расхода газа	ТИ*	ТИ
Измерение интегрального расхода газа	—	ТИ
Измерение температуры газа	ТИ*	ТИ
Сигнализация предельной загазованности воздуха	ТС	—
То же, засоренности фильтров	ТС	—
То же, предельной температуры воздуха	ТС	—
Сигнализация срабатывания предохранительных клапанов	ТС	—
Положение телеуправляемых объектов (регуляторы давления газа, отключающие устройства, байпасные задвижки)	ТС	—
Управление запорными устройствами	ТУ	ТУ*
Управление устройствами ограничения подачи газа	—	ТУ*
Перенастройка регуляторов давления газа	ТУ*	—
Управление телефонной связью	ТФ	ТФ
Управление двусторонним телевызовом	ТУ	ТУ

* Принимаются при обосновании необходимости.

формации, поступающей от большого числа датчиков. УВК должен иметь большой объем оперативной и внешней памяти, решать большое число разнообразных задач по указаниям оператора, обладая высоким быстродействием.

Обмен информацией между оперативным персоналом и УВК осуществляется с помощью средств представления информации, которые преобразуют машинные сигналы в форму, воспринимаемую человеком и исполнительным механизмом. В качестве этих средств используют специализированные пульты с клавиатурой и средствами отображения информации — дисплеями, знакосинтезирующими индикаторами, мнемосхемами, устройствами быстрой печати и т. п.

АСУТП должна охватывать наиболее важные элементы системы газоснабжения, которые оборудуются КП. В число этих элементов входят: все ГРС или точки газопроводов на выходе из ГРС; все ГРП, питающие сети высокого и среднего давления, а также тупиковые сети низкого давления; отдельные ГРП низкого давления, оказывающие значительное влияние на распределение потоков газа в сети; ГРП (ГРУ) промышленных, энергетических и коммунально-бытовых предприятий с расходом газа более 1000 м³/ч, а также предприятий с особыми режимами работы или имеющих резервное топливное хозяйство.

Основным источником информации и объектом управления в АСУТП газоснабжения являются КП, которыми оборудуются ГРП и ГРУ. Рекомендуемый объем автоматизации ГРП (ГРУ) при проектировании АСУТП приведен в табл. 1.2.

Глава 2

РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕРМИНЫ, КЛАССИФИКАЦИЯ

2.1.1. Назначение регуляторов давления и взаимодействие их с объектом регулирования

Регуляторы давления (далее регуляторы) являются основным элементом ГРП (ГРУ), предназначенным для автоматического понижения давления газа от начального (входного) p_1 до расчетного (выходного) p_2 и поддержания последнего постоянным в заданном диапазоне (с учетом неравномерности регулирования) независимо от изменения расхода газа и колебаний входного давления p_1 в определенных пределах. Конструктивное исполнение и размеры регуляторов определяются условиями их эксплуатации, расчетной пропускной способностью, входным и выходным давлением, характеристикой регулируемого объекта (системы газопроводов).

Регулятор может поддерживать заданное давление газа в контролируемой точке газопровода, расположенной после регулятора или до него. В первом случае регулятор называют регулятором «после себя», во втором — регулятором «до себя». В данной книге рассматриваются регуляторы «после себя», так как в ГРП (ГРУ) городских систем газоснабжения, промышленных, коммунальных и бытовых объектов применяют регуляторы только этого типа.

Надежность и эффективность функционирования бытовых и промышленных потребителей газа зависят от постоянства основных технологических параметров (давления, числа Воббе, плотности и т. д.) в питающих их газопроводах. Регулятор поддерживает постоянным (в заданном диапазоне) только один из этих параметров — давление газа. Причем это постоянство сохраняется в одной определенной точке газопровода, которая соединена импульсной трубкой с чувствительным элементом регулятора и которую ниже будем называть контролируемой точкой. Давление во всей остальной сети газопроводов равно давлению в контролируемой точке лишь тогда, когда потребители газа отключены и из газопроводов, расположенных после контролируемой точки, нет отбора газа. Назовем эту сеть газопроводов объектом регулирования или просто объектом. Если потребители, подключенные к объекту, расходуют газ, то при установившемся режиме давление в любой точке объекта всегда несколько меньше давления в контролируемой точке из-за гидравлических потерь, возникающих при

движении газа по газопроводу. Чем значительнее расстояние между рассматриваемой и контролируемой точками и расход газа на участке между этими точками, тем больше перепад давления между этими точками. При проектировании и эксплуатации газопроводов стремятся к тому, чтобы этот перепад свести к минимуму.

Постоянство давления в контролируемой точке (при неизменном входном давлении в регулятор) сохраняется до тех пор, пока отбор газа от объекта потребителями равен притоку газа к объекту через регулятор. Если это равенство существует, то объект находится в равновесии. Подключение или отключение потребителя газа, а также изменение расхода газа (увеличение или уменьшение) потребителями вызывают изменение режима работы объекта. При этом давление в контролируемой точке меняется во времени со скоростью, зависящей от емкости объекта. Чем больше эта емкость и меньше разница между отбором и притоком газа, тем медленнее будет проявляться отклонение давления от заданного в контролируемой точке. Поэтому под емкостью объекта можно понимать зависимость скорости изменения давления в контролируемой точке от разности между отбором и притоком газа при условном отсутствии регулятора. Разность между отбором и притоком газа называют возмущением в объекте. Это возмущение выводит объект из равновесного состояния, давление газа в контролируемой точке (во всех других участках газопровода также) отклоняется от заданного значения. К внешнему возмущению системы (вне объекта) можно отнести изменение входного давления газа (до регулятора).

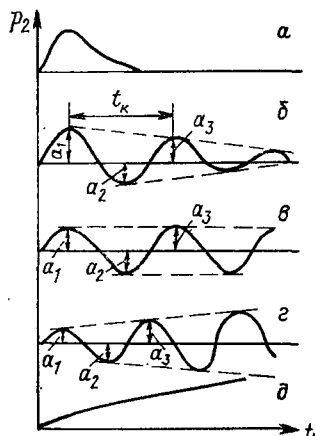
Таким образом, если надежность и эффективность работы потребителей зависят от постоянства (в заданных пределах) давления газа в объекте регулирования, то к основным функциям регулятора следует отнести:

- а) снижение давления газа (дресселирование) от входного p_1 до расчетного выходного p_2 в контролируемой точке;
- б) поддержание постоянства p_2 в заданных пределах при установившемся режиме работы объекта регулирования;
- в) восстановление p_2 в заданные пределы после возмущения, нарушившего установившийся режим.

Из трех перечисленных функций регулятора последняя является наиболее сложной и ответственной, зачастую определяющей работу регулятора и системы в целом. Это объясняется тем, что установившийся режим (равновесное состояние) является только частным случаем общего, при котором возмущения могут возникнуть в любой момент, а иногда являются постоянным фактором, характеризующим режим работы объекта. Восстановление заданного давления после возмущения является переходным процессом, течение которого определяется устройством регулятора и, в меньшей степени, характеристикой объекта регулирования. Отсюда следует, что весь процесс

Рис. 2.1. Виды переходных процессов регулирования давления.

а — аperiodический сходящийся; *б* — колебательно-сходящийся; *в* — незатухающий колебательный; *г* — расходящийся колебательный; *д* — аperiodический; p_2 — давление после регулятора (выходное); t — время.



регулирования нельзя рассматривать отдельно для регулятора и для объекта регулирования, необходимо рассматривать целиком всю систему, состоящую из двух компонентов — регулятора и объекта.

В принципе можно представить себе несколько различных форм протекания переходных процессов (рис. 2.1). Если возмущение вызвало подъем давления в контролируемой точке и в первый же период процесса регулирования давление плавно уменьшается до заданного (к горизонтальной линии на рис. 2.1, *а*), то такой процесс наиболее предпочтителен. Его называют аperiodическим (происходит однократно, не повторяется) сходящимся (кривая в конце процесса полностью или почти сливается с прямой задания).

Более часто в процессе регулирования (рис. 2.1, *б*) давление возвращается к заданному после ряда последовательно уменьшающихся (затухающих) колебаний. При этом если давление в первый период после возмущения возросло, то в следующий период оно оказывается ниже заданного, затем вновь увеличивается и вновь снижается. В каждый последующий период отклонение давления от заданного уменьшается, и так длится до тех пор, пока кривая полностью или почти не сольется с горизонтальной линией. Максимальное отклонение регулируемого параметра (в нашем случае давления) от заданного значения называют амплитудой a . Если процесс затухающий, то амплитуда в каждый последующий период оказывается меньше предыдущей: $a_1 > a_2 > a_3$. Отношение разности двух соседних амплитуд одного знака (расположенных по одну сторону от горизонтальной прямой) к первой амплитуде называют степенью затухания процесса φ :

$$\varphi = (a_1 - a_3)/a_1. \quad (2.1)$$

Время t_k , в течение которого давление пройдет все возможные значения между двумя соседними максимальными отклонениями, называют периодом колебания. Такой процесс регулирования (рис. 2.1, *б*), который характеризуется периодом, амплитудой и степенью затухания колебаний, называют колебательно-сходящимся: он, как и аperiodический сходящийся, возвращает давление к первоначальному значе-

нию. Поэтому оба эти переходных процесса относят к устойчивым.

Устойчивость — способность системы регулятор—объект регулирования возвращаться к первоначальному состоянию после прекращения возмущения.

На рис. 2.1, в изображен незатухающий колебательный процесс, при котором (без учета знака) $a_1 = a_2 = a_3 = a_n$, а степень затухания $\varphi = 0$. Если амплитуда колебаний давления при этом не выходит за границы допустимых пределов, то такой процесс регулирования можно также отнести к устойчивым. Так, например, при среднем (до 3 кгс/см²) или высоком (до 12 кгс/см²) выходном давлении газа для его измерения в контролируемой точке применяют пружинные показывающие манометры, которые могут не реагировать на колебания давления, если их амплитуда ниже порога чувствительности прибора и система считается устойчивой.

Переходный режим после возмущения неустойчив и не может быть допущен в системах газоснабжения, если он развивается по кривой:

— незатухающего колебательного процесса (рис. 2.1, в), когда амплитуда колебаний выходит за пределы допустимых отклонений регулируемого давления. Стрелка пружинного манометра или уровень жидкости в жидкостном манометре колеблются равномерно, а уровень колебаний может вызвать нарушение режима работы газогорелочных устройств или срабатывание сбросного и запорного предохранительных клапанов. Систему «качает»;

— расходящегося колебательного процесса (рис. 2.1, г), когда с каждым периодом амплитуда колебаний давления возрастает ($a_1 < a_2 < a_3 < a_n$). «Качка» системы с течением времени увеличивается и работа ее становится невозможной;

— аperiodического процесса (рис. 2.1, д), характерного тем, что отклонение фактического давления от заданного непрерывно возрастает, не меняя периодически своего знака.

2.1.2. Термины, характеризующие регуляторы давления и объекты регулирования

Как показано в п. 2.1.1, именно форма и продолжительность переходного процесса определяют качество регулирования, которое характеризуется в основном быстротой и степенью точности ликвидации отклонения давления от заданного, т. е. в конечном счете устойчивостью системы регулирования. Кроме устойчивости для характеристики качества регулирования используют понятия о статической и динамической ошибках. Статическая ошибка — это отклонение регулируемого давления от заданного при установившемся режиме. Статическая ошибка, которую часто называют неравномерностью регулирования, наблюдается практически при любых ре-

жимах работы статических регуляторов (п. 2.1.3), наиболее широко применяемых в системах газоснабжения. Динамическая ошибка имеет место только в переходный период и определяется как максимальное отклонение давления в этот период от давления при установившемся режиме.

При характеристике регуляторов используют также следующие термины.

Плунжер — подвижная часть регулятора, перемещением которой достигается изменение пропускной способности.

Ход плунжера — расстояние, на которое перемещается плунжер от закрытого затвора (от седла).

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

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

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

Зона чувствительности — разность регулируемых давлений, необходимая для изменения направления регулирующего органа (плунжера) в зоне регулирования.

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

Условная пропускная способность K_{vy} — величина, равная расходу воды плотностью 1 г/см³ (1000 кг/м³) в кубических метрах в час через регулятор при номинальном полном ходе плунжера и перепаде давления 1 кгс/см². По ГОСТ 12678—80 K_{vy} определяется условным проходом регулятора D_y . Так, для условных давлений до 63 кгс/см² зависимость K_{vy} от D_y следующая:

D_y	15	20	25	32	40	50	80	100	150	200
K_{vy}	2,5	4	6,3	10	16	25	63	100	250	400
D_y	250	300								
K_{vy}	630	1000								

Относительная протечка — отношение максимального значения протечки воды через затвор регулирующего органа при перепаде давления на нем 1 кгс/см² к условной пропускной способности K_{vy} . По ГОСТ 11881—76 относительная протечка для регуляторов с запорно-регулирующим органом не допускается. Для остальных регуляторов она выбирается из ряда 0,5; 1; 2,5; 4 % от K_{vy} .

По принципу работы регуляторы делят на две группы — прямого и непрямого действия.

Регуляторы давления прямого действия. Согласно ГОСТ 12678—80, под регулятором прямого действия понимается устройство, предназначенное для автоматического регулирования давления рабочей среды путем изменения ее

расхода и управляемое непосредственно энергией рабочей среды.

В группу регуляторов прямого действия входят и регуляторы, работающие без использования постороннего источника энергии, регламентируемые ГОСТ 11881—76. Под этими регуляторами понимают устройство, у которого для перестановки регулирующего органа используется энергия регулируемой или регулирующей среды, где: регулируемая среда — среда, постоянство параметров которой поддерживает регулятор; регулирующая среда — среда, с помощью которой поддерживается постоянство параметров регулируемой среды. Следует отметить, что ГОСТ 11881—76 распространяется не только на регуляторы давления (РД), но и на регуляторы температуры (РТ), перепада давления (РП), расхода (РР) и уровня (РУ), а также соотношения расходов жидких, газовых сред и пара. И, например, если требуется поддерживать постоянной или менять температуру горячей воды на выходе из агрегата, изменяя подачу топлива (газа), то регулирующей средой в этом случае будет вода, а регулируемой — газ; если требуется поддерживать необходимое соотношение объемов газа и воздуха, подаваемых через горелку в топку агрегата, то регулирующей средой может быть газ, а регулируемой — воздух, или наоборот, воздух может служить средой регулирующей, а газ — регулируемой и т. п.

Из определений регуляторов прямого действия следует, что главной отличительной их особенностью является использование в них только энергии рабочей среды (ГОСТ 12678—80) или рабочих сред (ГОСТ 11881—76) без использования посторонних источников энергии. В ГРП (ГРУ) рабочей средой регуляторов прямого действия является транспортируемый газ. И если основополагающим признаком принадлежности устройства к регуляторам прямого действия является управление им непосредственно энергией рабочей среды, то всю группу этих регуляторов, получивших наибольшее распространение в ГРП (ГРУ), можно разделить на две подгруппы:

- 1) регуляторы прямого действия без усилителей;
- 2) регуляторы прямого действия с усилителями (пилотами).

Первая подгруппа регуляторов наиболее проста по устройству. У этих регуляторов изменение выходного давления воспринимается непосредственно чувствительным элементом регулятора (как правило, эластичной мембраной), и создаваемого при этом усилия достаточно для перемещения регулирующего органа и осуществления им регулирующего действия. Характерный пример регуляторов прямого действия без усилителя — регуляторы РД-32М и РД-50М (п. 2.4.3).

Вторая подгруппа регуляторов конструктивно более сложна, так как имеет дополнительный усилитель — регулятор управления (пилот). Пилот использует энергию рабочей среды — транспортируемого газа, но более высокого потенциала, чем

энергия, поступающая к рабочей мембране регулирующего клапана из контролируемой точки газопровода: к пилоту подаются газ входного давления p_1 , которое в нем преобразуется (снижается) и поступает к рабочей мембране регулирующего клапана со стороны, противоположной той, к которой подается импульс контролируемого давления p_2 . При этом, во-первых, достигается предохранение мембраны от разрушения повышенным выходным давлением, во-вторых, создается такой перепад давления, который обеспечивает усилие, необходимое для перемещения регулирующего органа. Таким образом, у регуляторов второй подгруппы перемещение регулирующего органа осуществляется под воздействием изменения не только выходного давления, но и преобразованного в пилоте входного давления. Характерный пример регулятора прямого действия с усилительным устройством — регулятор РДУК2* (п. 2.4.6).

2.1.3. Астатические и статические регуляторы прямого действия

По функциональной зависимости регулируемой величины регуляторы прямого действия подразделяют на астатические и пропорциональные (статические). При рассмотрении этой зависимости следует считать, что в системе регулятор — объект оба компонента системы взаимодействуют друг с другом и изменение режима работы одного из них вызывает соответствующую реакцию другого.

Регуляторы астатического типа. Рассмотрим работу системы, состоящей из двух компонентов: простейшего грузового регулятора и объекта в виде участка газопровода (рис. 2.2, а). Давление газа на входе в регулятор — p_1 , давление на выходе из регулятора и входе в объект (в контролируемой точке К) — p_2 .

Если отбор газа $V_{от}$ от объекта к потребителям равен притоку газа $V_{пр}$ от регулятора к объекту ($V_{от} = V_{пр}$) и давление p_2 не меняется, то объект уравновешен.

Регулятор уравновешен, если его регулирующий орган (плунжер) находится в покое, что может иметь место, когда сумма всех действующих на плунжер сил равна нулю. В общем случае на плунжер одновременно действует несколько сил: две основных и группа дополнительных. Одна из основных — перестановочная сила N , возникающая за счет воздействия на мембрану выходного давления, поступающего к ней от контролируемой точки (у регулятора с плоской мембраной, наиболее распространенной в серийно выпускаемых регуляторах,

* В технической литературе регуляторы РДУК2 и другие регуляторы с пилотами иногда относят к регуляторам непрямого действия или к регуляторам промежуточного типа (между регуляторами прямого и непрямого действия), что противоречит терминологии ГОСТ 12678--80.

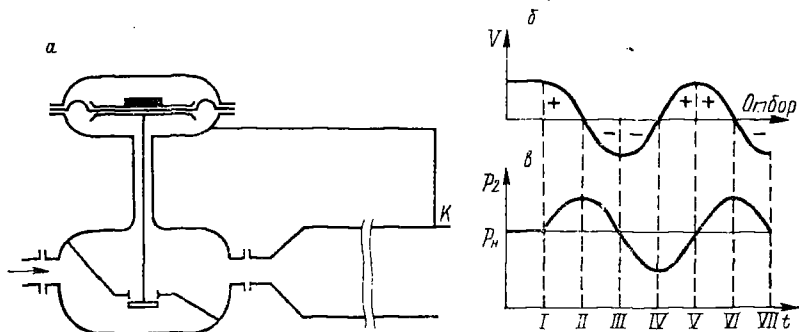


Рис. 2.2. Астатический регулятор давления.

a — устройство; графики регулирования: *б* — расхода V , *в* — выходного давления p_2 .

сила N зависит также от положения мембраны относительно плоскости ее краев (§ 2.2). Вторая основная сила — постоянный груз на мембране, вес которой отрегулирован так, чтобы уравнивать перестановочную силу при заданном давлении p_2 .

К дополнительным силам относят вес движущихся частей регулятора без веса груза; силы трения, возникающие при перемещении движущихся частей; одностороннее давление на плунжер, образующееся за счет разности давлений $p_1 - p_2$; инерционные силы, возникающие в моменты начала перемещения движущихся частей и изменения скорости их движения.

Если регулятор и объект уравновешены, то и вся система регулятор — объект находится в равновесии.

При исправном регуляторе равновесие системы нарушается обычно за счет изменения режима работы объекта — повышения (понижения) в контролируемой точке давления p_2 из-за отключения (подключения) от объекта дополнительных потребителей газа или уменьшения (увеличения) расхода газа действующими потребителями, т. е. за счет изменения отбора газа $V_{от}$.

Рассмотрим случай (рис. 2.2, б, в), когда от объекта (например, газопровода котельной) отключили крупный потребитель газа (например, котел). В этот момент I $V_{от}$ уменьшится, а приток газа $V_{пр}$ от регулятора к объекту еще не изменится ($V_{пр} > V_{от}$), равновесие объекта нарушено. Давление p_2 в контролируемой точке K , которое до этого было равно p_n , увеличивается и передается в подмембранную полость регулятора. Сила N увеличивается, равновесие регулятора нарушается, и вся система регулятор — объект выходит из равновесия. Увеличение N ведет к подъему мембраны и перемещению плунжера, который приближается к седлу, уменьшая приток газа к объекту. В какой-то момент II плунжер окажется на таком расстоянии от седла, при котором $V_{пр}$ уменьшится настолько, что станет равным $V_{от}$. Объект придет в равновесие. Однако за

промежуток между моментами I и II $V_{пр}$ превышал $V_{от}$, объект перенаполнялся и p_2 увеличивалось. Только в момент II , когда $V_{пр} = V_{от}$, p_2 перестанет возрастать, однако за счет перенаполнения объекта окажется большим p_n , при котором он находился в равновесии. Регулятор не уравновешен, хотя объект пришел в равновесие.

Так как $p_2 > p_n$, то плунжер продолжает приближаться к седлу, уменьшая $V_{пр}$. Поэтому с момента II $V_{пр}$ оказывается меньше $V_{от}$ (на рис. 2.2, б зона со знаком минус), равновесие объекта нарушается, p_2 начинает уменьшаться. В момент III давление $p_2 = p_n$, так как именно к этому времени от объекта отобран излишний объем газа, поступивший в него в период $I—II$. В результате в момент III регулятор находится в равновесии, а объект не уравновешен. В период $III—IV$ p_2 продолжает снижаться, оказываясь ниже p_n , а $V_{от}$ превышает $V_{пр}$. Но так как уменьшение p_2 ведет к началу большего открытия седла, то разница между $V_{пр}$ и $V_{от}$ становится все меньше, пока, наконец, в момент IV она не станет равной нулю ($V_{от} = V_{пр}$), объект придет в равновесие. Однако при $p_2 \ll p_n$ регулятор не уравновешен, его плунжер продолжает отходить от седла. Начиная с момента IV p_2 увеличивается, а $V_{пр}$ превышает $V_{от}$. Так продолжается до момента V , когда p_2 станет равным p_n (регулятор окажется в равновесии), а $V_{пр}$ будет максимально превышать $V_{от}$ (объект не уравновешен).

Сравнение рис. 2.2, б и в показывает, что именно в те моменты (I, III, V), когда регулятор находится в равновесии, $V_{пр}$ максимально отличается от $V_{от}$, т. е. объект неуравновешен. И наоборот, в моменты (II, IV) равновесного состояния объекта неуравновешен регулятор и давление p_2 более всего отличается от p_n . В моменты равновесного состояния регулятора (I, III, V) его плунжер (под воздействием влияния неуравновешенности объекта) изменяет направление движения на обратное. Например, если плунжер до момента III приближался к седлу, уменьшая приток газа, то начиная с момента III он удаляется от седла, увеличивая приток.

С момента V весь цикл повторяется, и, если импульс давления от контролируемой точки пропорционален отклонению p_2 от p_n , это будет продолжаться до тех пор, пока $V_{от}$ вновь не изменится. Таким образом, регулирование будет представлять собой периодический незатухающий процесс, при котором p_2 , в какие-то моменты совпадая с p_n , как правило, будет то больше, то меньше p_n , а объект будет периодически несколько переполняться или опорожняться. При этом максимальное переполнение или опорожнение объекта будет по фазе совпадать с моментами равенства p_2 и p_n .

При определенных обстоятельствах, например если регулятор питает объект с разветвленной схемой газопроводов, имеющих достаточно большую емкость и снабжающих многочисленных мелких потребителей, график изменения давления p_2

может приобрести вид гармонических затухающих колебаний с постепенно уменьшающейся амплитудой. К объектам, способствующим приведению системы регулятор — объект в устойчивое состояние, т. е. обладающим свойством самовыравнивания, относятся закольцованные газопроводы низкого давления городов и других населенных пунктов, разветвленные газопроводы достаточно большой емкости промышленных и коммунальных предприятий и т. п., в которых равновесие устанавливается при давлении, несколько отличающемся от давления настройки.

Если объект не обладает свойством самовыравнивания, а регулятор находится в состоянии неустойчивого равновесия, то наличие люфтов в соединениях рычагов, соединяющих мембрану с плунжером, а также зоны нечувствительности ведут к тому, что малейшее запаздывание поступления импульса контролируемого давления в подмембранное пространство при быстром перемещении плунжера может вызвать расходящийся колебательный процесс регулирования. В контролируемой точке возникают непрерывные незатухающие колебания давления, а перемещение плунжера относительно седла происходит по циклу открыто — закрыто. Такая работа системы регулятор — объект является неустойчивой, и наиболее часто она возникает при использовании манжетных мембран, имеющих практически неизменную активную площадь на всем протяжении хода плунжера (§ 2.2). У регуляторов, работа которых описана выше, усилие, возникающее от давления газа под мембраной, уравнивается постоянным весом груза и других движущихся частей. После любого изменения режима работы объекта (изменения отбора газа) эти регуляторы меняют приток газа к объекту так, чтобы контролируемое давление p_2 обязательно стало равным давлению настройки p_n независимо от расхода газа и положения плунжера (регулирующего органа). Иными словами, в тот момент, когда $p_2 = p_n$, плунжер независимо от расхода газа через регулятор может быть на любом расстоянии от седла (в пределах хода). Такие регуляторы называют астатическими.

Неравномерность регулирования у астатических регуляторов близка к нулю. Их способность при изменении режима работы объекта так менять давление p_2 , чтобы оно почти точно соответствовало p_n , является достоинством регулятора. Однако, как показано выше, действительное давление p_2 практически все время больше или меньше p_n , а равны они только в те мгновения, когда плунжер регулятора изменяет направление своего движения на обратное. Следовательно, при использовании астатических регуляторов давление в контролируемой точке, как правило, все время колеблется; в редких случаях (при работе на объект, обладающий свойством самовыравнивания) эти колебания затухают или имеют очень малую амплитуду, а в ряде случаев амплитуда колебаний давления оказы-

вается столь большой, что работа системы становится невозможной. Поэтому в системах газоснабжения в последние годы астатические регуляторы вытесняются статическими. Там, где они сохранились, для повышения степени устойчивости их работы и предотвращения «качки» выходного давления в конструкцию регулятора добавляют устройство упругой обратной связи, используя для этого так называемое дыхательное отверстие в надмембранной полости регулятора. Подбирая и устанавливая в это отверстие дроссель соответствующего диаметра, создают демпфирующий эффект — замедление перемещения под воздействием импульсного давления мембраны и плунжера. Работа регулятора становится более спокойной, амплитуда колебаний давления уменьшается.

Регуляторы статического (пропорционального) типа. Для быстрого затухания колебаний выходного давления при изменении режима работы объекта в регулятор вводят обратную связь, которая оказывает на управляющий элемент регулятора воздействие, обратное действию чувствительного элемента, с тем чтобы замедлить перемещение регулирующего органа и не допустить перерегулировки.

В регуляторах прямого действия наибольшее распространение получила жесткая обратная связь в виде предварительно сжатой пружины (вместо груза постоянной массы), которая противодействует перестановочной силе N , создаваемой выходным давлением.

Если предварительно сжатая пружина (рис. 2.3, а) расположена со стороны мембраны, противоположной той, к которой поступает импульс выходного давления, то при постоянном входном давлении p_1 любое изменение давления p_2 ведет к изменению сжатия пружины и перемещению мембраны и связанного с ней плунжера на расстояние, пропорциональное изменению импульса. Такие регуляторы называют статическими, или пропорциональными. У них при постоянном p_1 и равновесии регулятора p_2 зависит не только от p_n , но и от положения плунжера относительно седла, т. е. от расхода газа через регулятор. В этих условиях при равновесии регулятора каждому положению плунжера соответствует определенное давление p_2 , которое, как правило, несколько отличается от p_n , совпадая с ним только в какие-то отдельные моменты (например, в момент, когда действительный расход газа через регулятор совпадет с номинальным расходом, при котором производилась настройка). Именно постоянное отличие p_2 от p_n предопределяет одну из основных особенностей статических регуляторов — присущую им неравномерность регулирования или статическую ошибку.

Построим график статического регулирования системы регулятор — объект, считая для простоты, что объект не обладает свойством самовыравнивания и допускает любую статическую ошибку. Усилие, развиваемое пружиной, прямо пропорцио-

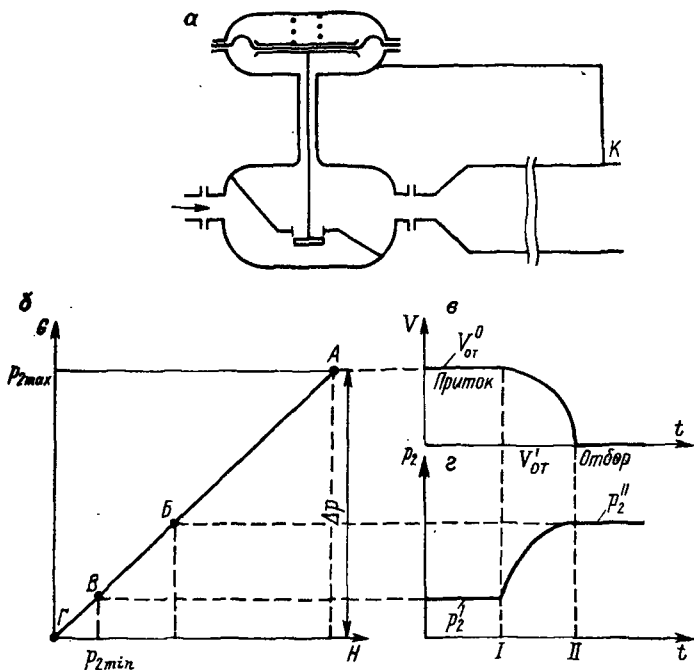


Рис. 2.3. Статический регулятор давления.

а — устройство; *б* — характеристика пружины; графики регулирования: *в* — расхода V ; *г* — выходного давления p_2 ; *т* — время.

нально ее сжатию, и ее характеристика в координатах G (усилие) — H (деформация) представляет собой прямую линию, угол наклона которой зависит только от масштаба (рис. 2.3, б). Если плунжер прижат к седлу (расход газа отсутствует), пружина сжата максимально (точка A). Сжатие пружины, соответствующее положению плунжера на расстоянии $0,25 d_c$ (точка Γ , расход газа максимальный), примем за минимальное (дальнейшее удаление плунжера от седла не ведет к увеличению расхода газа). Так как усилие, создаваемое пружиной, уравнивается давлением p_2 под мембраной, то при отсутствии расхода газа давление в контролируемой точке p_2' будет максимальным — соответствовать максимальному сжатию пружины (точка A). При максимальном расходе газа, когда плунжер удален от седла на расстояние $0,25 d_c$, давление в контролируемой точке p_2'' будет минимальным — соответствовать минимальному сжатию пружины (точка Γ). Как видно, чем больше ход плунжера и соответственно мембраны, тем больше неравномерность регулирования, т. е. тем больше разность между крайними значениями давления $\Delta p = p_2' - p_2''$. Отсюда также следует, что при постоянном p_1 именно положе-

ние плунжера относительно седла определяет p_2 в контролируемой точке.

Точки A и Γ и соответствующие им давления p_2' и p_2'' являются крайними на характеристике сжатой пружины, определяя работу регулятора в экстремальных условиях при расходе газа, равном нулю (точка A), и максимально возможном расходе (точка Γ). Так как правильно выбранный регулятор нормально должен работать в пределах 10—80 % от максимального расчетного расхода, то рассмотрим процесс регулирования и работу системы регулятор — объект в этих пределах. Предположим, что в момент I (рис. 2.3, a), до которого система находилась в равновесии, от объекта (например, газопровода котельной) отключили один из потребителей газа (например, один котел). Отбор газа $V'_{от}$ стал меньше отбора $V^o_{от}$, который имел место до момента I . Давление p_2 начнет увеличиваться, что вызовет подъем мембраны и перемещение плунжера в сторону седла. Приток газа через регулятор к объекту начнет уменьшаться, в момент II приток и отбор газа станут равными друг другу — объект придет в равновесие. В этот же момент II , когда плунжер остановился на таком расстоянии от седла, которое обеспечивает $V_{пр} = V_{от}$, мембрана, приподнятая возросшим импульсным давлением, сожмет пружину. Усилие пружины уравновесит давление газа под мембраной, и регулятор придет в равновесие, но при новом положении плунжера. При этом давление p_2' , которое было в момент I (рис. 2.3, z), увеличится до p_2'' . На характеристике пружины этим моментам будут соответствовать точки B и Γ , т. е. новому расходу газа через регулятор будет соответствовать не только другое положение плунжера, но и изменившееся значение регулируемого давления.

Если изменение режима работы объекта произойдет не за счет отключения, а за счет подключения нового потребителя газа, то график регулирования будет иметь аналогичный вид, но в зеркальном изображении относительно горизонтальной оси. Таким образом, процесс регулирования и восстановления равновесия системы регулятор — объект после возмущения при использовании статического регулятора с жесткой обратной связью и большой неравномерностью является аperiodическим, т. е. регулируемое давление p_2 не имеет колебательного характера и практически очень быстро принимает постоянное значение, несколько отличающееся от того, которое было до изменения режима работы объекта, и от давления настройки p_n (как сказано выше, давления p_2 и p_n совпадают только при каком-то одном из положений плунжера).

Из рассмотрения работы системы статический регулятор с жесткой обратной связью — объект следует, что именно величина неравномерности определяет устойчивость и характер процесса регулирования. Чем неравномерность регулирования больше, тем выше устойчивость работы регулятора. Однако

слишком большая неравномерность, когда при различных режимах работы объекта давление газа перед приборами начинает значительно отличаться от номинального значения, не позволяет этим приборам работать в оптимальных условиях. Поэтому стремятся, чтобы регулятор имел по возможности минимальную неравномерность, но без возникновения признаков неустойчивости и «качки» давления. Для этого обычно принимают степень неравномерности в пределах 4—10 %, что позволяет обеспечить достаточную устойчивость работы регулятора при затухающем колебательном процессе.

2.1.4. Регуляторы прямого действия с нагрузкой давлением

По типу нагрузки привода регуляторы прямого действия могут иметь вместо грузового и пружинного задатчика нагрузку давлением (газовую камеру). В таких регуляторах над мембраной имеется герметичная газовая камера, в которой создается и поддерживается постоянным давление, равное давлению настройки. Это давление p_n уравнивает усилие, возникающее от давления газа под мембраной, которое равно контролируемому давлению p_2 . Характерным примером регуляторов с нагрузкой давлением являются регуляторы РД-64 (п. 2.4.9), которые относятся к классу астатических, так как нагрузка над мембраной, уравнивающая перестановочную силу от импульсного контролируемого давления под мембраной, практически постоянна. Неравномерность мембранного привода, создающая зону пропорциональности, не превышает 1,75 %. Следует отметить, что у регуляторов этого типа D_y 25 и 40 давление в газовой камере может несколько меняться с изменением температуры окружающей среды.

2.1.5. Регуляторы давления непрямого действия.

Термины, характеризующие работу клапанов регулирующих

Регуляторы непрямого действия применяют в ГРП главным образом при входных давлениях более 12 и выходных более 6 кгс/см², а также при необходимости обеспечить большую пропускную способность ГРП при минимальном количестве регулирующих линий. В зависимости от вида используемой энергии регуляторы непрямого действия делят на пневматические, гидравлические и электрические. В ГРП систем газоснабжения, как правило, используют пневматические регуляторы, каждый из которых комплектуется из двух узлов: клапана регулирующего двухседельного с мембранным исполнительным механизмом (МИМ) и командного прибора.

Рассмотрим принцип работы пневматического регулятора непрямого действия (рис. 2.4), в комплект которого входит регулирующий клапан 2 и простейший командный прибор без устройства обратной связи. Изменение давления в контроли-

руемой точке K по импульсной трубке 7 передается в трубку манометрической пружины 6, свободный конец которой при этом перемещается. Это движение свободного конца пружины через рычажный привод 5 приближает или отодвигает заслонку 11 от сопла 9 воздухопровода 10, в котором редуктор 8 поддерживает постоянное давление воздуха. Если заслонка прижата к соплу, то давление в надмембранной полости регулирующего клапана максимально. Если сопло полностью открыто, давление в надмембранной полости минимально. Изменение давления воздуха над мембраной, уравниваемое усилием пружины 12, ведет к перемещению мембраны 4 с жесткими дисками 3 и связанного с ней плунжера 1 до тех пор, пока в точке K не восстановится заданное давление и, следовательно, система придет в равновесие — приток газа через регулятор станет равным его отбору из газопровода.

Таким образом, у регулятора непрямого действия изменение выходного давления в контролируемой точке воздействует на чувствительный элемент командного прибора (в примере манометрическую пружину), регулирующего подачу энергии от постороннего источника (в примере сжатого воздуха) к сервомотору (в примере МИМ), который развивает усилие, необходимое для перемещения регулирующего органа (в примере плунжера).

Согласно ГОСТ 23866—79, клапаном регулирующим называют устройство, предназначенное для регулирования параметров рабочей среды посредством изменения ее расхода и управляемое от внешнего источника энергии. При определении характеристик клапана регулирующего применяют следующие основные термины:

— условный ход плунжера — номинальный полный ход плунжера;

— пропускная способность K_{V1} — величина, численно равная расходу, $\text{м}^3/\text{ч}$, среды с плотностью $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, протекающей через клапан при перепаде давления на нем $1 \text{ кг}/\text{см}^2$ и соответствующем ходе плунжера;

— условная пропускная способность $K_{Vу}$ — номинальная пропускная способность при условном ходе плунжера, т. е. при полностью открытом регулирующем органе;

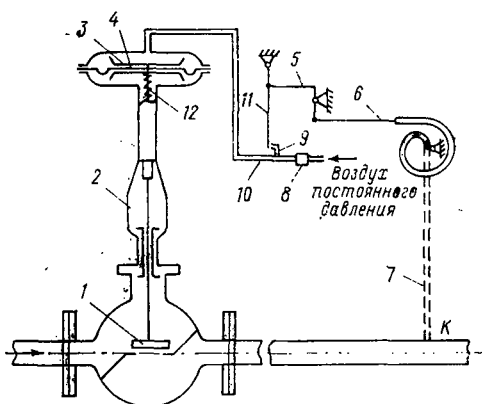


Рис. 2.4. Пневматический регулятор непрямого действия НО («нормально открыто»).

— начальная пропускная способность K_{V0} — теоретическая пропускная способность при ходе плунжера, равном нулю, задаваемая для построения пропускной характеристики;

— пропускная характеристика — зависимость пропускной способности от хода плунжера;

— относительная пропускная способность — отношение пропускной способности к условной пропускной способности;

— линейная пропускная характеристика — пропускная характеристика, при которой приращение относительной пропускной способности пропорционально относительному ходу;

— равнопроцентная пропускная характеристика — пропускная характеристика, при которой приращение относительной пропускной способности по ходу плунжера пропорционально текущему значению относительной пропускной способности.

Командный прибор — это распределительный механизм, представляющий собой собственно регулятор со стандартным пневматическим сигналом, который монтируют на щите (например, манометр трубчатый МТ-711Р или МТ-712Р с пневматическим изодромным регулирующим устройством — п. 2.4.12). В отличие от регуляторов прямого действия с пружинным задатчиком, определяющим собой жесткую обратную связь, изодромный регулятор имеет упругую обратную связь, особенностью которой является то, что ее воздействие на управляющий элемент регулятора заканчивается не сразу после замедления хода регулирующего органа (как у регуляторов с жесткой обратной связью), а с некоторым запаздыванием. При этом регулирующий орган успевает совершить дополнительное перемещение, в результате чего регулируемое давление возвращается к заданному значению. Это позволяет совместить в изодромном регуляторе свойства астатических и статических регуляторов и ведет к тому, что в первый момент после изменения давления в контролируемой точке процесс регулирования характеризуется некоторой неравномерностью, т. е. в этот период регулятор работает как статический. В следующий период изодромное устройство сводит неравномерность к минимуму, и давление восстанавливается независимо от расхода газа и положения плунжера, т. е. регулятор работает как астатический. Таким образом, изодромный регулятор, обладая высокой чувствительностью, обеспечивает затухающий процесс регулирования, неравномерность которого ощутимо проявляется только в первый момент после возмущения.

Командный прибор обычно komponуют в одном корпусе с пневматическим усилителем, устройством упругой обратной связи, а также с показывающим и самопишущим манометром. Прибор имеет устройство для настройки, позволяющее регулировать время возвращения переменной (регулируемого давления) к заданному значению и при необходимости превращать его в статический регулятор с пропорциональностью в пределах от 10 до 250 %.

2.2. МЕМБРАННЫЙ ПРИВОД РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА

В зависимости от типа чувствительного элемента приводные устройства регуляторов давления подразделяют на мембранные, сильфонные и поршневые. В регуляторах прямого действия, а также в исполнительных механизмах регуляторов непрямого действия — регулирующих клапанах, применяемых в ГРП (ГРУ), используют, как правило, мембранный привод. Поэтому приводы других типов ниже не рассматриваются.

Назначение привода — перемещение плунжера через посредство штока или рычажного механизма, необходимое для изменения в процессе регулирования сечения, через которое происходит истечение газа. Основой мембранного привода (далее мембраны) является круглая пластина из эластичного материала (прожированной кожи, маслобензостойкой морозоустойчивой резины, прорезиненного полотна или пластмассы), которая по периметру зажимается между фланцами мембранной коробки. Центральная часть мембраны обычно с обеих сторон обжимается круглыми металлическими дисками, диаметры которых могут быть различными. Со стороны мембраны, на которую воздействует давление газа (воздуха у регулирующего клапана), создающее перестановочную силу, обычно устанавливают небольшой диск в виде шайбы, необходимый для крепления штока и основного диска, расположенного с противоположной стороны мембраны. Площадь основного диска составляет основную долю активной площади мембраны F_a и соответственно определяет значение перестановочной силы, необходимой для перемещения плунжера.

У манжетных мембран, имеющих независимо от их прогиба постоянную активную площадь, перестановочная сила зависит только от давления (или перепада давления), воздействующего на мембрану. Следовательно, манжетная мембрана практически не создает неравномерности регулирования. Иначе обстоит дело с плоскими мембранами с обжимными дисками (рис. 2.5): изменение коэффициента активности в зависимости от положения мембраны относительно плоскости отсчета (например, плоскости зажима между фланцами) вызывает соответствующее изменение перестановочной силы. В результате плунжер после возмущения системы не возвращается в положение, точно соответствующее расходу газа, в контролируемой точке не восстанавливается давление, точно соответствующее заданному, т. е. возникает определенная неравномерность регулирования. Для ее уменьшения необходимо, чтобы ход (прогиб) мембраны был по возможности малым и находился в той части характеристики, где коэффициент активности меняется по более пологой кривой. В частности, для плоской мембраны с обжимными дисками диаметром 0,8 диаметра мембраны оптимальным является участок характеристики (рис. 2.5, б) с изменением относительного прогиба от нуля до $1/2$, где коэф-

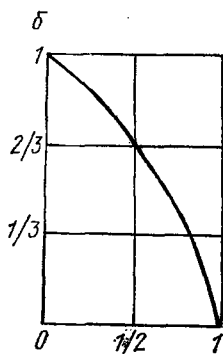
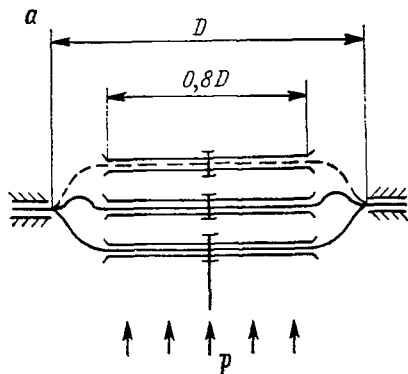


Рис. 2.5. Схема работы плоского мембранного привода с обжимными дисками.

a — варианты прогибов мембраны; *б* — зависимость коэффициента активности *c* мембраны от ее относительного прогиба δ .

Коэффициент активности *c* меняется в пределах от 1 до $2/3$. Обычно в пределах этого участка ход мембраны ограничивают значением, равным примерно 0,2 относительного прогиба.

2.3. РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ. ПРОПУСКНАЯ И РАСХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Одним из основных элементов регулятора является регулирующий (дросселирующий) орган (рис. 2.6), который схематично можно представить себе как отверстие в седле регулятора, перекрываемое в процессе регулирования плунжером или заслонкой. Поворотные заслонки (рис. 2.6, *в*) в регуляторах ГРП (ГРУ) практически не используют, и поэтому ниже они не рассматриваются.

Если плунжер своей уплотнительной поверхностью прижат к седлу, то расход газа равен нулю, а сопротивление регулирующего органа бесконечности. Удаление плунжера от седла ведет к уменьшению сопротивления регулирующего органа и увеличению расхода газа. Максимальный расход газа для данного перепада давления будет при минимальном сопротивлении

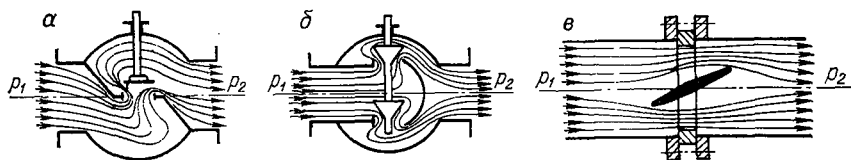


Рис. 2.6. Схема работы дросселирующего органа регулятора давления.
a — односедельного; *б* — двухседельного; *в* — поворотной заслонки.

регулирующего органа, соответствующем такому положению плунжера относительно седла, при котором площадь прохода газа между плунжером и седлом не меньше площади отверстия в седле. Таким образом, регулирующий орган регулятора является по существу переменным гидравлическим сопротивлением, значение которого можно изменять, руководствуясь режимом отбора газа и давления в газопроводе.

Регулирующий орган в регуляторе может быть односедельным или двухседельным, соответственно и плунжер имеет одну или две уплотняющие поверхности, которые выполняются с жестким (металл по металлу) или мягким уплотнением из резины, кожи или других пластических материалов, химически нейтральных по отношению к газу.

В регуляторах прямого действия, как правило, применяют односедельный регулирующий орган с тарельчатым плунжером, имеющим мягкое уплотнение затвора. В большинстве конструкций регуляторов однетарельчатый плунжер не разгружен, т. е. на каждую из его сторон воздействует различное давление газа: на одну входное p_1 , на другую — выходное p_2 . Неразгруженность плунжера затрудняет процесс регулирования, причем особенно возрастает влияние входного давления. Для уменьшения этого влияния применяют плунжеры, в теле которых имеется канал, выравнивающий давление до и после плунжера (п. 2.4.9).

Достоинством однетарельчатого плунжера является возможность достижения герметичности затвора. Максимальный подъем его можно определить из уравнения, в котором левая часть — площадь отверстия седла диаметром d_c , правая — боковая поверхность цилиндра с диаметром основания d_c и высотой $h_{\max}$, равной полному ходу плунжера:

$$\pi d_c^2/4 = \pi d_c h_{\max} \quad \text{или} \quad h_{\max} = d_c/4. \quad (2.2)$$

Отсюда следует, что ход плоского тарельчатого плунжера на расстояние больше $d_c/4$ не ведет к дальнейшему росту пропускной способности. Необходимо отметить, что перемещение тарельчатого плунжера не пропорционально изменению пропускной способности регуливающего органа. В начале хода приращение расхода газа значительно больше, чем в конце, когда тарелка находится от седла на расстоянии, близком к $h_{\max}$ (рис. 2.6, а), и, следовательно, характеристика тарельчатого регуливающего органа далека от линейной. Это может вызвать перерегулирование (увеличение p_2), особенно в случаях высокого входного давления и работы регулятора на малых нагрузках. У тарельчатого затвора уплотнительная поверхность является одновременно и дросселирующей.

Приближение характеристики регуливающего органа к линейной для более плавного увеличения расхода газа по мере подъема плунжера достигается применением пробкообразных затворов (рис. 2.6, б). Такой затвор имеет отдельные уплот-

нительную и дросселирующую поверхности. Последней придается форма, обеспечивающая при перемещении плунжера плавное изменение площади щели, образуемой между внутренней поверхностью седла и наружной поверхностью затвора. Профиль пробкообразного затвора определяет возможность постепенного увеличения пропускной способности на всем протяжении его хода, причем полный ход может быть увеличен с $0,25d_c$ (для тарельчатого плунжера) до $(0,5 \div 0,6)d_c$ (для пробкообразного). Уплотнительной поверхностью у этого затвора является линия, по которой плунжер соприкасается с кромкой седла.

Пробкообразные затворы используют в двухседельных клапанах регулирующих (п. 2.4.11). Достоинством двухседельных затворов является их почти полная разгруженность, т. е. минимальная зависимость от одностороннего влияния меняющегося входного давления газа. Небольшая неразгруженность возникает из-за того, что по конструктивным соображениям диаметр одного из двух затворов всегда меньше другого (на 1—2 мм). Двухседельные клапаны имеют значительно большую пропускную способность, чем регуляторы такого же условного прохода с однотарельчатым плунжером, за счет увеличения суммарной площади отверстий для истечения газа (два затвора вместо одного) и пробкообразной формы затворов, которая создает меньшее сопротивление истечению и соответственно увеличивает коэффициент расхода.

Недостатком двухседельных затворов является их негерметичность, связанная с трудностями посадки и притирки затвора одновременно в двух плоскостях и неравномерностью износа обоих седел. Поэтому, согласно ГОСТ 23866—79, для них регламентируется относительная нерегулируемая протечка не более 0,05 % K_{vy} , т. е. протечка клапана при закрытом затворе может достигать 0,05 % максимального расхода (у некоторых импортных клапанов регулирующих она достигает 0,5 % максимального расхода). Эта особенность клапанов определяет их область применения: ГРП, питающие газом закольцованные системы газопроводов большой емкости, крупные промышленные предприятия и электростанции и другие подобные им объекты с непрерывным круглосуточным потреблением газа, минимальный расход которого должен превышать начальную пропускную способность K_{v0} установленных в ГРП клапанов (обычно K_{v0} не более 4 % от K_{vy}).

Двухседельные клапаны регулирующие могут изготавливаться со следующими пропускными (регулируемыми) характеристиками: линейной, равнопроцентной и тарельчатого плунжера. Учитывая, что в ГРП клапаны с тарельчатыми плунжерами не применяют, рассмотрим взаимное влияние друг на друга сети газопроводов (объекта) и клапанов с линейной и равнопроцентной пропускными характеристиками. В паспортных данных клапана регулирующего заводом-изготовителем приводится его

пропускная характеристика, построенная в пределах от K_{v0} до K_{vy} , кривизна которой зависит от формы затворов и седла и определяется при постоянном перепаде на регулирующем органе. Эту характеристику называют также внутренней, так как она строится безотносительно к гидравлическому сопротивлению расположенных после клапана газопроводов, т. е. при гидравлическом сопротивлении этих газопроводов, равном нулю.

В реальных условиях, т. е. при совместной работе клапана и объекта, пропускная характеристика клапана не может оставаться неизменной, и ее форма видоизменяется за счет влияния гидравлического сопротивления объекта и фактического изменения перепада давления на регулирующем органе. Другими словами, пропускная характеристика трансформируется в расходную. Таким образом, в эксплуатационных условиях на режим регулирования давления в контролируемой точке влияет уже не пропускная (внутренняя), а расходная (рабочая пропускная) характеристика клапана, возникающая на основе пропускной характеристики, трансформированной влиянием внешних переменных факторов, указанных выше. Наиболее просто степень изменения пропускной характеристики S можно выразить как зависимость от отношения коэффициента сопротивления ξ_{100} полностью открытого (на 100 %) регулирующего органа к суммарному коэффициенту сопротивления системы (сумме коэффициентов сопротивления открытого затвора ξ_{100} и объекта $\xi_{об}$) или от отношения перепада давления на полностью открытом регулирующем органе $\Delta p_{p.o}$ к перепаду давления на системе (сумме перепадов давления на открытом затворе $\Delta p_{p.o}$ и на объекте $\Delta p_{об}$):

$$S = \frac{\xi_{100}}{\xi_{100} + \xi_{об}} = \frac{\Delta p_{p.o}}{\Delta p_{p.o} + \Delta p_{об}}. \quad (2.3)$$

Из уравнения (2.3) следует, что если сопротивление объекта равно нулю ($\Delta p_{об}=0$), то $S=1$ и, следовательно, расходная и пропускная характеристики идентичны. С увеличением сопротивления объекта $\Delta p_{об}$ коэффициент S уменьшается, все более искажая пропускную характеристику. В результате если клапан регулирующий имеет линейную пропускную характеристику, то при малом S (большом сопротивлении объекта) линейная пропускная характеристика может трансформироваться в равнопроцентную (логарифмическую) расходную характеристику.

Для иллюстрации влияния сопротивления объекта на рабочую характеристику регулирующего клапана на рис. 2.7 приведен частный пример, в котором принято, что коэффициент местного сопротивления полностью открытого затвора $\xi_{100}=5,22$. Из рис. 2.7 видно, что пропускная характеристика клапана ($\xi_{об}=0$) практически близка к линейной. Но уже тогда, когда коэффициенты сопротивления объекта и полностью открытого

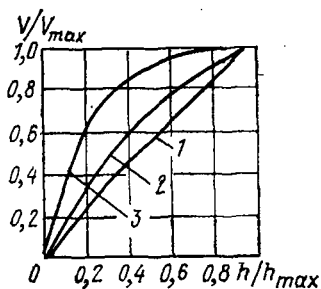


Рис. 2.7. Пример трансформации пропускной характеристики в расходную.

$V/V_{\max}$ — относительный расход; $h/h_{\max}$ — относительный ход плунжера; 1 — $\xi_{06}=0$, $S=1$; 2 — $\xi_{06}=\xi_{100}=5,22$, $S=0,5$; 3 — $\xi_{06}=52,2$, $S=0,1$.

клапана равны ($\xi_{06}=\xi_{100}=5,22$), линейность нарушается, и при ходе плунжера 0,4 от максимального относительный расход газа составляет 0,6 вместо 0,4. С увеличением ξ_{06} до 52,2 отклонение от линейности

возрастает еще больше: при том же относительном ходе плунжера 0,4 относительный расход достигает уже 0,85.

Аналогично процессу трансформации линейной пропускной характеристики в расходную равнопроцентную с ростом сопротивления объекта равнопроцентная пропускная характеристика регулирующего органа также видоизменяется.

Если пропускную способность регулирующего органа, выраженную в виде функциональной зависимости относительной пропускной способности от степени открытия l , обозначить буквой σ , то равнопроцентная пропускная способность описывается уравнением

$$\sigma = c_1 e^{ml} \quad (2.4)$$

(при условии, что $K_{V0} > 0$. Для двухседельных клапанов регулирующих принимают $K_{V0} = 0,04 K_{Vy}$).

Линейная пропускная способность выражается уравнением

$$\sigma = c_2 l + \sigma_0, \quad (2.5)$$

где c_1 и c_2 — постоянные коэффициенты, определяемые начальными условиями; m — коэффициент пропорциональности, численно равный

$$\ln \frac{K_{Vy}}{K_{V0}} = \ln (1/\sigma_0); \quad (2.6)$$

$$l = S/S_y = \alpha/\alpha_y \quad (2.7)$$

— отношение действительного хода плунжера S или угла поворота α заслонки к условному ходу S_y или условному углу поворота α_y .

Для выбора формы пропускной характеристики клапана регулирующего применительно к конкретному объекту следует в первую очередь изучить режим работы этого объекта и выбрать для него оптимальную расходную характеристику. Под расходной характеристикой q понимают функциональную зависимость изменения относительного расхода через регулирующий орган от степени его открытия l с учетом влияния объекта, в нашем случае системы газопроводов после клапана.

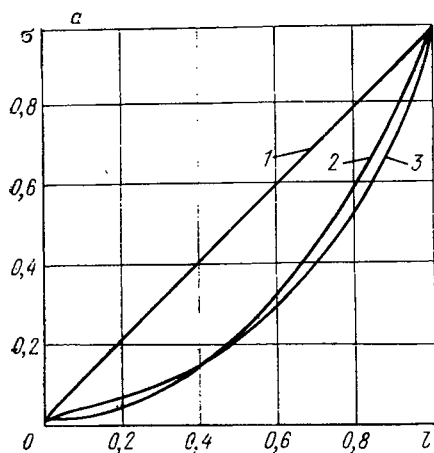
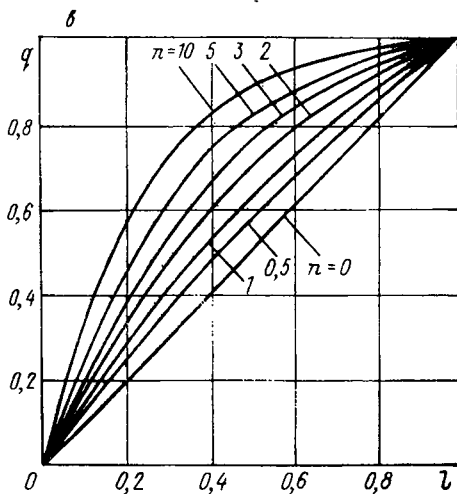
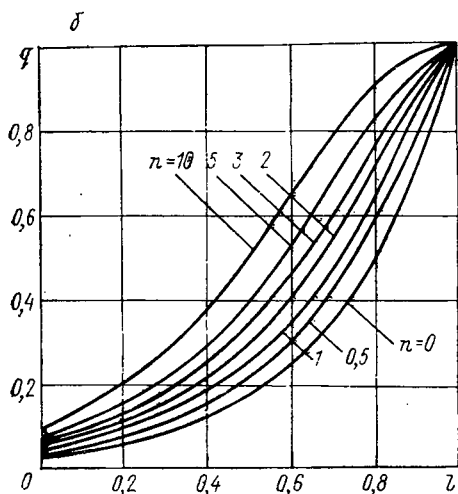


Рис. 2.8. Характеристики регулирующих органов.

a — пропускные характеристики (1 — линейная; 2 — заслоночного органа с $\alpha \approx 60^\circ$; 3 — равнопроцентная); расходные характеристики; б — с равнопроцентной пропускной характеристикой; в — с линейной пропускной характеристикой.



В общем случае эта зависимость, выраженная через пропускную характеристику σ и потери давления в регулирующем органе и объекте, приобретает вид

$$q = \sqrt{\frac{n+1}{n+1/\sigma^2}}, \quad (2.8)$$

где $n = \Delta p_T / \Delta p_{p.o}$ — отношение потерь давления в трубопроводной системе (объекте) к потерям давления в регулирующем органе.

Рассмотрим несколько подробнее уравнение (2.8). Если потеря давления в трубопроводах объекта $\Delta p_T = 0$, то n также равно нулю, а $q = \sigma$, т. е. расходная и пропускная характеристики идентичны. Это же следует из определения пропускной

характеристики, которая строится для регулирующего органа при продувке его на стенде при отсутствии после него трубопроводов ($\Delta p_T = 0$). Вид пропускных характеристик стандартных регулирующих органов приведен на рис. 2.8, а.

С увеличением Δp_T расходная характеристика сначала немного, а затем все больше отклоняется от пропускной характеристики. При $n > 5$ линейная пропускная характеристика все более приобретает вид равнопроцентной, но в зеркальном изображении относительно линии $n = 0$ (рис. 2.8, в), а равнопроцентная приближается к линейной (рис. 2.8, б).

2.4. УСТРОЙСТВО РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

Основные характеристики регуляторов давления, наиболее широко применяемых в ГРП и ГРУ, сведены в табл. 2.14. Ниже приводятся описание устройства этих регуляторов, особенности их работы и эксплуатации.

2.4.1. Регуляторы РДСГ и РДГ

Регуляторы давления для сжиженных газов (РДСГ) предназначены для питания газом потребителей с малыми расходами газа, в том числе природного и попутного. В ГРП их применяют для обеспечения собственных нужд ГРП, в частности питания газом отопительных приборов (автоматического водонагревателя, котла или печи, теплогенератора в шкафовых ГРП).

Согласно ГОСТ 21805—83, РДСГ изготавливают двух типов: 1 — РДСГ1-1,2 (рис. 2.9) и РДСГ1-0,5 (рис. 2.10) и 2 — РДСГ2-1,0 („Балтика“). В обозначении регуляторов первая цифра (1 или 2) — тип, второе число — объемный расход паровой фазы технической зимней смеси пропана и бутана при минимальном давлении на входе в регулятор $0,7 \text{ кгс/см}^2$ (табл. 2.14 и 2.1). Рабочая температура окружающей среды от -40 до $+45^\circ\text{C}$. В регулятор РДСГ1-1,2 (рис. 2.9) газ поступает через входной штуцер 2 с накидной гайкой, имеющей уплотнительную прокладку 1 и фильтрующую сетку 3. Степень открытия седла 4 определяется положением плунжера 6, который перемещается коленчатым рычагом 16, связанным со штоком 15 мембраны 13. Плунжер с мягкой уплотнительной прокладкой на торце может перемещаться в специальной втулке 5 только вдоль оси седла. На боковой поверхности втулки просверлены отверстия, через которые дросселированный до выходного давления газ поступает в подмембранное пространство, откуда подается потребителю через штуцер 11, а также воздействует снизу на мембрану 13, зажатую между корпусом 12 и крышкой 9. На мембрану опирается тарелка 14, отжимаемая вниз пружиной 10. Сжатие пружины регулируют гайкой 8 при снятом защитном колпаке 7. Выходной штуцер 11 в зависимости от заказа может иметь накатку под

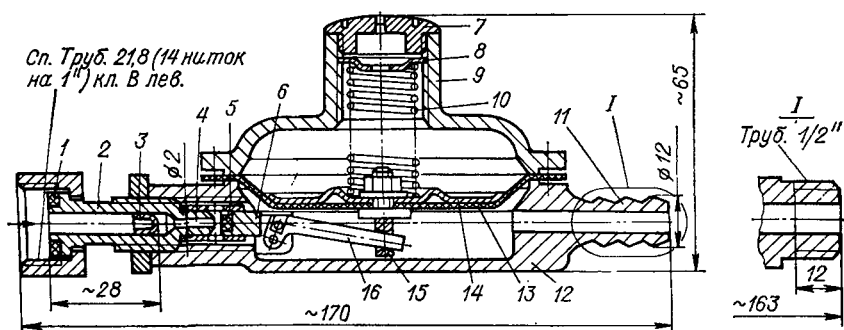


Рис. 2.9. Регулятор РДСГ1-1,2.

Т а б л и ц а 2.1

Характеристики регуляторов РДСГ и РДГ (рис. 2.9, 2.10)

Характеристика	РДСГ1-0,5	РДСГ1-1,2	РДСГ2-1,0 «Балтика»	РДГ-6	РДГ-8
Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$, при $\rho = 2,2 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\Delta p = 1000 \text{ кгс}/\text{м}^2$, $p_{\text{вых}} = 1,05 \text{ кгс}/\text{см}^2$	0,25	0,6	0,3	0,25	0,6
Длина, мм	150	170	—	148	171
Высота, мм	55	65	—	67	60

резиновый шланг с внутренним диаметром 9 мм или резьбу Труб. 1/2" (узел I). Тип выходного штуцера указывают при заказе регулятора.

Усилие на мембрану снизу, возникающее от выходного давления, в основном уравнивается силой сжатой пружины сверху (если пренебречь весом штока, тарелки и других движущихся частей). Поэтому изменение сжатия пружины при ввертывании или вывертывании гайки 8 определяет собой настройку регулятора на заданное выходное давление. При уменьшении расхода газа давление под мембраной увеличивается, мембрана и шток приподнимаются и через рычажную передачу приближают плунжер к седлу. Приток газа через закрытое седло уменьшается до тех пор, пока выходное давление не достигнет заданного с учетом неравномерности регулирования. Если расход газа возрастает, то за счет уменьшения давления в корпусе мембрана опускается, плунжер отодвигается от седла, приток газа через седло возрастает.

Аналогично РДСГ1-1,2 работает и регулятор РДСГ1-0,5 (рис. 2.10), имеющий некоторые конструктивные отличия. В частности, плунжер 2 ввернут на резьбе в стойку 4, укрепленную в кронштейне корпуса 5 на оси 3. Это позволяет устанавливать

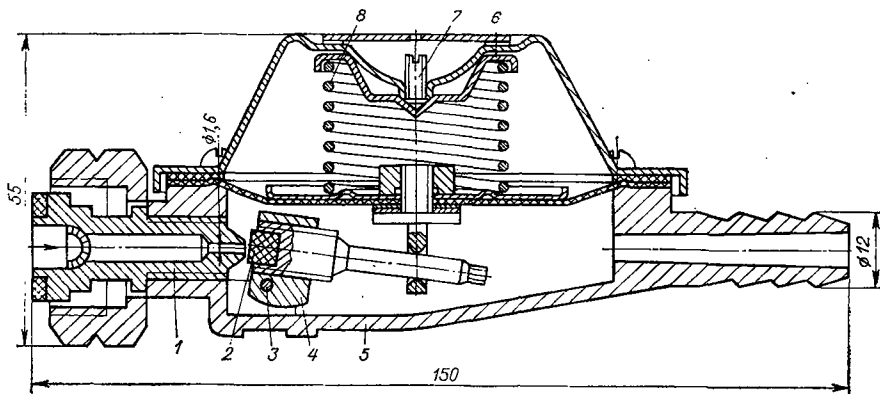


Рис. 2.10. Регулятор РДСГ1-0,5.

оптимальный зазор между седлом во входном штуцере 1 и плунжером. Плотность запирания прохода газа обеспечивается резиновой пробкой, запрессованной в плунжер. Настройку регулятора на заданное выходное давление производят, изменяя сжатие пружины 8 с помощью регулировочного винта 7 через посредство фигурной шайбы 6, а также регулируя положение плунжера в стойке.

Устройство и работа регуляторов РДГ (табл. 2.14, 2.1) в основном подобны таковым регуляторов РДСГ1-1,2.

При монтаже регуляторы РДСГ и РДГ устанавливают так, чтобы мембранная камера располагалась горизонтально. При соединении с газопроводом с помощью накидной гайки регулятор придерживают за лыски на входном штуцере (придерживать за корпус регулятора не допускается).

При работе регуляторов возможны следующие неисправности. Давление после регулятора уменьшается ниже 200 или увеличивается более 360 кгс/м². Причиной могут быть заедание плунжера с уплотнителем во втулке входного штуцера (кроме регулятора РДСГ1-0,5) или заедание рычага на оси. Рост выходного давления может иметь место также при разрыве мембраны. Регулятор разбирают, очищают трущиеся детали и седло, при необходимости заменяют мембрану и уплотнитель регулирующего органа, изготовленный из маслбензостойкой резины.

Регулятор давления РДСГ2-1,0 «Балтика» конструктивно значительно отличается от регуляторов РДСГ1, имеет две ступени редуцирования, что позволяет более точно поддерживать после него заданное выходное давление. Однако устройство входного штуцера регулятора позволяет присоединять его только к баллонам сжиженного газа. Поэтому этот регулятор в ГРП не используют и его устройство здесь не рассматривается.

2.4.2. Регулятор РДГД-20

Регулятор давления газа домовый РДГД-20 (табл. 2.14) предназначен для снижения давления природного газа со среднего до низкого. Главной конструктивной особенностью РДГД-20 является наличие в нем встроенного отсечного клапана, исполняющего функции ПЗК. Регулятор рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха от -30 до $+50$ °С и относительной влажности до 95 % при температуре $+35$ °С без дополнительного обогрева. Зона неравномерности (пропорциональности) регулирования ± 10 %, зона нечувствительности $\pm 2,5$ %. Максимальная пропускная способность $80 \text{ м}^3/\text{ч}$, при снижении входного давления до $0,5 \text{ кгс/см}^2$ она составляет не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. Пропускная способность сбросного клапана не менее $0,12 \text{ м}^3/\text{ч}$ при давлении 350 кгс/м^2 , диапазон его настройки на начало срабатывания $280\text{—}310 \text{ кгс/м}^2$. Отсечный клапан настраивается на срабатывание при понижении выходного давления до $70\text{—}110$ или его повышении до $400\text{—}500 \text{ кгс/м}^2$.

Во входном патрубке регулятора (рис. 2.11) установлена фильтрующая сетка 35. Для приварки подводящего газопровода предусмотрен штуцер $1D_y=20$ мм, соединяющийся со входным патрубком накидной гайкой. Очищенный газ проходит через открытое впрессованное в корпус 34 седло 3 отсечного клапана в камеру Б, дросселируется в регулирующем органе до низкого давления и через выходной патрубок поступает к потребителям. Для присоединения газопровода низкого давления служит штуцер $18 D_y=32$ мм, соединяющийся с выходным патрубком накидной гайкой.

Регулирующий орган состоит из впрессованного в корпусе седла 5 и плунжера 4, соединенного штоком 15 с приводом — эластичной мембраной 14. Подмембранная полость А от входной полости Б корпуса отделена разгрузочной мембраной 13 и соединена с выходным патрубком импульсной трубкой 16. Эта трубка на конце имеет головку 17 обтекаемой формы с несколькими радиальными отверстиями для восприятия только статического напора в выходном патрубке. При изменении расхода газа меняется давление его в выходном патрубке и камере А регулятора. Мембрана 14 через шток 15 меняет расстояние плунжера от седла 5 так, чтобы давление в выходном патрубке восстановилось до заданного. Для настройки регулятора на выходное давление служит пружина 11, сжатие которой регулируется вращением в резьбе стакана 12 шайбы 10.

Для предохранения от разрыва в случае повышения выходного давления сверх заданного в мембрану 14 встроен предохранительный сбросной клапан 6, настройка которого производится изменением сжатия пружины 7 при вращении гайки 9 на резьбе штока 15. Излишки газа из полости А через открывшийся сбросной клапан поступают в надмембранную полость,

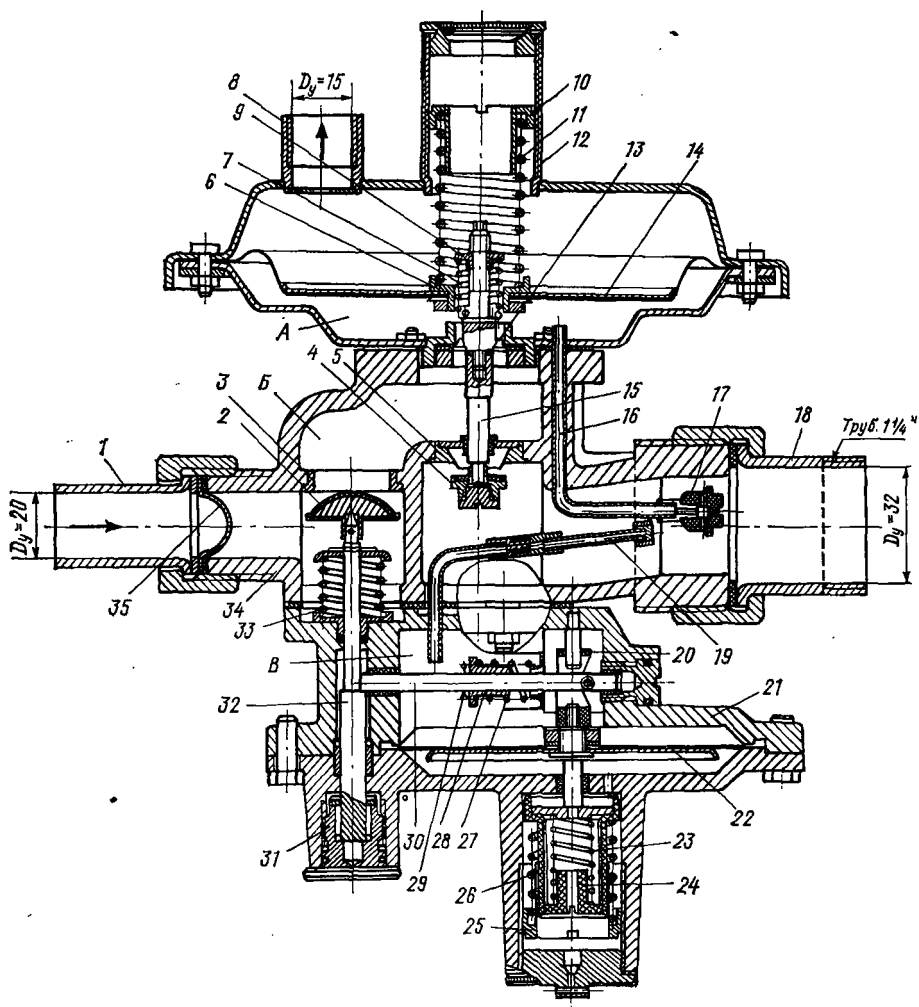


Рис. 2.11. Регулятор РДГД-20.

из которой через штуцер 8 $D_y=15$ мм и присоединяемый к нему сбросной трубопровод выводятся в атмосферу.

Если давление в выходном патрубке регулятора увеличится до 400—500 кгс/м², то сработает отсечный клапан, привод которого — мембрана 22 расположена в коробке 21 под корпусом 34 регулятора. Надмембранная полость В привода соединена импульсной трубкой 19 с выходным патрубком регулятора, и в ней поддерживается давление, равное выходному. При нормальной работе регулятора и находящемся в нижнем (открытом) положении плунжере 2 ПЗК горизонтальный шток

30 пружиной 27 через втулку 28 и упор 29 прижат к тонкой части штока 32, нижний, более толстый, конец которого упирается в горизонтальный шток, препятствуя закрытию клапана. Когда выходное давление увеличивается более 300 кгс/м^2 , мембрана 22, преодолевая усилие пружины 26, начинает опускаться вниз вместе с толкателем 20. Толкатель при этом своей верхней скошенной кромкой передвигает вправо горизонтальный шток, преодолевая сопротивление пружины 27. Когда выходное давление достигает $400\text{--}500 \text{ кгс/м}^2$, горизонтальный шток выходит из зацепления со штоком 32, запорный плунжер 2 под действием пружины 33 поднимается вверх и прижимается к седлу 3. Поступление газа к потребителям прекращается. Настройка отсекаателя на срабатывание при повышении давления производится изменением сжатия пружины 26 с помощью регулировочной гайки 25.

Если давление в выходном патрубке регулятора уменьшается до $70\text{--}110 \text{ кгс/м}^2$, то отсечный клапан также закрывается, и подача газа к потребителям прекращается. Уменьшение выходного давления вызывает подъем мембраны 22 и связанного с ней толкателя 20 вверх. При этом толкатель своей нижней скошенной кромкой толкает вправо горизонтальный шток, и когда выходное давление достигает $70\text{--}110 \text{ кгс/м}^2$, зацепление горизонтального штока 30 и вертикального 32 прекращается. Запорный плунжер 2 пружиной 33 подталкивается вверх к седлу, перекрывая проход газа. Настройка отсекаателя на срабатывание при понижении давления производится изменением сжатия пружины 23 регулировочной гайкой 24.

Открытие отсечного клапана производят вручную после устранения причин, вызвавших его срабатывание. Для этого вывертывают пробку 31 и плавно перемещают вниз шток 32 до момента, когда за его выступ западет конец горизонтального штока 30. Этот момент определяют на слух по характерному щелчку, создаваемому ударом торца горизонтального штока о тонкую часть штока 32 под воздействием пружины 27. Затем пробку 31 устанавливают на место и ввертывают до упора.

Регулятор должен монтироваться на горизонтальном участке газопровода стаканом 12 вверх. Размещаться регулятор может на вводе в здание, в нише домового фасада, в проветриваемом нежилом помещении (лестничная клетка и т. п.). При необходимости его защищают от повреждения запирающимся металлическим кожухом.

В процессе эксплуатации регулятора могут наблюдаться следующие неполадки:

- 1) ПЗК срабатывает из-за значительного понижения выходного давления, вызванного заеданием подвижной системы регулятора, загрязнением фильтра, поломкой настроечной пружины, разрывом рабочей мембраны или намораживанием кристаллогидратов в зоне дросселирующего органа;

2) ПЗК срабатывает из-за значительного повышения выходного давления, вызванного заеданием подвижной системы регулятора, разрыва разгрузочной мембраны, поломки настроечной пружины, износа уплотнения регулирующего плунжера или намораживания кристаллогидратов в зоне дросселирующего органа;

3) ПЗК не срабатывает, выходное давление значительно выше или ниже давления настройки из-за заедания подвижной системы, поломки пружин или износа уплотнения отсечного клапана (ПЗК);

4) наблюдается сброс газа в атмосферу при нормальном выходном давлении. Причины: поломка, нарушение настройки пружины или износ уплотнения сбросного клапана, износ уплотнения регулирующего плунжера, намораживание кристаллогидратов в зоне дросселирующего органа.

Во всех перечисленных случаях следует регулятор разобрать, очистить от пыли и кристаллогидратов и при необходимости заменить неисправные детали.

2.4.3. Регуляторы низкого давления РД-32М и РД-50М, D_y32 и D_y50

Регуляторы РД-32М и -50М (рис. 2.12) в зависимости от назначения и расчетного расхода газа могут поставяться с различными диаметрами седел (табл. 2.14 и 2.2) и пружинами для настройки выходного давления: а) низкого — от 90 до 200 кгс/м² для природного (сетевого) газа и б) повышенного — от 200 до 350 кгс/м² для сжиженного газа. Если регуляторы монтируют колонкой вниз, то выходное давление будет на 30—40 кгс/м² меньше указанного. При отсутствии в заказе указания о выходном давлении и диаметре седла регуляторы поставляют с пружинами низкого давления и диаметрами седел 6 мм для РД-32М и 15 мм для РД-50М.

Регулятор состоит из двух основных узлов — мембранной камеры и чугунной крестовины, соединенных с помощью накидной гайки. Это позволяет легко отделять узлы друг от друга для ремонта или осмотра, а также располагать их относительно друг друга под любым углом. При монтаже крестовину устанавливают непосредственно на газопроводе и крепят к нему накидными гайками, имеющимися на ниппелях 6 входного и выходного патрубков, или путем приварки концов трубопровода к ниппелям. В крестовине имеется гнездо для установки сменного седла 7, к которому газ входного давления подводится прямо по его оси или сбоку по одному из каналов крестовины при заглушенном пробкой 8 другом канале.

Пропускная способность регуляторов приведена в табл. 2.2. При этом следует иметь в виду, что допустимое входное давление уменьшается с увеличением диаметра седла. Так, у регулятора РД-32М входное давление, кгс/см², не должно

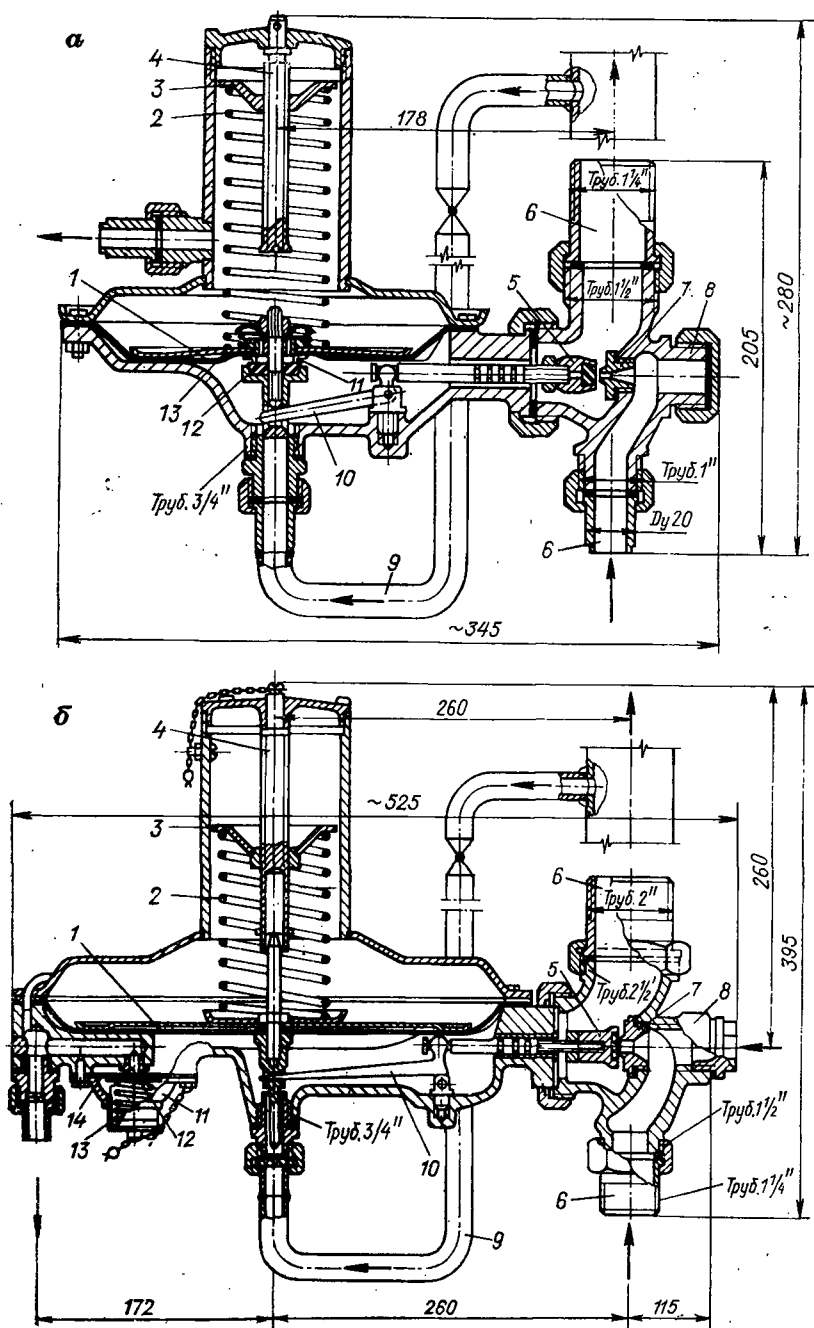


Рис. 2.12. Регулятор РД-32М (а) и РД-50М (б).

Пропускная способность регуляторов РД-32М и РД-50М
 (для газа с $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$), $\text{м}^3/\text{ч}$

Давление на входе, кгс/см^2	Диаметр седла регулятора, мм							
	РД-32М			РД-50М				
	4	6	10	8	11	15	20	25
0,2	5	11	19	20	37	58	108	165
				20	37	50	92	125
0,4	8	15	28	33	63	98	175	255
				33	60	88	150	200
0,6	10	19	35	42	85	130	225	338
				42	80	120	200	265
0,8	11	22	40	50	100	160	270	410
				50	95	145	238	320
1,0	13	25	45	56	117	183	308	466
				55	112	167	270	363
1,5	19	34	62	74	150	237	400	—
				73	140	215	350	—
2,0	22	41	75	90	180	314	500	—
				89	170	267	433	—
2,5	26	48	87	107	210	334	613	—
				100	200	320	525	—
3,0	30	55	100	125	235	400	717	—
				117	225	375	610	—
4,0	38	70	—	158	292	525	—	—
				150	277	483	—	—
5,0	45	90	—	189	350	650	—	—
				180	333	600	—	—
6,0	53	105	—	225	410	775	—	—
				213	388	717	—	—
7,0	63	125	—	260	466	—	—	—
				250	442	—	—	—
8,0	72	145	—	290	524	—	—	—
				275	500	—	—	—
9,0	81	168	—	320	578	—	—	—
				306	556	—	—	—
10,0	91	190	—	350	638	—	—	—
				337	610	—	—	—

Давление на входе, кгс/см ²	Диаметр седла регулятора, мм							
	РД-32М			РД-50М				
	4	6	10	8	11	15	20	25
11,0	100	—	—	380 366	—	—	—	—
12,0	110	—	—	412 392	—	—	—	—

Примечания. 1. Для регуляторов РД-50М в числителе — пропускная способность при подаче газа по оси седла, в знаменателе — по оси крестовины. 2. Для регуляторов РД-32М при поступлении газа по оси седла пропускная способность увеличивается примерно на 5 % по отношению к указанному в таблице.

превышать для седла диаметром 4 мм — 16; 6 мм — 10; 10 мм — 3. Соответственно у регулятора РД-50М: 8 мм — 16; 11 мм — 10; 15 мм — 6; 20 мм — 3 и 25 мм — 1.

От контролируемой точки импульс выходного давления газа после регулятора по трубопроводу 9 передается в подмембранную полость мембранной камеры. Крышка мембранной камеры крепится к корпусу болтами и имеет в верхней части колонку, в которой расположена регулировочная пружина 2. Между фланцами корпуса и крышки зажата эластичная мембрана 1, на жесткий металлический диск которой опирается регулировочная пружина. Для настройки регулятора на заданное выходное давление меняют степень сжатия пружины с помощью нажимной гайки 3, перемещающейся вертикально при вращении винта 4. Под мембраной расположен рычажный механизм 10, преобразующий вертикальное передвижение мембраны с диском в горизонтальное перемещение штока и плунжера 5. Плунжер соединен со штоком при помощи резьбы и фиксируется в нужном положении контргайкой, что позволяет регулировать ход плунжера при сборке и ремонте регулятора, а также при замене седла в крестовине. Если мембрана приподнята, то шток сдвинут вправо и плунжер, прижимаясь к седлу, перекрывает проход газа. Двигаясь вниз, мембрана отодвигает плунжер от седла, расход газа увеличивается.

При установившемся режиме регулятор находится в равновесии, а его подвижные элементы — в состоянии покоя. При этом сжатая пружина 2 стремится отодвинуть мембрану вниз. В том же направлении воздействует на мембрану входное давление газа, воспринимаемое тарелкой плунжера и передаваемое в центр мембраны через шток и рычажную систему 10, а также вес деталей, способных передвигаться вертикально: мембраны, дисков, рычажной системы. Все эти силы независимо от положения плунжера и мембраны уравниваются

давлением газа в подмембранной полости, которое стремится сдвинуть мембрану вверх.

При возмущении объекта, например отключении части потребителей или уменьшении ими расхода газа, давление в контролируемой точке и в подмембранной полости регулятора возрастает. Баланс сил, действовавших на мембрану, нарушается, регулятор выходит из равновесного состояния. Мембрана передвигается вверх, придвигает плунжер к седлу, и давление газа в контролируемой точке начинает уменьшаться. В каком-то положении мембраны и плунжера усилия, действующие на мембрану, вновь уравниваются друг друга, и в контролируемой точке восстанавливается давление, близкое к заданному (с учетом статической ошибки, присущей данному регулятору). Если возмущение объекта возникает за счет подключения новых потребителей газа или увеличения расхода действующими, то давление в контролируемой точке снижается и процесс регулирования протекает в обратном порядке.

Вращение винта 4 по часовой стрелке ведет к подъему нажимной гайки 3, уменьшению сжатия пружины 2 и соответственно уменьшению выходного давления. При вращении винта против часовой стрелки выходное давление повышается. Окончательную настройку регулятора на номинальное выходное давление рекомендуется производить при среднем возможном расходе газа. Это позволяет уменьшить отклонение давления при минимальном и максимальном расходах газа от давления настройки при среднем расходе, т. е. снизить статическую ошибку.

Для предотвращения внезапного и чрезмерного повышения выходного давления запорное устройство до регулятора открывают медленно и следят по манометру за давлением газа в контролируемой точке. Подача газа на вход регулятора при отключенной от подмембранной полости импульсной линии не допускается.

Если отключены все потребители газа, то из-за возможной негерметичности регулирующего органа (недостаточно плотной посадки плунжера на седло) давление в подмембранной полости может возрасти настолько, что приведет к разрыву мембраны. Во избежание этого в регулятор вмонтировано предохранительное сбросное устройство. В регуляторе РД-32М это устройство расположено в центральной части мембраны и включает в себя восемь отверстий 12 диаметром 3,5 мм (суммарная площадь $\sim 77 \text{ мм}^2$), просверленных в мембране и прилегающей к ней шайбе. Настройка сбросного клапана на срабатывание в пределах давлений 200—400 кгс/м² производится поджатием малой пружины 13. Если в подмембранной полости давление оказывается больше давления настройки, то мембрана, преодолевая усилие малой пружины, несколько приподнимается и через открывшиеся отверстия сбрасывается часть газа в надмембранную полость и колонку, а из последней че-

рез приваренный к ней штуцер в сбросной трубопровод и, наконец, в атмосферу.

У регулятора РД-50М сбросной клапан 11 скомпонован в приливе на нижней части мембранной коробки. Малая мембрана клапана 14 с приклеенной в центре мягкой уплотняющей шайбой прижимается к седлу пружиной 13, перекрывая проход газу. При повышении давления в подмембранной полости регулятора сверх заданного малая мембрана 14, преодолевая усилие пружины 13, отжимается вниз. Отверстие 12 в седле диаметром 8 мм (площадь $\sim 50 \text{ мм}^2$) открывается, и газ через три сверления в приливе поступает в сбросной патрубок регулятора, а из него в сбросной трубопровод и в атмосферу. Клапан может быть настроен на срабатывание в пределах 150—400 кгс/м².

Если принять коэффициент расхода у сбросных клапанов, встроенных в регуляторы РД-32М и -50М, $\alpha \approx 0,3$, то их пропускная способность при перепаде 200 кгс/м² (без учета потерь давления в сбросных трубопроводах) составит соответственно $V_p = 2,3$ и $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Основное назначение этих клапанов — предохранение от разрыва мембраны регулятора.

При эксплуатации регуляторов могут возникнуть следующие неисправности:

1) давление газа за регулятором резко снижается. Причины: заедание штока золотника в направляющей втулке, засорение или обмерзание седла импульсной трубки или недостаточное для данного потребления газа входное давление;

2) давление газа за регулятором резко повышается. Причины: заедание штока золотника или обмерзание седла, прорыв рабочей мембраны или же недопустимо большое для установленного седла входное давление.

В обоих случаях, если входное давление нормальное, регулятор следует разобрать, очистить трущиеся детали и седло, а при необходимости заменить мембрану.

Для комплектования шкафных ГРП типа ШРУ-н (гл. 9) Промэнергогаз изготавливает регуляторы низкого давления D_{y32} и 50, устройство и действие которых аналогичны с РД-32М и -50М. Основным отличием является отсутствие у них встроенных предохранительных сбросных клапанов. Регуляторы D_{y32} и 50 могут иметь седла тех же размеров, что и у регуляторов РД-32М и -50М. Соответственно их пропускную способность определяют по табл. 2.2.

2.4.4. Регуляторы РНД

Регулятор низкого давления РНД прямого действия аста-тического типа с нагрузкой манжетной мембраны грузом постоянного веса предназначен для снижения давления газа со среднего (до 3 кгс/см²) до низкого (в пределах 35—300 кгс/м²). В настоящее время промышленностью не изготавливается, но

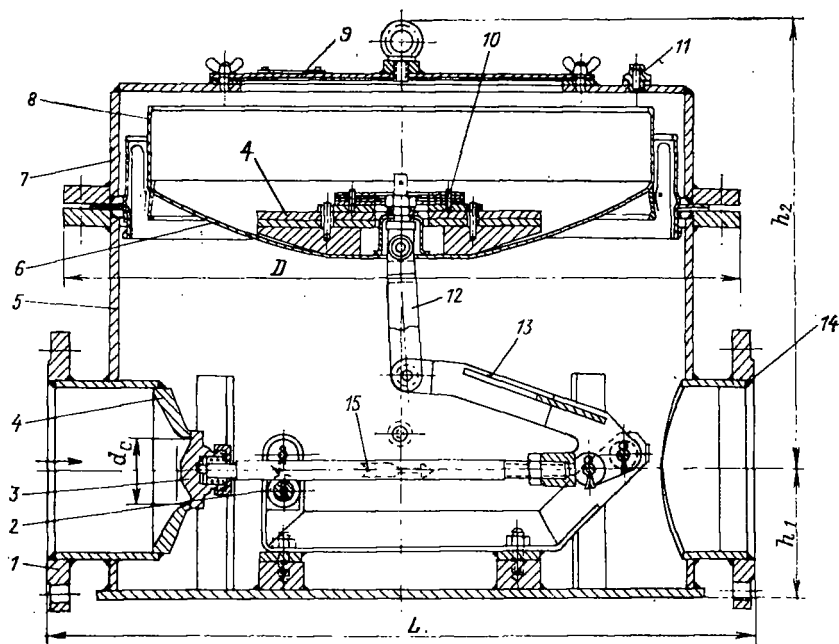


Рис. 2.13. Регулятор РНД.

Таблица 2.3

Характеристики регуляторов РНД (рис. 2.13)

Характеристики	РНД-100	РНД-150	РНД-200
Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$, при $\Delta p = 0,1 \text{ кгс/см}^2$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ и $p_{\text{вых}} = 1,01 \text{ кгс/см}^2$	470	1100	2200
Размеры, мм:			
D	500	625	835
d_c	40	60	85
L	560	710	870
h_1	73	130	155
h_2	210	480	545

в районных и квартальных ГРП городских систем газоснабжения продолжает успешно эксплуатироваться.

Регулятор РНД в сварном исполнении (рис. 2.13, табл. 2.14, 2.3) имеет корпус 5 с входным 1 и выходным 14 патрубками. К торцу входного патрубка приварено седло 4, которое перекрывается тарельчатым плунжером 3. Между фланцами корпуса и крышки 7 закреплена манжетная мембрана 6, имеющая форму кольца. По внутреннему периметру мембрана прикреп-

лена к боковой поверхности металлического барабана 8, к днищу которого через посредство дисковых грузов 10 крепится тяга 12. Днище барабана фактически является жестким центральным диском мембраны, площадь которого (проекция днища на горизонтальную плоскость) составляет активную площадь мембраны. С помощью рычажной передачи 13 и штока тяга, а следовательно, и мембрана соединены с тарельчатым плунжером 3, положение которого относительно седла 4 определяет пропускную способность регулятора. Конструкция рычажной передачи и наличие опорного валика 2 обеспечивает строго горизонтальное положение штока. Замену грузов при настройке регулятора производят через люк, крышка 9 которого снимается после отвертывания барашковых гаек.

Днище барабана 8 и мембрана 6 непосредственно воспринимают выходное давление газа, заполняющего корпус 5 после дросселирования в регулирующем органе. При отсутствии грузов за счет веса движущихся частей регулятора (барабана 8 и тяги 12) выходное давление составляет ~ 35 кгс/м². Добавка грузов позволяет увеличивать выходное давление до 300 кгс/м². Если мембрана выполнена из прожированной кожи, то во избежание выжимания масла из ее пор и потери герметичности повышать выходное давление более 300 кгс/м² не допускается.

При возмущении объекта, например уменьшении расхода газа потребителями, давление под мембраной уменьшается.

Под воздействием веса грузов мембрана и тяга опускаются и через посредство рычажной передачи и штока 15 приближают плунжер к седлу. Расход газа через регулирующий орган уменьшается, давление под мембраной становится равным давлению настройки, а приток газа через регулятор — равным отбору газа потребителями.

Для обеспечения быстрого затухания колебаний выходного давления РНД имеет устройство обратной упругой связи — штуцер 11 с калиброванным отверстием. Диаметр этого отверстия подбирается таким образом, чтобы перемещение мембраны при изменении под ней давления газа тормозилось за счет образования в надмембранной полости небольшого кратковременного противодействия или разрежения из-за задержки прохода воздуха через отверстие. На случай разрыва мембраны и предотвращения выхода газа в помещение штуцер 11 соединяют со сбросным трубопроводом. Устойчивости работы регулятора способствует также принятое соотношение плеч в рычажной передаче 1:5.

Включение регулятора в работу производят без грузов или с одним-двумя дисками при открытых выходном запорном устройстве и кранах перед манометрами. Затем, наблюдая за показаниями манометров, медленно открывают входное запорное устройство, добавляют через открытый люк необходимый груз и по достижении заданного выходного давления закрывают крышку. Регулятор должен устанавливаться строго гори-

зонтально, так как даже при небольшом смещении от горизонтали барабан 8 перекашивается, мембрана трется о неподвижную стальную обечайку, утончается и может в этом месте разорваться.

Возможны следующие неисправности. Выходное давление резко возрастает из-за заедания или поломки рычажной передачи. Следует разобрать, прочистить и при необходимости заменить неисправные детали. Если кроме возрастания давления слышен шум в сбросном трубопроводе от штуцера 11, то следует проверить целостность мембраны и плотность ее соединения с барабаном 8, обнаруженные неплотности устранить, мембрану заменить или отремонтировать, наложив заплату. При отсутствии отбора газа выходное давление может медленно возрастать из-за неплотности перекрытия седла. Надо проверить наличие и состояние уплотняющей прокладки на плунжере, в случае необходимости заменить ее новой. Если уплотнительные поверхности седла и плунжера по конструкции не имеют мягкой прокладки, то следует проверить состояние этих поверхностей и при необходимости произвести их притирку. Во время работы регулятора выходное давление падает и не восстанавливается за счет обледенения или засорения регулирующего органа. Это устраняется путем очистки седла. Если выходное давление пульсирует, регулятор «качает», то причин может быть несколько: чрезмерное трение в соединениях рычажной передачи, которые следует смазать; отбор газа потребителями слишком мал (меньше 10 % от номинальной пропускной способности), при этом уменьшают входное давление, прикрывая входное запорное устройство; недостаточное воздействие на работу регулятора дросселя в штуцере 11 из-за неплотного закрытия крышки люка или засорения дросселя и сбросного трубопровода. Крышку люка следует уплотнить, дроссель и сбросной трубопровод продуть.

2.4.5. Регуляторы среднего давления D_{y32} и D_{y50}

Регуляторы (прежнее название РСД-32 и РСД-50) изготавливаются Промэнергогазом (табл. 2.14) только для комплектации шкафных ГРП типа ШРУ-с (гл. 9). В каждом регуляторе могут быть установлены седла различных диаметров: для D_{y32} — 4,6 и 10 мм (в регуляторах РСД-32 применялись седла 5; 6,5 и 9,5 мм), для D_{y50} — 8; 11; 15; 20 и 25 мм (в регуляторах РСД-50 применялись седла 13; 19 и 25 мм). Промэнергогаз применяет в ШРУ-3с регулятор D_{y32} с седлом $d_c = 10$ мм, в ШРУ-2с — регулятор D_{y50} с седлом 25 мм.

В качестве корпуса 2 регуляторов (рис. 2.14) используется та же чугунная крестовина, что и в регуляторах РД-32М и -50М. Дросселирование газа осуществляется при истечении его через сменное седло 1, которое перекрывается плунжером 3, укрепленным на штоке 4. При необходимости изменить ход

плунжера относительно седла (например, в случае замены седла) плунжер передвигают по штоку на резьбе и фиксируют его положение контргайкой.

На основную мембрану 10 регулятора воздействует несколько сил. Сжатая пружина 9 стремится через нажимную шайбу и шток 8 поднять мембрану вверх. В том же направлении на мембрану и диск 7 воздействует давление газа в подмембранной полости, которая через штуцер 6 и импульсную трубку соединена с контролируемой точкой. Входное давление газа стремится отодвинуть плунжер от седла и через шток 4 и рычаг 5 опустить мембрану вниз. Так как в контролируемой точке и в подмембранной полости поддерживается давление в пределах $0,1\text{--}1,1\text{ кгс/см}^2$, на которое не рассчитана прочность мембраны 10, то для ее разгрузки в надмембранной полости создается с помощью пилота (разрез А—А) постоянное (для данного значения настройки) давление газа, несколько превышающее давление в подмембранной полости. Это давление стремится сдвинуть вниз мембрану и через рычаг 5 и шток 4 приблизить плунжер к седлу. В эту же сторону (вниз) воздействует на мембрану вес движущихся в вертикальном направлении деталей — мембраны, диска, штока 8, рычага 5 (частично).

При установившемся режиме сумма всех этих сил, воздействующих на мембрану, равна нулю, т. е. силы, воздействующие на нее вверх и вниз, уравниваются друг друга. Возмущение объекта (увеличение или уменьшение отбора газа) изменяет давление в подмембранной полости регулятора и нарушает баланс сил, воздействующих на мембрану.

Для создания и поддержания в надмембранной полости регулятора необходимого давления в штуцер 19 пилота подается газ входного давления (от газопровода до регулятора, но после фильтра ГРП). В верхней части ввернутой в штуцер втулки 18 имеется отверстие (седло), перекрываемое плунжером 17, который соединен иглой с мембраной 21 пилота и постоянно отжимается вверх к седлу пружиной 20. В крышке 14 размещена верхняя пружина 16, отжимающая мембрану пилота вниз. Усилие, создаваемое пружиной 16 и определяющее настройку регулятора на заданное выходное давление, регулируется стаканом 15. Газ входного давления, сдросселированный в пилоте, заполняет надмембранное пространство регулятора, а его излишек постоянно сбрасывается через дроссель 13 (степень открытия регулируется винтом 11) и сбросную трубку 12 в газопровод после регулятора. Усилие пружины 16 пилота уравнивается давлением газа под мембраной 21 пилота, пропорциональным давлению над мембраной 10 регулятора.

Ввертывание стакана в крышку пилота и сжатие пружины 16 ведет к росту давления в надмембранной полости регулятора и в контролируемой точке, вывертывание стакана и ослабление сжатия пружины — к уменьшению выходного давления.

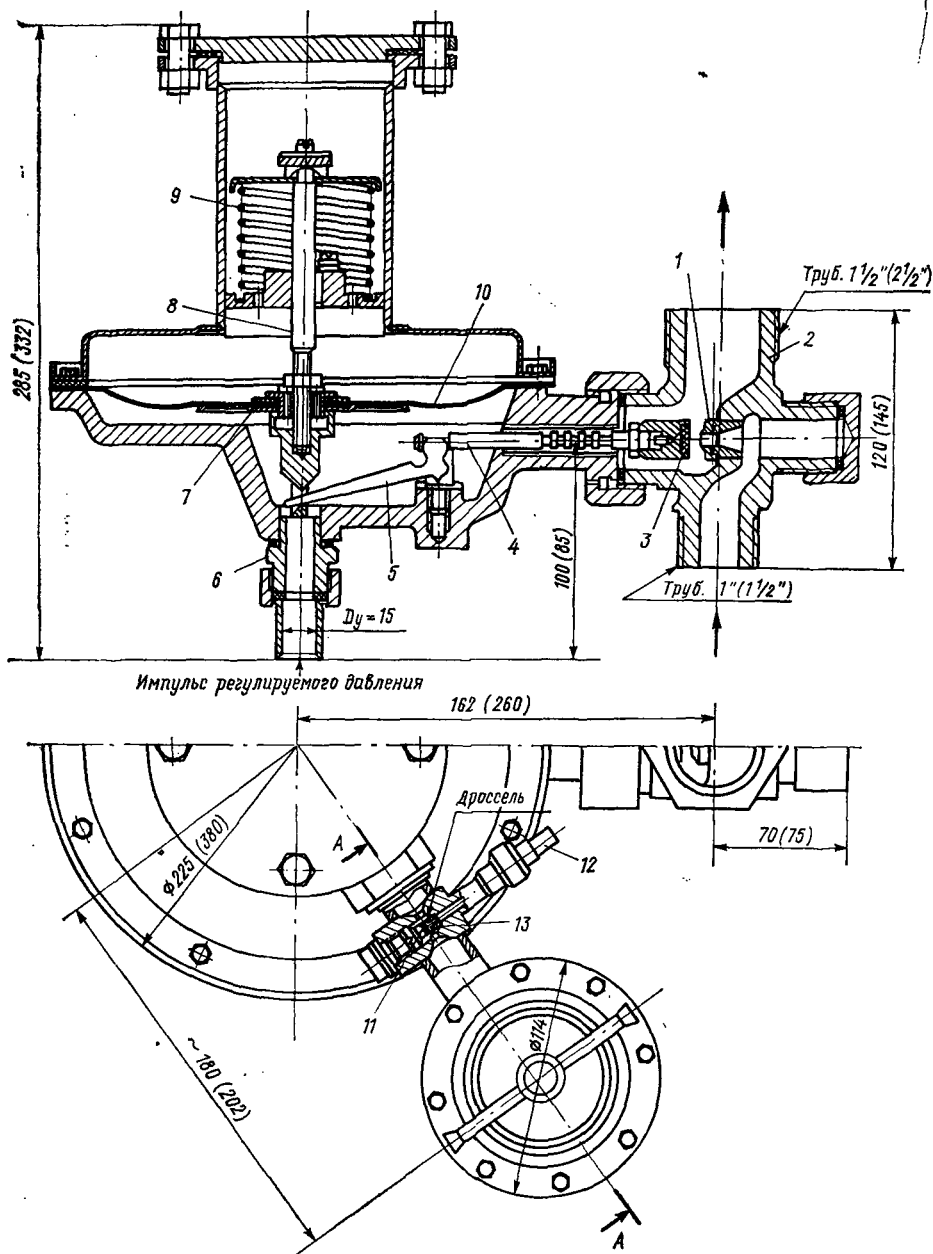
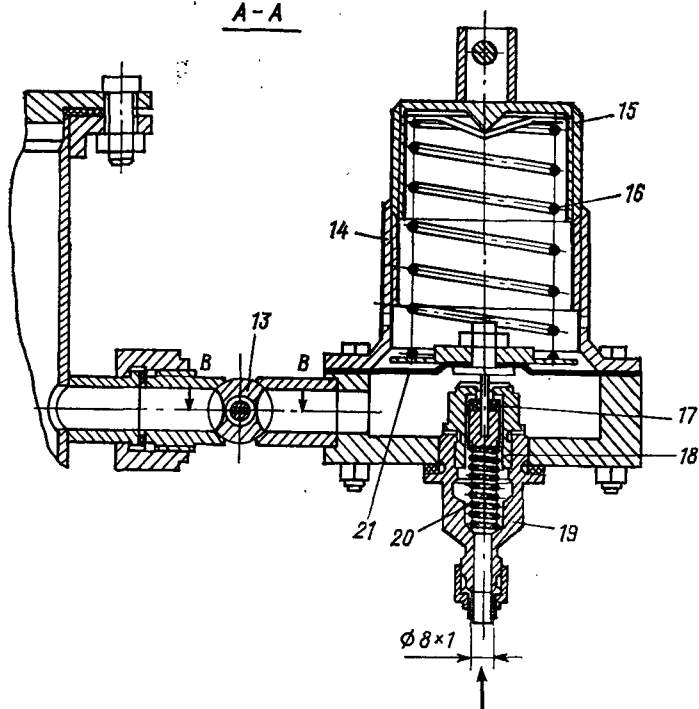
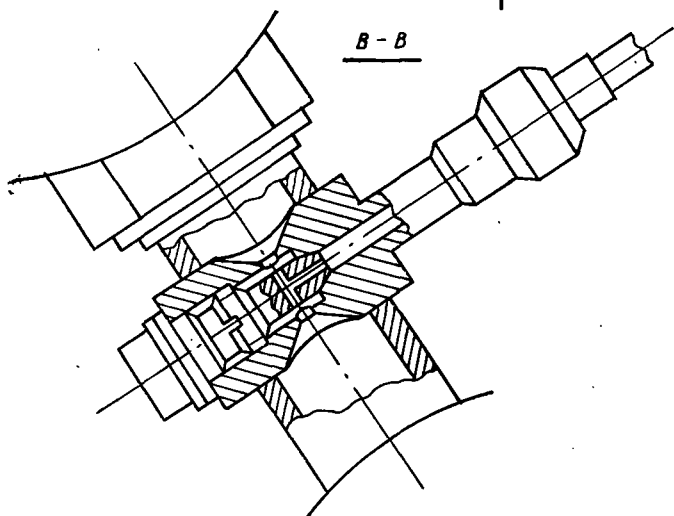


Рис. 2.14. Регуляторы среднего давления Dy32 (Dy50).

A - A



B - B



При возмущении объекта, например увеличении отбора газа, давление его в контролируемой точке и под мембраной 10 уменьшится. Мембрана опустится и через посредство рычажной передачи отодвинет золотник от седла, увеличив проход газа. Пилот заполнит увеличившийся объем над мембраной 10,

с тем чтобы давление в нем не изменилось. При увеличении давления в контролируемой точке и под мембраной последняя приподнимется, уменьшив проход газа.

При эксплуатации могут возникнуть следующие неисправности:

- резкий рост выходного давления из-за поломки пружины регулятора или пилота;

- отсутствие повышения выходного давления при ввертывании винта пилота. Причины: поломка пружины пилота, разрыв мембраны регулятора, засорение дросселя;

- медленный рост давления газа за регулятором при отсутствии расхода. Причина — неплотность запорного органа регулятора, вызванная износом или выпадением уплотняющей резиновой прокладки;

- понижение давления газа за регулятором. Причины: засорение клапанного отверстия пилота, дросселя и трубки от пилота к надмембранной полости регулятора или заедание рычажной передачи от мембраны к золотнику;

- пульсация давления газа за регулятором. Наблюдается при очень малых расходах газа, неправильном выборе точки отбора импульса от газопровода выходного давления, заедании в направляющей толкателя золотника, скоплении влаги в газопроводе или импульсной трубке.

2.4.6. Регуляторы РДУК2

Регуляторы давления универсальные конструкции Казанцева РДУК2 рассчитаны для работы на газе с входным давлением до 12 кгс/см^2 (для регулятора РДУК2-200/140 — до 6 кгс/см^2 из-за чрезмерно больших усилий, воздействующих на мембранный узел. Поэтому по данным Мосгазниипроекта применение РДУК2-200/140 на давлениях до 12 кгс/см^2 может быть допущено только при условии усиления мембранного узла регулятора в заводских условиях. Следует отметить, что некоторые заводы-изготовители ограничивают применение регуляторов РДУК2-200/105 также давлением 6 кгс/см^2).

Регулятор РДУК2 состоит из двух основных узлов — регулирующего клапана 12 и пилота 10 (рис. 2.15), (табл. 2.14, 2.4). В зависимости от заданного выходного давления РДУК2 комплектуют соответствующим пилотом: для давления от $0,005$ до $0,6 \text{ кгс/см}^2$ — пилотом КН2, для давления от $0,6$ до 6 кгс/см^2 — пилотом КВ2, а в зависимости от условного диаметра, пропускной способности и допускаемого перепада давления — соответствующим однотарельчатым плунжером 1 и седлом 2 в регулирующем клапане. Минимально необходимый для работы регулятора перепад давления составляет $\sim 300 \text{ кгс/м}^2$. Допустимые колебания выходного давления не должны превышать $\pm 5\%$ номинального значения при колебаниях входного давле-

Размеры, мм, регуляторов РДУК2^{*}(рис. 2.15)

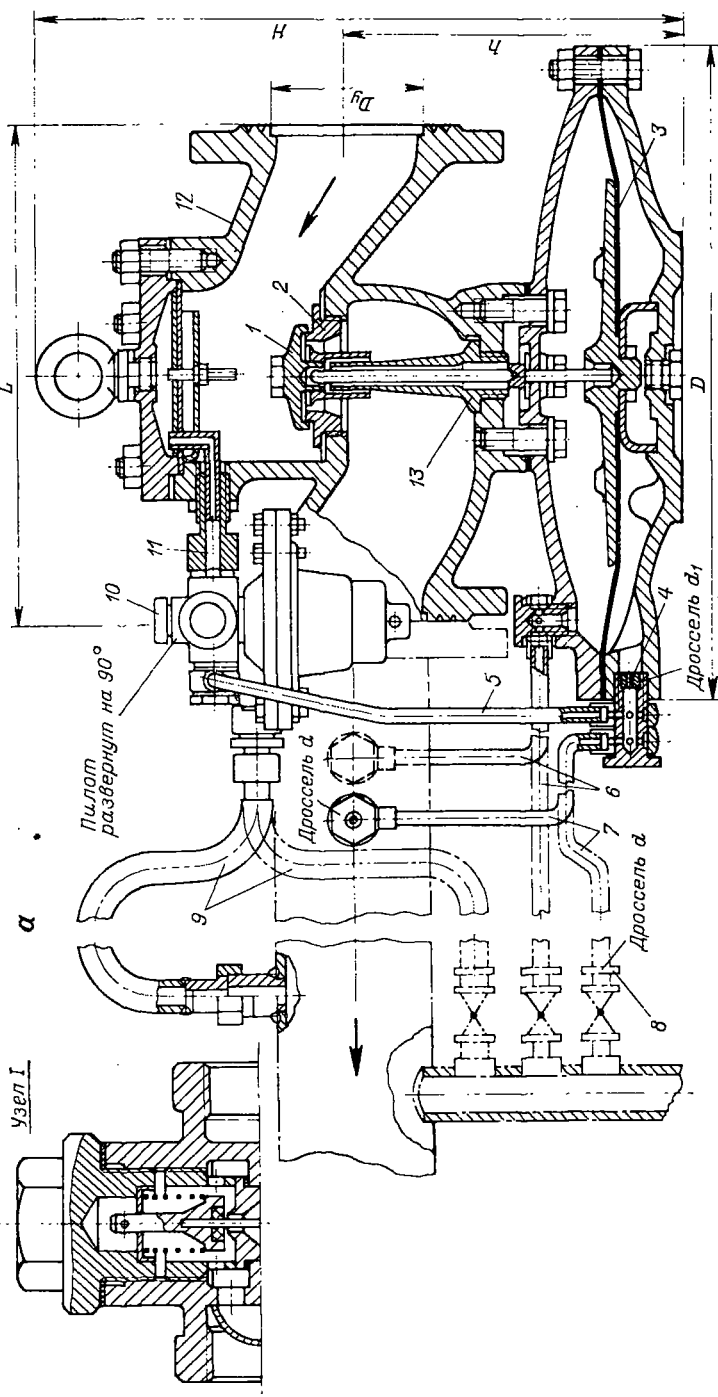
Регулятор	Размер, мм					
	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>d_i</i>
РДУК2-50	230	360	308	180	1,5	0,8
РДУК2-100	350	466	450	234	1,5	0,8/1,0
РДУК2-200	600	650	680	360	2,0	1,5

Примечания. 1. У РДУК2-100 диаметр дросселя $d_i = 1,0$ мм по данным завода «Газаппарат», г. Саратов; $d_i = 0,8$ мм — по данным других заводов. 2. Присоединительные размеры фланцев на $p_y = 16$ кгс/см².

ния на $\pm 25\%$. Пропускная способность РДУК2 приведена в табл. 2.5.

Редуцирование газа осуществляется изменением положения тарельчатого плунжера 1 с мягкой резиновой прокладкой относительно сменного седла 2, расположенного в чугунном корпусе регулирующего клапана. Плунжер через посредство штока и груза, лежащего на мембране 3, жестко связан с последней, и, следовательно, размер их перемещений (хода) одинаков. На тарелку плунжера сверху воздействует входное давление, снизу — выходное. Изменение входного давления в процессе регулирования может за счет неразгруженности плунжера вызвать изменение выходного давления. Это влияние входного давления сводится к минимуму двухимпульсной системой обратной связи, в которой импульс выходного давления подается одновременно к мембранам регулятора и пилота. Импульс выходного давления, подаваемый в надмембранную полость регулятора по трубке 6, определяет собой поддержание в заданных пределах выходного давления независимо от характера и причин, вызвавших его изменение. Импульс выходного давления, поступающий в надмембранную полость пилота по трубке 9, меняет давление в ней так, чтобы дополнительно изменить положение регулирующего плунжера и компенсировать влияние изменения входного давления на давление в контролируемой точке, т. е. ввести необходимую поправку на изменение входного давления.

Газ входного давления поступает в пилот из верхней части корпуса регулирующего клапана через фильтр, соединительный патрубок 11 и дополнительную фильтрующую сетку 23. После дросселирования в пилоте газ по трубке 5 поступает в подмембранное пространство регулирующего клапана через калиброванное отверстие — демпфирующий дроссель 4. Излишки газа из подмембранного пространства постоянно сбрасываются в газопровод после регулятора по трубке 7 через дроссель 8. Соответствующий подбор диаметров дросселей 4 и 8 при наличии



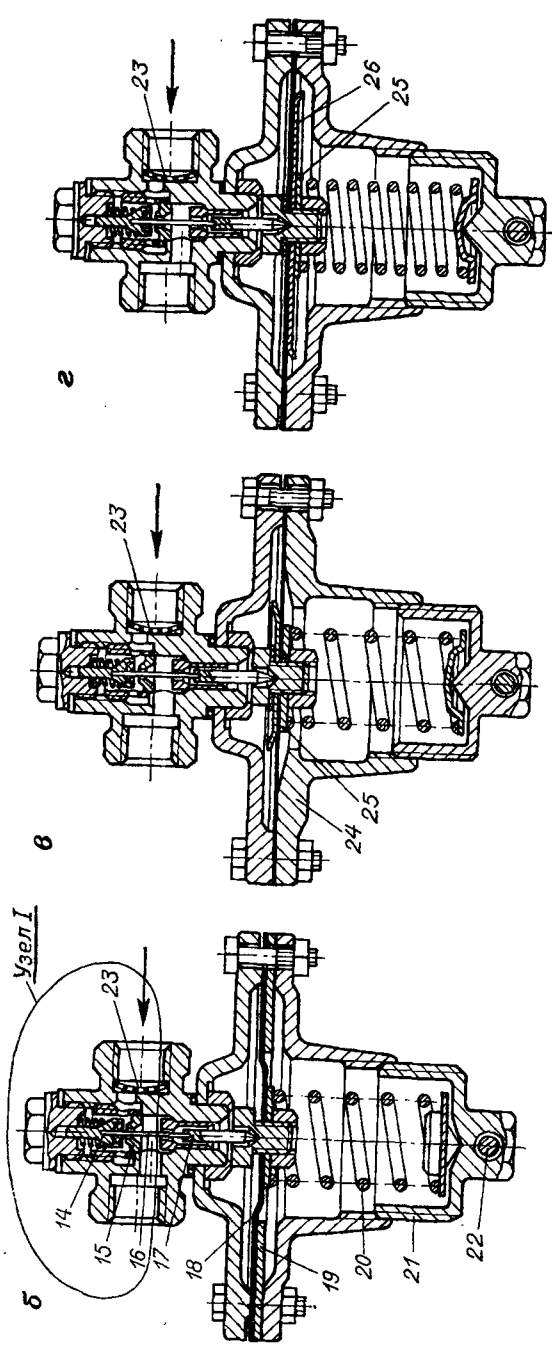


Рис. 2.15. Регулятор РДУК2.

а — общий вид; пилоты: б — КВ2, в — КН2; г — аксиометрическая схема.

Таблица 2.5

Пропускная способность V_T регуляторов РДУК2 и РДБК с седлом $d_c = 50$ мм ($\rho = 0,73$ кг/м³)

p_1 , кгс/см ²	p_2 , кгс/см ²															
	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
0,5	1030	1025	1005	1000	980	750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	1295	1290	1288	1285	1280	1190	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0			1420			1390	1270	910	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5			1790				1780	1640	1500	—	—	—	—	—	—	—
2,0			2140					2130	2065	1690	—	—	—	—	—	—
2,5			2500						2490	2315	1780	—	—	—	—	—
3,0			2840							2800	2550	1950	—	—	—	—
4,0						3550					3525	3290	2990	—	—	—
5,0						4260						4220	3590	3330	—	—
6,0						4970							4955	4620	3570	—
7,0						5670								5615	5015	3920
8,0							6380								6150	5500
9,0							7085								7060	6560
10,0							7790								7760	7660
11,0								8500								8460
12,0								9200								9170

Примечание. Пропускная способность регуляторов РДУК2 и РДБК с седлом $d_c \neq 50$ мм определяется по формуле $V = KV_T$, где коэффициент K принимается следующим:

d_c	21	35	50	70	105	140
K	0,217	0,63	1,0	2,0	4,14	6,71

Размеры пружин пилотов

Пилот	Диаметр, мм		Число витков		Высота, мм, в состоянии	
	наружный	проволоки	полное	рабочее	свободном	сжато
КН2	36,5	4,5	7,5	6	65	32
КВ2	40	6	6,5	5	60	36

непрерывного потока газа по трубкам 5 и 7 позволяет постоянно поддерживать в подмембранном пространстве регулирующего клапана давление, несколько большее выходного. Эта разность давлений по обе стороны мембраны 3 образует ее подъемную силу, уравниваемую при любом установившемся режиме работы регулятора весом подвижных частей и действием входного давления на плунжер 1.

Сжатие пружины 20 (табл. 2.6) пилота, определяющее значение выходного давления газа, производится ввертыванием регулировочного стакана 21 при помощи рычага 22. Чем больше должно быть выходное давление, тем сильнее должна быть сжата пружина. В нерабочем состоянии регулятора пружина должна быть ослаблена.

При увеличении отбора газа из газопровода давление его после регулятора и над мембранами пилота 18 и регулирующего клапана 3 понизится. Мембрана пилота под действием пружины 20 поднимется и через толкатель 17 и шпильку 16 приподнимет золотник 14, сжав расположенную над ним пружину. Седло 15 пилота приоткроется больше, поступление газа в подмембранное пространство регулирующего клапана и его давление снизу на мембрану 3 возрастет. Мембрана, поднимаясь, увеличит подъем плунжера и расход газа через регулятор.

При уменьшении отбора газа из газопровода давление его после регулятора и над обеими мембранами повышается, мембрана пилота опускается и поступление газа через золотник пилота в подмембранное пространство регулирующего клапана сокращается. Давление газа под мембраной 3 вследствие сброса его по трубке 7 понизится, и мембрана под действием увеличивающегося давления газа над нею опустится, а регулирующий плунжер сократит подачу газа через регулятор.

При установившемся режиме объем газа, поступающего под мембрану 3 и регулируемого пилотом, и объем газа, отводимого на сброс, обеспечивают равновесие сил, действующих на мембрану регулирующего клапана с обеих сторон, и регулирующий плунжер пропускает необходимый объем газа, поддерживая его давление после регулятора на заданном уровне. При

полном прекращении отбора газа давление его после регулятора может повыситься на 10—20 % от номинального. За счет этого тарелка плунжера и золотник пилота плотно перекроют свои седла.

Различие регуляторов управления (пилотов) КВ2 и КН2 состоит в следующем. В КВ2 для уменьшения активной площади мембраны 18 между нею и нижней крышкой устанавливают диск 19 с диаметром наружным 160 и внутренним — 55 мм. Саратовский завод «Газаппарат» достигает этого, применяя (рис. 2.15, в) нижнюю крышку 24, конфигурация и размер внутреннего диаметра которой позволяют отказаться от диска 19. В КН2 дополнительно к шайбе 25, в которую упирается пружина, устанавливают под мембраной тарелку 26 с диаметром наружным 100 и внутренним — 12,2 мм. Мембрана пилота КН2 в отличие от мембран регулирующего клапана и пилота КВ2 ($\delta = 0,8 \div 1,0$ мм) состоит из двух слоев более тонкого мембранного полотна ($\delta = 0,32 \div 0,37$ мм), причем нижний слой (обращенный к регулировочной пружине) прокалывается шилом в четырех местах по окружности 110 мм. Регулирующий клапан монтируют мембранной камерой вниз. Расстояния от мембранной камеры до стены и от нижней точки ее крышки до пола должны быть не менее 200 мм.

Подсоединение импульсного трубопровода 9 и трубок 6 и 7 от мембранной камеры к основному газопроводу может осуществляться по различным вариантам: а) импульсная трубка 9 присоединена к середине прямолинейного участка газопровода после регулятора длиной ~ 10 его диаметров. Общая длина трубки не должна превышать 6 м. Трубки 6 и 7 присоединяют к газопроводу после регулятора на участке длиной до ~ 100 мм (рис. 2.15, а, трубки показаны сплошными линиями); б) импульсная трубка присоединена к средней части прямолинейного участка байпаса ГРП, трубки 6 и 7 — так же, как и в варианте «а»); в) трубки 6, 7 и 9 присоединены к специальному патрубку, который приваривается к газопроводу после регулятора на расстоянии не меньше 5 его диаметров от ближайшего поворота (рис. 2.15, а, трубки показаны штриховыми линиями, и рис. 2.15, д).

До включения регулятора стакан пилота должен быть повернут до полного расслабления пружины. Все запорные устройства до регулятора и на импульсной трубке должны быть полностью открытыми. При включении сначала открывают кран на свечу, с тем чтобы обеспечить небольшой расход газа, а затем медленно ввертывают регулировочный стакан 21 пилота. Его пружина 20 сжимается, в контролируемой точке появляется давление, фиксируемое по манометру. Дальнейшим ввертыванием стакана повышают выходное давление в контролируемой точке примерно до заданного и подключают потребителей газа. После этого производят более точную настройку регулятора. При отключении регулятора на длительное время регулировоч-

ный стакан пилота вывертывают до полного ослабления пружины.

Для осмотра входной части регулирующего клапана снимают верхнюю крышку корпуса с рымом, вынимают фильтр и плунжер 1 со штоком. Фильтр тщательно очищают от пыли, при необходимости промывают и высушивают. Плунжер, седло, направляющие втулки колонки 13 и шток протирают мягкой ветошью, уплотняющую прокладку плунжера при видимом износе заменяют новой. Эту прокладку можно изготовить из пластины резиновой, маслобензостойкой средней твердости МБС-С (ГОСТ 7338—77) толщиной 6 мм. Размеры прокладки принимают следующими, мм:

Диаметр седла	35	50	70	105	140
Наружный диаметр	45	66	86	125	160
Внутренний диаметр	20	24	24	42	42

Шток плунжера должен свободно перемещаться во втулках колонки 13. Следует отметить, что смазка трущихся металлических поверхностей регулятора допускается только при тонкой очистке газа от механических примесей в фильтре, установленном до регулятора (кассета фильтра должна иметь плотную набивку фильтрующим материалом, смоченным висциновым маслом). При недостаточной очистке газа смазку трущихся частей производить не следует, так как на ней будет собираться пыль.

Мембрану регулирующего клапана осматривают при снятой нижней крышке мембранной коробки. Правильная центровка мембраны при сборке обеспечивается установкой опорной чашки в кольцевой проточке нижней крышки. При осмотре следует тщательно продуть дроссели внутри специальных болтов.

Для осмотра золотника пилота вывертывают верхнюю пробку крестовины и вынимают узел клапана. Если засорение сильное, то отвертывают нажимную втулку седла, вынимают седло 15 с прокладкой и внутреннюю полость крестовины продувают. При осмотре и сборке мембраны необходимо следить, чтобы толкатель золотника своим острым концом находился в гнезде стяжного болта мембраны, а в верхнее коническое углубление толкателя попадал нижний конец тонкой шпильки 16 клапана. Если нажимать на мембрану снизу, то сначала должен наблюдаться холостой ход не менее 2 мм, а затем открываться на 1,5—2 мм золотник. Это расстояние можно установить подгонкой длины шпильки золотника.

Для осуществления полного хода регулирующего плунжера 1 и соединенной с ним мембраны 3 необходим очень малый ход золотника и мембраны пилота. Небольшой диаметр золотника и его малый ход приводят к тому, что суммарное влияние изменения входного давления на золотник и сжатия пружин пилота оказывается во много раз меньшим воздействия на

мембрану пилота изменения выходного давления. В результате неравномерность регулирования (статическая ошибка или зона пропорциональности, порождаемая неравномерностью мембранного привода пилота) в среднем не превышает 1—5 %. Однако если чувствительность мембранно-пружинного устройства пилота (из-за очень малого хода золотника) и, следовательно, погрешность выходного давления практически постоянны независимо от пределов настройки регулятора, то отношение этой погрешности к давлению настройки увеличивается с уменьшением давления и уменьшается с его ростом. Так, например, у регулятора с пилотом КН2 при настройке выходного давления на 0,02—0,03 кгс/см² погрешность может достигать 15 %, при настройке на 0,5—0,6 кгс/см² может оказаться ниже 1—2 %. В последнем случае появляется вероятность неустойчивого регулирования, и если этой неустойчивости избежать не удастся, то придется снижать чувствительность пилота КН2, используя в нем пружину КВ2. В общем случае возможность появления неустойчивого регулирования возрастает с увеличением входного давления и уменьшением расхода газа. Устойчивость регулирования повышается с уменьшением входного давления или перепада давления на регуляторе и увеличением расхода газа. Хорошие результаты достигаются при установке на трубке 6 к надмембранной полости регулирующего клапана дросселя с диаметром 3, 4 или 6 мм соответственно для регуляторов D_y 50, 100 и 200 мм.

Нарушения режима работы регулятора в процессе эксплуатации чаще всего происходят при засорении клапанного устройства пилота, заедании штока основного золотника или шпильки золотника пилота, обмерзании золотника, а также при засорении дросселей на обвязочных трубках регулятора. Так как чаще всего наблюдается засорение золотника пилота и дросселей, то с них и следует начинать осмотр. Дроссельные, импульсные и обвязочные трубопроводы регулятора тщательно продувают. При необходимости замены шпильки золотника пилота ее изготавливают из строго прямого отрезка стальной пружинной проволоки диаметром 1,4 мм с концами сферической формы.

В эксплуатационных условиях встречаются следующие неполадки:

1) пружина пилота полностью ослаблена, однако выходное давление достигает или превышает на 20 % номинальное. Причина — негерметичность регулирующего органа регулятора. Производится осмотр уплотняющих поверхностей седла и плунжера, при необходимости у последнего заменяют резиновую прокладку;

2) выходное давление падает до нуля. Причина — разрыв мембраны регулятора. Мембрану заменяют;

3) выходное давление непрерывно растет. Причины — разрыв мембраны пилота, засорение седла или заедание толкателя

золотника пилота в направляющих. Мембрану заменить, про-
чистить седло пилота и устранить заедание толкателя;

4) выходное давление при настройке в пределах 0,2—
0,6 кгс/см² сильно колеблется. Следует установить дроссель на
трубке 6 (см. выше), а при сохранении колебаний уменьшить
чувствительность пилота КН2, используя в нем пружину от
КВ2;

5) выходное давление сильно колеблется при малых расхо-
дах газа независимо от давления настройки. Причиной может
служить слишком большая пропускная способность регулятора.
Если устранение колебаний не достигается установкой дросселя
на трубке 6 (см. выше), то снижают входное давление, а при
необходимости заменяют седло и плунжер регулятора на мень-
шие размеры;

6) выходное давление постепенно уменьшается, временами
резко возрастает и вновь снижается почти до нуля. Причина —
обмерзание золотника и седла пилота. Обмерзание устраняют
обогревом пилота тряпкой, смачиваемой горячей водой;

7) выходное давление постепенно уменьшается, и поджатие
пружины пилота его не повышает. Причины: засорение филь-
тра или отверстия седла пилота, выпадение уплотняющей ре-
зинки золотника, поломка настроечной пружинки пилота.
Фильтр следует прочистить, седло прочистить и продуть, ре-
зинку и пружинку заменить новыми;

8) выходное давление изменяется одновременно с измене-
нием входного давления. Причины: перепутаны места уста-
новки дросселей d и d_1 или дроссели вообще не установлены.
Следует проверить наличие дросселей и правильность их уста-
новки.

2.4.7. Регуляторы РДБК

Регуляторы давления блочные конструкции Казанцева
РДБК обеспечивают неравномерность выходного давления,
в несколько раз меньшую, чем у РДУК2. Температура окру-
жающей среды от -30 до $+60$ °С. Давление, кгс/см², входное:
16 (для $D_y=25$ мм) и 12 (для $D_y=50$ и 100 мм), выходное:
РДБК1 — от 0,01 до 0,6, РДБК1П — от 0,3 до 6. Минимальное
входное давление для РДБК 500 кгс/м². Пропускная способ-
ность регуляторов приведена в табл. 2.5.

В регуляторах РДБК1 и РДБК1П в качестве исполнитель-
ных органов использованы конструктивно идентичные регули-
рующие односедельные клапаны (рис. 2.16, разрезы А—А,
Б—Б и В—В, табл. 2.14, 2.7).

Регуляторы D_y 100 имеют сменные седла 9 диаметром 50
или 70 мм, регуляторы D_y 25 и 50 — седла постоянного раз-
мера, соответственно 21 и 35 мм. Корпус 10 регулирующего
клапана (РК) чугуновый литой фланцевый вентильного типа
сверху перекрыт крышкой 14. В верхней части корпуса распо-

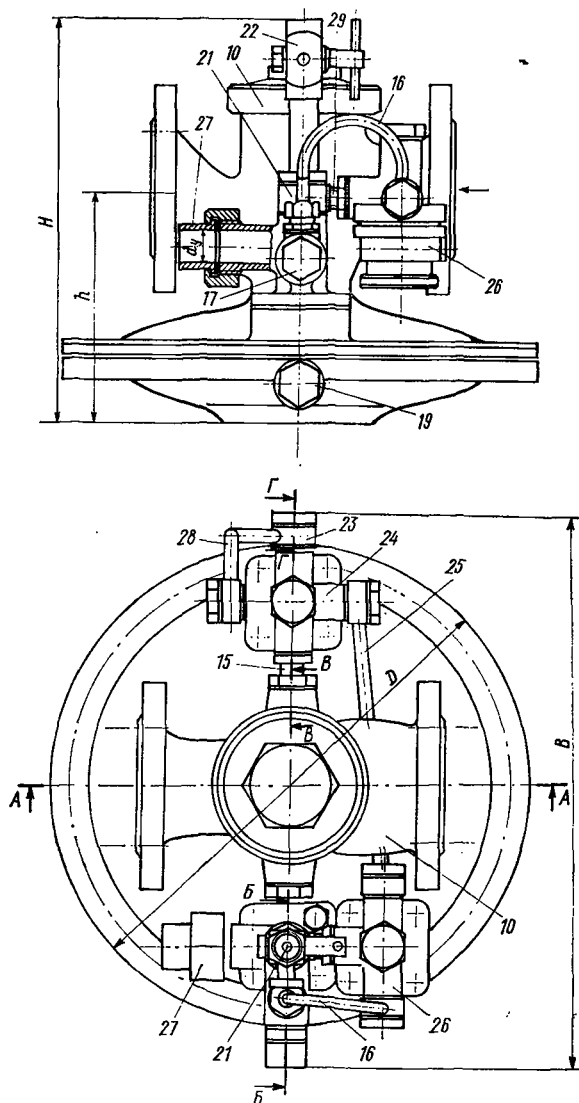
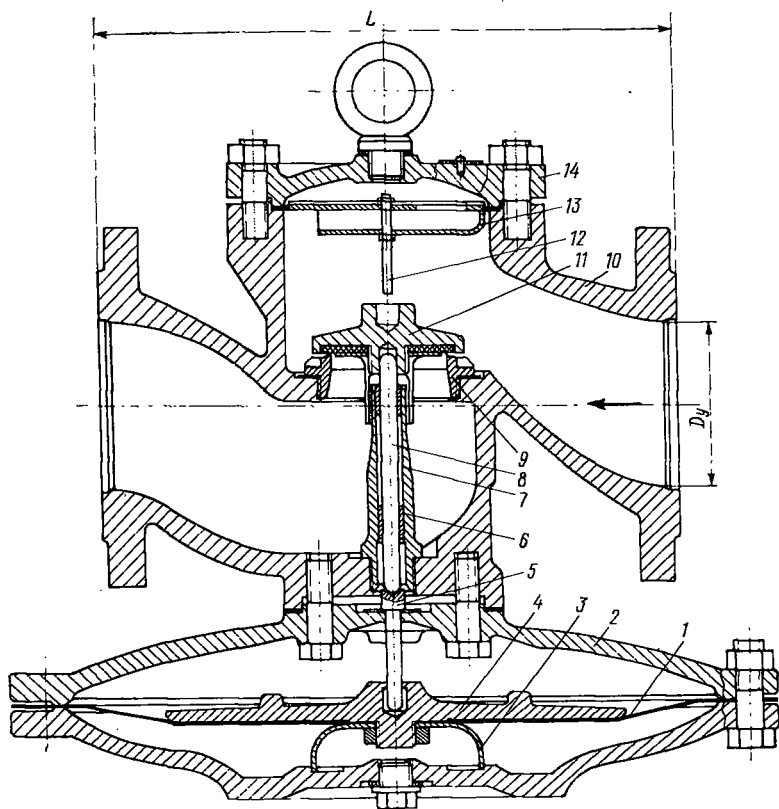


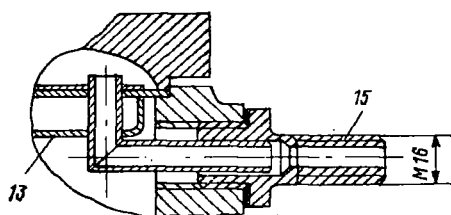
Рис. 2.16. Регулятор РДБК1.

ложен фильтр 13 для очистки газа, поступающего через штуцер 15 к стабилизатору (РДБК1) или к регулятору управления — пилоту (РДБК1П). К фильтру прикреплен упор 12, ограничивающий ход регулирующего плунжера 11 и препятствующий его сбросу со штока 8 при внезапных толчках. Шток свободно входит в центральное гнездо плунжера, имеющего мягкую резиновую уплотняющую прокладку, и нижним своим кон-

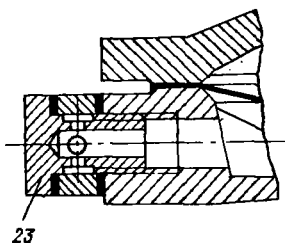
A-A



В-В повернуто

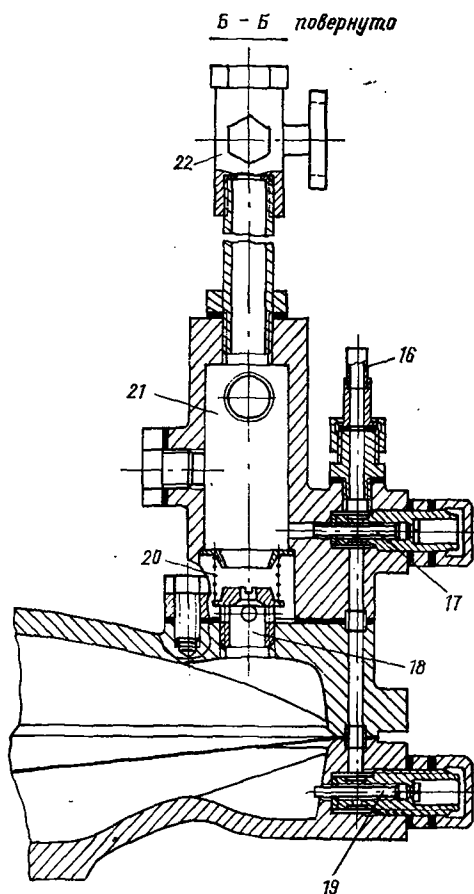


Г-Г повернуто



цом упирается в выемку на торце толкателя 5. Хвостовик плунжера при движении перемещается вдоль наружной поверхности верхней части направляющей колонки 7, внутри которой расположены втулки 6 — направляющие для штока.

К нижней части корпуса крепится мембранная камера 2. Между фланцами камеры зажата эластичная мембрана 1 с двумя дисками: нижним опорным 3 и верхним 4, в централь-



Продолжение рис. 2.16.

ное гнездо которого упирается толкатель 5. Вертикальное перемещение мембраны вызывает изменение положения плунжера относительно седла и, следовательно, изменение расхода газа через РК. Подмембранная полость камеры через регулируемый дроссель 19 и трубку 16 соединена с пилотом. Поступающий непрерывно поток газа от пилота сбрасывается через верхний регулируемый дроссель 17 в импульсную колонку 21, из которой направляется по импульсному трубопроводу в газопровод после регулятора. С помощью регулируемых дросселей 17 и 19, каждый из которых включает в себя корпус, иглу с прорезью и защитный колпачок, устанавливается необходимое давление газа в подмембранной полости и обеспечивается настройка регулятора без его отключения на спокойную (без автоколебаний) работу.

Давление газа из контролируемой точки по импульсной трубке передается в импульсную колонку 21, соединенную с надмембранной полостью РК регулируемым дросселем 18, который предназначен для поднастройки регулятора в случае возникновения вибрационных режимов работы. Дроссель представляет собой штуцер с четырьмя боковыми отверстиями и одним верхним $d=3$ мм (регулятор $D_y 50$) и $d=4$ мм (регулятор $D_y 100$), ввернутый на резьбе в отверстие в верхней крышке мембранной коробки. Положение дросселя, обеспечивающее безвибрационный режим, фиксируется пружиной 20. У РДБК-25 регулируемый дроссель 18 отсутствует и импульсная колонка соединена с надмембранной полостью напрямую. Так как в эксплуатационных условиях могут возникать колебания выходного давления, связанные с характеристикой системы регулирова-

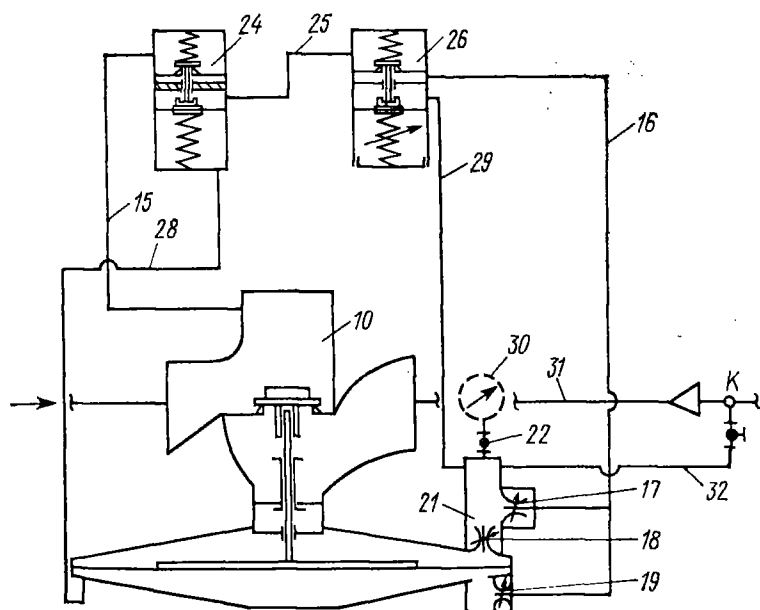


Рис. 2.17. Схема работы РДБК1.

Таблица 2.7

Размеры, мм, регуляторов РДБК (рис. 2.16)

Регулятор	L	D	H	h	d_y	B
РДБК1-25 РДБК1П-25	200	300	240	140	20	335
РДБК1-50 РДБК1П-50	230	360	315	180	25	418 402
РДБК1-100 РДБК1П-100	350	466	450	234	32	520

Примечания. 1. Число после шифра регулятора — условный диаметр патрубка входного и выходного $D_y = 50$ и 100 мм, входного $D_y = 25$ мм. 2. Выходной патрубок РДБК-25 $D_y = 32$ мм. 3. Присоединительные размеры фланцев на $p_y = 16$ кгс/см².

ния, следует устанавливать между импульсной колонкой и надмембранной полостью дроссель постоянного сечения ($d = 2,5$ мм). Для подключения показывающего манометра выходного давления предусмотрен кран 22 на верхнем штуцере колонки 21. Подмембранная полость РК имеет штуцер 23 (разрез Г—Г) для соединения этой полости со стабилизатором регулятора РДБК1 (у регулятора РДБК1П вместо штуцера 23 установлена заглушка).

Составной частью РДБК1 (рис. 2.16 и 2.17) являются стабилизатор 24 и пилот 26. Газ входного давления из РК 10 после очистки в фильтре 13 через штуцер 15 (на схеме — трубка 15) подается в стабилизатор 24, а из него по трубке 25 в пилот. Надмембранная полость пилота трубкой 29 через импульсную колонку 21 соединена с импульсной трубкой 32, поэтому давление в этой полости равно давлению в импульсной колонке и в контролируемой точке K газопровода 31. Это давление измеряется манометром 30. Для приварки импульсной трубки на импульсной колонке предусмотрен штуцер 27 с накидной гайкой. Условный диаметр присоединительного штуцера d_y приведен в табл. 2.7. Из пространства под седлом пилота газ по трубке 16 через регулируемый дроссель 17 постоянно сбрасывается в импульсную колонку 21 и по трубке 32 в газопровод после регулятора, а через регулируемый дроссель 19 поступает в подмембранное пространство РК. Это пространство через штуцер 23 и трубку 28 соединено, в свою очередь, с подмембранной полостью стабилизатора 24.

На рис. 2.17 точка K условно показана на участке газопровода 31, имеющем диаметр больше D_y регулирующего клапана. Это следует понимать таким образом, что импульсную трубку к регулятору следует подключать к такому участку газопровода, в котором не должно быть большой скорости газа, а изменение этой скорости не должно сильно влиять на статическое давление в контролируемой точке.

Стабилизатор (рис. 2.18) имеет три штуцера с резьбовыми отверстиями $M16 \times 1,5$ для соединения его при помощи трубок: с входной полостью РК после фильтра (штуцер 2), с входным штуцером пилота (штуцер 1) и с подмембранной полостью РК (штуцер 3). В корпусе 6 стабилизатора, закрытого сверху пробкой 16, установлено седло 12 диаметром 3,5 мм. Над седлом расположен регулирующий плунжер 13 с мягкой уплотняющей прокладкой, ход которого составляет 1,5—2 мм. Строго вертикальное перемещение плунжера обеспечивается фигурной шайбой 15, через центральное отверстие которой пропущен хвостовик плунжера, и направляющей втулкой 5, через которую проходит толкатель 4. Плунжер прижимается к седлу пружиной 14. Между корпусом 6 и нижней крышкой 7, соединенными между собой четырьмя винтами, зажата мембрана 8. Мембрана отжимается вверх пружиной 9, которая снизу упирается в днище стакана 10. Полость в корпусе, расположенная под седлом, отверстием 11 соединена с надмембранным пространством пилота, которое в свою очередь отверстием 17 сообщено со штуцером 1.

Газ входного давления, поступивший в стабилизатор через штуцер 2, дросселируется (перепад давления в стабилизаторе при установившемся расходе газа через пилот составляет 0,3—0,5 кгс/см²) и через отверстия 11, 17 и штуцер 1 направляется к пилоту. Так как подмембранное пространство стабилизатора,

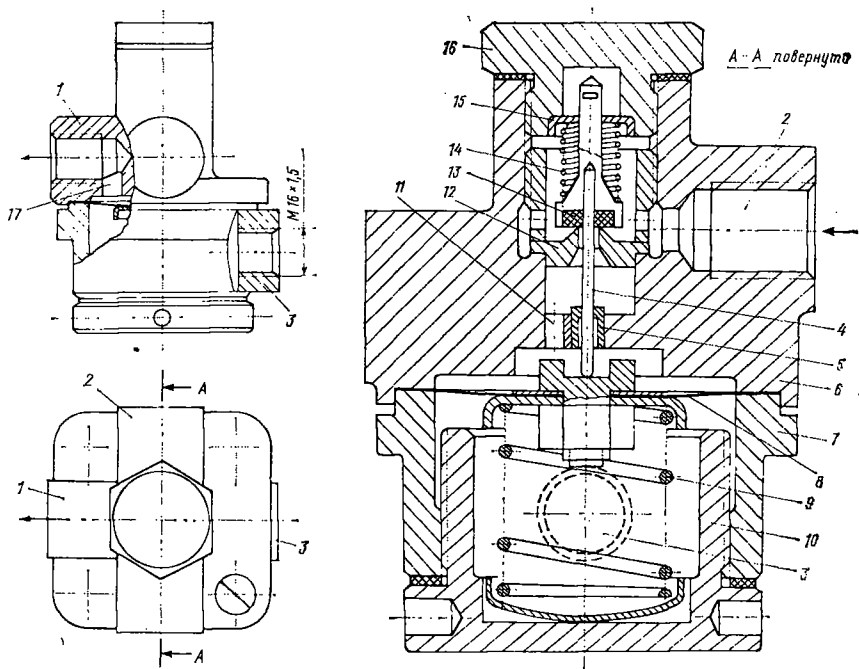


Рис. 2.18. Стабилизатор.

через штуцер 3 (на разрезе А — А отверстие штуцера 3 показано условно штрихами) соединено с подмембранным пространством РК, то стабилизатор не поддерживает после себя постоянное давление, а обеспечивает только постоянство перепада давления в пилоте.

Это происходит следующим образом. Если давление в контролируемой точке газопровода изменилось (например, возросло), то изменится и давление в надмембранной (увеличится) и подмембранной (уменьшится) полостях РК, таким образом, чтобы плунжер РК переместился к седлу и давление в контролируемой точке уменьшилось до заданного. Некоторое уменьшение давления в подмембранной полости РК и соответственно в подмембранной полости стабилизатора ведет к приближению плунжера стабилизатора к своему седлу и снижению давления во входном штуцере пилота. Таким образом, на сколько меняется давление газа после пилота, примерно на столько же (и с тем же знаком) меняется давление до него и, следовательно, сохраняется перепад давления в нем. Это позволяет свести к минимуму зависимость выходного давления от колебаний входного давления. При этом давление в подмембранной полости стабилизатора, равное давлению в подмембранном пространстве РК, почти не отличается от выходного давления. Давление в надмембранной полости стабилизатора соиз-

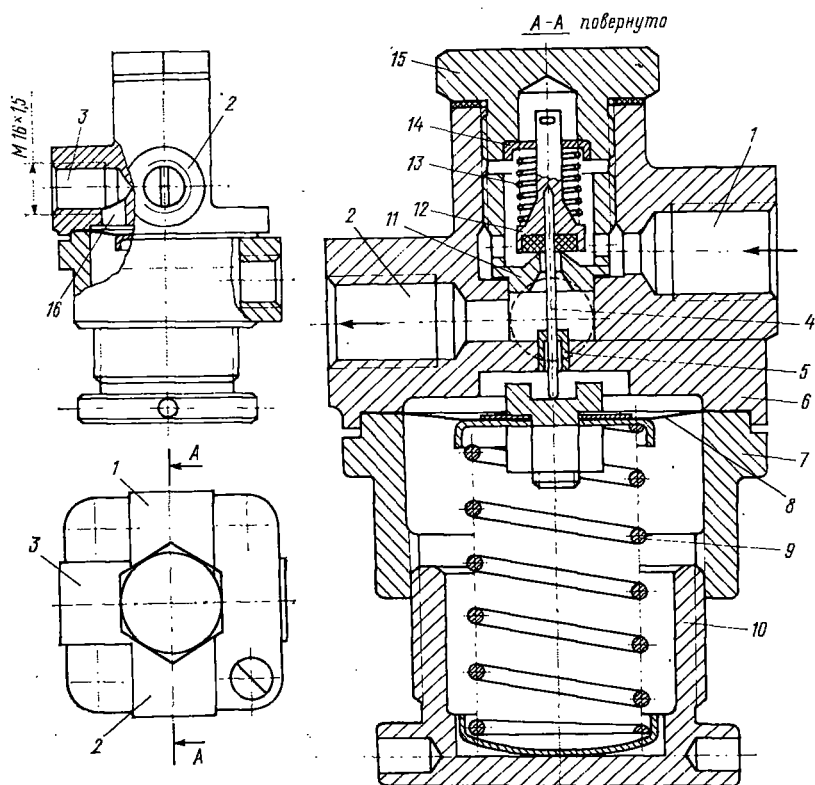


Рис. 2.19. Регулятор управления (пилот) к РДБК1.

меримо с входным давлением, так как перепад в его дросселирующем устройстве не превышает $0,3\text{--}0,5 \text{ кгс/см}^2$. Отсюда следует, что усилие сжатой пружины 9 в основном уравнивает давление газа в надмембранной полости стабилизатора и это усилие в процессе работы стабилизатора не регулируется (стакан 10 полностью ввернут в крышку 7), а импульс давления от подмембранного пространства РК обеспечивает поднастройку стабилизатора на поддержание постоянства перепада давления в пилоте. Между стаканом 10 и крышкой 7 устанавливается уплотняющая прокладка.

Пилот РДБК1 является командным прибором, который, воздействуя на привод РК путем изменения давления в его подмембранной полости, позволяет поддерживать постоянное (в заданных пределах) давление в контролируемой точке. Конструктивно этот пилот устроен аналогично стабилизатору, но в отличие от него не имеет отверстия, соединяющего полость под седлом с надмембранным пространством (позиция 11 на

рис. 2.18), а подмембранное пространство вместо подмембранной полости РК сообщается с атмосферой.

Корпус 6 пилота (рис. 2.19) имеет три штуцера: 1 — в который подается газ от стабилизатора, 2 — из которого дросселированный газ поступает к регулируемым дросселям импульсной колонки РК, 3 — который через импульсную колонку соединен с контролируемой точкой, а через отверстие 16 — с надмембранной полостью пилота. Настройку регулятора РДБК1 на контролируемое давление производят, изменяя сжатие пружины 9 при ввертывании или вывертывании стакана 10 по резьбе в нижнюю крышку 7. Сверху корпус герметично закрыт верхней крышкой 15.

Если выходное давление изменится, например уменьшится, то соответственно уменьшится давление в штуцере 3 и в полости над мембраной 8 пилота. Мембрана под воздействием сжатой пружины 9 начнет подниматься, толкая вверх шток 4 и жестко соединенный с ним плунжер 12, ход которого составляет 1,5—2 мм. Строго вертикальное перемещение плунжера обеспечивается направляющей втулкой 5 и фигурной шайбой 14. Приподнимаясь, плунжер преодолевает сопротивление пружины 13 и отходит от седла 11 диаметром 3,5 мм. Расход газа, поступающего через штуцер 2 к регулируемым дросселям РК возрастет. При этом (рис. 2.17) одновременно с уменьшением давления в надмембранной полости РК 10, соединенного трубкой 32 с контролируемой точкой К, возрастет давление в его подмембранной полости. Плунжер РК поднимется, расход газа через него увеличится, и давление в точке К вернется к заданному значению. Одновременно на то же значение, на которое возросло давление в подмембранной полости РК, увеличится давление после стабилизатора 24, и перепад давления в дроссельном устройстве пилота 26 восстановится.

Регулятор РДБК1П состоит из двух основных узлов: регулирующего клапана (РК) с импульсной колонкой, конструктивно идентичного этому узлу регулятора РДБК1 (рис. 2.16, разрезы А — А, Б — Б, В — В), и регулятора управления прямого действия (пилота к РДБК1П). Стабилизатор у этого регулятора отсутствует. Общий вид и схема РДБК1П приведены на рис. 2.20 и 2.21. Газ входного давления после фильтра в РК 2 по трубке 9 поступает в пилот 6, который поддерживает постоянное давление в подмембранной полости РК. Надмембранная полость РК через импульсную колонку 3 и импульсную трубку 12 соединена с контролируемой точкой К газопровода 11. Из подклапанного пространства пилота дросселированный газ по трубке 7 и через дроссель 4 постоянно сбрасывается в импульсную колонку 3, а из нее по трубке 12 — в газопровод после регулятора. При этом в подмембранной полости РК, соединенной с трубкой 7 через регулируемый дроссель 5, поддерживается давление, соответствующее давлению в надмембранной полости, сообщаемой с внутренним пространством

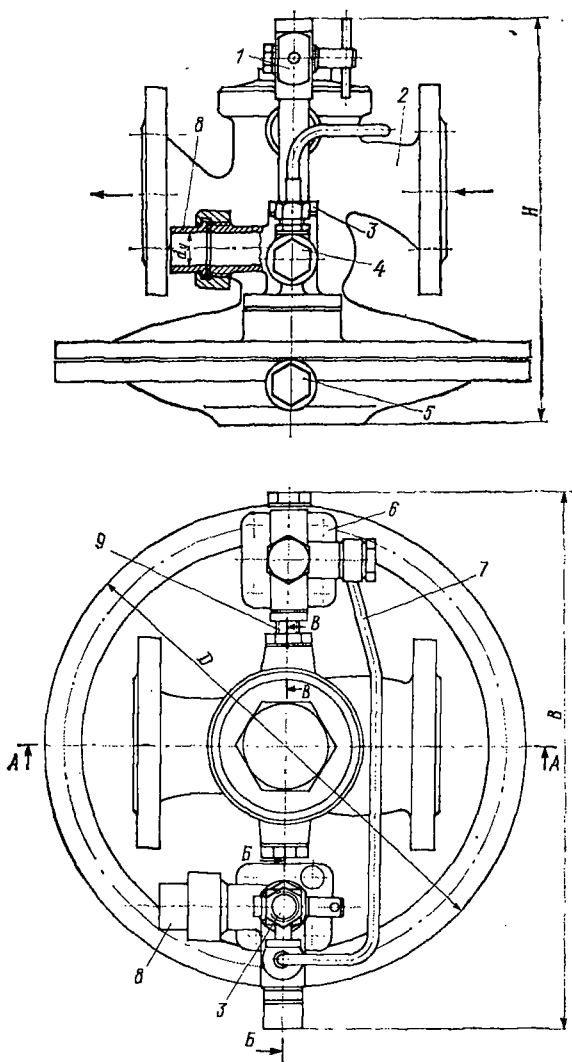


Рис. 2.20. Регулятор РДБК1П (разрезы А—А, Б—Б и В—В на рис. 2.16).

импульсной колонки через регулируемый дроссель 13. Импульсная колонка имеет штуцер 8 с накидной гайкой, к которому приваривают при монтаже импульсную трубку 12 (диаметр трубки и штуцера d_y приведен в табл. 2.7). Измерение выходного давления и настройку регулятора производят по манометру 10, перед которым на верхнем штуцере импульсной колонки предусмотрен кран 1. На рис. 2.21, как и для регулятора РДБК1 (рис. 2.17), условно показано увеличение диаметра выходного газопровода на участке расположения контролируемой точки К.

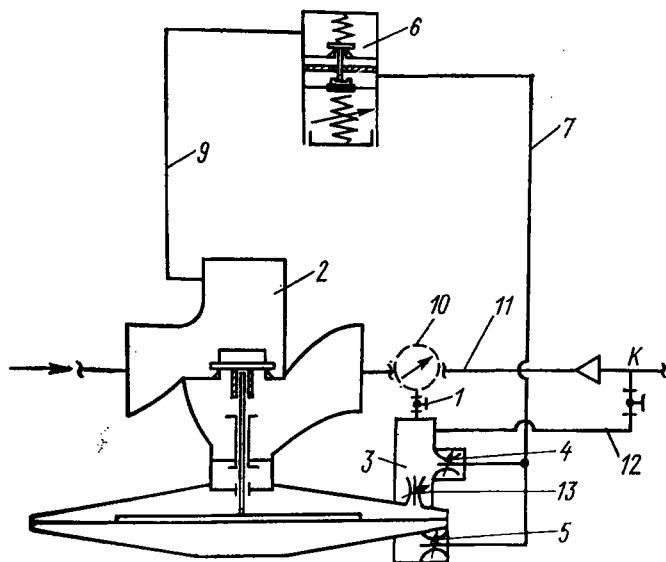


Рис. 2.21. Схема работы РДБК1П.

Пилот для РДБК1П конструктивно практически идентичен устройству стабилизатора (рис. 2.18), входящего в комплект РДБК1. Отличие состоит в том, что штуцер 3 сообщен с атмосферой, а уплотнительная прокладка между стаканом 10 и нижней крышкой 7 отсутствует (стакан только примерно наполовину ввернут в крышку, и общая высота пилота составляет ~103 мм). Газ входного давления после фильтра РК поступает в штуцер 2 пилота и после дросселирования через штуцер 1 направляется к регулируемым дросселям РК. Назначение всех остальных узлов и деталей, которое дано в описании стабилизатора, полностью соответствует рис. 2.18.

Настройку РДБК1П на заданное выходное давление производят ввертыванием или вывертыванием регулировочного стакана пилота, изменяющего сжатие пружины, расположенной в его подмембранной полости. При этом открытие регулируемых дросселей 4 и 5 (рис. 2.21) регулируют таким образом, чтобы давление в подмембранной камере РК было всегда больше выходного давления (в точке K), воздействующего на мембрану сверху. Постоянное давление, поддерживаемое пилотом в подмембранной камере РК, определяет собой и постоянство выходного давления. Так как подмембранная полость пилота сообщена с атмосферой, то фактически пилот работает как редуктор, основное назначение которого поддерживать постоянство давления в подмембранной камере РК. Если выходное давление изменилось (например, уменьшилось), то изменится (уменьшится) и давление в надмембранной полости РК. Воз-

нижающая разность давлений над и под мембраной вызовет перемещение последней (в нашем примере вверх) и связанного с ней плунжера, пропускная способность РК начнет возрастать. Когда приток газа к объекту и отбор от него станут равны, давление в точке *K* восстановится до заданного, давление в над- и подмембранных полостях РК выравняется и вновь наступит равновесное состояние.

2.4.8. Регуляторы РДС

Производство регуляторов РДС (табл. 2.14 и 2.8) в настоящее время прекращено, но эксплуатация изготовленных ранее продолжается.

При изготовлении регуляторы РДС компоновались с пилотами РУН-1 (давление настройки выходного давления в пределах 0,005—1,1 кгс/см²), которые при модернизации регуляторов в ряде случаев были заменены пилотами типа КН2 (настройка в пределах 0,005—0,6 кгс/см²) или KB2 (настройка в пределах 0,6—6 кгс/см²).

Регулятор РДС с пилотом РУН-1. Дросселирование газа в регуляторе (рис. 2.22) осуществляется изменением положения тарельчатого плунжера 1 с мягкой прокладкой относительно седла. Плунжер посредством коленчатого рычага 2 и штока 3 соединен с металлическим диском рабочей мембраны 5. Подмембранная полость отделена от внутренней полости корпуса разгрузочной диафрагмой 4, рядом с которой имеется калиброванное отверстие 13, соединяющее обе полости. На корпусе имеется люк с крышкой, используемый для осмотра и ремонта рычажной системы.

Работает регулятор следующим образом. При уменьшении отбора газа потребителями давление его в контролируемой точке после регулятора повысится. Это давление, переданное по импульсной трубке 7 под мембрану 8 пилота, заставит последнюю подняться вверх и сжать пружину 9. Золотник 10 пилота под воздействием находящейся под ним пружинки тоже переместится вверх. В нижнюю полость корпуса пилота по трубке 11, соединенной с входным патрубком регулятора, постоянно поступает газ входного давления, который через трубку 6 заполняет надмембранную полость, а излишки газа по трубке 12 сбрасываются в газопровод после регулятора.

При подъеме золотника 10 сброс газа по трубке 12 уменьшится, давление в надмембранной полости регулятора возрастет. Мембрана 5 опустится, приблизив связанный с ней рычажной передачей плунжер 1 к седлу. Расход газа через регулятор и давление в контролируемой точке уменьшатся.

Если отбор газа из газопровода увеличится, то его давление в контролируемой точке и под мембраной пилота начнет падать. Мембрана пилота под действием пружины 9 опустится и передвинет золотник вниз. При этом золотник прикроет отвер-

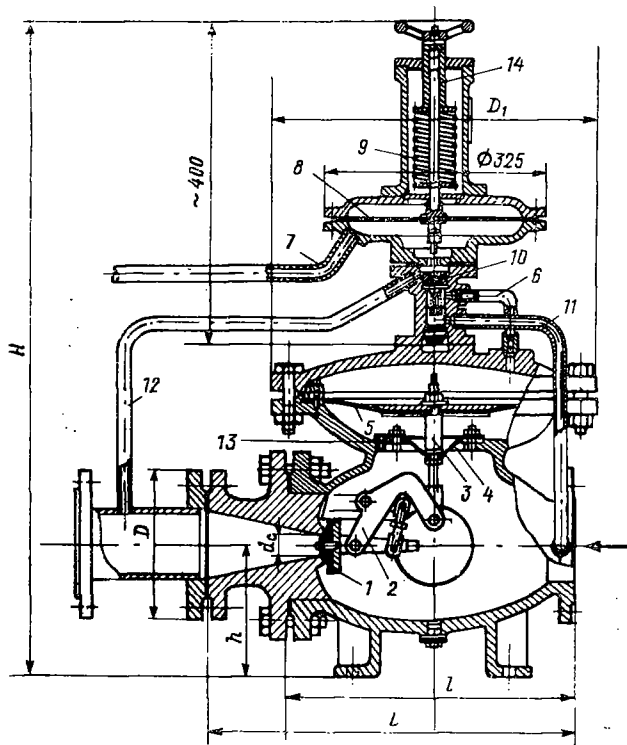


Рис. 2.22. Регулятор РДС с пилотом РУН-1.

Таблица 2.8

Характеристики регуляторов РДС (рис. 2.22)

Характеристики	РДС-80	РДС-100	РДС-150	РДС-200	РДС-30
Давление на входе, кгс/см ²	12	12	6—10*	6—10*	6—10*
Пропускная способность, м ³ /ч, при $\Delta p = 1000$ кгс/м ² $\rho = 0,73$ кг/м ³ и $p_2 = 100$ кгс/м ²	420	595	1550	2910	6990
Размеры, мм:					
D	195	215	285	340	445
D_1	480	480	480	690	920
d_c	34	42	62	90	140
H	960	970	997	1187	1387
h	180	190	220	295	400
L	510	540	627	844	1205
l	420	420	420	572	810

* Входное давление 6 или 10 кгс/см² зависит от завода-изготовителя и указано в паспорте.

ствие, через которое поступает по трубке 11 газ входного давления, и одновременно увеличит выход газа из надмембранной полости через трубки 6 и 12 в газопровод после регулятора. Давление в надмембранном пространстве регулятора уменьшится. Мембрана 5 под действием давления газа, поступающего через отверстие 13, начнет подниматься и через посредство штока и рычажной передачи отодвигать плунжер от седла, увеличивая расход газа.

Чтобы избежать резких колебаний выходного давления при значительных изменениях расхода, газ в над- и подмембранное пространство регулятора подается через дроссели — малые специально подобранные отверстия 13 и в перепускной трубке 6. Для удобства на перепускной трубке 6 иногда монтируют игольчатый вентиль.

Если отбор газа прекращается полностью, золотник пилота, поднявшись вверх, прекращает сброс газа по трубке 12, давление по обе стороны мембраны 5 выравнивается (становится равным входному давлению), мембрана под действием веса движущихся частей опускается вниз, прижимая тарелку плунжера к седлу. Входное давление также поджимает плунжер.

Регулятор настраивают на заданное выходное давление, изменяя сжатие пружины 9 пилота регулирующим винтом 14. При вращении его по часовой стрелке пружина пилота сжимается, выходное давление возрастает, при вращении против часовой стрелки выходное давление уменьшается.

Пилот РУН-1 комплектовался сменными дисками, кольцами и пружинами, с помощью которых могли быть получены 16 диапазонов настройки регулятора в пределах от 50 до 11000 кгс/м².

Включение регулятора с пилотом РУН-1 производят при открытой выходной задвижке очень медленным открытием входной задвижки, внимательно наблюдая за показаниями манометра, подключенного к газопроводу после регулятора. Быстрое ее открытие может привести к разрыву основной мембраны регулятора. Это объясняется тем, что в первый момент включения давление газа после регулятора поднимается, а затем плавно уменьшается: через открытую входную задвижку газ входного давления заполняет корпус регулятора и через отверстие 13 подмембранную полость. Не разгруженная давлением сверху мембрана поднимается и отводит плунжер от седла. Давление после регулятора быстро увеличивается. В следующий момент, когда газ выходного давления по трубке 12 поступает под мембрану пилота и поднимает ее, газ входного давления через трубки 11 и 6 и пилот начинает заполнять надмембранную полость регулятора, мембрана 5 разгружается, опускается вниз и плунжер вновь прижимается к седлу. Давление после регулятора снижается до нуля. После этого входную задвижку можно открывать полностью.

При работе регулятора с пилотом РУН-1 возможны следующие неполадки:

1. Разрыв основной мембраны 5 регулятора. При этом давление в подмембранной и надмембранной полостях выравнивается. Под воздействием веса движущихся частей тарелка плунжера прижимается к седлу, подача газа прекращается.

2. Разрыв мембраны пилота. Мембрана пилота и золотник под действием пружины 9 опустятся, и поступление газа через трубки 11 и 6 в надмембранную полость основной мембраны прекратится. Давление газа в надмембранной полости, соединенной через трубки 6 и 12 с газопроводом, после регулятора понизится, мембрана регулятора поднимется и может до предела отодвинуть плунжер от седла. Давление за регулятором поднимется выше допустимого.

3. Поломка пружины пилота. Мембрану пилота и золотник выжмет давлением газа вверх. Давление над основной мембраной резко возрастет, она опустится. Тарелка плунжера прижмется к седлу. Подача газа прекратится.

4. Засорение калиброванного отверстия в трубке 6. Если надмембранная полость неплотная, то давление в ней понизится, мембрана под действием давления газа снизу поднимется вверх и отодвинет плунжер от седла, отчего давление за регулятором может сильно повыситься. Если же надмембранная полость герметична и давление в ней постоянно, то мембрана и регулирующий плунжер задержатся в одном положении, в результате чего давление за регулятором в зависимости от расхода газа может и подняться, и понизиться до недопустимого значения.

5. Засорение калиброванного отверстия 13. Если подмембранная полость неплотная, давление в ней понизится, мембрана опустится и плунжер закроет проход для газа; давление за регулятором упадет до нуля. Если подмембранное пространство герметично, то мембрана и плунжер задержатся в одном положении, отчего давление газа в контролируемой точке может в зависимости от расхода газа подняться или упасть до недопустимых значений.

6. Заедание в системе рычажной передачи регулирующего плунжера. Седло может закрыться неплотно, и при малом расходе газа или полном прекращении отбора газа давление за регулятором повысится до недопустимого значения.

7. Износ мягкого уплотнения тарелки регулирующего плунжера. Тарелка не будет плотно прилегать к седлу, и при отсутствии расхода газа давление его после регулятора за счет утечки через неплотности в этом случае может недопустимо повыситься.

8. Износ толкателя, передающего усилие мембраны пилота золотнику, выражающийся в появлении зазора между толкателем и золотником. Наличие этого зазора может приводить к появлению значительных колебаний давления в контролируемой точке. Неисправность устраняется путем замены толкателя или наварки металла на его подработанный конец.

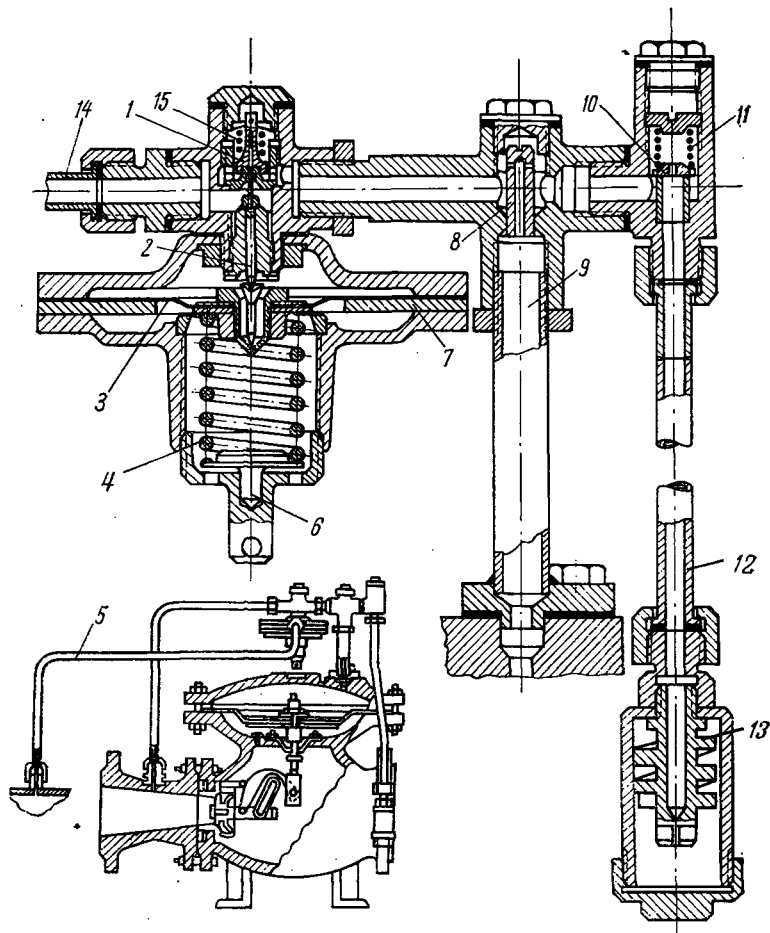


Рис. 2.23. Регулятор РДС с пилотом КВ2.

Регулятор РДС с пилотом КН2 или КВ2. Компоновка регулятора РДС с пилотом КВ2 показана на рис. 2.23. Для спокойной работы регулятора при резких колебаниях расхода газа перед пилотом устанавливаются дроссель 8 и уравнильный (дифференциальный) клапан, а для очистки газа — фильтр 13. Дроссель представляет собой калиброванное отверстие, через которое газ входного давления поступает в надмембранное пространство регулятора по трубке 9 или сбрасывается из него через золотник пилота и трубку сброса 14.

В уравнильном клапане тоже имеется калиброванное отверстие 10, через которое постоянно протекает газ и поддерживает определенный перепад давления между трубкой входного давления 12 и надмембранным пространством регулятора.

Этот перепад устанавливают регулировкой пружины 11. При резком изменении расхода и увеличении перепада давление в трубке 12 превысит усилие пружины, приподнимет золотник, поступление газа увеличится, и перепад давления газа восстановится.

В случае увеличения расхода газа давление его после регулятора понизится. По трубке 5 импульс будет передан в надмембранное пространство пилота, где давление также уменьшится. Пружина пилота 4 начнет поднимать мембрану 3 и через ее толкатель 2 увеличит открытие золотника 1 пилота, преодолевая сопротивление пружины 15 золотника. Сброс газа из надмембранного пространства регулятора по трубке 9 возрастет, давление газа над мембраной регулятора снизится, и она, поднимаясь под действием входного давления газа, отодвинет от седла плунжер, увеличив расход газа через регулятор. Выходное давление за регулятором увеличится до заданного.

При уменьшении расхода газа все происходит в обратном порядке. Регулировка регулятора на заданное выходное давление осуществляется винтом 6, сменное кольцо 7 устанавливается в пилот КВ2.

Во время эксплуатации регуляторов РДС с пилотами КН2 и КВ2 возможны следующие неполадки в работе пилота.

1. Выходное давление резко снижается. Причины: засорение фильтра пилота или его седла, поломка пружины настройки или выпадение из гнезда резинки золотника пилота. Для очистки седла отвертывают головку пилота, сломанную пружину или выпавшую уплотнительную резинку заменяют новыми.

2. Выходное давление постепенно снижается. Следует заменить пружину пилота, утратившую необходимую упругость.

3. Выходное давление повышается сверх допустимых пределов. Возможные причины — разрыв мембраны пилота, заедание толкателя золотника или засорение седла пилота.

4. Выходное давление постепенно падает, периодически резко повышается и затем снижается до нуля. Причина — обмерзание золотника пилота, устраняемое обогревом головки пилота ветошью, смоченной горячей водой.

5. Выходное давление колеблется. Следует проверить легкость хода толкателя золотника в направляющих и устранить причины чрезмерного трения.

Возможные неполадки в работе самого регулятора РДС приведены выше.

2.4.9. Регуляторы РД-64

Регуляторы РД-64 (табл. 2.14 и 2.9) используют для снабжения потребителей газом среднего (от 1,5 до 3 кгс/см²) или высокого (до 12—16 кгс/см²) давления. Их особенность — ис-

Характеристики регуляторов РД-64 (рис. 2.24 и 2.25)

Характеристики	Типоразмер регулятора				
	РД-25-64	РД-40-64	РД-50-64	РД-80-64	РД-100-64
Выходное давление, кгс/см ²	2,5—25		1,5—10 или 12—16		
Условная пропускная способность K_{vy} , т/ч	2,5; 6	6; 16	25	60	100
Полный ход плунжера, мм	8	12	16	25	30
Размеры, мм:					
L	260	340	260	345	385
H	340	428	522	616	700
h	—	—	405	430	535
D	170	235	410	410	430

П р и м е ч а н и я. 1. В обозначении регуляторов первое число — условный диаметр, мм, второе — условное давление, кгс/см². 2. Присоединительные размеры фланцев на $p_y = 64$ кгс/см².

пользование в качестве обратной связи нагрузки давлением (п. 2.1.4).

Диапазон температур окружающей среды от -30 до $+50$ °С при относительной влажности в пределах 30—80 %. Допускается воздействие относительной влажности до 95 % (при 35 °С). Контролируемая точка должна располагаться не ближе 2,5—3 м от запорного устройства после регулятора.

Принцип работы регуляторов РД-25-64 и РД-40-64 заключается в следующем (рис. 2.24, а). Газ входного давления дросселируется в регулирующем органе, степень открытия которого зависит от положения плунжера 7 относительно седла 6. По продольному каналу 9 в теле плунжера газ заполняет полость В, что обеспечивает разгруженность плунжера при любом его положении. Снизу плунжер отжимается вверх пружиной 8, которая стремится прижать его к седлу. Над корпусом регулятора расположена нагрузочная камера А, в которой создается давление путем перепуска определенной порции газа из входного патрубка через систему отверстий 10, перекрываемую в двух местах игольчатыми вентилями 11. Импульс выходного давления от контролируемой точки К поступает по трубке 5 в подмембранную полость Б, создавая перестановочное усилие, действующее на резиновую мембрану 4 снизу вверх. Давление в камере А, соответствующее заданному выходному давлению, воздействует на мембрану сверху вниз.

При отсутствии расхода газа тарелка плунжера под действием пружины 8 плотно перекрывает отверстие седла. Если расход газа не меняется, то подвижная система регулятора (мембрана, опорный диск, плунжер и обе пружины) находится в покое, так как давление на мембрану со стороны нагрузочной камеры А уравновешено выходным давлением в камере Б.

Увеличение расхода газа вызывает уменьшение выходного

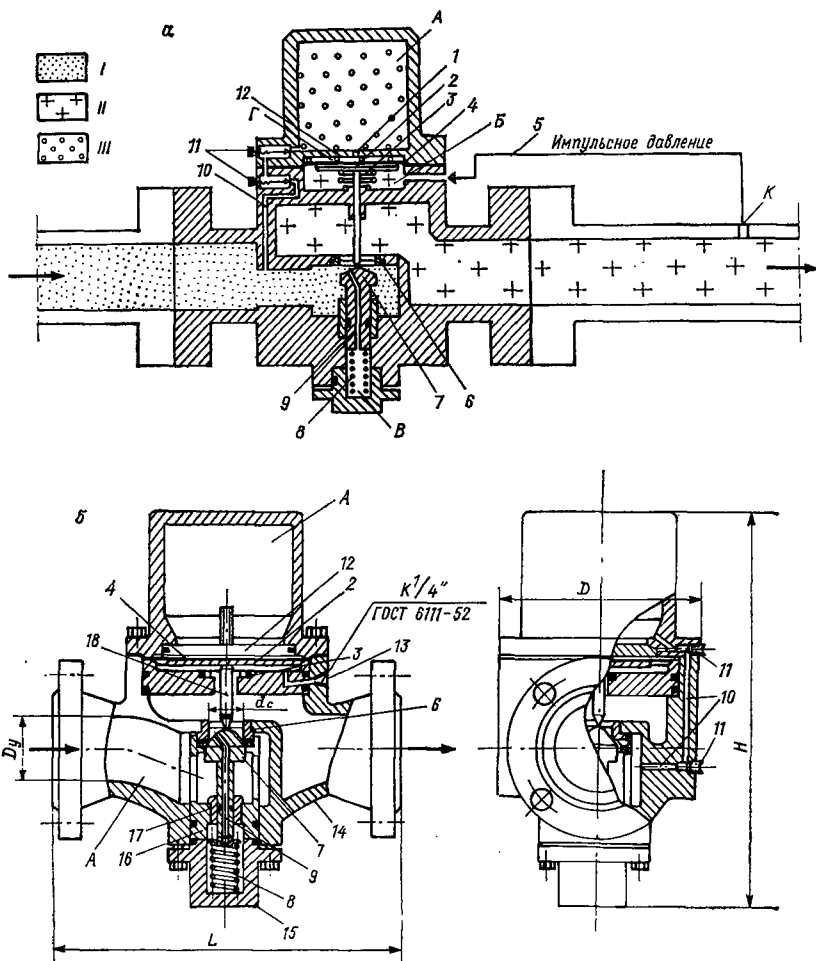


Рис. 2.24. Регуляторы РД-25-64, РД-40-64.

а — принципиальная схема; б — общий вид; давление: I — входное, II — выходное, III — нагрузки.

давления в камере Б, мембрана под воздействием нагрузочного давления в камере А начинает опускаться вниз, перемещая через промежуточный шток плунжер. Прходное сечение седла регулятора увеличивается до тех пор, пока давление в контролируемой точке и камере Б не восстановится. Уменьшение расхода газа вызывает перемещение подвижной системы в обратную сторону. Чтобы избежать резких перемещений плунжера и значительных колебаний выходного давления, нагрузочная камера разделена перегородкой 12 на две неравные по объему полости А и Г, причем меньшая Г примыкает к мембране. Перегородка имеет дроссельное отверстие 1, через кото-

рое газ замедленно перестекает из полости А в Г или обратно, что предохраняет плунжер от резких колебаний. Опорный диск 2 удерживается в прижатом к мембране положении пружиной 3, которая также предотвращает возможность его смещения во время работы и транспортировки регулятора.

Конструкция регуляторов РД-25-64 и РД-40-64 показана на рис. 2.24, б. Регуляторы имеют стальной корпус 14, в котором установлено сменное седло 6 с уплотнительной прокладкой. Верхняя часть тарелки плунжера 7 имеет вид усеченного конуса, боковые поверхности которого (при отсутствии расхода газа) прижимаются к седлу пружиной 8, расположенной в крышке 15. В нижней части корпуса размещен стакан 16 с направляющей втулкой 17, в которой передвигается хвостовик плунжера.

Давление в нагрузочной камере А создается перепуском газа из входного патрубка регулятора через систему отверстий 10 с помощью игольчатых вентилей 11. Опорный диск 2 прижимается к мембране 4 пружиной 3. Движение мембраны вниз передается плунжеру через диск и шток 18. Движение плунжера вверх осуществляется за счет усилия пружины 8. Импульс выходного давления подводится к регулятору по стальной трубке с внутренним диаметром 8—10 мм и длиной 2—3 м с участка газопровода после регулятора, не имеющего сужений и расширений. Концевой конический штуцер импульсной трубки должен иметь резьбу К 1/4" для ввертывания в отверстие 13 корпуса.

Монтаж регулятора производят на горизонтальном участке газопровода. Манометр выходного давления располагают вблизи регулятора, с тем чтобы при настройке последнего с помощью перепускных вентилей можно было отчетливо видеть его показания.

До пуска регулятора в работу запорные устройства на входе и выходе, а также перепускные игольчатые вентили 11 должны быть полностью закрыты. При включении сначала полностью открывают выходное запорное устройство и кран к манометру выходного давления. Плавно открывают входное запорное устройство и постепенно, с помощью перепускных вентилей (сначала открывают нижний, затем верхний), создают давление в нагрузочной камере, до тех пор пока манометр не покажет заданное выходное давление. Оба перепускных вентиля ввертывают до отказа и после включения потребителей с помощью этих же вентилей производят более точную настройку выходного давления.

Характерные неисправности: 1) регулятор не настраивается. Причины: засорение перепускного клапана или импульсной линии, поломка хвостовика перепускного вентиля; 2) выходное давление после настройки падает. Причины: негерметичное отключение нагрузочной камеры перепускными вентилями, разрыв или разгерметизация заделки мембраны; 3) выходное дав-

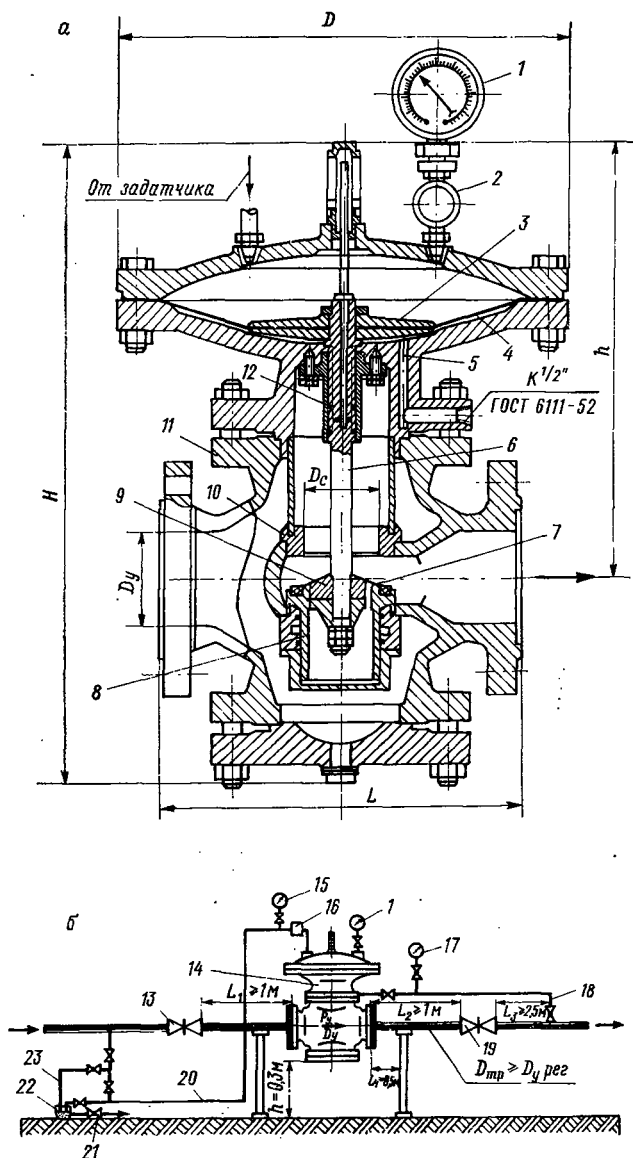


Рис. 2.25. Регуляторы РД-50-64, РД-80-64, РД-100-64.
а — общий вид; б — схема обвязки.

ление не сохраняется постоянным при изменении расхода газа. Причины: заедание подвижной системы из-за разбухания уплотнительных резиновых колец, засорение пылью трущихся поверхностей, намораживание около плунжера кристаллогидратов, поломка пружины или направляющего хвостовика плунжера.

Регуляторы РД-50-64, РД-80-64 и РД-100-64 (рис. 2.25, а) имеют литой стальной корпус 11 с верхним 10 и нижним 8 седлами. Дросселирование осуществляется тарельчатым плунжером 9, изменяющим открытие верхнего седла при перемещении штока 6, соединенного с жесткими дисками 3 мембраны 4. Подвижная система плавно перемещается в направляющей втулке 12 и цилиндре нижнего седла. Для создания и поддержания давления в надмембранной камере, соответствующего заданному выходному давлению в контролируемой точке газопровода после регулятора, используется редуктор — задатчик, питающийся газом от входного газопровода. Для настройки на давление от 1,5 до 10 кгс/см² применяется редуктор ДР-2 (п. 2.4.10), на давление от 12 до 16 кгс/см² — редуктор ВР-1. Контроль за настройкой регулятора ведется по манометру 1 при открытом кране 2. Тарельчатый плунжер имеет отверстие 7 для разгрузки его от давления газа при любом положении. Импульс выходного давления подводится в подмембранную полость регулятора по стальной трубке $D_y=15$ мм и сверлению 5. Концевой конический штуцер импульсной трубки должен иметь резьбу К 1/2" для ввертывания в отверстие регулятора. Точку отбора импульса на газопроводе располагают на расстоянии не менее 2,5 м после выходного запорного устройства.

Газ, поступающий к редуктору-задатчику по стальной цельнотянутой трубке $D_y=6$ мм, должен быть очищен от механических примесей и осушен от влаги, для чего в схеме обвязки должен быть предусмотрен фильтр (рис. 2.25, б). Работают эти регуляторы аналогично описанным выше РД-25 и -40. Для их включения (рис. 2.25, б) при открытом запорном устройстве 13 подают газ входного давления на редуктор-задатчик 16, с помощью которого в надмембранной камере регулятора 14 создается давление, равное заданному выходному. Плавно открывают запорное устройство 19 после регулятора и, когда выходное давление достигнет заданного, а регулятор начнет работать в автоматическом режиме, производят при необходимости подрегулировку. Импульсное давление в подмембранную полость регулятора подают по стальной трубке 18 и контролируют манометром 17. У регуляторов РД-50, -80 и -100 контроль выходного давления может осуществляться по манометру 1. Газ входного давления подается по трубке 23 в фильтр 22, а затем по трубке 20 — в задатчик. Контроль входного давления производят по манометру 15, влагу и пыль из фильтра удаляют по дренажной трубке 21.

Характерные неисправности: 1) засорение или нарушение плотности импульсной трубки, 2) разрыв мембраны, 3) обмерзание редуктора-задатчика или его неработоспособность, 4) неплотное перекрытие верхнего седла тарелкой плунжера из-за ослабления затяжки гаек, крепящих плунжер со штоком, 5) выход из строя уплотняющей прокладки тарелки плунжера.

2.4.10. Двухступенчатый редуктор ДР-2

Двухступенчатый редуктор типа ДР-2 является статическим регулятором прямого действия и предназначен для снижения высокого давления ($10\text{--}320$ кгс/см²) неагрессивных газовых сред до среднего ($0,1\text{--}3$ кгс/см²) или высокого ($3\text{--}10$ кгс/см²). При отсутствии указания о входном давлении в заказе редуктор поставляется на $p_{\text{вх}}=64$ кгс/см². Редуктор работает при температуре окружающего воздуха от 0 до $+50$ °С (относительная влажность до 100%) и температуре регулируемой среды от $+5$ до $+50$ °С.

ДР-2 (рис. 2.26) состоит из двух последовательно скomпонованных на одном кронштейне редукторов: РВД-1 — редуктора высокого давления (первая ступень регулирования) и РНД-1 — редуктора низкого давления (вторая ступень регулирования). Каждый из этих редукторов в свою очередь является регулятором прямого действия и может использоваться самостоятельно.

Давление газа после РВД-1 в пределах $1,5\text{--}10$, после РНД-1 — в пределах $0,1\text{--}1,5$ кгс/см². Входным давлением для РНД-1 является выходное давление РВД-1.

Пропускная способность редукторов (по воздуху), м³/ч: ДР-2 — не менее 10 (при $p_{\text{вх}}=10$, после первой ступени — 6 , после второй ступени — 1 кгс/см²); РВД-1 — не менее 16 (при $p_{\text{вх}}=10$ и $p_{\text{вых}}=3,5$ кгс/см²); РНД-1 — не менее 10 (при $p_{\text{вх}}=6$ и $p_{\text{вых}}=1$ кгс/см²).

В качестве задатчика для РД-50-64, РД-80-64 и РД-100-64 применяют РВД-1 (рис. 2.26, б), который в этом случае монтируют на отдельном кронштейне 9. Между корпусом 6 и крышкой 5 редуктора зажата мембрана 17, от центрального диска которой опускается вниз через отверстие седла шток 16, упирающийся в золотник 8. Герметичность узла седло—золотник при прекращении расхода газа через редуктор обеспечивается за счет прижатия золотника к седлу пружиной 11 и входным давлением газа, а также наличием уплотняющей прокладки на золотнике. Нижний конец пружины 11 упирается в пробку 10, ввернутую в корпус. Настройку редуктора на заданное выходное давление производят сжатием пружины 4 регулировочным винтом 1 через упорную шайбу 3.

По окончании настройки винт стопорится контргайкой 2 и закрывается колпачком 18.

Во входной штуцер 15 редуктора для очистки газа вставлен сетчатый фильтр 12. Газ выходного давления через штуцер 7 поступает во вторую ступень регулирования (РНД-1) или при отсутствии в ней необходимости непосредственно к потребителям газа (при использовании РВД-1 в качестве задатчика — в воздушную нагрузочную камеру над мембраной регулятора типа РД-64). Ниппели 13 и накидные гайки 14 поставляются с редуктором и используются при его монтаже в системе.

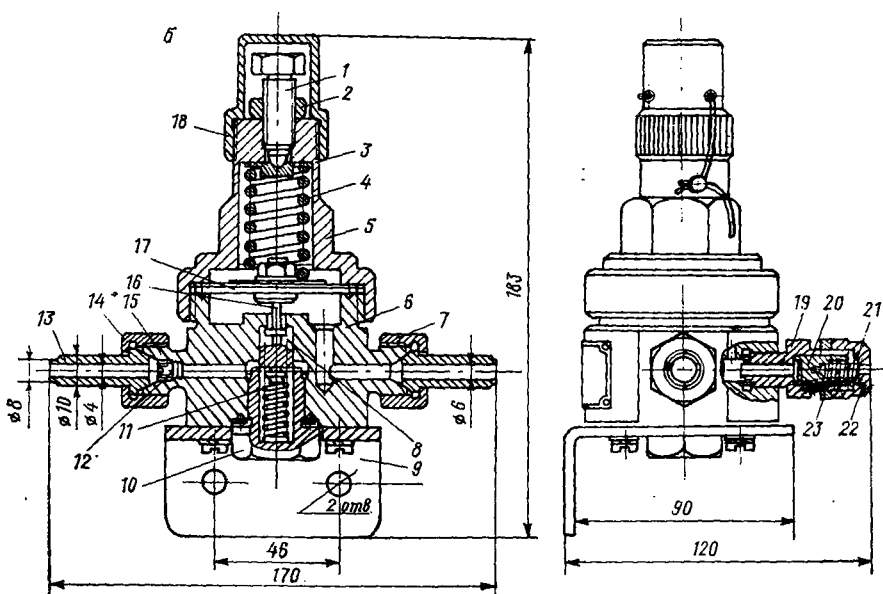
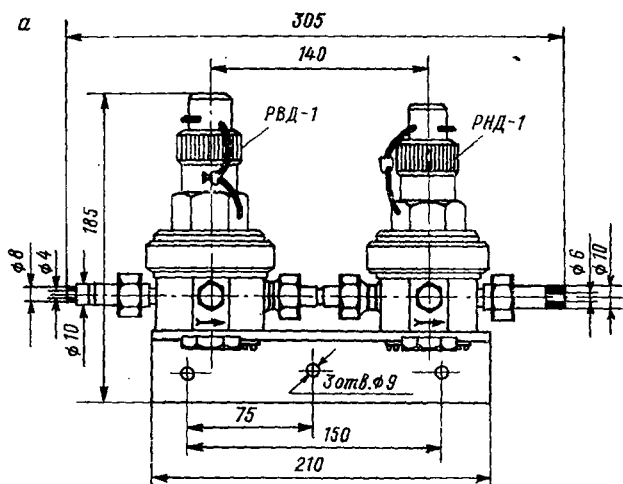


Рис. 2.26. Редукторы.
а — ДР-2 в сборе; б — РВД-1.

РВД-1 имеет встроенный сбросной клапан, состоящий из золотника 20 с уплотнительной прокладкой, пружины 21, прижимающей золотник к седлу 19 и накидной гайки 22, с помощью которой производится настройка клапана. Клапан настраивают на начало срабатывания при давлении на 1,2 кгс/см² больше давления настройки редуктора. При этом срабатывание

сбросного клапана должно происходить в интервале давления на 30 % больше и на 10 % меньше давления его настройки. Если сбросной клапан не нужен, то его демонтируют, а в боковое отверстие корпуса устанавливают заглушку. После настройки накидную гайку стопорят контргайкой 23.

При постоянном расходе газа подвижные части редуктора находятся в равновесии, а выходное давление на мембрану компенсируется усилием сжатой пружины 4. Например, уменьшение расхода газа ведет к увеличению давления под мембраной и подъему ее центральной части. Золотник под действием пружины 11 приближается к седлу, до тех пор пока выходное давление не снизится до заданного.

РНД-1 конструктивно аналогичен РВД-1, отличаясь от последнего только отсутствием сбросного клапана и сетчатого фильтра, а также наличием сменных седел.

При использовании РВД-1 в качестве задатчика к регуляторам РД-64 особое значение имеет герметичность узла седло—золотник. Для проверки герметичности редуктор снимают с кронштейна и вывертывают регулировочный винт 1 до полного освобождения пружины 4. На выходной штуцер редуктора, отсоединенный от нагрузочной камеры регулятора, надевают резиновую трубку, свободный конец которой опускают в сосуд с водой на глубину 5—10 мм, и через штуцер 15 в редуктор подают воздух расчетного входного давления. Одновременно мыльным раствором проверяют плотность посадки пробки 10. Если редуктор плотен, то к выходному штуцеру подсоединяют вместо резиновой трубки манометр и, плавно ввертывая регулировочный винт, устанавливают заданное выходное давление. Мыльным раствором проверяют плотность мест выхода регулировочного винта и соединения корпуса с крышкой. Утечка газа не допускается. Время выдержки при проверке на плотность не менее 5 мин.

Если во время эксплуатации выходное давление ниже заданного, следует прочистить фильтрующую сетку на входе в редуктор или отверстие седла, которые могли засориться. Если давление после редуктора выше заданного, то причинами могут быть наличие прилипших твердых частиц на уплотнительной поверхности золотника или прорыв мембраны. В первом случае следует очистить золотник, во втором — заменить мембрану.

2.4.11. Клапаны регулирующие

Клапан регулирующий с пневматическим мембранным исполнительным механизмом (далее клапан) является исполнительным органом регулятора непрямого действия. В зависимости от входного давления и назначения применяют клапан с чугунным (ч) или стальным (с) корпусом (табл. 2.14, 2.10). Температура рабочей среды клапана чугунного от —15 до +300 °С, стального — от —40 до +300 °С. Зона нечувствительности не

Характеристики клапанов 1 регулирующих (рис. 2.27)

Клапан	Размеры, мм					K_{vy} , т/ч	
	D_y	D	H	h	L	100 %	60 %
25ч37нж(НО)	25	250	650	120	160	16	—
25ч38нж(НЗ)	40	310	790	140	200	40	—
	50	310	820	160	230	63	—
			870	210	310	160	100
25ч30нж(НО)	80	380	1090	280	350	250	160
25ч32нж(НЗ)	100	460	1330	360	480	630	400
	150	460	1530	460	600	1000	630
	200	570	1940	530	730	1600	1000
	250	570	2030	610	850	2500	1600
	300	570	2220				
25с48нж(НО)	25	250	640	110	210	См. табл. 2.11	
25с50нж(НЗ)	50	310	820	160	300	63	40
	80	380	1090	210	380	160	100
	100	460	1330	280	430	250	160
	150	460	1530	360	550	630	400
	200	570	1940	460	650	1000	630

более 0,03 кгс/см². Относительная нерегулируемая протечка в затворе не более 0,05 % от K_{vy} , начальная пропускная способность не более 4 % от K_{vy} . Допустимый перепад давления на чугунном клапане до 1,16 (для D_y до 80 мм) и до 12 кгс/см² (для D_y более 80 мм).

Клапан допускается устанавливать в любом рабочем положении на газопроводе, имеющем прямые участки, длина которых до и после клапана не менее 10 D_y .

Редуцирование газа в клапане (рис. 2.27) осуществляется изменением положения плунжера 3 с двумя пробкообразными затворами относительно двух седел 2 в корпусе 1. Плунжер через шток 4 соединен с жестким диском 6 мембраны 7. Предварительно сжатая пружина 5 стремится поддерживать диск и связанный с ним плунжер в верхнем положении. Через штуцер 8 в надмембранную полость от командного прибора подается воздух, давление которого сжимает пружину, перемещая вниз подвижную систему (мембрану, жесткий диск, шток, плунжер). При этом меняется проходное сечение для газа и соответственно его расход и выходное давление. Настройку клапана производят изменением сжатия пружины 5. Давление воздуха в надмембранной полости клапана, создающее перестановочную силу и вызывающее перемещение подвижной системы, устанавливается командным прибором (регулятором управления) в зависимости от изменения давления в контролируемой точке газопровода. Излишек командного воздуха (примерно 0,5 м³/ч) постоянно сбрасывается в помещение. При этом полный рабочий ход плунжера достигается за счет изме-

нения давления воздуха над мембраной в диапазоне от 0,2 до 1,0 кгс/см² независимо от типоразмера клапана.

При использовании в качестве командного прибора манометра трубчатого МТ-711Р или -712Р (п. 2.4.12) в контролируемой точке после клапана при установившемся режиме поддерживается давление, практически совпадающее с давлением настройки, т. е. регулятор работает как астатический. Отличие действительного давления от заданного проявляется только на короткое время после возмущения в объекте, и эта неравномерность, характерная для статических регуляторов, быстро устраняется (более подробно в п. 2.1.3).

К манометру МТ-711Р (МТ-712Р) должен подаваться сжатый воздух с давлением 1,4 кгс/см². Редуцирование воздуха и поддержание его давления на заданном уровне производятся с помощью стабилизатора СДВ-1,6, а очистка воздуха — в фильтре ФВ-1,6. Схема обвязки клапана с командным прибором, стабилизатором и фильтром показана на рис. 2.28, а.

Если плунжер установлен в клапане так, как показано на рис. 2.27, а, то при отсутствии командного воздуха плунжер под действием пружины 5 приподнят, и проход для газа открыт. Такой клапан имеет индекс НО (нормально открыто). При перевернутом на 180° плунжере (рис. 2.27, б) отсутствие командного воздуха приводит к полному закрытию клапана, и ему присвоен индекс НЗ (нормально закрыто). В зависимости от формы плунжера клапаны регулирующие имеют восемь исполнений (табл. 2.11), которые характеризуют пропускную характеристику или условную пропускную способность.

В обычных системах газоснабжения для предотвращения попадания к потребителям газа входного давления (при неисправности командного прибора, обвязочных трубопроводов

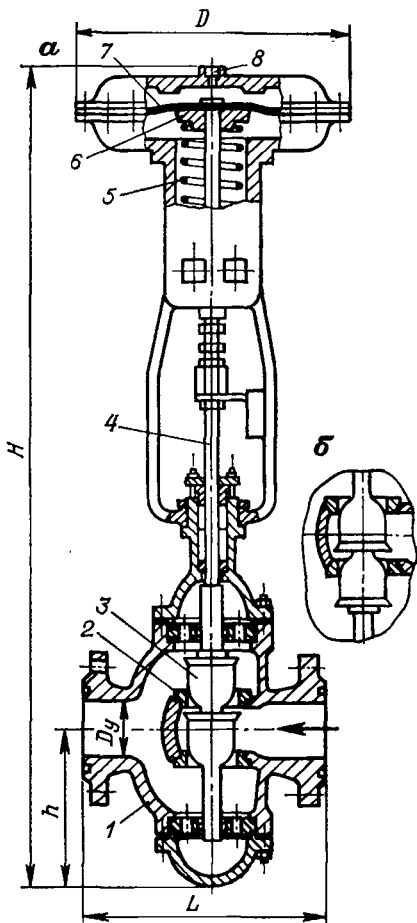


Рис. 2.27. Клапан регулирующий.
а — типа НО; б — типа НЗ.

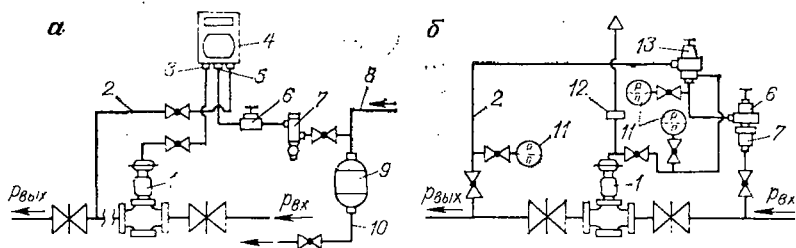


Рис. 2.28. Схема обвязки клапана регулирующего с командным прибором. а — МТ-711Р (МТ-712Р); б — с пилотом ДПМ; 1 — клапан регулирующий; 2 — трубопровод контролируемого давления; 3 — штуцер «Выход»; 4 — прибор МТ-711Р (МТ-712Р); 5 — штуцер «Питание»; 6 — редуктор давления воздуха; 7 — фильтр; 8 — воздухопровод от компрессора; 9 — ресивер; 10 — дренажный трубопровод; 11 — манометр; 12 — дроссель; 13 — пилот.

Таблица 2.11

Исполнение клапанов регулирующих

Клапан	Исполнение	Пропускная характеристика	Условная пропускная способность $K_{Vу}$, т/ч
25ч30нж ($D_y 80-300$), 25с48нж ($D_y 50-200$)	1М, 2М	Линейная	См. табл. 2.10.
	3М, 4М	Равнопроцентная	
25ч32нж ($D_y 80-300$), 25с50нж ($D_y 50-200$)	5М, 6М	Линейная	
	7М, 8М	Равнопроцентная	
25с48нж ($D_y 25$), 25с50 нж ($D_y 25$)	М1, 4М1, 8М1	См. примечание	16
	1М1, 5М1		10
	2М1, 6М1		6,3
	3М1, 7М1		4

Примечание. Пропускная характеристика клапанов 25ч37нж линейная; клапанов 25с48нж и 25с50нж $D_y = 25$: М1—3М1 — линейная, 4М1—7М1 — равнопроцентная, 8М1 — тарельчатого плунжера.

и т. п.) применяют клапаны типа НЗ. Следует, однако, иметь в виду, что двухседельные клапаны в положении «Закрыто» не могут обеспечить герметичного запираания прохода газа, и для предотвращения подъема давления в газопроводе после клапанов должны предусматриваться дополнительные меры безопасности (устройство сигнализации, установка предохранительных запорных и сбросных клапанов и т. п.).

На объектах, не допускающих перерыва в подаче газа (например, в ГРП электростанций), применяют клапаны типа НО со стальным корпусом. В этом случае при повышении выход-

ного давления включается аварийная сигнализация, и обслуживающий персонал принимает необходимые меры для поддержания давления газа в заданных пределах.

При работе клапана возможны следующие неполадки.

1. Шток не перемещается при подаче командного воздуха в надмембранное пространство. Причина — разрыв мембраны.

2. Шток перемещается рывками при плавном изменении командного воздуха. Причины: чрезмерная затяжка сальника или отсутствие смазки.

3. Шток не достигает крайних положений (верхнего и нижнего) при изменении давления командного воздуха от 0,2 до 1,0 кгс/см². Причина — неправильная настройка пружины (чрезмерное или недостаточное ее сжатие).

4. Плунжер в процессе эксплуатации почти всегда находится в положении, близком к крайнему верхнему или крайнему нижнему. Причина — условный диаметр клапана и его пропускная способность не соответствуют действительному расходу газа. Клапан надо заменить.

2.4.12. Манометр трубчатый МТ-711Р (МТ-712Р)

Манометр с трубчатой пружиной самопишущий с пневматическим изодромным регулирующим устройством МТ-711Р (МТ-712Р) предназначен для измерения, записи и автоматического поддержания заданного давления при работе в системе контроля и регулирования технологических процессов. При использовании его в ГРП (ГРУ) в качестве командного прибора к клапану регулирующему (КР) он обеспечивает поддержание постоянным давления газа в контролируемой точке газопровода, записывая при этом выходное давление на дисковой диаграмме, которая совершает полный оборот за 12 или 24 ч. МТ-711Р имеет привод диаграммы от синхронного электродвигателя и может располагаться только во взрывобезопасном помещении, МТ-712Р оборудован приводом диаграммы от часового механизма с 8-суточным заводом и может устанавливаться непосредственно в помещении ГРП.

Класс точности измерительного устройства 1, регулирующего — 1,5. Пределы пропорциональности от 10 до 250 %. Давление воздуха питания 1,4 кгс/см², выходной пневматический сигнал от 0,2 до 1,0 кгс/см². Масса не более 11 кг. Верхний предел измерений (шкала прибора), определяющий выходное давление после КР, кгс/см²: 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 и т. д. до 1600.

Для записи использовано перо, в полость которого чернила закапываются в объеме, рассчитанном на работу в течение 1 сут. Предел допускаемой основной погрешности записи в процентах от нормирующего значения не должен превышать ± 1 .

Действие измерительной части основано на уравнивании измеряемого давления силой упругой деформации трубча-

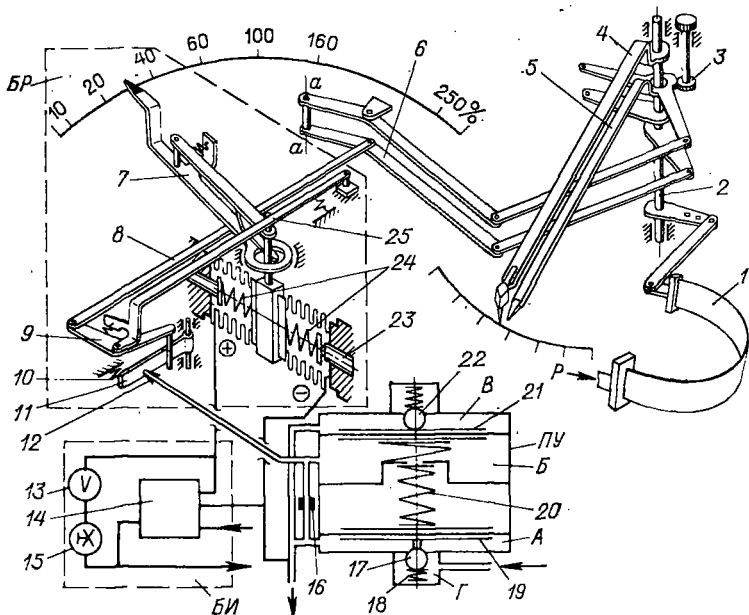


Рис. 2.29. Схема устройства манометра МТ-711Р (МТ-712Р).

той пружины, а пневматического изодромного регулирующего устройства — на принципе компенсации перемещений с использованием сильфонного устройства. Конструктивно прибор состоит из следующих основных узлов: датчика, манометра двухстрелочного, передающего механизма, регулирующего устройства, пневмоусилителя и привода диаграммы.

Датчиком (рис. 2.29) является манометрическая трубчатая пружина 1, к открытому жестко закрепленному концу которой передается импульс давления p от контролируемой точки после КР. Перемещение свободного конца трубчатой пружины через систему рычагов и ось 2 передается на стрелку 4 с пером и на угловой рычаг 9 блока регулирующего БР. Стрелка задания 5 посажена на ось 2 с помощью втулки и поворачивается вручную при вращении шестерни 3.

При установленной в определенное положение стрелке задания и изменении параметра p ось 2 со стрелкой 4 поворачивается, вызывая поворот рычага 6 вокруг неподвижной оси aa (с ростом p — против часовой стрелки) и перемещение тяги 8. При этом на вход регулирующего блока подается сигнал, пропорциональный отклонению выходного давления от заданного значения, вызывая изменение положения заслонки 11 относительно сопла 12. Пружина 10 стремится прижать заслонку к соплу.

Выходной пневмосигнал образуется следующим образом. Питающий воздух поступает во входной штуцер прибора и из него

в камеру Γ пневмоусилителя ПУ. Из камеры Γ воздух поступает через отверстие, перекрываемое шариковым клапаном 17, в камеру A , а оттуда — на выход из ПУ, в камеру B и через постоянный дроссель 16 в камеру B , соединенную трубкой с соплом 12. Если заслонка 11 отодвинута и сопло 12 полностью открыто, то давление перед ним равно нулю, так как сечение сопла больше площади отверстия дросселя и весь воздух, поступающий в камеру B через дроссель, стравливается в атмосферу. При этом благодаря усилиям предварительно сжатых пружин 18 и 20 клапан 17 остается приоткрытым, а клапан 22 сброса воздуха в атмосферу закрытым. Поэтому воздух продолжает поступать в камеры A и B , где создается давление, уравнивающее усилия пружин, и в трубку к соплу. Давление в камерах, равное 30—50 кгс/м², обуславливает постоянный перепад на дросселе, который сохраняется при любых изменениях давления в камерах ПУ.

Приближение заслонки к соплу ведет к росту давления в камере B и, как следствие, к повышению давления в камерах НА и на выходе из ПУ, до тех пор пока усилия на мембранах не будут уравновешены. Мембрана 21 приподнимется, клапан сброса 22 прикроет отверстие выпуска воздуха в атмосферу, а мембрана 19, воздействуя на клапан 17, увеличит открытие входного отверстия питающего воздуха. При этом в камере A давление возрастает на значение, пропорциональное повышению давления в линии перед соплом, и передается к выходному штуцеру прибора, а дальше в надмембранную полость КР.

Предел пропорциональности работы прибора (от 10 до 250 %) устанавливается стрелкой 7 блока регулирования.

В качестве элемента обратной связи, влияющего на закон регулирования, в приборе установлен интегральный блок БИ, который посредством переключающего реле 14 воздействует на механизм БР. Изменение разности давлений в сильфонах обратной связи (положительном + и отрицательном —) через рычаг 25 воздействует на положение заслонки относительно сопла, с тем чтобы на выходе пневмосистемы прибора установилось давление, соответствующее измеряемому параметру. Как только заслонка останавливается, изменение давления воздуха в системе прекращается, на дросселе 16 устанавливается прежний перепад давления, и вся система уравнивается.

Если дроссель 15 настройки времени изодрома заперт (отметка ∞), то регулирующее устройство работает как пропорциональное (в пределах от 10 до 250 %). В этом случае в зависимости от установки стрелки задания и от значения давления, запертого в сильфоне положительной обратной связи ($p_{\text{изодр}}$), можно получать различные статические характеристики регулятора, т. е. зависимость $p_{\text{вых}}$ и $p_{\text{вх}}$.

Полное открытие дросселя характеризуется отметкой 0,1. В результате наличия цепочки (дроссель 15 — пневмемкость

13, соединенные последовательно) изменение давления на выходе регулятора и, следовательно, время возвращения давления к давлению настройки могут регулироваться настройкой открытия дросселя 15. Шкала дросселя градуирована в единицах времени изодрома — времени, в течение которого изменение выходного давления удваивается по сравнению с его изменением, которое имело бы место при запертом дросселе изодрома, т. е. в пропорциональном регуляторе. Точная настройка смещения контрольной точки осуществляется сжатием пружин 24 при вращении винтов 23.

Включение командного прибора (регулятора) производят в следующем порядке. При закрытом запорном органе на байпасе ГРП давление в контролируемой точке поддерживают некоторое время с помощью КР вручную (сжатый воздух к регулятору не подается) с целью определения ориентировочной степени открытия КР (подъема плунжера), обеспечивающей постоянство давления после него. Затем запорные органы до и после КР закрывают, а на байпасе открывают и с помощью последнего ведут ручную регулировку. На регуляторе ручку настройки времени изодрома устанавливают на отметке 0,5, предел пропорциональности — на 100 %, стрелку задания отводят в крайнее правое положение, к регулятору подают воздух питания давлением 0,14 кгс/см², клапан на линии, соединяющей выход с регулятора с надмембранной полостью регулирующего клапана, открывают.

Изменяют выходное давление, перемещая стрелку задания относительно пера до установки плунжера в ранее отмеченное положение. Дополнительный контроль его положения производят по показаниям двухстрелочного манометра (изменение давления от 0,2 до 1,0 кгс/см² соответствует полному ходу плунжера). При установившемся выходном давлении стрелка задания и перо практически совмещаются (смещение их относительно друг друга не должно превышать $\pm 1,5$ % диапазона измерения), и, следовательно, регулятор настроен на контрольную точку. После этого выключают изодромное устройство регулятора, превращая его в пропорциональный, для чего ручку настройки времени изодрома устанавливают на отметку ∞ . Это позволяет переключить регулятор на режим автоматического регулирования: запорные органы до и после КР медленно открывают, на байпасе одновременно закрывают. После этого анализируют по записи на диаграмме характер процесса регулирования при возникновении возмущений в системе. В случае, когда объект работает при почти постоянном расходе газа, т. е. изменения выходного давления очень медленны и невелики по амплитуде, то очень осторожно отклоняют стрелку задания в ту или иную сторону: если нанесение возмущения ведет к появлению на диаграмме периодических колебаний с возрастающей амплитудой, то следует стрелку указателя предела пропорциональности передвинуть по часовой стрелке (уве-

личить предел пропорциональности); если давление начинает сильно увеличиваться (отклонение от заданного превышает значение, соответствующее установленному пределу пропорциональности, и не обнаруживает тенденции к уменьшению), то значение предела пропорциональности уменьшают. Последовательно уменьшая предел пропорциональности δ , находят его минимальное (предельное) значение $\delta_{пр}$, при котором запись давления после нанесения возмущения имеет вид незатухающих колебаний с минимальной постоянной амплитудой. Получив на диаграмме не менее 10 циклов колебания давления, определяют период колебаний $T_{пр}$ делением измеренного интервала времени на число циклов.

Оптимальное регулирование для изодромных регуляторов достигается при $\delta = 2,2 \delta_{пр}$. Увеличение δ сверх полученных значений уменьшает амплитуду колебаний и время их затухания, но при этом возрастает остаточное отклонение давления; уменьшение δ ведет к обратным эффектам. Для устранения недостатка, характерного для пропорционального регулирования (наличия отклонения выходного давления от заданного, пропорционального изменению расхода газа на объекте и установленному значению предела пропорциональности δ), включают изодромное устройство регулятора поворотом по часовой стрелке ручки дросселя настройки времени изодрома. Обычно принимают $T_n = 0,85 T_{пр}$. Чем больше T_n , тем значительнее отклонение выходного давления от заданного в начальный период после возмущения и тем медленнее оно возвращается к заданному. Уменьшение T_n уменьшает амплитуду колебаний в переходном процессе, но увеличивает частоту и время затухания возникающих при этом периодических колебаний давления. Следовательно, если режим работы объекта не допускает больших отклонений давления от заданного (даже кратковременных), принимают уменьшенное время изодрома.

При эксплуатации регулятора без панели дистанционного управления штуцеры «Перекл.» и «Вых. регул.» должны быть заглушены, причем последний — герметично.

Расстояние от прибора до исполнительного механизма по трассе рекомендуется принимать не более 20—40 м.

При выборе места установки прибора необходимо соблюдать следующие условия:

- а) расстояния от точки измерения до прибора и от прибора до КР должны быть минимальными;
- б) во избежание конденсации паров температура окружающего воздуха должна быть на 10°C выше точки росы воздуха на выходе из компрессора, но не выше $+50^\circ\text{C}$;
- в) прибор не должен испытывать воздействия вибрации. При наличии вибрации необходимы амортизирующие приспособления;
- г) окружающая среда не должна разрушающе действовать на лакокрасочные покрытия, пассивированную латунь, оксиди-

рованные алюминиевые сплавы, никелевые, хромовые и цинковые покрытия.

В зависимости от типа прибор монтируется на стене, стойке, кронштейне или щите в вертикальном положении.

Пневмокоммуникации должны выполняться медной, латунной или стальной трубкой с внутренним диаметром 6 мм и толщиной стенки не менее 1 мм. На трассе должно быть как можно меньше изгибов, причем радиусы закругления должны быть не менее 20 мм.

Возможны следующие неисправности прибора. 1. Вялая работа КР при нормальной работе регулирующего устройства. Следует проверить линию между регулятором и мембранной коробкой КР, при засорении продуть сухим чистым воздухом, обеспечить герметичность. 2. При установке дросселя изодрома на отметку ∞ выходное давление падает до минимума или возрастает до максимума при $\delta \geq 100\%$. Дроссель полностью не запирается, необходима настройка в соответствии с инструкцией по эксплуатации блоков интегральных. 3. При установленной контрольной точке и запертом дросселе изодрома выходное давление медленно падает до минимума. Сильфон положительной обратной связи или пневмоемкость негерметичны, что обнаруживается с помощью мыльной эмульсии. Крепежные винты пневмоемкости подтягивают. Одностороннее смещение контрольной точки при всех измерениях устраняют настройкой в соответствии с инструкцией по эксплуатации для приборов самопишущих с пневматическим изодромным регулирующим устройством. Уменьшение времени изодрома на соответствующих отметках шкалы объясняется износом дросселя, который следует настроить или заменить новым.

2.4.13. Стабилизатор давления воздуха СДВ-1,6М и фильтр ФВ-1,6

Стабилизатор давления воздуха СДВ-1,6М (рис. 2.30) предназначен для регулирования и автоматического поддержания давления воздуха, необходимого для питания приборов и средств автоматизации, в частности командных приборов регуляторов непрямого действия. Число в шифре обозначает максимальный расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), индекс М — укомплектованность прибора показывающим манометром. Рабочее входное давление 3—8, выходное 0,2—2 кгс/см². Допустимая температура окружающей среды от —30 до +50 °С, относительная влажность 95 %. Масса прибора ~ 0,5 кг.

Работа стабилизатора основана на уравнивании сил упругой деформации пружин и давления сжатого воздуха, действующего на мембрану. На корпусе имеется два отверстия с конической резьбой $K1/8''$ для монтажа стабилизатора в пневмосистему. Седло 4, ввернутое на резьбе в центральную полость корпуса 3, перекрывается плунжером 2, который прижи-

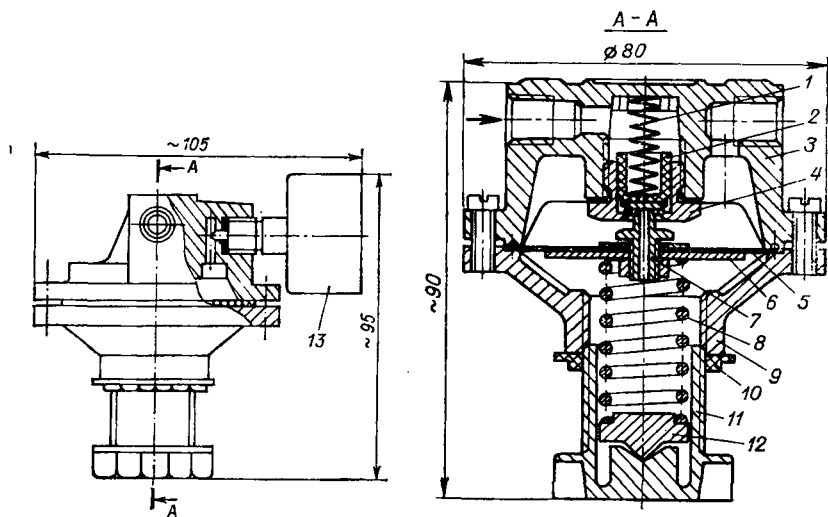


Рис. 230. Стабилизатор давления воздуха СДВ-1,6М.

мается к седлу пружиной 1. Между фланцами корпуса 3 и крышки 9 зажата эластичная мембрана 5, под которой расположен жесткий диск 6. Диск крепится к мембране с помощью штуцера 7, шайбы, расположенной между буртиком штуцера и мембраной, и гайки, накручиваемой на нижний хвостовик штуцера. Снизу на мембрану через жесткий диск воздействует пружина 8, сжатие которой регулируется стаканом 11 через упор 12.

Если пружина 8 полностью ослаблена, то плунжер 2 под действием входного давления воздуха и пружины 1 прижат к седлу 4 и проход воздуха в надмембранную полость, соединенную с выходным отверстием, отсутствует. При ввертывании стакана 11 по часовой стрелке пружина 8 сжимается, штуцер 7 упирается снизу в торец плунжера 2 и, поднимая его, открывает проход воздуха в надмембранную полость. Степень сжатия пружины 8 определяет давление воздуха в этой полости, которое измеряется манометром 13. Если расход воздуха меняется, то соответственно изменяется и давление в надмембранной полости, равновесие подвижной системы нарушается, мембрана вместе с плунжером передвигаются и принимают новое положение, при котором восстанавливается давление после стабилизатора. По окончании настройки положение стакана 11 фиксируется гайкой 10.

В случае резкого понижения или прекращения расхода воздуха и соответствующего резкого повышения давления в надмембранной полости мембрана и штуцер 7 сдвигаются вниз, при этом образуется зазор между верхним торцом штуцера и нижним торцом плунжера. Через этот зазор и центральное отверстие в штуцере воздух из надмембранной полости стравливается.

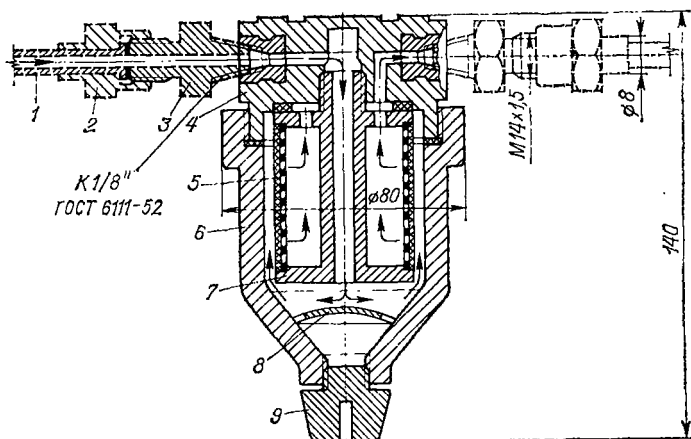


Рис. 2.31. Фильтр воздуха ФВ-1,6.

ется в подмембранную, а оттуда в атмосферу через отверстия в крышке.

Стабилизатор должен устанавливаться после фильтра в непосредственной близости от него, в месте, доступном для наблюдения и настройки. Настройка и контроль выходного давления после стабилизатора СДВ-1,6М производятся по показаниям манометра 13. Расположение стабилизатора в обвязке КР показано на рис. 2.28, а.

Причинами неисправной работы стабилизатора могут быть: засорение или обмерзание регулирующего узла вследствие плохой очистки воздуха, что устраняется промывкой деталей стабилизатора чистым бензином, а также продувкой или промывкой фильтрующих элементов; недостаточная герметичность уплотнения между корпусом и седлом, в соединении мембрана — седло, между корпусом и крышкой. Необходимо проверить и при необходимости заменить прокладки, подтянуть гайку крепления штуцера и винты крепления крышки с корпусом.

Фильтр воздуха ФВ-1,6 (рис. 2.31) предназначен для окончательной очистки воздуха питания пневматических приборов и средств автоматизации от механических примесей, масла и влаги.

Рабочее давление на входе 3—6 кгс/см², максимальный расход воздуха при $p=760$ мм рт. ст. и $t=20$ °С равен 1,6 м³/ч, падение давления на фильтре при $p_{вх}=3$ кгс/см² не более 0,2 кгс/см², степень очистки воздуха не менее 99,95 %, температура окружающего воздуха ± 50 °С, относительная влажность окружающего воздуха до 95 % при +35 °С. Масса фильтра $\sim 0,4$ кг.

Фильтрующий патрон 7 зажат между корпусом 4 и поддоном 6. Поддон соединяется с корпусом на резьбе и выполняет

роль отстойника. Очищаемый воздух, пройдя входное отверстие корпуса и центральное отверстие фильтрующего патрона, изменяет направление движения. При этом за счет сил инерции твердые частицы и капли конденсата скапливаются в поддоне под отражателем 8, предотвращающим захват конденсата потоком воздуха. Окончательно воздух очищается, проходя через четыре слоя фильтровального материала 5, намотанного на каркас патрона. Слив конденсата и сброс накопленных твердых частиц производят стравливанием воздуха в атмосферу через отверстие, закрытое пробкой 9. При монтаже во входное и выходное отверстия корпуса, имеющие коническую резьбу $K^{1/8}$ ", ввертывают штуцеры 3. Ниппели 1, к которым приваривают воздухопроводы, соединяют со штуцерами накидными гайками 2.

Расположение фильтра в обвязке КР показано на рис. 2.28, а.

2.4.14. Пилот ДПМ, редуктор и фильтр

В ряде случаев в ГРП с выходным высоким давлением (3—12 кгс/см²) в качестве командного прибора к клапану регулирующему (КР) используют пилот типа ДПМ (конструкции Малыгина), который приспособлен для использования энергии газа высокого давления вместо сжатого воздуха. Постоянный расход командного газа, поступающего к пилоту 13 (рис. 2.28, б) после редуктора 6 и фильтра 7, обеспечивается за счет установки на сбросном трубопроводе дросселя 12 с диаметром отверстия 1 мм. Через это отверстие и сбросной трубопровод в атмосферу постоянно сбрасывается небольшой объем газа, а также осуществляется сброс излишков газа из надмембранной полости КР. Для настройки системы пользуются показывающими манометрами 11, фиксирующими давление газа в следующих местах: а) в контролируемой точке после КР 1 (подключен к импульсной линии 2); б) перед пилотом; в) в надмембранной полости (подключен к импульсной линии между пилотом и КР).

Дросселированный в редукторе газ постоянного давления в пределах 1—3 кгс/см² поступает через штуцер 14 (рис. 2.32) пилота под золотник 3, расположенный в корпусе 2 и отжимаемый вверх пружиной 1. В пилоте командный газ дросселируется до давления 0,8—1 кгс/см² и через штуцер 12 направляется по трубопроводу в надмембранную полость КР. Импульс давления от контролируемой точки газопровода после КР подается через штуцер 5 под мембрану 6.

Если КР работает по схеме НЗ, то при увеличении давления в контролируемой точке и под мембраной 6 последняя приподнимается, преодолевая усилие сменной пружины 7. При этом золотник 3, также двигаясь вверх, прикрывает седло 4, уменьшая или полностью прекращая выход через него газа. Давление в надмембранной полости КР понизится, его плунжер

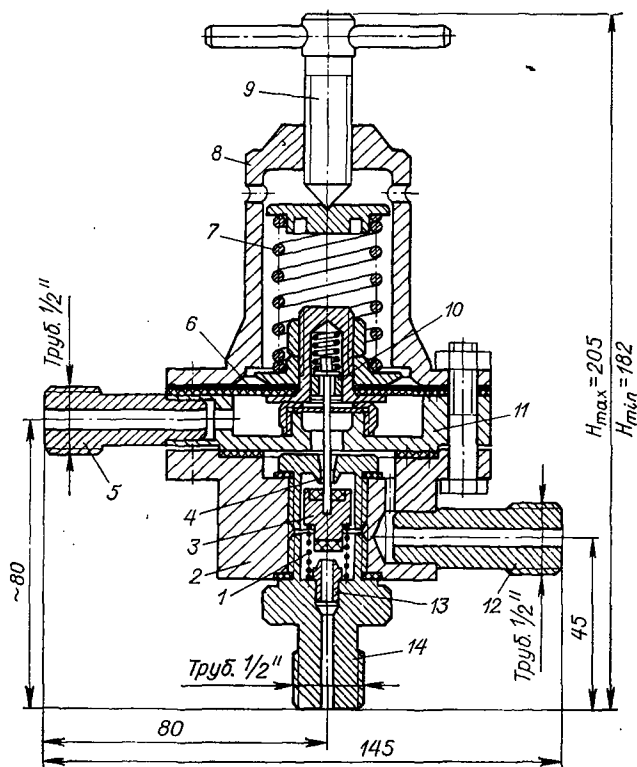


Рис. 2.32. Пилот ДПМ.

приподнимется, приток газа к объекту регулирования уменьшится, давление в контролируемой точке снизится до заданного. Седло 13 остается в этом случае полностью открытым при любом положении золотника. Через открытое седло 4 газ поступает к выходному штуцеру 12 через сверление в корпусе 2. Настройка пружины 7 осуществляется винтом 9 путем ввертывания его на резьбе в крышку 8, имеющую «дыхательные» отверстия. Между корпусом 2 и крышкой 8 расположена мембранная коробка 11.

Если КР работает по схеме НО, то втулку 10 пилота с помощью отвертки перемещают в нижнее положение, и тогда золотник может перекрывать только седло 13. Увеличение импульсного давления ведет к открытию этого седла, увеличению протока газа через него и росту давления в надмембранной полости КР, плунжер которого прикроется и давление газа в контролируемой точке уменьшится.

Пилот комплектуется двумя сменными пружинами 7. Пружина № 1 предназначена для поддержания давления в контро-

лируемой точке в пределах 6—10 кгс/см², пружина № 2 — до 3 кгс/см².

При использовании в качестве командного прибора пилота ДПМ применяют редуктор и фильтр, которые объединены в один общий узел (рис. 2.33). Используемый газ очищается, проходя через восемь слоев войлока 5 марки ФТ-43-6, уложенного между решетками 4 и фильтровальными сетками. Сброс конденсата и твердых частиц, накапливающихся в корпусе фильтра 1, производят через отверстие в нижней части штуцера 2 при отвертывании болта 3, имеющего в торце мягкую прокладку. Очищенный газ поступает в редуктор, соединяемый с фильтром стойкой 6. Между корпусом 14 и крышкой 10 редуктора зажата мембрана 12, на которую снизу воздействует выходное давление газа, а сверху — усилие настроечной пружины 11. Настройку редуктора на заданное выходное давление производят с помощью болта 9, который ввертывают на резьбе в торец крышки. Редуцирование газа и поддержание постоянным выходного давления осуществляется за счет изменения положения золотника 8 относительно седла. Пружина 7 отжимает золотник вверх и при отсутствии противодействия прижимает его к седлу. Золотник, имеющий на торце мягкую прокладку, соединен с жесткими центральными дисками мембраны штоком 13. Увеличение выходного давления в выходном штуцере 15 и под мембраной приводит к подъему золотника, прикрытию седла и уменьшению расхода газа до момента, пока выходное давление не достигнет давления настройки; уменьшение выходного давления ведет к открытию седла, увеличению расхода газа и восстановлению давления до заданного.

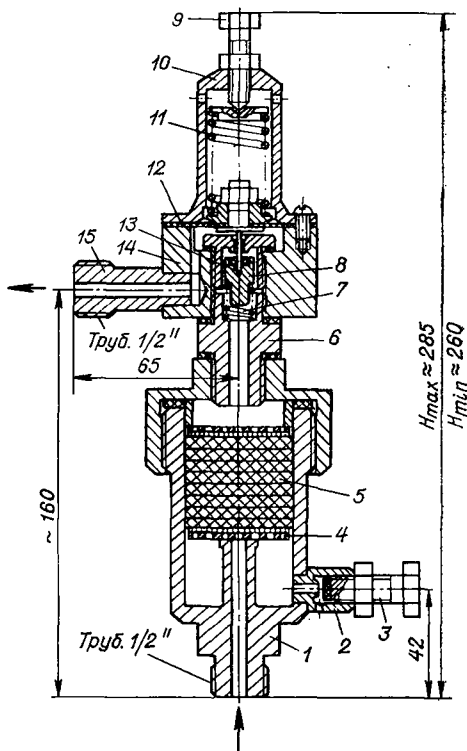


Рис. 2.33. Редуктор с фильтром для пилота ДПМ.

2.5. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

2.5.1. Истечение газов

В процессе истечения газов из суживающихся сопл и сопл постоянного профиля, к которым можно отнести и отверстия в седлах регуляторов, при заданном входном давлении p_1 скорость истечения и секундный расход растут с уменьшением выходного давления p_2 или отношения p_2/p_1 только до достижения этим отношением определенного для данного газа значения, которое называют критическим:

$$\beta_{кр} = p_2/p_1. \quad (2.9)$$

Если p_2/p_1 достигло критического значения, то при данном p_1 расход газа становится максимальным при наименьшем давлении p_2 , которое может установиться в выходном сечении сопла и которое называют критическим давлением истечения ($p_2 = p_{кр}$). Ниже $p_{кр}$ давление в устье сопла (седла) не может понизиться при любом уменьшении давления среды, в которую происходит истечение. Тогда

$$p_2/p_1 = p_{кр}/p_1 = \left(\frac{2}{K+1} \right)^{K/(K-1)}, \quad (2.10)$$

где K — показатель адиабаты данного газа.

Из уравнения (2.10) следует, что отношение $p_{кр}/p_1$ не зависит от p_1 , а также от давления окружающей среды (p_2) и является только функцией показателя адиабаты K , а значит, зависит лишь от состава газа.

Максимальная скорость истечения газа (критическая скорость) равна скорости звука в выходном сечении сопла при рабочих параметрах газа в этом сечении. Это объясняет, почему давление в устье сопла не может быть ниже критического, а скорость струи не может превысить критическую (скорость звука) в выходном сечении при рабочих параметрах: уменьшение давления среды, в которую происходит истечение, распространяется в этой среде и в вытекающем потоке газа со скоростью звука. Следовательно, если давление среды превышает критическое давление, а скорость истечения при этом меньше критической и, значит, меньше скорости звука, то уменьшение давления среды передается внутрь сопла. Давление в сопле перераспределяется так, чтобы давление в устье стало равным давлению среды.

Если давление среды равно критическому или меньше его, то дополнительное уменьшение давления среды не может оказать влияния на характер распределения давления в сопле, так как истекающая из сопла струя газа со звуковой скоростью является естественным препятствием. В этом случае независимо от давления среды давление p_2 на выходе из сопла остается критическим.

**Критическое отношение давлений $\beta_{кр}$ и коэффициент φ
в зависимости от показателя адиабаты K**

Показатель	1,4	1,37	1,36	1,32	1,31	1,30
$\beta_{кр} = p_2/p_1$	0,527	0,533	0,535	0,542	0,544	0,546
φ при $\beta \geq \beta_{кр}$	0,484	0,480	0,479	0,475	0,472	0,471

Продолжение табл. 2.12

Показатель	1,29	1,27	1,23	1,14	1,10
$\beta_{кр} = p_2/p_1$	0,547	0,551	0,558	0,576	0,585
φ при $\beta \geq \beta_{кр}$	0,470	0,468	0,463	0,450	0,444

П р и м е ч а н и е. Показатель адиабаты $K = 1,4$ — азот, воздух, кислород, окись углерода; 1,37 — коксовый газ; 1,36 — сланцевый газ; 1,31 — углекислый газ; 1,29 — 1,32 — природный газ; 1,3 — метан; 1,27 — полутный газ; 1,23 — газ нефтегазовых и нефтеконденсатных месторождений; 1,14 — пропан; 1,1 — бутан.

Зная показатель адиабаты конкретного газа, можно определить для него $\beta_{кр}$ (табл. 2.12). Из таблицы видно, что если, например, в ГРП (ГРУ) используют газ с $K=1,32$, то $\beta_{кр} = (p_2/p_1)_{кр} = 0,542$, и, следовательно, при истечении этого газа в атмосферу ($p_2 \approx 1,033$ кгс/см²) критическое входное давление составит $p_1 = p_2/\beta_{кр} = 1,033 : 0,542 \approx 1,9$ кгс/см².

Следует отметить, что при стендовой продувке клапанов воздухом (показатель адиабаты $K=1,4$) критическое отношение $\beta_{кр} = p_2/p_1$ оказалось меньше теоретического 0,527 (табл. 2.12) и составило 0,48. Если условно принять отношение $0,48 : 0,527 = 0,91$ за поправку к критическому отношению для газов, используемых в системах газоснабжения, то

$$\beta_{кр} = (p_2/p_1)_{кр} = 0,91 \left(\frac{2}{K+1} \right)^{K/(K-1)}, \quad (2.11)$$

а для природных газов с $K=1,29 \div 1,32$ критическое отношение окажется равным $\sim 0,5$. Поэтому в общем случае можно считать, что для природных газов с $K=1,29 \div 1,32$ скорость истечения газа достигает скорости звука в случае, если давление в газопроводе примерно вдвое превышает давление в окружающей среде, а применительно к регуляторам — если p_1 примерно вдвое больше p_2 .

2.5.2. Определение пропускной способности регуляторов давления

При истечении газа через суживающееся сопло или сопло постоянного профиля (через седло регулятора) секундный теоретический массовый расход G_T , кг/с, равен

$$G_T = f \sqrt{2g \frac{K}{K-1} \frac{p_1}{v_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{2/K} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(K+1)/K} \right]}, \quad (2.12)$$

где f — площадь отверстия в седле, м²; v_1 — удельный объем газа при p_1 и t_1 , м³/кг; g — ускорение свободного падения, м/с²; t_1 — температура газа, °С; p_1 и p_2 — входное и выходное давление (абсолютное), кгс/м².

Если в уравнении (2.12) обозначить

$$\Phi = \sqrt{\frac{K}{K-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{2/K} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(K+1)/K} \right]}, \quad (2.13)$$

$$v_1 = 1/\rho_1, \quad (2.14)$$

где

$$\rho_1 = \rho \frac{273 p_1}{(273 + t_1) p_0} \quad (2.15)$$

и ρ — плотность газа при $t=0$ °С и $p=760$ мм рт. ст., и произвести некоторые алгебраические преобразования (умножить на 3600, чтобы получить часовой расход, разделить на ρ , чтобы получить объемный расход, подставить $p_0=10330$ кгс/м²), то теоретический объем газа, м³/ч, протекающего через седло регулятора, составит

$$V = 2590 F \Phi p_1 / \sqrt{\rho (273 + t_1)}, \quad (2.16)$$

где $p_1 = 1,033 + p_p$ — абсолютное входное давление, кгс/см²; p_p — рабочее входное давление, кгс/см²; F — площадь седла, см². При $t_1=0$ °С формула (2.16) упрощается.*

$$V = 157 F \Phi p_1 / \sqrt{\rho}. \quad (2.17)$$

Из анализа уравнений (2.12), (2.16) и (2.17) следует, что до достижения отношением p_2/p_1 критического значения (табл. 2.12), т. е. до тех пор, пока скорость истечения не достигнет скорости звука, расход газа через седло растет с уменьшением отношения p_2/p_1 и увеличением входного давления p_1 . Если отношение p_2/p_1 меньше критического (табл. 2.12), т. е. скорость истечения достигла скорости звука, то расход газа через седло растет пропорционально увеличению p_1 , а отношение p_2/p_1 на расход не влияет и коэффициент Φ для данного газа с заданным показателем адиабаты K остается величиной постоянной (табл. 2.12).

* В технической литературе и некоторых нормативных документах приводится формула $V = 159,5 F \Phi p_1 / \sqrt{\rho}$ (где $p_1 = 1,0 + p_p$), полученная при подстановке в формулу (2.16) $t_1=0$ °С и $p_0=1,0$ вместо 1,033 кгс/см².

Уравнение (2.16) не учитывает трения и сжатия струи при истечении. Кроме того, реальные условия истечения газа через седло регулятора имеют специфические особенности, отличающие этот процесс от истечения через сопло. К ним можно отнести следующие особенности. Из седла газ истекает в ограниченный объем трубопровода, в котором поддерживается определенное давление, зачастую значительно превышающее атмосферное; диаметр седла может приближаться, а в клапанах регулирующих быть равным условному диаметру трубопровода; гидравлические потери в корпусе регулятора могут быть соизмеримы с перепадом давления, образующимся при истечении через седло. Поэтому действительный расход газа V_d , м³/ч, через регулятор будет меньше теоретического и для его определения вводят поправочный коэффициент α (коэффициент расхода), который всегда меньше 1,0, зависит от перечисленных выше факторов, определяется экспериментально и приводится в технической характеристике регулятора. Тогда

$$V_d = 2590 \alpha F \varphi p_1 / \sqrt{\rho (273 + t_1)}; \quad (2.18)$$

при $t_1 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_d = 157 \alpha F \varphi p_1 / \sqrt{\rho}. \quad (2.19)$$

У каждого конкретного типоразмера регулятора α и F постоянны, и их произведение можно обозначить коэффициентом $K_\alpha = F\alpha$. Тогда

$$V_d = 2590 K_\alpha \varphi p_1 / \sqrt{\rho (273 + t_1)} \quad (2.20)$$

или при $t_1 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_d = 157 K_\alpha \varphi p_1 / \sqrt{\rho}. \quad (2.21)$$

Если t_1 немного больше $0 \text{ } ^\circ\text{C}$, то расчет по формуле (2.21) дает некоторую погрешность (при $t_1 = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$ на $\sim 1 \%$, при $t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ на $\sim 3,5 \%$). При $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ и $t_1 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_d = 183,6 K_\alpha \varphi p_1. \quad (2.22)$$

Таким образом, для определения пропускной способности регулятора по уравнениям (2.21) или (2.22), в частности для наиболее распространенных регуляторов РДУК2 (а также РДБК), необходимо знать: коэффициент $K_\alpha = F\alpha$ (табл. 2.13), где F — площадь седла без площади сечения штока (если он проходит через седло), см², α — коэффициент расхода; $p_1 = 1,033 + p_p$ — абсолютное давление газа входное, кгс/см²; φ — коэффициент, зависящий от p_2/p_1 и показателя адиабаты K . Для отношения $p_2/p_1 > \beta_{кр}$ (скорость истечения ниже критиче-

Расчетные характеристики регуляторов РДУК2 и РДБК

Регулятор	Диаметр седла, мм	Расчетная площадь седла F , см ²	Коэффициент расхода α	$K_\alpha = F\alpha$
РДБК-25	21	2,67	0,66	1,76
РДБК-50, РДУК2-50	35	8,5	0,6	5,10
РДБК-100, РДУК2-100	50	13,5	0,6	8,10
РДБК-100, РДУК2-100	70	32,3	0,5	16,15
РДУК2-200	105	68,5	0,49	33,56
РДУК2-200	140	136,0	0,4	54,4

ской) ϕ находят по рис. 2.34 или уравнению (2.13). Для отношения $p_2/p_1 \leq \beta_{кр}$ (скорость истечения больше критической) ϕ постоянно и в зависимости от K может приниматься по табл. 2.12; p_2 — абсолютное давление газа выходное, кгс/см²; ρ — плотность газа при нормальных условиях, кг/м³.

Пропускную способность (массовую) регуляторов типа РД-64 и клапанов регулирующих, для которых в технических характеристиках заданы коэффициенты пропускной способности K_{vy} , определяют по формуле, т/ч,

$$G = BK_{vy} \sqrt{\Delta p \rho}, \quad (2.23)$$

где B — коэффициент, учитывающий расширение среды при истечении газа и зависящий от p_2/p_1 и K (рис. 2.35) *; значения K_{vy} для регуляторов РД-64 приведены в табл. 2.9, для клапанов регулирующих — в табл. 2.10; $\Delta p = p_1 - p_2$ — перепад давления на регуляторе, кгс/см²; p_1 и p_2 — абсолютное давление соответственно на входе и выходе из регулятора, кгс/см²; ρ — плотность дросселируемой среды (при давлении p_1 и температуре t_1), т/м³.

* Коэффициент B определяют по формулам: при $\beta > \beta_{кр}$

$$B = \frac{1}{\sqrt{1-\beta}} \sqrt{\frac{K}{K-1} [\beta^{2/K} - \beta^{(K+1)/K}]} ;$$

при $\beta = \beta_{кр}$

$$B = \frac{1}{\sqrt{1-\beta_{кр}}} \sqrt{\frac{K}{K-1} [\beta_{кр}^{2/K} - \beta_{кр}^{(K+1)/K}]} ;$$

при $\beta < \beta_{кр}$

$$B = \frac{1}{\sqrt{1-\beta}} \sqrt{\frac{K}{K-1} [\beta_{кр}^{2/K} - \beta_{кр}^{(K+1)/K}]} ,$$

где $\beta = \frac{p_2}{p_1}$ (p_1 , p_2 — абсолютное давление соответственно до и после регулирующего клапана); $\beta_{кр} = \left(\frac{2}{K+1} \right)^{K/(K-1)}$.

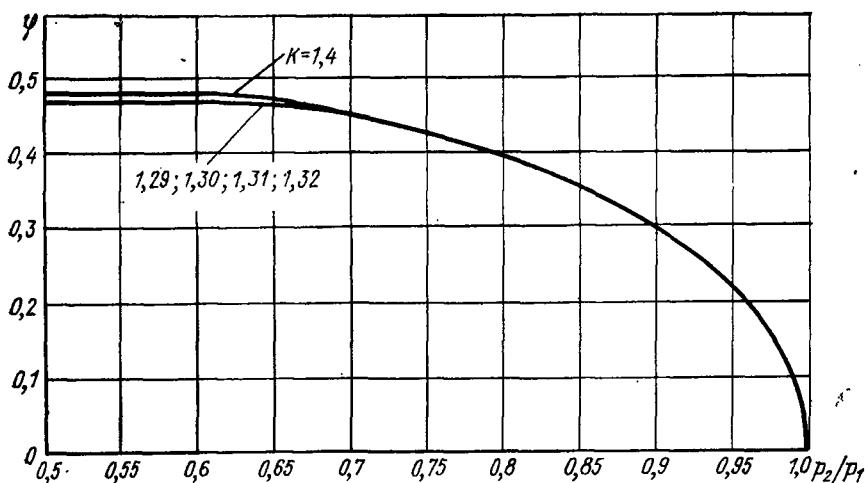


Рис. 2.34. Зависимость коэффициента φ от p_2/p_1 .

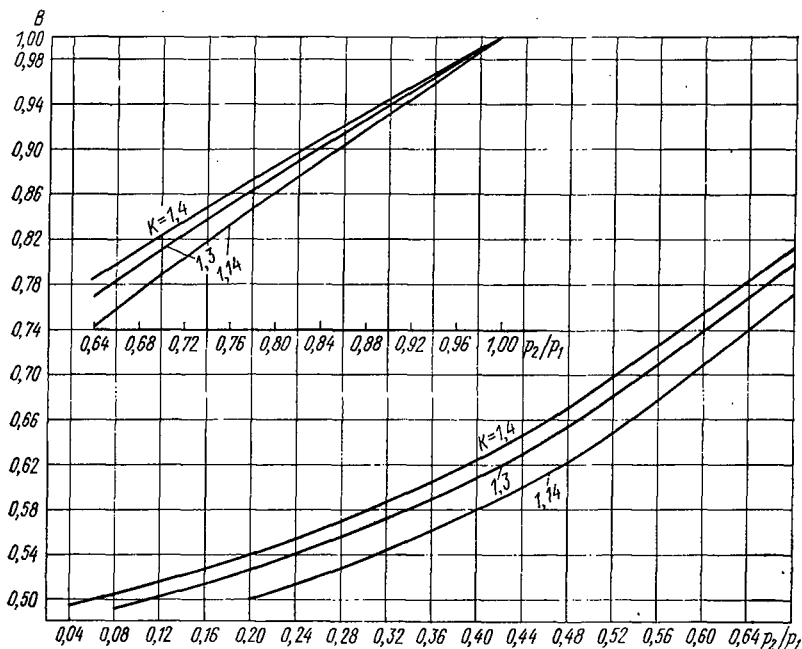


Рис. 2.35. Зависимость коэффициента B от p_2/p_1 .

Для практического использования формула (2.23) неудобна, так как требует предварительного определения p_1 и пересчета в объемную пропускную способность. Если в нее подставить значение p_1 по формуле (2.15) и $p_0=1,033$ кгс/см², выразить плотность в килограммах на метр кубический, а не в тоннах на метр кубический, разделить обе части уравнения на ρ и про-

известии алгебраические преобразования, то получим формулу для определения объемной пропускной способности V , м³/ч:

$$V = \frac{514BK_{vy} \sqrt{\Delta p p_1}}{\sqrt{\rho} (273 + t_1)}, \quad (2.24)$$

где ρ — плотность газа при нормальных условиях, кг/м³.

При температуре газа $t_1 = 0$ °С формула (2.24) принимает вид, м³/ч,

$$V = 31,1BK_{vy} \sqrt{\Delta p p_1} / \sqrt{\rho}. \quad (2.25)$$

а при $\rho = 0,73$ кг/м³ упрощается еще больше:

$$V = 36,4BK_{vy} \sqrt{\Delta p p_1}. \quad (2.26)$$

Если температура газа немного больше 0 °С, то формула (2.25) по сравнению с (2.24) дает погрешность, %: 1 — при $t = 7$ °С, 2 — при $t = 10$ °С, 3,5 — при $t = 20$ °С.

В случаях, когда параметры газа (входное и выходное давление, плотность) отличаются от указанных в паспорте, технической характеристике или приведенных выше таблицах, действительную пропускную способность регулятора определяют путем перерасчета по формулам:

а) если отличается только плотность газа,

$$V = V_n \sqrt{\rho_n / \rho}; \quad (2.27)$$

при $\rho_n = 0,73$ кг/м³

$$V = 0,855V_n / \sqrt{\rho}; \quad (2.28)$$

б) если скорость истечения газа через седло меньше критической ($p_2/p_1 < \beta_{кр}$) и $\rho \neq \rho_n$.

$$V = V_n \sqrt{\Delta p \rho_n p_2 / (\Delta p_n \rho p_{2n})}; \quad (2.29)$$

в) если скорость истечения газа через седло больше критической ($p_2/p_1 < \beta_{кр}$) и $\rho \neq \rho_n$,

$$V = 50V_{np1} \sqrt{\rho_n / (\rho \Delta p_n p_{2n})}, \quad (2.30)$$

где индекс «п» — паспортное (табличное) значение параметра; V и V_n — пропускная способность регулятора, м³/ч; Δp и Δp_n — перепад давления в регуляторе, кгс/м²; ρ и ρ_n — плотность газа при нормальных условиях, кг/м³; p_2 и p_{2n} — абсолютное выходное давление газа, кгс/см²; p_1 — абсолютное входное давление газа, кгс/см².

2.6. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

2.6.1. Выбор типа регулятора

Из приведенных в табл. 2.14 регуляторов наименее чувствительны к изменению выходного давления регуляторы прямого действия без усилителей. У них перемещение регулирующего органа начинается только тогда, когда изменение контролируемого давления оказывается способным создать усилие, достаточное для преодоления сил трения в подвижных соединениях регулятора. Поэтому эти регуляторы поддерживают давление в контролируемой точке в заданных пределах импульсами.

Более активно реагируют на изменение выходного давления регуляторы с усилителем (регулятором управления — пилотом), использующие для перемещения регулирующего органа дросселированное в усилителе до необходимого значения входное давление газа. По чувствительности эти регуляторы являются промежуточными между регуляторами непрямого действия и прямого действия без усилителей.

Наиболее чувствительны регуляторы непрямого действия, позволяющие свести колебания выходного давления к минимуму. Однако и при их использовании после возмущения объекта, особенно в первый момент, происходит чередующееся частичное переполнение и опорожнение газопровода и, следовательно, отклонение выходного давления от заданного.

Для того чтобы выходное давление укладывалось в заданные пределы, регулятор кроме устойчивости должен обеспечивать определенную степень неравномерности регулирования (статическую ошибку), т. е. отношение разности между максимальным и минимальным контролируемым давлением к его среднему значению должно укладываться в определенные границы (применяемые в системах газоснабжения регуляторы обычно имеют степень неравномерности в пределах не более $\pm 10\%$). Как показано в п. 2.1.3, 2.1.5, минимальная статическая ошибка имеет место при использовании астатических регуляторов прямого действия и клапанов регулирующих, укомплектованных командным прибором с изодромным регулирующим устройством (МТ-711Р, МТ-712Р). Сравнение статических регуляторов прямого действия различных конструкций показывает, что регуляторы с усилителем (пилотом) имеют, как правило, меньшую статическую ошибку, чем регуляторы без усилителя.

Таким образом, прежде чем приступить к выбору регулятора по пропускной способности, следует установить, с какой точностью необходимо поддерживать давление газа в контролируемой точке (задаться допустимой статической ошибкой или степенью неравномерности регулирования), и выбрать соответствующий тип регулятора.

Основные характеристики регуляторов давления

Наименование	Обозначение	D _y , мм	Диаметр седла, мм	Давление, кгс/см ²		Пропускная способность, м ³ /ч, при входном давлении, кгс/см ²				Масса, кг	
				входное, не более	выходное, в пределах	1	3	6	12		
Регулятор давления сжи- женного газа	РДСГ1-0,5	15	1,6 2	16	0,02—0,036	0,75	1,5	—	—	0,24	
	РДСГ1-1,2					1,8	3,6	—	—	0,52	
Регулятор давления газа	РДГ-6	15	1,6 2	16	0,02—0,036	0,75	1,5	—	—	0,68	
	РДГ-8					1,8	3,6	—	—	0,65	
Регулятор давления газа домовый	РДГД-20	20	—	3	0,02—0,025	45	80	—	—	5,0	
Регулятор низкого дав- ления	РД-32 М/С РД-32 М/С	32	6 10	16	0,009—0,02	25	55	105	—	8,0	
			4 6			45	100	—	—		
	РД-32 М/Ж РД-32 М/Ж	50	15 20 25		0,02—0,035	7	18	31	65	18	
					16	32	62	—			
	РД-50 М/С РД-50 М/С РД-50 М/С				0,09—0,02	167	375	717	—		
					270 363	610 —	— —	— —			
РД-50 М/Ж РД-50 М/Ж		8 11		0,02—0,035	32	69	125	231			
					66	132	228	—			

Регулятор среднего давления	Dy32 Dy32	32	6 10	6				25 45	55 100	105 —	— —	8
		50	15 20 25					167 270 363	375 610 —	717 — —	— — —	18
	РНД-100 РНД-150 РНД-200	100 150 200	40 60 85	3	0,0035—0,03			1500 3500 7000	3 000 7 000 14 000	— — —	— — —	105 200 330
	Dy32 Dy50	32 50	10 25	6	0,1—1,1			40 320	90 720	160 1 260	— —	13 26
	РДУК2Н-50 РДУК2Н-100 РДУК2Н-100 РДУК2Н-200	50 100 100 200	35 50 70 105	12	0,005—0,6			900 1 420 2 825 5 880	1 790 2 840 5 650 11 800	3 125 4 970 9 900 20 550	5 800 9 200 18 350 38 000	45 80 80 300
	РДУК2Н-200	200	140	6				9 500	19 000	33 340	—	300
	РДУК2В-50 РДУК2В-100 РДУК2В-100 РДУК2В-200	50 100 100 200	35 50 70 105	12	0,6—6,0			720 1 200 2 300 4 700	1 790 2 840 5 650 11 800	3 125 4 970 9 900 20 550	5 800 9 200 18 350 38 000	45 80 80 300
	РДУК2В-200	200	140	6				7 650	19 000	33 340	—	300

Наименование	Обозначение	Dy, мм	Диаметр седла, мм	Давление, кгс/см ²		Пропускная способность, м ³ /ч, при входном давлении, кгс/см ²				Масса, кг
				входное, не более	выходное, в пределах	1	3	6	12	
Регулятор давления блочный конструкции Казанцева	РДБК1-25	25	21	16	0,01—0,6	310	620	1 080	2 000	26
	РДБК1-50	50	35			900	1 790	3 125	5 800	38
	РДБК1-100	100	50	12		1 420	2 840	4 970	9 200	93
	РДБК1-100	100	70			2 825	5 650	9 900	18 350	93
Регулятор среднего да- вления	РДБК1П-25	25	21	16	0,3—6,0	250	620	1 080	2 000	23
	РДБК1П-50	50	35			720	1 790	3 125	5 800	36
	РДБК1П-100	100	50	12		1 200	2 840	4 970	9 200	89
	РДБК1П-100	100	70			2 300	5 650	9 900	18 350	89
Регулятор давления	РДС-80	80	34	12	0,005—6,0	1 300	2 600	4 570	8 500	186
	РДС-100	100	42			1 860	3 700	6 460	12 000	236
	РДС-150	150	62	6—10		4 850	9 600	16 800	—	237
	РДС-200	200	90			9 100	18 000	31 600	—	336
Регулятор давления	РДС-300	300	140	6—10		22 000	43 600	—	—	596
	РД-25-64	25	16	64	2,5—25	—	—	300	560	28
	РД-25-64	25	20			—	—	720	1 340	28
	РД-40-64	40	20			—	—	720	1 340	54
	РД-40-64	40	32			—	—	1 900	3 580	54

Клапан регулирующий с пневматическим мембранным исполнительным механизмом, фланцевый	РД-50-64	50	45	64	1,5—10 или 12—16	—	—	3 000	5 600	106
	РД-80-64	80	70			—	—	7 200	13 400	135
	РД-100-64	100	85			—	—	12 000	22 400	215
	25ч37нж(НО) 25ч38нж(НЗ)	25 40 50	25 40 50	16	0,6—16	—	1 100 2 750 4 300	1 900 4 800 7 600	3 500 8 900 14 000	21 44 50
	25ч30нж 1М—4М(НО) 25ч32нж 5М—8М(НЗ)	80 100 150 200 250 300	80 100 150 200 250 300			—	11 000 17 200 43 400 68 900 110 000 172 000	19 000 30 000 76 000 120 000 193 000 300 000	35 000 55 000 140 000 223 000 357 000 558 000	83 126 185 370 488 709
	25с48нж М1(НО) 25с50НЖ М1—8М1(НЗ)	25	25	63		—	1 100	1 900	3 500	36
	25с48нж 1М—4М(НО) 25с50нж 5М—8М(НЗ)	50 80 100 150 200	50 80 100 150 200			—	4 300 11 000 17 200 43 400 68 900	7 600 19 000 30 000 76 000 120 000	14 000 35 000 55 000 140 000 223 000	56 101 151 244 483

Примечания. 1. Регуляторы низкого и среднего давления D_u 32 и 50 поставляются только в комплекте шкафного ГРП типа ШРУ. 2. У регуляторов РД-32М и $\approx$ 50М индекс «С» — сетевой газ, «Ж» — сжиженный газ. 3. Пропускная способность приведена при выходном давлении: для РДУК2В, РДБК1П и клапанов регулирующих — 0,6 кгс/см², для РД-64 — 3 кгс/см², для остальных — менее 0,05 кгс/см²; в также плотности газа $\rho \approx 2,2$ кг/м³ для РДСГ, РДГ, РД-32М/Ж и РД-50М/Ж и $\rho \approx 0,73$ кг/м³ — для остальных.

2.6.2. Выбор пропускной характеристики регулирующего органа

В § 2.3 показано, что пропускная и расходная характеристики регулирующего органа регулятора, как правило, отличаются друг от друга, причем это отличие тем значительнее, чем больше потери давления в газопроводах после регулятора. При регулировании в ГРП (ГРУ) выходного давления рекомендуемая форма расходной характеристики зависит от параметра, вызывающего возмущение. Если этим параметром является расход, т. е. изменение отбора газа потребителями при более или менее постоянном давлении до регулятора, то рекомендуется линейная расходная характеристика. Если возмущающим параметром является перепад на регулирующем органе, что имеет место при значительных колебаниях входного давления, то более предпочтительна равнопроцентная расходная характеристика. Установив оптимальный вид расходной характеристики, выбирают пропускную характеристику исходя из следующего. Если целесообразна равнопроцентная расходная характеристика, то регулирующий орган должен иметь равнопроцентную пропускную характеристику. Если нужна линейная расходная характеристика, то при $n < 1,5$ (§ 2.3 и табл. 2.11) принимают регулирующий орган с линейной пропускной характеристикой, при $n > 3$ - с равнопроцентной. При $1,5 < n < 3$ следует произвести дополнительные расчеты, однако для условий ГРП (ГРУ) можно исходить из того, что обычно равнопроцентная пропускная характеристика более предпочтительна, чем линейная.

Из сказанного следует, что для ГРП (ГРУ), питающих газом газопроводы низкого давления, где минимальный перепад давления в регулирующем органе составляет обычно не менее $0,5\text{--}1 \text{ кгс/см}^2$, целесообразно принимать регулирующий клапан с линейной пропускной характеристикой (в этом случае $n \ll 1,5$).

Для ГРП (ГРУ), питающих газом газопроводы среднего и высокого давления, следует для каждого конкретного случая рассмотреть возможные изменения коэффициента n (§ 2.3) и входного давления и на этой основе выбрать пропускную характеристику регулирующего органа.

2.6.3. Выбор регулятора по пропускной способности

Согласно СНиП II-37-76, при выборе регулятора исходят из того, что для нормальной работы в эксплуатационных условиях его расчетная часовая максимальная пропускная способность $V_{\max}$ должна составлять не более 80, а расчетная минимальная пропускная способность $V_{\min}$ — не менее 10 % от действительной пропускной способности V_d при заданных входном

и выходном давлении. Иными словами, должны быть выполнены следующие условия, %:

$$(V_{\max}/V_d) \cdot 100 \leq 80; \quad (2.31)$$

$$(V_{\min}/V_d) \cdot 100 \geq 10. \quad (2.32)$$

При этом под $V_{\min}$ понимают минимальный отбор газа потребителями (минимальный расход газа, м³/ч), обусловленный режимом работы системы газоснабжения населенного пункта или технологическими особенностями промышленного производства.

Для предварительного выбора регулятора удобно воспользоваться табл. 2.14, в которой приведена пропускная способность наиболее распространенных регуляторов.

Рассмотрим выбор регулятора на нескольких конкретных примерах.

Пример 2.1. Расчетная номинальная пропускная способность $V_{\max} = 1600$ м³/ч, минимальная — 400 м³/ч. Давление газа (избыточное): входное $p_1 = 6$, выходное $p_2 = 1,0$ кгс/см². Плотность газа $\rho = 0,73$ кг/м³. Показатель адиабаты $K = 1,31$. Из табл. 2.14 следует, что из всех изготавливаемых промышленностью регуляторов по давлению p_1 и p_2 подходят регуляторы РДУК2В, РДБК1П и регуляторы среднего давления Ду 32 и 50, однако максимальная пропускная способность последних (1200 м³/ч) меньше расчетной. Регуляторы РДУК2В и РДБК1П по пропускной способности не отличаются друг от друга, но производство первых постепенно уменьшается. Поэтому проверим пригодность регулятора РДБК1П-50.

По табл. 2.5 действительная пропускная способность РДБК1П-50 при $p_1 = 6$ и $p_2 = 1$ кгс/см² составляет $V_d = 4970 \cdot 0,63 = 3120$ м³/ч. Тогда

$$(V_{\max}/V_d) \cdot 100 = 1600 : 3120 \cdot 100 \approx 51,1\%;$$

$$(V_{\min}/V_d) \cdot 100 = 400 : 3120 \cdot 100 \approx 12,7\%.$$

Как видно, изменение пропускной способности регулятора укладывается в диапазон 10—80 % от V_d . Регулятор выбран правильно.

Если плотность используемого газа ρ отличается от 0,73 кг/м³, то подсчитанную пропускную способность V_d умножают на коэффициент $K = 0,855/\sqrt{\rho}$ и проверяют, укладываются ли $V_{\max}$ и $V_{\min}$ в диапазон 10—80 % от V_d .

Если в табл. 2.5 отсутствуют параметры газа (p_1 и p_2), соответствующие условиям конкретного объекта, то определение V_d производят по формуле (2.21) и затем проверяют диапазон изменения пропускной способности (пример 2.2).

Пример 2.2. $V_{\max} = 5000$ м³/ч; $V_{\min} = 700$ м³/ч; $\rho = 0,82$ кг/м³; $p_1 = 8,5$ кгс/см²; $p_2 = 0,3$ кгс/см². Показатель адиабаты $K = 1,31$. По табл. 2.14 принимаем для проверки регулятор РДУК2Н-100/50 (p_1 до 12, p_2 в пределах 0,005—0,6 кгс/см², $V = 9200$ м³/ч).

По формуле (2.21) определяем V_d (для $t = 0$ °C):

$$V_d = 157 K_\alpha \varphi p_1 / \sqrt{\rho} = 157 \cdot 8,1 \cdot 0,472 \cdot 9,533 / \sqrt{0,82} = 6322 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $K_\alpha = 8,1$ (табл. 2.13); $p_1 = 1,033 + 8,5 = 9,533$ кгс/см²; $p_2 = 1,033 + 0,3 = 1,333$ кгс/см²; $\varphi = 0,472$ по табл. 2.12 для $p_2/p_1 = 1,333 : 9,533 = 0,14 < \varphi_{\text{кр}} = 0,544$.

$$(V_{\max}/V_d) \cdot 100 = 5000 : 6322 \cdot 100 = 79,1\%;$$

$$(V_{\min}/V_d) \cdot 100 = 700 : 6322 \cdot 100 = 11,1\%.$$

Регулятор выбран правильно.

Пример 2.3. $V_{\max}=43\,000\text{ м}^3/\text{ч}$; $V_{\min}=3500\text{ м}^3/\text{ч}$; $\rho=0,73\text{ кг/м}^3$; $p_1=12\text{ кгс/см}^2$; $p_2=2\text{ кгс/см}^2$; $K=1,31$; $t=0^\circ\text{C}$. В соответствии с табл. 2.14 принимаем для проверки клапан регулирующий $D_y\,100$ (p_1 до 16, p_2 в пределах 0,2—16 кгс/см², $V=55\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ при $p_1=12\text{ кгс/см}^2$ и $K_{vy}=100\%$).

По формуле (2.26) определяем действительную пропускную способность клапана регулирующего $D_y\,100$:

$$V_d = 36,4BK_{vy}\sqrt{\Delta p p_1} = 36,4 \cdot 0,537 \cdot 250 \sqrt{10 \cdot 13,033} = 55\,000\text{ м}^3/\text{ч},$$

где $p_1=1,033+12=13,033\text{ кгс/см}^2$; $p_2=1,033+2=3,033\text{ кгс/см}^2$; $\Delta p=13,033-3,033=10\text{ кгс/см}^2$; $B=0,537$ (рис. 2.35 при $p_2/p_1=3,033:13,033=0,23$); $K_{vy}=250\text{ т/ч}$ (табл. 2.10);

$$(V_{\max}/V_d) \cdot 100 = 43\,000 : 55\,000 \cdot 100 = 77\%;$$

$$(V_{\min}/V_d) \cdot 100 = 3500 : 55\,000 \cdot 100 = 6,2\%.$$

Как видно, выбранный клапан, удовлетворяя требованиям по номинальной пропускной способности, при минимальных расходах загружен ниже 10 %. Учитывая это обстоятельство и столь значительную разницу между максимальным и минимальным расходом газа, примем к установке в ГРП два клапана регулирующих $D_y\,80$ ($K_{vy}=100\%$) с параллельным включением в схему. В этом случае при максимальном расходе в работу включаются оба клапана и расчетный расход для каждого из них составит $V_{\max}^{80}=V_{\max}^{100}/2=21\,500\text{ м}^3/\text{ч}$. При минимальном расходе будет включен только один клапан, что позволит повысить устойчивость его работы на этом режиме. Так как все параметры газа остаются неизменными, то действительная пропускная способность клапанов $D_y\,80$ и 100 будет различаться только соотношением значений K_{vy} (табл. 2.10):

$$V_d^{80} = (K_{vy}^{80}/K_{vy}^{100}) V_{\max}^{100} = 160 : 250 \cdot 55\,000 = 35\,700\text{ м}^3/\text{ч};$$

$$(V_{\max}^{80}/V_d^{80}) \cdot 100 = 21\,500 : 35\,700 \cdot 100 = 60,2\%;$$

$$(V_{\min}/V_d^{80}) \cdot 100 = 3500 : 35\,700 \cdot 100 = 9,8\%.$$

Следует отметить, что численное значение K_{vy} клапана $D_y\,80$ при $K_{vy}=100\%$ равно значению K_{vy} клапана $D_y\,100$ при $K_{vy}=60\%$ (табл. 2.10). Следовательно, если расход газа потребителями в перспективе увеличиться не будет, то целесообразно принять к установке два клапана $D_y\,80$ с $K_{vy}=100\%$; если расход газа будет возрастать, то можно использовать два клапана $D_y\,100$ с $K_{vy}=60\%$ с последующей их заменой на клапаны $D_y\,100$ с $K_{vy}=100\%$.

Теперь в соответствии с технологическими требованиями производства следует выбрать тип клапана (НО или НЗ) и его исполнение (чугунный или стальной корпус) в соответствии с § 2.3, а также определить наиболее целесообразную для конкретных условий объекта пропускную характеристику (п. 2.6.2).

Пример 2.4. В действующих ГРП установлен регулятор РДС-100. В связи с расширением производства расход газа возрастает. Требуется проверить возможность сохранения регулятора при следующих условиях: $V_{\max}=4500\text{ м}^3/\text{ч}$; $V_{\min}=700\text{ м}^3/\text{ч}$; $p_1=6\text{ кгс/см}^2$; $p_2=300\text{ кгс/м}^2$; $\rho_0=0,82\text{ кг/м}^3$; $K=1,31$.

Определим абсолютные значения p_1 и p_2 , а также их отношение и перепад давления в регуляторе: $p_1=1,033+6=7,033\text{ кгс/см}^2$; $p_2=1,033+0,03=1,063\text{ кгс/см}^2$; $\Delta p=p_1-p_2=7,033-1,063=5,97\text{ кгс/см}^2$; $p_2/p_1=1,063:7,033=0,15<\beta_{кр}=0,544$ (табл. 2.12).

Для определения действительной пропускной способности регулятора при $p_2/p_1<\beta_{кр}$ воспользуемся формулой (2.30) и данными табл. 2.8 [можно

также использовать данные табл. 2.14, введя только поправку на плотность по формуле (2.28)]:

$$V_d = 50 p_1 V_{\Pi} \sqrt{\frac{\rho_{\Pi}}{\rho \Delta p_{\Pi} p_{2\Pi}}} = 50 \cdot 7,033 \cdot 595 \sqrt{\frac{0,73}{0,82 \cdot 1000 \cdot 1,043}} = 6070 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$(V_{\max}/V_d) \cdot 100 = 4500 : 6070 \cdot 100 = 74\%;$$

$$(V_{\min}/V_d) \cdot 100 = 700 : 6070 \cdot 100 = 11,5\%.$$

Регулятор можно сохранить.

Пример 2.5. В действующем ГРП установлен регулятор РДС-150 с пилотом КН2. Потребители переводятся на использование газа среднего давления $p_2=2,3$ кгс/см² с заменой КН2 пилотом КВ2. Остальные параметры: $V_{\max}=9000$ м³/ч; $V_{\min}=1500$ м³/ч; $p_1=4,5$ кгс/см²; $\rho=0,82$ кг/м³; $K=1,31$. Проверить возможность сохранения регулятора.

Определим абсолютные значения p_1 и p_2 , а также их отношение и перепад давления в регуляторе: $p_1=1,033+4,5=5,533$ кгс/см²; $p_2=1,033+2,3=3,333$ кгс/см²; $\Delta p=p_1-p_2=2,2$ кгс/см²; $p_2/p_1=3,333:5,533=0,62 > \beta_{кр}=0,544$ (табл. 2.12).

Действительная пропускная способность регулятора при $p_2/p_1 > \beta_{кр}$ по формуле (2.29) и данным табл. 2.8:

$$V_d = V_{\Pi} \sqrt{\frac{\Delta p \rho_{\Pi} p_2}{\rho p_{\Pi} p_{2\Pi}}} = 1550 \sqrt{\frac{22\,000 \cdot 0,73 \cdot 3,333}{1000 \cdot 0,82 \cdot 1,043}} = 12\,260 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$(V_{\max}/V_d) \cdot 100 = 9000 : 12260 \cdot 100 = 73,4\%;$$

$$(V_{\min}/V_d) \cdot 100 = 1500 : 12260 \cdot 100 = 12,2\%.$$

Регулятор можно сохранить.

Глава 3

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ЗАПОРНЫЕ КЛАПАНЫ

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. НАЗНАЧЕНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ

Предохранительные запорные клапаны (ПЗК) предназначены для автоматического прекращения подачи газа к потребителям в случае повышения или понижения его давления в контролируемой точке ГРП (ГРУ) сверх заданных пределов. Чрезмерное повышение давления газа после регулятора может привести к отрыву пламени у газовых горелок, нарушению герметичности и появлению утечек газа в соединениях газопроводов и арматуры, выходу из строя КИП и т. д. Значительное понижение давления газа чревато возможностью проскока пламени в горелки некоторых конструкций или погасания у них пламени. Прекращение горения газа может привести к образованию взрывоопасной газозооушной смеси в топках и газозоодах газифицированных агрегатов и в помещениях котельных, цехов, жилых и коммунально-бытовых зданий.

Котлы и промышленные агрегаты, работающие на газовом топливе, как правило, оборудованы автоматикой безопасности, прекращающей поступление к ним газа при чрезмерном повышении или понижении давления газа, а также погасании пламени. Поэтому особое внимание должно быть уделено безопасной работе бытовых газовых приборов. Так, при понижении давления в системе газоснабжения населенного пункта главная опасность исходит из наиболее распространенных приборов — газовых плит, горелки которых (конфорочные и духовых шкафов) не имеют защитных устройств, прекращающих подачу к ним газа при погасании пламени. По данным Гипрогаза при давлении природного газа перед соплом горелки бытовой плиты ниже $15\text{--}20\text{ кгс/м}^2$ возможно задувание пламени потоками воздуха внутри помещения, а при давлении $20\text{--}25\text{ кгс/м}^2$ перед плитой и прикрытых краниках горелок пламя гаснет, и, значит, давление газа перед плитой не должно опускаться ниже 25 кгс/м^2 . С другой стороны, через ГРП обычно питаются газом сотни или тысячи бытовых приборов, и прекращение подачи газа к ним, даже кратковременное, а затем возобновление может привести к несчастным случаям. Следовательно, полное отсутствие газа в газопроводах низкого давления, снабжающих газом бытовых потребителей, недопустимо даже на короткое время. Таким образом, срабатывание ПЗК в ГРП, питающих

газом бытовых потребителей, следует рассматривать как чрезвычайное происшествие, и в таких ГРП целесообразно устройство сигнализации для принятия своевременных мер по нормализации давления в контролируемой точке.

Тем более недопустимо самопроизвольное включение (открытие) ПЗК после его срабатывания (закрытия), вызванного резким понижением или повышением давления в газопроводе, так как при этом начнется поступление газа через погасшие горелки в помещения, топки и газоходы агрегатов. Следовательно, до включения ПЗК для подачи газа потребителям необходимо обнаружить и устранить причины, вызвавшие его срабатывание, а также убедиться в том, что перед всеми горелками и агрегатами закрыты запорные устройства. Поэтому включение ПЗК производится не автоматически, а только вручную.

Согласно СНиП II—37—76, нормы герметичности ПЗК должны соответствовать классу 1, а погрешность его срабатывания составлять не более $\pm 5\%$ от заданного контролируемого давления. Все типы ПЗК монтируют на газопроводе по ходу газа до регулятора давления, а импульс выходного давления подводят к мембранной камере ПЗК от контролируемой точки газопровода после регулятора. При этом монтаж производят на горизонтальном участке газопровода так, чтобы мембрана клапана занимала строго горизонтальное положение. Исключение составляет ПЗК-40М, который можно устанавливать в любом положении. Рабочий и контролируемый газы для всех ПЗК, кроме ПЗК-40М, могут быть различными. Так как ПЗК, как правило, имеет вентильный корпус, то коэффициент местного сопротивления для него можно принять $\xi=6$. Тогда в зависимости от условного диаметра ПЗК потери давления в нем можно принимать как потери на прямом участке газопровода того же диаметра длиной $l=6l_0$ (где l_0 — эквивалентная длина местного сопротивления данного диаметра).

Расчетную длину l в зависимости от условного диаметра ПЗК и соответствующей ему эквивалентной длины можно принимать следующую:

D_y , мм	32	40	50	80	100	150	200	300
l_0 , м	1,4	1,6	2,3	3,9	5,0	8,7	13,0	22,0
l , м	8,4	9,6	13,8	23,4	30,0	52,2	78,0	132,0

На промышленных предприятиях, где по условиям производства не допускается перерыв в подаче газа, вместо ПЗК предусматривают устройство сигнализации о повышении и снижении давления газа сверх установленных пределов.

ПЗК часто используют в качестве исполнительного механизма автоматики безопасности, прекращающего поступление газа к горелкам агрегата при отклонении любого из контролируемых параметров за заданные пределы. При этом ПЗК

Основные характеристики предохранительных запорных клапанов

Наименование	Шифр, тип, чертеж	Давление на входе, кгс/см ² , не более	Предел настройки контролируемого давления, кгс/см ²	
			нижний	верхний
Предохранительный клапан (для ГРП с выходным низким давлением)	ПК-80 ПК-100 ПК-150 ПК-200 ПК-300	12	0,004—0,006	0,036—0,1
Предохранительный клапан (для ГРП с выходным средним давлением)	ПК-80 ПК-100 ПК-150 ПК-200 ПК-300	12	0,015—0,03	0,1—1,5
Предохранительный запорный клапан	ПЗКн-32 ПЗКн-50-III ПЗКс-50	6	0,003—0,005 0,003—0,005 0,015—0,03	0,02—0,04 0,02—0,04 0,1—1,5
	ПКН-50 ПКН-100 ПКН-200	12	0,003—0,03	0,02—0,6
	ПКВ-50 ПКВ-100 ПКВ-200		0,03—0,3	0,3—6,0
Запорный клапан	КПН-50 КПН-100	12	0,003—0,03	0,02—0,7
	КПВ-50 КПВ-100		0,03—0,2	0,3—7,2
Предохранительный клапан-отсекатель	ПКК-40МН ПКК-40МС	6	См. прим. 2	0,015—0,05 0,05—0,6
Импульсное реле	П117.00	6	0,01—0,2	—

Примечания. 1. Число после шифра (типа) клапана — условный диаметр, мм. 2. Клапан ПКК-40М закрывается при понижении входного давления или перепаде давления на клапане до 0,1—0,15 кгс/см². 3. Импульсное реле П117.00 поставляется только к клапану ПКК-40М в комплекте шкафных ГРП типа ШРУ. 4. Диапазон настройки верхнего предела ПКВ ПО «Моспромстроймеханизация» 0,3—6,5 кгс/см². 5. ПЗК типа ПК, ПЗКн и ПЗКс сняты с производства.

обычно дополнительно комплектуют электромагнитным устройством, к которому подаются сигналы от датчиков, установленных в контролируемых точках.

Основные технические характеристики ПЗК приведены в табл. 3.1, в которую включены ПЗК, серийно выпускаемые, намеченные к производству в ближайшее время и уже не изготавливаемые, но широко применяемые до сих пор.

3.2. УСТРОЙСТВО ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЗАПОРНЫХ КЛАПАНОВ

Конструкция любого ПЗК, применяемого в ГРП (ГРУ), должна обеспечивать автоматическое прекращение подачи газа к потребителям при повышении или понижении его давления в контролируемой точке сверх заданных пределов. Включение ПЗК производится только вручную обслуживающим персоналом после устранения причин, вызвавших его срабатывание. ПЗК имеет вентильный корпус с седлом постоянного размера, которое при срабатывании плотно перекрывается тарельчатым плунжером с мягкой резиновой прокладкой. При рабочем (открытом) состоянии ПЗК плунжер поднят в крайнее верхнее положение. Повышение или понижение контролируемого давления сверх заданных пределов ведет к перемещению мембраны в мембранной коробке клапана или в его командном приборе и, как следствие, к посадке плунжера на седло и прекращению прохода газа.

3.2.1. Клапаны ПК

Клапаны ПК (рис. 3.1, табл. 3.1 и 3.2) в настоящее время не изготавливаются, но в эксплуатации их находится много.

В корпусе 1 вентильной формы передвигается подвешенный к штоку 3 тарельчатый плунжер 2 с мягкой резиновой прокладкой. При посадке плунжера на седло подача газа к потребителям прекращается. Для открытия клапана вручную поднимают продетый в прорезь штока 3 рычаг 5, который вводят в зацепление с защелкой 6 на рычаге 4. Импульс давления после регулятора подается в подмембранную полость мембранной коробки. При наличии в газопроводе давления в заданных пределах мембрана 7 находится в приподнятом положении и через посредство промежуточного штока удерживает рычаг с защелкой 11 в горизонтальном положении. Эта же защелка удерживает от падения приподнятый вручную ударник 12. На промежуточный шток, соединенный с мембраной, воздействуют грузы 10, которыми производят первоначальную настройку клапана на срабатывание при падении давления газа ниже допустимого, и грузы 9 для последующей настройки на срабатывание при чрезмерном повышении давления газа.

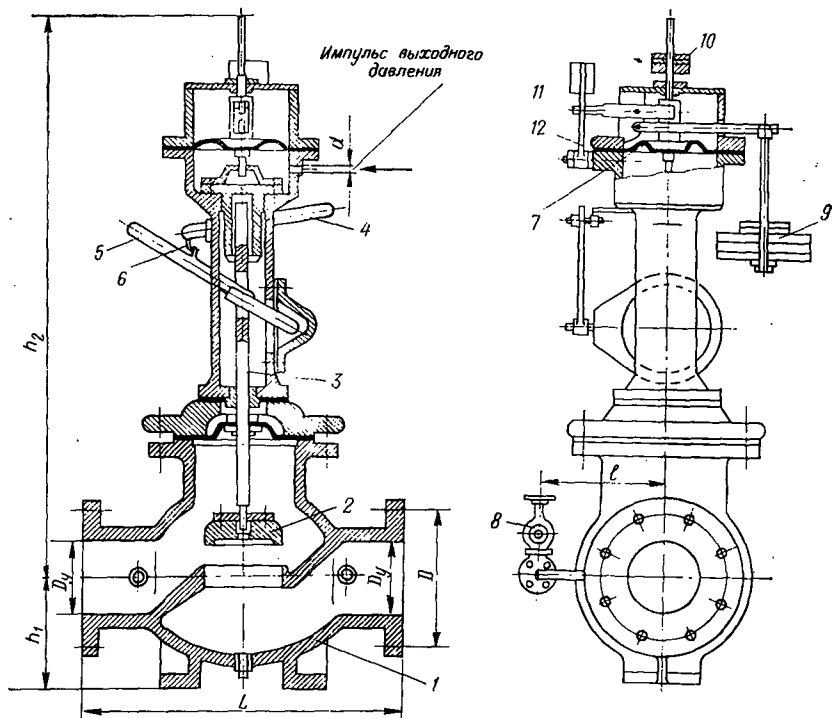


Рис. 3.1. Предохранительный запорный клапан ПК.

Таблица 3.2
Основные размеры и масса клапанов типа ПК и ПЗК (рис. 3.1)

Клапан	Размеры, мм						Масса, кг
	L	h_1	h_2	l	D	d	
ПК-80	310	98	738	—	160	1M16×1,5	104
ПК-100	350	100	770	—	180	1M16×1,5	125
ПК-150	480	180	692	227	240	1M16×1,5	146
ПК-200	660	250	934	323	295	1M16×1,5	348
ПК-300	950	350	1210	395	400	1M16×1,5	778
ПЗКн-32	140	35	382	—	—	3/8"	12,6
ПЗКд-50-111	200	50	355	—	—	3/8	14,5
ПЗКс-50	200	50	360	—	—	3/8	9,7

Примечание. Число в обозначении клапана—условный диаметр, мм.

Если давление газа в газопроводе и под мембраной 7 понижается, то последняя под действием грузов 10 опускается, и по достижении давлением заданного значения защелка 11, приподнимаясь вверх, освобождает ударник 12. Ударник, падая

и ударяя по рычагу 4, освобождает рычаг 5 в защелке 6. Плунжер 2 под действием веса движущихся частей опускается и прекращает проход газа. Чем больший вес имеют грузы 10, тем при большем давлении газа срабатывает клапан.

Рычаг, на котором подвешены грузы 9, опирается на стенку мембранной коробки. При повышении под мембраной 7 давления газа, уравновешенного грузами 9, мембрана начинает подниматься. Если усилие, которое передается на промежуточный шток от давления газа на мембрану, превысит вес грузов 9, то этот шток приподнимется, защелка 11 опустится и освободит ударник 12. Дальнейшее срабатывание клапана происходит так же, как и при понижении давления в газопроводе. Чем больше вес грузов 9, тем при большем давлении газа в газопроводе срабатывает клапан.

Без грузов 10 клапан срабатывает при давлении газа под мембраной 40, без грузов 9 — 360 кгс/м^2 . Максимальное давление срабатывания, которого можно достигнуть с помощью грузов 9, составляет 1000 кгс/м^2 . При большем давлении настройки грузы 9 заменяют пружиной, работающей на растяжение, а настройку производят винтовой стяжкой.

Для уменьшения усилия открытия на клапанах большого размера предусмотрен обвод с вентилем 8, открытие которого позволяет выравнивать давление до и после клапана. При нормальной эксплуатации независимо от того, открыт или закрыт ПЗК, вентиль 8 должен быть всегда закрыт.

Аналогично клапанам ПК устроены и работают предохранительные запорные клапаны типов ПЗКн и ПЗКс (табл. 3.1 и 3.2).

В работе клапанов ПК наблюдаются следующие неполадки.

1. Клапан при закрытии пропускает газ. Причины: попадание под плунжер механических примесей, наличие на поверхности плунжера или седла раковин, царапин и т. д. Плунжер и седло следует прочистить, а при необходимости произвести притирку.

2. Плунжер с трудом поднимается, при освобождении рычагов опускается медленно или совсем не опускается. Причины: заедание в шарнирах или штоке рычага, сильно затянут сальник на оси рычага. Следует проверить натяжение сальника или, если дело не в нем, отремонтировать плунжер.

3. Разрыв мембраны. Давление под ней понизится, и клапан, настроенный на отключение при понижении давления, прекратит подачу газа. Мембрану необходимо заменить.

4. Клапан срабатывает на закрытие при исправном регуляторе. Причины: неправильное зацепление между рычагом мембраны и молоточком, подработались концы зацепляющего устройства (слишком слабое зацепление). Клапан мог сработать от сотрясения, случайного толчка. Следует обеспечить надежное зацепление. Клапан не должен подвергаться действию сотрясений и толчков.

3.2.2. Клапаны ПКН и ПКВ

Клапаны ПКН и ПКВ (рис. 3.2, табл. 3.1 и 3.3) получили наибольшее распространение; присоединительные размеры фланцев — на $p_y = 16$ кгс/см².

Клапан ПКВ отличается от ПКН более сильной пружиной, наличием дополнительного диска, уменьшающего эффективную площадь мембраны, и отсутствием тарелки мембраны. Это позволяет настраивать ПКВ на более высокие давления срабатывания, чем ПКН.

Прекращение поступления газа происходит при посадке на седло в вентильном корпусе плунжера 1, который через промежуточный шток соединен с рычагом 3. Когда плунжер 1 и соединенный с его штоком рычаг 3 подняты, штифт 4 рычага 3 сцеплен с крючком анкерного рычага 5. Ударник 7 своим нижним концом упирается в выступ анкерного рычага. Для того чтобы ударник удерживался в вертикальном положении, его штифт 14 сцепляется с выступом на конце коромысла 15. Это сцепление возможно только в случае, если давление газа под мембраной 13 находится в пределах настройки. Подмембранная полость клапана соединяется с контролируемой точкой на газопроводе после регулятора через штуцер 6.

Настройку клапана на срабатывание при повышении давления производят изменением сжатия пружины 9 при вращении регулировочной втулки 8. Внизу пружина 9 через тарелку 11 упирается в выступ крышки 12. Если под мембраной 13 давление газа возрастет больше заданного предела, то усилие, передаваемое через мембрану на шток 10, превысит усилие, создаваемое пружиной 9. Шток 10 вместе с левым концом коромысла 15 поднимется, и штифт 14 ударника 7 выйдет из зацепления с коромыслом 15. Падая, ударник повернет анкерный рычаг 5 и выведет из зацепления рычаг 3. Под действием веса груза рычага 3, плунжера 1 и других движущихся частей плунжер перекроет проход газа.

В торцевое углубление регулировочного винта 16 опирается своим острием шпилька, на резьбовую часть которой накрута гайка 17, служащая опорой малой пружины 18. Эта пружина определяет настройку клапана на срабатывание при уменьшении давления, которую производят вращением шпильки, перемещающей гайку 17. При уменьшении давления газа под мембраной 13 ниже допустимых пределов она вместе со штоком 10 под действием малой пружины 18 опускается вниз и, отводя правый конец коромысла 15, освобождает ударник 7. Клапан закрывается так же, как и при повышении давления.

Для выравнивания давления до и после запорного органа служит отверстие 2 в плунжере 1. При подъеме плунжера с помощью рычага 3 сначала немного поднимается шток и открывает отверстие 2; а затем, если перепад давления между полостями достаточно уменьшился и усилия обслуживающего лица

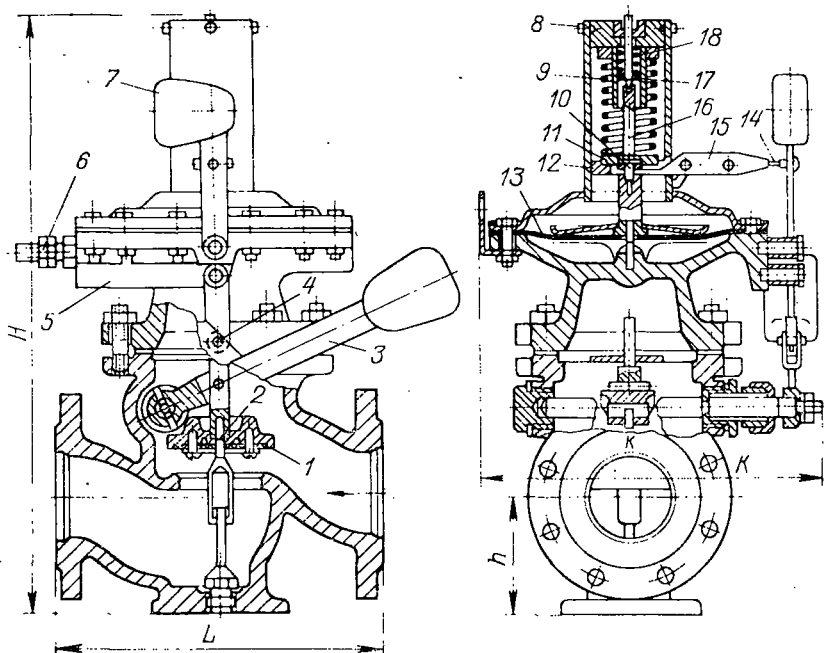


Рис. 3.2. Предохранительный запорный клапан ПКН (ПКВ).

Таблица 3.3

Основные размеры и масса клапанов типа ПКН и ПКВ
(рис. 3.2)

Характеристики	Условный проход, мм			
	50	80	100	200
Размеры, мм:				
L	230	310	350	600
H	476	615	590	725
h	80	113		190
K	305	313		390
Масса, кг	32	52	54	141

Примечания. 1. Производство клапанов Ду80 прекращено. 2. Размеры и масса клапанов приведены по данным саратовского завода «Газаппарат».

достаточно, поднимается плунжер 1. Когда клапан закрывается, в первую очередь садится на седло плунжер 1, а затем закрывается отверстие 2, плотность запираения которого обеспечивается весом груза рычага 3.

Настройку ПКН (ПКВ) производят сначала на срабатывание при уменьшении контролируемого давления ниже заданного значения (настройка на нижний предел), а затем при увеличении его выше расчетного значения (настройка на верхний

предел). Настройку на нижний предел ведут в такой последовательности:

--- ввертывают регулировочную втулку 8, чтобы пружина 9 оказалась в сжатом состоянии;

— вращают шпильку против часовой стрелки, с тем чтобы разгрузить пружину 18;

--- устанавливают ударник 7 вертикально вверх и вводят его штифт в зацепление с коромыслом 15;

— в подмембранной полости клапана создают давление, равное заданному нижнему значению настройки в пределах, кгс/см²: 0,003—0,03 для ПКН и 0,03—0,3 для ПКВ;

— медленно вворачивают шпильку, постепенно сжимая пружину 18, до тех пор пока правый конец коромысла 15 не поднимется вверх настолько, чтобы штифт 14 ударника вышел из зацепления с коромыслом и ударник мог свободно падать;

--- в подмембранной полости клапана создают давление, несколько большее ранее установленного, поднимают и устанавливают ударник в вертикальном положении, сцепляя его штифт с коромыслом. Медленно снижая давление в подмембранной полости, фиксируют давление, при котором ударник выходит из зацепления с коромыслом и падает. Это давление должно соответствовать заданному нижнему значению настройки.

Последовательность операций по настройке клапана на верхний предел срабатывания такая:

— убеждаются, что регулировочная втулка 8 ввернута и пружина 18 полностью сжата;

— устанавливают ударник 7 вертикально вверх и зацепляют штифт с коромыслом;

--- в подмембранной полости создают давление, равное заданному верхнему значению настройки в пределах, кгс/см²: 0,01—0,6 для ПКН и 0,3—6,0 для ПКВ;

— медленно вывертывают регулировочную втулку 8, постепенно разгружая пружину 9, до тех пор пока правый конец коромысла 15 не опустится вниз настолько, что штифт 14 ударника выйдет из зацепления с коромыслом и ударник может свободно падать;

— в подмембранной полости несколько уменьшают давление, поднимают и устанавливают в вертикальное положение ударник, сцепляя его штифт с коромыслом. Медленно повышая давление в подмембранной полости, фиксируют давление, при котором ударник выходит из зацепления с коромыслом и падает. Это давление должно соответствовать заданному верхнему пределу настройки.

В заводском исполнении рычаг подъема плунжера расположен слева по ходу газа. Если в конкретных условиях такое расположение рычага неудобно, то его можно перемонтировать на месте в соответствии с инструкцией по эксплуатации. После перемонтажа должна быть проверена надежность сцепления рычага с анкером и выбивания анкера молотком, герметич-

ность всех соединений клапана воздухом при давлении 12 кгс/см². Подмембранная полость головки должна быть проверена на герметичность при давлении, кгс/см²: 1 — для ПКН; 6,5 — для ПКВ. Ниппель мембранной головки имеет накидную гайку для присоединения импульсной трубки. В некоторых исполнениях ПКН (ПКВ) импульсную трубку приваривают к ниппелю, который в свою очередь присоединят к штуцеру 6 накидной гайкой.

К наиболее часто встречающимся неисправностям относят трудность фиксирования в рабочем вертикальном положении штифта 14 ударника 7 с выступом коромысла 15 по причине засорения импульсной трубки, повреждения мембраны или изменения характеристики пружин настройки. Устраняется это прочисткой импульсной трубки, уплотнением мест защемления мембраны или заменой последней, а также изменением сжатия настроечных пружин. Если обнаруживается неплотность закрытого клапана, то следует проверить чистоту кромок седла, а также сменить уплотнительную прокладку на торце тарельчатого плунжера, которая должна быть изготовлена из мягкой маслостойкой резины марки А (по ГОСТ 7338-77). При этом наружный край прокладки должен иметь скос под углом 15° по форме расточки плунжера.

В процессе эксплуатации клапан подвергают осмотру не реже 2 раз в год, проверяя правильность срабатывания в установленных пределах давления, легкость вращения ударника и анкерного рычага (при необходимости их оси очищают и смазывают), свободу вращения поворотного вала грузового рычага 3 и отсутствие утечки в сальнике вала, свободу перемещения плунжера в направляющих (смазка направляющих во избежание оседания пыли не допускается), чистоту кромок седла и состояние уплотнительной прокладки на плунжере.

При монтаже клапан ПКН (ПКВ) до соединения с трубопроводом должен устанавливаться нижним выступом корпуса на специальную подставку или кронштейн.

3.2.3. Клапан ПКК-40М и импульсное реле

Клапан ПКК-40М (рис. 3.3, табл. 3.1) имеет две модификации, характеризующиеся давлением настройки на срабатывание (закрытие) при повышении давления в контролируемой точке в пределах, кгс/м²: от 150 до 500 — ПКК-40МН (настроечная пружина низкого давления 11 изготовлена из проволоки Ø 2 мм) и от 500 до 6000 — ПКК-40МС (пружина среднего давления из проволоки Ø 4 мм). Независимо от модификации ПКК-40М прекращает проход газа при уменьшении давления до клапана или перепада давления на клапане ниже 1000--1500 кгс/м². Масса клапана ~4,5 кг.

ПКК-40М имеет муфтовый корпус 1 вентильного типа, промежуточное кольцо 7, крышку 9 и регулировочный стакан 10.

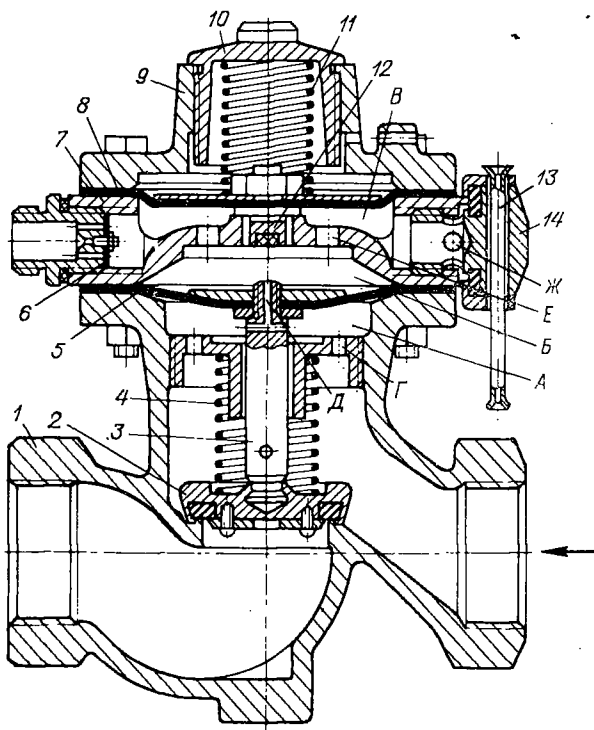


Рис. 3.3. Предохранительный клапан-отсекатель ПКК-40М.

Между корпусом 1 и промежуточным кольцом зажата нижняя мембрана 5, которая жестко связана с штоком 3 основного запорного одностарельчатого плунжера 2. Плунжер в нижнем своем положении перекрывает проход газа через клапан, прижимаясь к седлу корпуса усилием пружины 4, весом движущихся частей и, кроме того, входным давлением газа.

Между промежуточным кольцом и крышкой зажата верхняя мембрана 8, с центральной частью которой жестко закреплена пробка 12. Верхняя мембрана и пробка отжимаются вниз настроечной пружины 11.

Когда плунжер 2 мягкой прокладкой прижат к седлу и проход газа отсутствует, входное давление газа поддерживается также в камерах А, Б и В, так как они соединены между собой отверстиями Г, Д и Е.

Чтобы клапан открылся, следует с помощью ручки 13 отвернуть пробку 14 настолько, чтобы через отверстие Ж соединить камеру В с атмосферой. Так как площадь каждого из отверстий Е и Ж намного больше площади отверстия сопла Д, то давление в камерах Б и В падает и нижняя мембрана 5 под действием входного давления поднимается вверх до тех пор, пока сопло Д не упрется в резиновую пробку 12. Вместе с мем-

браной 5 поднимается вверх шток 3 и плунжер 2, открывая проход газа. При этом сопло Д оказывается перекрытым, а камеры Б и В разобщенными с входной полостью клапана.

Через обратный клапан 6 в камеру В поступает импульс выходного давления в газопроводе, и после ввертывания на место пробки 14 в камере В устанавливается такое же давление, что и в контролируемой точке.

На срабатывание при заданном выходном давлении после регулятора клапан настраивают пружиной 11 с помощью стакана 10. При увеличении давления газа в камере В выше заданного усилие, действующее на мембрану 8 снизу, преодолевает силу пружины и мембрана поднимается вверх, открывая сопло Д. Камера Б через отверстия Г и Д соединяется с входным патрубком корпуса, давление по обе стороны мембраны 5 выравнивается, и плунжер 2 перекрывает проход газа к регулятору.

Обратный клапан 6 не позволяет перетекать газу из камеры В через импульсный трубопровод в газопровод после регулятора.

Если разность давлений газа под мембраной 5 и над ней станет меньше 1000—1500 кгс/м², то усилие, создаваемое им снизу на мембрану 5, окажется недостаточным для сжатия пружины 4, мембрана вместе со штоком и плунжером опустится и перекроет проход газа. При этом сопло Д отойдет от пробки 12 и откроет его вертикальное отверстие. Клапан вновь может быть включен только вручную после устранения причин, вызвавших срабатывание.

Клапан ПКК-40М можно использовать в качестве устройства для дистанционного или автоматического включения. В этом случае вместо пусковой пробки 14 к резьбовому отверстию (1/2") подсоединяют трубопровод с краном. При этом трубопровод и проходное сечение пускового устройства должны обеспечивать пропускную способность не менее 12 м³/ч при общих потерях давления не более 100 на низком и не более 400 кгс/м² на среднем контролируемом давлении.

При настройке клапана следует иметь в виду, что один оборот регулировочного стакана изменяет давление примерно на 300 кгс/м² с пружиной среднего давления и на 20 кгс/м² с пружиной низкого давления.

Один раз в квартал в процессе эксплуатации клапан должен быть проверен на срабатывание путем повышения контролируемого давления.

В эксплуатационных условиях могут наблюдаться следующие неисправности клапана.

1. Запорный плунжер после открытия пусковой пробки или пускового устройства не открывается. Причины: недостаточное давление перед клапаном; прорыв нижней мембраны; малый размер проходного сечения пускового устройства и соединительной линии.

2. После открытия клапана происходит самопроизвольное его закрытие, хотя давление газа в контролируемой точке не превышает давления настройки. Причины: потеря упругости резиновой пробки верхней мембраны (при глубине отпечатка сопла D на торце резинового уплотнения более 0,5—1,0 мм пробку следует заменить новой из маслбензостойкой резины толщиной 5 мм); прилипание диафрагмы к торцу корпуса обратного клапана; прорыв нижней мембраны; недостаточное давление газа перед клапаном.

3. При повышении контролируемого давления сверх установленного клапан не закрывается. Причины: разрыв верхней мембраны; засорение отверстий сопла D (диаметр верхнего отверстия равен 1,2 мм); прилипание резиновой пробки верхней мембраны к соплу; неплотное закрытие пусковой пробки или пускового устройства.

Если ПҚК-40М применяют в ГРП объекта, где необходимо прекращение подачи газа потребителям не только при повышении, но и при понижении давления сверх установленных пределов, то его комплектуют с импульсным реле П117 (рис. 3.4, табл. 3.1) конструкции Промэнергогаза (им укомплектованы все шкафные ГРП типа ШРУ — гл. 9).

Импульсное реле состоит из корпуса 6 и крышки 9, между которыми зажата эластичная мембрана 7. В нижней полости корпуса расположен плунжер 3 с мягкой прокладкой в центре, который пружиной 2 прижимается к седлу. Жестко соединенный с плунжером шток 4 проходит через внутреннюю полость седла и верхним концом упирается в нижний диск мембраны. Сверху на мембрану через верхний диск воздействует усилие сжатой пружины 8, которое регулируется вращением стакана 10.

Импульс контролируемого давления p_k подается одновременно в два горизонтальных штуцера 5 (p_k') и 11 (p_k''). При этом $p_k = p_k' = p_k''$. Третий горизонтальный штуцер 12 (p_k''') соединительной трубкой сообщается с камерой B клапана ПҚК-40М (см. выше). Цилиндрические сверления в теле корпуса, продолжающие внутренние полости штуцеров 5 и 12, соединяются в центре (полость B), и, следовательно, всегда $p_k' = p_k'' = p_k'''$. Нижний штуцер 1 ($p_{вх}$) сообщается с газопроводом до регулятора, и поэтому в полости C поддерживается давление $p_{вх}$, равное входному давлению в ГРП.

Работает импульсное реле следующим образом. Давление p_k' в контролируемой точке газопровода равно давлению в камере B клапана ПҚК-40М, так как передается в нее через штуцер 5, полость B и штуцер 12. Такое же давление p_k'' подается в подмембранную полость A реле. Если давление в контролируемой точке превысит заданные пределы, то такое же давление образуется в камере B клапана ПҚК-40М, оно превысит усилие, создаваемое настроечной пружиной клапана, и последний сработает (прекратит подачу газа), как это описано

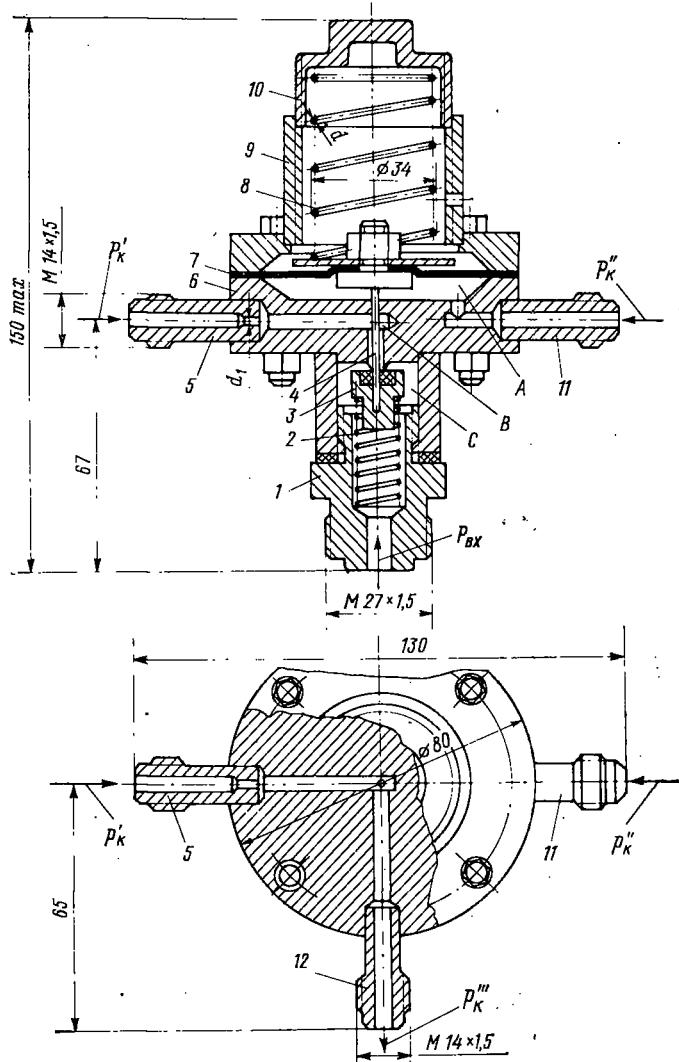


Рис. 3.4. Импульсное реле.

выше. Изменение положения мембраны 7 за счет повышения давления под ней не отразится на положении плунжера 3, прижатого к седлу. Таким образом, при повышении давления в газопроводе импульсное реле выполняет только функции участка импульсного трубопровода. Если давление в контролируемой точке уменьшается и оказывается ниже допустимого значения, то снижается и давление p_k'' в полости А. Под воздействием пружины 8 мембрана опускается, нижний диск мембраны отжимает вниз шток 4 и связанный с ним плунжер 3. Входное

давление $p_{вх}$ из полости C через открывшееся седло поступит в полость B , а из нее через штуцер 12 в камеру B ПКК-40М, который сработает так же, как и при повышении контролируемого давления.

Масса реле 1,85 кг, максимальное входное давление 6 кгс/см². Диапазон настройки на понижение давления, диаметры проволоки d , пружины и дроссельного отверстия d_1 в штуцере 5 в зависимости от типа ПРУ принимают следующими:

Тип ГРП	Диапазон настройки, кгс.см ²	d , мм	d_1 , мм
ПРУ-2с, -3с	0,05—0,2	2,5	1,0
ПРУ-2н, -3н	0,01—0,05	1,6	6,0

3.2.4. Клапаны КПН и КПВ

Клапаны КПН и КПВ (рис. 3.5, табл. 3.1) разработаны Мосгазниипроектом (конструкция Ф. Ф. Казанцева) для постепенной замены ими клапанов ПКН и ПКВ. Максимальная пропускная способность при $p_1=12$ кгс/см² ($\rho=0,72$ кг/м³) для КПН(В)-50 — 5800, для КПН(В)-100 — 18 500 м³/ч; присоединительные размеры фланцев — на $p_y=16$ кгс/см². Температура окружающей среды допускается от -30 до $+60$ °С при условии, что относительная влажность транспортируемого газа при расчетной температуре будет меньше 1, что исключит выпадение конденсата и обмерзание седла и плунжера. Масса КПН(В)-50 — 27, КПН(В)-100 — 45 кг.

Основные конструктивные особенности клапанов КПН и КПВ — наличие командного прибора 20 , использование усилия сжатой пружины 8 для прижатия запорного плунжера к седлу, применение оригинальной системы передачи импульса движения от мембраны командного прибора к запорному плунжеру клапана.

Клапаны КПВ в отличие от ПКВ можно настраивать на срабатывание при повышении давления в контролируемой точке до 7,2 кгс/см² и, следовательно, поддерживать при необходимости в газопроводах давление до $7,2:1,25=5,75$ кгс/см², т. е. близкое к 6 кгс/см².

В корпусе 7 вентильного типа расположено седло 1 , которое при срабатывании клапана перекрывается плунжером 5 с мягкой уплотнительной прокладкой 3 . Плунжер, свободно подвешенный на головке 4 штока 6 , имеет в центре отверстие 2 , которое совместно с головкой выполняет функции перепускного клапана, как и у клапанов ПКН(В). Если клапан работал и плунжер прижат к седлу, то при высоком входном давлении требуется слишком большая сила для преодоления со-

вместного усилия пружины 8 и давления газа на плунжер сверху и подъема последнего. Поэтому в первый момент на 1—2 мм поднимают практически разгруженный от давления шток с головкой (при этом сжатие пружины почти не меняется), открывая перепускное отверстие 2, через которое газ заполняет ограниченный объем газопровода после КПН(В). Давление под и над плунжером выравнивается, и создаются условия для подъема плунжера в крайнее верхнее положение.

Шток свободно (без смазки) перемещается в двух направляющих втулках 9 и 14 и с помощью штифта 13 соединяется с вильчатым рычагом 12, жестко (болтом) закрепленным на валу 11. Для контроля и точного расположения штифта перпендикулярно к продольной оси клапана служит шлиц 15 на верхнем торце штока, доступ к которому открывается при вывертывании пробки 16. На конце вала, выходящем через сальник в стенке головки 10 клапана наружу, укреплен рычаг 17, в который ввернута проушина 18. С проушиной соединен двухзвенный складывающийся рычаг 19, нижнее звено 21 которого соединено с проушиной 22, ввернутой во втулку 23 кронштейна 24, укрепленного на головке 10. Обе проушины свободно вращаются вокруг своих осей.

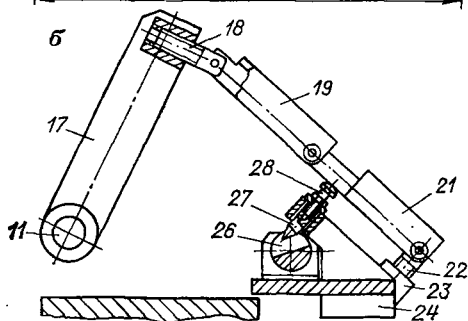
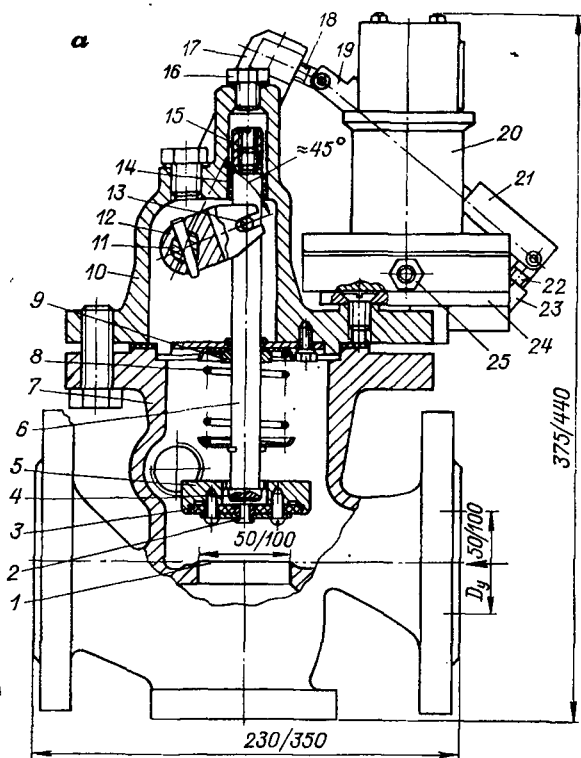
Если, как показано на рисунке, оси обоих звеньев 19 и 21 лежат на одной линии, то шток и плунжер клапана находятся в верхнем положении, а толкатель 27, головка 28 которого касается рычага 21, отжат вниз.

Подмембранное пространство командного прибора 20 через штуцер 25 и импульсную трубку $D_y=15$ мм соединяется с контролируемой точкой газопровода после регулятора. В крышке 33 командного прибора установлена шайба 35, которая при вращении стойки 32 меняет сжатие пружины 30, предназначенной для настройки на срабатывание при повышении давления. Вертикальное перемещение шайбы 35 обеспечивается направляющими 34. На шпильке 46 закреплен конец пружины 45 для настройки клапана на срабатывание при понижении давления. Натяжение пружины регулируется шайбой 42 при вращении винта 43.

В верхней части командного прибора имеются два рычага 36 и 39, вращающиеся с осями 37, закрепленными на кронштейне. Оба рычага через подпружиненный винт 38 связаны с головкой штока 31 (винт опирается на головку штока).

В командном приборе клапана ПКВ пружину 30 заменяют более сильной, а для уменьшения эффективной площади мембраны 29 между последней и крышкой 33 устанавливают дополнительное кольцо ($D_n=80$, $d_b=44$ мм) и уменьшают диаметр диска 47 с 55 до 22 мм.

Для включения клапана (подъема плунжера) усилитель командного прибора устанавливают в вертикальное положение. Усилитель имеет форму фляжка (плоского молотка), ручка 44 которого посажена жестко на ось 26, а головка 41 имеет пло-



ский штифт 40. Рычаг 17 поворачивают по часовой стрелке (на рис. 3.5, б против часовой стрелки) до упора, что свидетельствует о полном открытии седла и перепускного клапана. При этом складывающийся рычаг должен принять положение, показанное на рисунке.

Перед настройкой командного прибора при отсутствии давления в его подмембранной полости винтом 38 регулируют положение рычагов так, чтобы прорезь в загнутом вниз конце верхнего рычага 39 находила на штифт 40 усилителя на 1—1,5 мм (произошло зацепление усилителя с верхним рычагом).

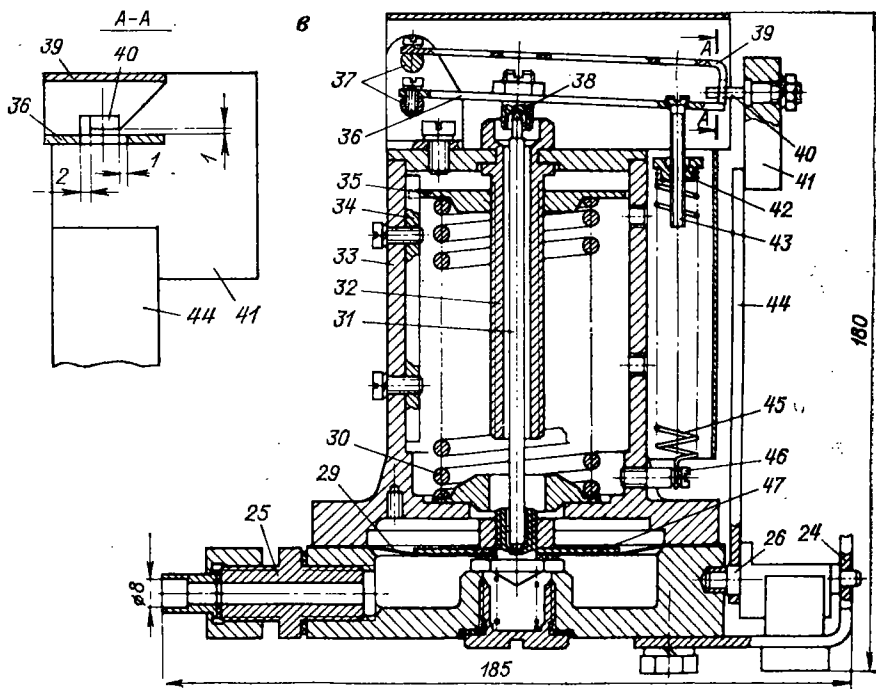


Рис. 3.5. Предохранительный запорный клапан КПН (КПВ).

При последующих подъемах усилителя после срабатывания клапана штифт 40 нажимает на скошенную кромку отогнутого вниз конца верхнего рычага и приподнимает его. При дальнейшем передвижении усилителя влево (рис. 3.5, в, вид А—А) штифт 40 оказывается под прорезью в рычаге, последний опускается и входит в зацепление с усилителем.

Настройку командного прибора производят на срабатывание сначала по нижнему, а затем по верхнему пределу. Для настройки по нижнему пределу нагружают пружину 45 заведомо больше, чем необходимо для срабатывания. Ручным насосом в подмембранную камеру накачивают воздух до заданного давления настройки. Затем медленно разгружают пружину до момента падения усилителя. Для настройки по верхнему пределу вращением стойки 32 против часовой стрелки сжимают пружину 30 сильнее, чем требуется для срабатывания. Ручным насосом в подмембранной камере создают давление воздуха, равное заданному давлению настройки. После этого медленно вращают стойку по часовой стрелке до момента падения усилителя. Правильность настройки на верхний и нижний предел проверяют 2—3 раза.

По окончании настройки к командному прибору 20 присоединяют импульсный трубопровод и открывают на нем кран. При

этом (если в контролируемой точке поддерживается расчетное давление) мембрана 29 командного прибора вместе со штоком 31 перемещается в среднее положение, верхний рычаг 39 приподнимается и выходит из зацепления со штифтом 40. Одновременно приподнимается нижний рычаг 36, и штифт 40 оказывается в прорези вилки на конце рычага (рис. 3.5, в, вид А—А). Если контролируемое давление изменится и окажется больше настройки верхнего предела или меньше нижнего предела, то нижний рычаг переместится соответственно вверх или вниз, штифт 40 выйдет из зацепления в вилке этого рычага и усилитель упадет. При этом верхний рычаг, как и в случае, когда контролируемое давление в норме, своим загнутым вниз концом опирается на нижний рычаг. При падении усилителя срез на его оси 26 перемещает толкатель 27 в верхнее положение (на 1—1,5 мм), тяги двухзвенного рычага 19—21 под воздействием пружины 8 складываются, плунжер 5 и шток 6 опускаются соответственно на седло 1 и перепускное отверстие 2. Клапан сработал, поступление газа к регулятору прекратилось.

При монтаже клапан устанавливают нижней опорной поверхностью корпуса на кронштейн или подставку. Проверку на плотность производят воздухом или азотом давлением, кгс/см²: запорного органа клапана — 12 и 0,02, места уплотнений подмембранной камеры командного прибора КПН — 0,7, КПВ — 7,2. Утечка в местах соединений не допускается.

Возможны следующие неисправности. Затвор клапана негерметичен из-за попадания твердых частиц под плунжер или износа его уплотняющей прокладки. Следует очистить плунжер и кромки седла, при необходимости сменить прокладку. Невозможность настройки командного прибора на заданное давление срабатывания из-за разрыва его мембраны, которую следует заменить.

3.3. ВЫБОР И ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЙКИ ПЗК

Номенклатура изготавливаемых в настоящее время ПЗК (табл. 3.1) фактически ограничена всего двумя типами клапанов: ПКН (ПКВ) и ПКК-40М. При их выборе необходимо учитывать следующее.

1. Клапаны ПКН и ПКВ рассчитаны на применение в ГРП (ГРУ) с входным давлением до 12 кгс/см² и могут настраиваться на срабатывание (прекращение подачи газа) при повышении и понижении выходного давления сверх заданных пределов. Это позволяет использовать их в ГРП городских и поселковых распределительных газопроводов и ГРП (ГРУ) промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий с выходным давлением до 6 кгс/см².

Здесь, однако, необходимо обратить внимание на то, что верхний предел настройки этих клапанов не превышает

6 кгс/см². Так как, согласно «Правилам безопасности в газовом хозяйстве», ПЗК должен срабатывать при превышении рабочего давления на 25 % относительно давления настройки регулятора, то максимальное давление настройки регулятора составит $6 : 1,25 = 4,75$ кгс/см². Это ограничение давления в системах газоснабжения, рассчитанных на 6 кгс/см², естественно, снижает их пропускную способность. Начало выпуска клапанов КПВ, допускающих настройку на давление 7,2 кгс/см², позволяет повысить давление в газопроводах до $7,2 : 1,25 = 5,75$ кгс/см². В остальной области применения клапанов КРН(В) и ПРН(В) аналогичны.

2. Клапаны ПКК-40М рассчитаны на применение в ГРП (ГРУ) с входным давлением до 6 кгс/см² и могут настраиваться на срабатывание только при повышении выходного давления более 0,015—0,05 кгс/см² (ПКК-40МН) или 0,05—0,6 кгс/см² (ПКК-40МС). Клапаны прекращают подачу газа также при уменьшении входного давления или перепада давления на клапане менее 0,1—0,15 кгс/см². Размер клапанов ограничен условным диаметром 40 мм. Поэтому ПКК-40М применяют в ГРП (ГРУ) с относительно небольшими расчетными расходами газа и предназначенных главным образом для питания газом потребителей, для которых не регламентируется необходимость прекращения подачи газа при уменьшении выходного давления после ГРП (ГРУ) ниже заданного.

ПКК-40М целесообразно также использовать в технологических схемах, в которых необходимо дистанционное включение клапана после его срабатывания.

Укомплектование ПКК-40М импульсным реле (табл. 3.1) позволяет производить настройку клапана на срабатывание не только при превышении заданного выходного давления, но и при его уменьшении до 0,01—0,2 кгс/см².

Рассмотрим параметры настройки ПЗК безотносительно к их конструктивным особенностям.

В соответствии с «Правилами безопасности в газовом хозяйстве», настройка ПЗК на срабатывание зависит от назначения ГРП — использования его для питания газом тупиковых или закольцованных систем газопроводов, функционирование которых отличается друг от друга. Тупиковая система получает газ от одного ГРП (ГРУ), в котором чаще всего имеются одна технологическая линия и, следовательно, только один регулятор давления, значительно реже — две или три параллельные технологические линии, расположенные в одном помещении рядом друг с другом. Число потребителей газа у тупиковых систем обычно меньше, чем у закольцованных, а единичная мощность этих потребителей может быть больше. Включение и отключение части потребителей в тупиковых системах может вызвать кратковременное, но значительное понижение или повышение давления газа в контролируемой точке даже при исправном регуляторе. Во избежание срабатывания ПЗК в случае повы-

шения давления и отключения всех потребителей его настраивают на давление несколько больше того, на которое настроено предохранительное сбросное устройство (ПСУ). Последнее стравливает небольшие избытки газа из газопровода в атмосферу, не позволяя давлению в контролируемой точке подняться до значения, при котором срабатывает ПЗК. За это время плунжер регулятора приблизится к седлу, и давление в газопроводе вновь станет равным заданному. При неисправности регулятора сброс через ПСУ окажется недостаточным, давление в контролируемой точке будет повышаться, ПЗК сработает.

Закольцованная система газопроводов запитывается газом от нескольких ГРП, расположенных более или менее равномерно по условному периметру кольца. Число потребителей газа, подключенных к такой системе, обычно велико, изменение отбора газа и, следовательно, давления в системе вызывает соответствующую реакцию всех подпитывающих ее регуляторов. Неисправность одного из регуляторов, например заклинивание плунжера в открытом положении и подъем давления газа в зоне, ближайшей к этому регулятору, вызовет уменьшение подачи газа в кольцевую систему регуляторами других ГРП, и давление газа в системе, правильно рассчитанной, установится в заданных пределах, обеспечивающих безопасную работу потребителей. В этих условиях сброс газа в атмосферу через ПСУ, имеющееся в ГРП с неисправным регулятором, недопустим. Такой сброс, искусственно снижая давление газа в газопроводе после неисправного регулятора, может продолжаться длительное время, даже если пропускная способность ПСУ значительно меньше прироста расхода газа через регулятор. Это объясняется тем, что если при открытом ПСУ давление газа в зоне неисправного регулятора начнет увеличиваться, то сразу же начнет сказываться компенсирующее воздействие на давление в газопроводах регуляторов других ГРП. Так как длительный и трудно обнаруживаемый сброс газа в атмосферу экономически невыгоден, ведет к загазованию атмосферы, а при неблагоприятных обстоятельствах и расположенных близко к ГРП помещений, то в ГРП закольцованных систем ПЗК настраивают на давление срабатывания меньшее, чем давление начала открытия ПСУ. При этом ПСУ предохраняет закольцованную систему газопроводов от повышения в ней давления сверх допустимых пределов, в случае когда в ГРП сработали ПЗК, но из-за негерметичности их затворов давление в системе увеличивается.

С учетом особенностей работы тупиковых и закольцованных систем ПЗК рекомендуется настраивать следующим образом.

1. В тупиковых системах для предотвращения чрезмерного повышения давления ПЗК настраивают на срабатывание при давлении, превышающем на 25 % максимально допустимое рабочее давление в газопроводе после регулятора. Так, например, если в газопроводах низкого давления после ГРП может под-

держиваться, кгс/м², 85—200 (при давлении перед приборами 130) или 120—300 (при давлении перед приборами 200), то максимально допустимое рабочее давление в первом случае 200, во втором — 300. Как явствует из этого примера, под максимальным рабочим давлением в газопроводе понимается давление газа p_n в контролируемой точке, на которое настраивается регулятор, независимо от давления перед отдельными приборами или горелками. Тогда для рассматриваемого примера ПЗК необходимо настроить на срабатывание при повышении давления до, кгс/см²: в первом случае $p_{ср}^{ПЗК} = p_n \cdot 1,25 = 200 \cdot 1,25 = 250$, во втором — $300 \cdot 1,25 = 375$. Настройку ПЗК при среднем или высоком давлении после регулятора определяют аналогично.

Следует особо отметить, что давление настройки ПЗК на срабатывание не должно превышать максимально допустимого давления перед приборами, при котором обеспечивается нормальная (устойчивая, без отрыва пламени) работа газогорелочных устройств.

2. В закольцованных системах для предотвращения чрезмерного повышения давления ПЗК настраивают на срабатывание при давлении, равном:

а) заданному максимальному рабочему давлению газа плюс 50 кгс/м² — для ГРП с выходным низким (до 500 кгс/м²) давлением. Так, например, если давление настройки регулятора составляет 200 или 300 кгс/м², то настройку ПЗК на срабатывание при повышении давления производят при, кгс/м²: $p_{ср}^{ПЗК} = p_n + 50 = 200 + 50 = 250$ или $300 + 50 = 350$;

б) заданному максимальному рабочему давлению газа плюс 25 % этого давления — для ГРП с выходным средним и высоким давлением (т. е. так же как и для тупиковых систем). Так, например, если давление в контролируемой точке должно быть $p_n = 0,5$ кгс/см², то ПЗК настраивают на срабатывание при повышении этого давления до $p_{ср}^{ПЗК} = p_n \cdot 1,25 = 0,5 \cdot 1,25 = 0,625$ кгс/см².

3. Независимо от системы (тупиковая или закольцованная) для предотвращения чрезмерного понижения давления в ГРП (ГРУ) промышленных и коммунальных предприятий ПЗК настраивают на срабатывание при давлении, обеспечивающем (с учетом потерь напора) давление перед горелками на 20—30 (низкое давление) или 200—300 кгс/м² (среднее давление) больше того, при котором может прекратиться горение или произойти проскок пламени. Для предотвращения аварий в газовой сети населенного пункта, снабжаемого природным газом, ПЗК, согласно рекомендации Гипрониигаз, следует настраивать на срабатывание при понижении давления в контролируемой точке не менее, кгс/м²: 90 (при давлении у бытовых приборов 130) или 110 (при давлении у приборов 200), а с некоторым запасом — 110, независимо от давления перед приборами.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ СБРОСНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ. ТРЕБУЕМАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ

Предохранительное сбросное устройство (ПСУ) предназначено для удаления в атмосферу некоторого избыточного объема газа из газопровода после регулятора с целью предотвратить повышение давления выше заданного допустимого значения. Прежде чем рассмотреть функции, которые должно выполнять ПСУ, следует отметить, что эти функции отличны для ГРП, снабжающих газом тупиковые и закольцованные системы газоснабжения. Это, в свою очередь, вызывает необходимость различной настройки ПСУ в зависимости от назначения ГРП (§ 4.4).

Для начала перечислим основные причины, вызывающие повышение давления газа после регулятора в тупиковой системе.

1. Как показано в гл. 2, любое изменение режима потребления (отбора) газа ведет к изменению давления в контролируемой точке, в частности уменьшение отбора — к увеличению давления. Если уменьшение отбора газа по времени невелико, например поочередно отключаются мелкие потребители или очень плавно уменьшается расход газа у более мощных потребителей, то давление в контролируемой точке также постепенно увеличивается. Регулятор реагирует на это увеличение, уменьшает приток газа к объекту, снижая давление в контролируемой точке, возвращая его до заданного значения. При таком режиме работы объекта давление в контролируемой точке хотя и не остается постоянным, но не выходит за пределы расчетных значений.

При резком уменьшении расхода газа (например, аварийном или просто очень быстром отключении газопотребляющего объекта, агрегата или мощной горелки) давление в контролируемой точке может также скачкообразно увеличиваться и достигнуть значения, при котором сработает ПЗК. Подача газа к потребителям прекратится с соответствующим нарушением технологического режима объекта. При отсутствии в ГРП (ГРУ) ПЗК может нарушиться устойчивость работы горелок и произойти повреждение контрольно-измерительных приборов. Несмотря на кратковременность такого повышения давления (через короткое время, определяемое секундами, исправный ре-

гулятор его понизит до расчетного значения), этот всплеск давления в эксплуатационных условиях недопустим.

2. Кратковременный подъем давления в газопроводе после регулятора с последствиями, аналогичными приведенным выше, может наблюдаться в случае резкого увеличения давления до регулятора даже при стабильном отборе газа.

3. Неконтролируемый подъем давления после регулятора может иметь место в случае неисправности последнего.

4. Постепенный рост давления в газопроводе после регулятора может наблюдаться при полном временном прекращении отбора газа потребителями, когда запорные устройства ГРП (ГРУ) остаются открытыми. В этом случае тарелка плунжера регулятора садится на седло, перекрывая проход газа, но зачастую не обеспечивает герметичность затвора. Давление в газопроводе после ГРП (ГРУ) может постепенно повышаться и достигнуть значения, при котором сработает ПЗК.

5. Постепенный рост или пульсация давления в газопроводе после регулятора могут иметь место при очень малых расходах газа через регулятор, близких к пределу его чувствительности [например, в ГРП (ГРУ) котельной или цеха при неработающих агрегатах и включении запальников, лабораторных горелок и т. п.]. В этом случае тарелка плунжера регулятора практически касается седла, поддержание нормального давления газа в контролируемой точке затруднено и потребный малый расход газа обеспечивается в основном за счет неплотности затвора регулятора. Естественно, что при таком режиме регулирования давление газа после регулятора может оказаться выше заданного и привести к срабатыванию ПЗК.

Из вышесказанного следует, что в ГРП (ГРУ) тупиковых систем газопроводов ПСУ предназначено для сброса некоторого избыточного объема газа из газопровода после регулятора в атмосферу с целью предотвратить повышение давления в контролируемой точке до значения, при котором возможно:

а) срабатывание ПЗК с полным прекращением подачи газа потребителям в моменты резкого уменьшения расхода газа или внезапного увеличения давления до ГРП (ГРУ), а также в периоды, когда отбор газа оказывается меньшим 5 % номинальной пропускной способности регулятора или временно прекращается полностью, но регулятор не обеспечивает герметичности затвора;

б) повреждение КИП и нарушение плотности газопроводов и арматуры в случае неисправности регулятора и срабатывания ПЗК, затвор которого может оказаться негерметичным;

в) нарушение технологии сжигания газа, плотности газопроводов и арматуры, а также повреждение КИП в случае неисправности регулятора в ГРП (ГРУ), в котором имеется система сигнализации о повышении давления и отсутствует ПЗК.

Из сказанного (п. «а») следует, что для предотвращения срабатывания ПЗК при отсутствии аварийной ситуации (ис-

правной работе регулятора) и незапланированного прекращения подачи газа к потребителям в ГРП (ГРУ) туниковых систем газоснабжения ПСУ должно настраиваться на открытие при давлении в контролируемой точке, несколько меньшем того, на которое настраивается ПЗК (§ 4.4). Кроме того (пункт «б»), после срабатывания ПЗК, не обладающего достаточной герметичностью затвора, ПСУ предотвращает повышение в газопроводе давления сверх допустимых пределов, обеспечивая нормальное функционирование КИП, надежность и безопасность работы системы газоснабжения.

При снабжении газом несколькими ГРП закольцованной системы, к которой подключено множество потребителей, постоянство давления в этой системе в заданном диапазоне обеспечивается несколькими регуляторами, питающими систему с разных концов. Поэтому если, например, на участке системы, близком к неисправному регулятору, давление начнет повышаться, то через некоторое время, зависящее от емкости системы, удаленности друг от друга и пропускной способности остальных регуляторов, давление в системе должно стабилизироваться (хотя и на другом уровне) за счет уменьшения притока газа в нее через исправные регуляторы. Однако сброс газа в атмосферу через ПСУ, подключенное к участку после поврежденного регулятора, исказит работу системы, и исправные регуляторы могут вовсе не уменьшить приток газа через себя или уменьшат его недостаточно. В результате выброс газа в атмосферу через включившееся ПСУ может продолжаться неограниченное время, так как совместное воздействие сработавшего ПСУ и исправных регуляторов на давление на участке после поврежденного регулятора может не позволить сработать ПЗК, установленному перед ним. При этом будет иметь место загрязнение атмосферы и потеря газа через ПСУ. Поэтому в закольцованных системах газоснабжения в каждом ГРП ПСУ должно настраиваться на открытие при давлении, несколько большем того, на которое настраивается ПЗК, установленный в том же ГРП (§ 4.4). Иными словами, в закольцованной системе ПСУ должно открываться только в случае, если уже сработал ПЗК, но давление в газопроводе все же продолжает повышаться.

Таким образом, в ГРП туниковых и закольцованных систем для снятия пика давления в контролируемой точке в момент резкого сокращения расхода газа потребителями во избежание срабатывания ПЗК предохранительное сбросное устройство должно открываться на очень короткое время, чтобы стравить в атмосферу, как правило, небольшой объем газа. При этом особое значение приобретает такой режим работы ГРП (ГРУ), когда потребление газа очень мало или временно полностью прекращено и плунжер регулятора практически лежит на его седле. Объем газа, который может проникнуть через негерметичный затвор односедельного регулятора (если пренебречь

размером зазора между плунжером и седлом), пропорционален при данном перепаде давления периметру отверстия седла или его диаметру. Соответственно у двухседельных регуляторов объем протечки газа принимают пропорциональным сумме обоих диаметров седел. Если считать, что возможные протечки газа через прикрытый затвор регулятора должны успевать стравливаться через сбросное устройство, то его требуемая пропускная способность V_T должна зависеть от диаметра (односедельного) или суммы диаметров (двухседельного) регулятора.

Поэтому СНиП II—37—76 требуемую пропускную способность ПСУ определяет следующим образом:

а) при наличии перед односедельными регуляторами ПЗК по формулам

$$G_T \geq 2d, \text{ кг/ч} \quad (4.1)$$

или

$$V_T \geq 2d/\rho, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.2)$$

где d — диаметр седла наибольшего из односедельных регуляторов (если в ГРП имеется несколько параллельных технологических линий), мм; ρ — плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

б) при использовании в ГРП (ГРУ) двухседельных регуляторов (в частности, регулирующих двухседельных клапанов, оба седла которых имеют практически одинаковые диаметры) по формулам

$$G_T \geq 4d, \text{ кг/ч} \quad (4.3)$$

или

$$V_T \geq 4d/\rho, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.4)$$

где d — диаметр большего из седел двухседельного регулятора (для регулирующих двухседельных клапанов d может быть принят равным диаметру условного прохода клапана d_y), мм;

в) при отсутствии перед регулятором ПЗК — не менее пропускной способности наибольшего из регуляторов давления $V_{\max}$ за вычетом минимального потребления газа объектом $V_{\min}$, м³/ч,

$$V_T \geq V_{\max} - V_{\min}; \quad (4.5)$$

г) при отсутствии перед регуляторами ПЗК, но наличии у потребителей дополнительных регулирующих устройств (например, в системах автоматики, изменяющих расход газа в зависимости от заданного технологического режима) — не менее 10 % пропускной способности наибольшего из регуляторов $V_{\max}$, м³/ч:

$$V_T \geq 0,1V_{\max}. \quad (4.6)$$

Анализ формул (4.1)—(4.4), построенных на базе приведенных выше общих положений о пропорциональности протечек

газа диаметру седла регулятора, показывает, что они технически и практически не обоснованы и не учитывают давления газа перед регулятором и перепад давления в нем. Расчет по этим формулам во многих случаях ведет к выбору ПСУ завышенной пропускной способности, что может нарушить режим работы регулятора и повлечь загрязнение атмосферы. Поэтому здесь уместно привести некоторые соображения, которые могут послужить основой для расчета V_T .

В гл. 2 показано, что нерегулируемая протечка среды через закрытый затвор двухседельного регулирующего клапана составляет 0,05 % от его пропускной способности при полностью открытом затворе и заданных входном давлении p_1 и перепаде давления Δp . В реальных условиях эксплуатации с учетом постоянной эрозии уплотняющих поверхностей седла и плунжера протечка возрастает. Можно принять что она при этом не должна достигать 0,5 % от K_{vy} , имеющих место у ряда импортных регулирующих клапанов. Тогда для регулирующих клапанов отечественного производства при установке перед ними ПЗК требуемую пропускную способность ПСУ можно принять равной $V_T \geq 0,005 K_{vy}$ (под K_{vy} в данном случае понимается не значение коэффициента, а максимальная пропускная способность клапана регулирующего при заданных параметрах газа и принятом K_{vy}).

При отсутствии ПЗК перед двухседельным регулирующим клапаном и наличии дополнительных регулирующих устройств у агрегатов основным условием для нормальной работы системы газоснабжения можно считать такой отбор газа, при котором обеспечивается поддержание расчетной расходной характеристики. Начальная пропускная характеристика отечественных клапанов регулирующих $K_{v0} = 0,04 K_{vy}$. Следовательно, для поддержания заданного режима работы системы газоснабжения минимальный отбор должен быть более 4 % от K_{vy} и пропускная способность ПСУ может быть принята $V_T \geq \geq 0,05 K_{vy}$ (5 % от максимальной пропускной способности наибольшего из регуляторов при заданных параметрах газа и принятом K_{vy}). Это вдвое меньше пропускной способности ПСУ для этого случая, предусмотренного СНиП II—37—76 (0,1 V_{max}). Такое же значение V_T можно принять и для ГРП с односедельными регуляторами при отсутствии перед ними ПЗК и наличии дополнительных регулирующих устройств у агрегатов: степень неравномерности у наиболее распространенных регуляторов, устанавливаемых в ГРП без ПЗК (РДУК2, РДБК, РД-64), укладывается в диапазоне ± 5 %.

Если перед регуляторами ГРП отсутствуют ПЗК, а у агрегатов нет дополнительных регулирующих устройств (случай практически нереальный), то пропускную способность ПСУ следует рассчитывать согласно СНиП II—37—76 [см. формулу (4.5)].

При выходе из строя регулятора и заедании плунжера на

максимальном расстоянии от седла ПСУ, сбрасывая весь излишек газа, равный $V_t = V_{\max} - V_{\min}$, позволит предотвратить аварию у агрегатов, расходующих газ в объеме $V_{\min}$.

Если в ГРП (ГРУ), имеющем ПЗК, используются односедельные регуляторы с запорно-регулирующим устройством, то плотность их затвора должна соответствовать 1-му классу плотности (ГОСТ 9544—75). В эксплуатационных условиях плотность затвора этих регуляторов за счет эрозии уменьшается, но, как правило, протечка газа через него значительно меньше, чем через клапан регулирующей. Поэтому в этом случае определяющим для выбора ПСУ должна служить не протечка газа через закрытый затвор, а необходимость снятия пиков выходного давления, возникающих на короткое время при отключении крупных потребителей газа и способных вызвать срабатывание ПЗК. В этих условиях пропускную способность ПСУ можно принять вдвое меньшей, чем для ГРП (ГРУ) с ПЗК и двухседельными регуляторами, т. е. $V_t = 0,025V$ (2,5 % от максимальной пропускной способности наибольшего из регуляторов при заданных параметрах газа).

Естественно, для расчета требуемой пропускной способности ПСУ могут быть приняты и другие технически обоснованные соображения. Однако в настоящее время этот расчет должен производиться в соответствии с действующим СНиП II—37—76, поэтому ниже (в § 4.3) приведены методика и примеры выбора ПСУ на основе формул (4.1)—(4.6).

Конструкция ПСУ, в том числе встроенного в регулятор давления, должна обеспечивать начало открытия сбросного устройства при превышении установленного максимального рабочего давления газа не более чем на 5 % и полное открытие при превышении этого давления не более чем на 15 %. Это требование СНиП II—37—76 можно трактовать как нежелательность полного открытия ПСУ при превышении давления настройки регулятора, например, на 5 %. И действительно, в реальных условиях работы объекта регулирования чаще всего не требуется максимального сброса газа, на который способно ПСУ. В большинстве случаев начало открытия ПСУ и небольшое стравливание газа будет способствовать возвращению системы регулятор—объект в равновесное состояние. И наоборот, резкое открытие ПСУ при малейшем подъеме давления в контролируемой точке может само по себе вызвать значительное возмущение в объекте регулирования и повторные скачкообразные колебания давления газа за регулятором. Следовательно, для обеспечения устойчивой работы системы целесообразно, чтобы действительная пропускная способность ПСУ возрастала плавно по мере увеличения давления в контролируемой точке таким образом, чтобы начало стравливания газа в атмосферу происходило при превышении заданного давления не более чем на 5 %, а полное открытие ПСУ—при превышении его на 15 %.

При установившемся режиме, а также при небольших возмущениях объекта, когда давление в контролируемой точке не поднимается выше 1,05 заданного, ПСУ должно быть закрыто. При этом плотность закрытого затвора ПСУ должна соответствовать 1-му классу. После прекращения воздействия возмущения, сброса избыточного объема газа и восстановления в контролируемой точке расчетного давления газа запорный орган ПСУ также должен быстро и плотно закрыться.

Подводящий трубопровод к ПСУ должен иметь минимальное число поворотов, диаметр не менее 20 мм и присоединяться к участку газопровода после регулятора, как правило, после расходомера. На подводящем или сбросном трубопроводе ПСУ целесообразна установка индивидуального расходомера, что позволило бы не только учитывать объем сбрасываемого газа, но также фиксировать само наличие этих сбросов и, следовательно, принимать меры к их устранению или сведению к минимуму. На сбросном трубопроводе целесообразно иметь штуцер с пробкой или краном для подключения газоиндикатора или газоанализатора, а при их отсутствии — для отбора проб в стеклянный или резиновый сосуд и последующего их анализа.

Диаметр сбросного трубопровода от ПСУ должен быть не меньше диаметра выходного патрубка ПСУ, а сам трубопровод иметь минимальное число поворотов, выводиться наружу в место, где обеспечиваются условия для безопасного рассеивания газа (не менее 1 м выше карниза крыши), и оборудоваться устройством (оголовком), исключающим возможность попадания в трубопровод атмосферных осадков. Пример оголовка приведен на рис. 4.1 (табл. 4.1). Патрубок 4 приваривают к устью сбросного трубопровода. Выходящий из патрубка газ омывает нижнюю поверхность глухой воронки 2 и вертикальные ребра 3, скрепляющие патрубок, воронку и цилиндрическую выходную трубу 1 и сбрасывается в атмосферу. Попадающие в трубу 1 осадки накапливаются в воронке и после ее заполнения сливаются вниз, не попадая в патрубок 4. При наличии ветра оголовок ускоряет рассеивание сбрасываемого газа в атмосфере, направляя его, как правило, вверх. Довольно часто вместо специального оголовка конец сбросного трубопровода просто изгибают, направляя устье горизонтально или вертикально вниз. Это предохраняет от попадания в него осадков, но может привести к заполнению газом близко расположенных помещений, и в первую очередь здания ГРП.

В заключение необходимо отметить, что сброс газа в атмосферу нежелателен в любых случаях. Однако повышение давления в газопроводе, которое способно нарушить его плотность и повредить приборы, может вызвать серьезные аварийные ситуации, и наличие и исправность ПСУ является важным условием безопасной работы систем газоснабжения. Для сведения к минимуму сброса газа в атмосферу необходимо обеспечить надежность работы регуляторов давления, герметичность их

Таблица 4.1

Размеры, мм, и масса, кг, оголовка
к сбросным и продувочным трубопроводам
(рис. 4.1)

D_y	H	H_1	A	Масса
20	250	72	76	1,1
25	270	87	86	1,5
40	310	105	96	2,2
50	340	116	106	2,8
65	380	129	126	4,2
80	450	162	168	8,1
100	500	174	198	11,5
125	540	169	238	15,0
150	570	164	278	20,0
200	620	142	358	31,0

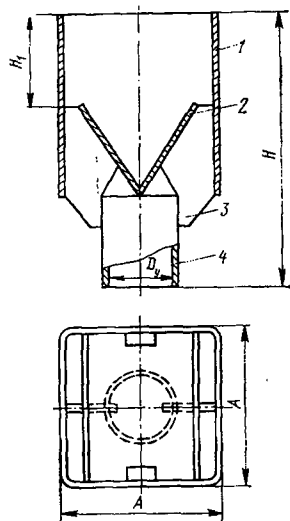


Рис. 4.1. Оголовка сбросного трубопровода.

затворов и запорных органов ПЗК и ПСУ, правильность настройки ПЗК и ПСУ, а также строго выполнять инструкции по эксплуатации газовых фильтров, включению и выключению объектов, агрегатов и газогорелочных устройств.

4.2. КОНСТРУКЦИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ СБРОСНЫХ УСТРОЙСТВ

4.2.1. Классификация ПСУ

По конструктивному устройству ПСУ, применяемые в ГРП (ГРУ), бывают пружинными, мембранными и жидкостными (гидравлические предохранители).

ПСУ пружинные и мембранные должны иметь приспособления для периодического принудительного их открытия и контрольной продувки, для предотвращения прикипания, примерзания и прилипания плунжера к седлу, а также для удаления твердых частиц, попавших между уплотняющими поверхностями.

Гидравлические предохранители должны иметь приспособления, позволяющие производить проверку высоты уровня затворной жидкости и дозаливку ее.

Основные характеристики применяемых в ГРП (ГРУ) сбросных устройств приведены в табл. 4.2.

Основные характеристики предохранительных сбросных устройств

Наименование	Тип, чертеж	Давление на входе, не более, кгс/см ²	Диапазон настройки, кгс/см ²	Масса, кг
Клапан предохранительный специальный полноподъемный пружинный с рычагом для контрольной продувки	СППК4Р-25	40	4,5—40	28
	СППК4Р-50	16	0,5—16	30
	СППК4Р-80			40
	СППК4Р-100			55
	СППК4Р-150			123
	СППК4Р-200			250
Клапан предохранительный малоподъемный пружинный цапковый	17с11нж (D_{y15})	16	2—16	2,6
	17с11нж (D_{y25})			5,6
Клапан предохранительный сбросной малоподъемный	ПСК-50Н	1,23	0,01—0,05	6,2
	ПСК-50С		0,2—0,5	
	ПСК-50В		0,5—1,2	
	ПСК-50Н/0,05	1,25	0,02—0,05	5,7
	ПСК-50С/0,5		0,2—0,5	
Клапан предохранительный сбросной малоподъемный	ПСК-50С/1,25		0,5—1,25	
	П117 (D_{y15})	1,5	0,02—1,5	3,5
Клапан предохранительный сбросной полноподъемный	ПСПК-50	1,25	0,02—1,25	11,5
Гидравлический предохранитель	ГП-40	0,2	0,02—0,09	См.
	ГП-50			табл. 4.10
	ГП-80			
	ГП-100			
	ГП-150			

Примечания. 1. Число после шифра ПСУ — условный диаметр входного и выходного патрубков (для СППК4Р — условный диаметр входного патрубка). 2. ПСПК-50 изготавливается индивидуально по чертежам Мосгазниипроекта. 3. П117 поставляется только в комплекте шкафного ГРП типа ШРУ.

4.2.2. Клапаны пружинные

В ГРП (ГРУ) применяют два типа пружинных клапанов: малоподъемные и полноподъемные. У малоподъемных клапанов открытие затвора (удаление запорного плунжера от седла) происходит постепенно (пропорционально увеличению давления в контролируемом участке газопровода), и поэтому их называют клапанами пропорционального действия. Аналогично протекает и процесс их закрытия — пропорционально снижению контролируемого давления. Полноподъемные клапаны при определенном превышении давления в газопроводе над давлением настройки открываются полностью рывком, при заданном снижении давления в газопроводе они так же быстро (с ударом плунжера о седло) закрываются. Таким образом, если плунжер малоподъемного клапана в зависимости от давления газа

в газопроводе может находиться на различном расстоянии от седла, то полноподъемный клапан является двухпозиционным, и его плунжер или лежит на седле, перекрывая проход газа, или находится на расстоянии от седла, равном его полному ходу (исключая момент начала открытия клапана).

Наиболее ответственным является момент посадки плунжера на седло после срабатывания клапана и последующего снижения давления в газопроводе. Для обеспечения герметичности затвора при посадке плунжера необходимо значительно большее усилие, прижимающее его к седлу, чем то, которое требовалось для сохранения герметичности затвора до подъема плунжера. Это дополнительное усилие требуется для вытеснения среды, оказавшейся при опускании плунжера между уплотняющими поверхностями. У малоподъемных клапанов в момент, когда плунжер уже очень близок к седлу, газ, хотя, и в небольшом объеме, продолжает вытекать в атмосферу. Для того чтобы «дожать» плунжер до седла, необходимо, чтобы усилие пружины хотя бы на короткое время превысило усилие, создаваемое давлением газа. Это, в свою очередь, означает, что для плотного закрытия ПСУ давление в газопроводе должно после срабатывания клапана не понизиться до расчетного, а оказаться ниже его на 15—20 %. В случае подъема давления после регулятора и последующего его снижения до расчетного открывшийся малоподъемный клапан, имеющий, как правило, очень небольшую пропускную способность и поэтому неспособный значительно понизить давление в газопроводе, не может закрыться герметично. В связи с этим пропорциональные малоподъемные клапаны имеют наибольшее распространение в гидравлических системах с практически несжимаемыми жидкостями, где даже очень небольшой сброс ведет к резкому снижению давления. При использовании этих клапанов в системах газоснабжения во избежание выброса газа в атмосферу обслуживающий персонал зачастую вынужден сильнее, чем требуется, сжимать настроечную пружину, фактически не позволяя клапану работать в расчетном режиме.

Полноподъемный двухпозиционный сбросной клапан имеет специальные устройства, способствующие быстрому полному подъему плунжера при повышении давления в газопроводе и обратной плотной посадке его на седло при уменьшении давления до расчетного. Если давление в контролируемой точке газопровода не превышает заданного, то плунжер настроечной пружины прижат к седлу. При возрастании контролируемого давления в момент, когда оно превысит усилие пружины, плунжер 3 начнет отходить от седла 1 (рис. 4.2, а), и, следовательно, в начальный период открытия клапан работает как малоподъемный. В следующий период, когда плунжер поднялся на высоту h_1 , сразу же увеличивается статическое давление газа на торец плунжера, площадь которого в несколько раз больше площади отверстия седла (при закрытом затворе

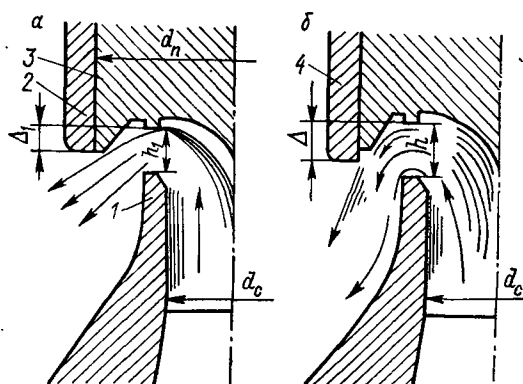


Рис. 4.2. Схема работы полноподъемного пружинного сбросного клапана в начале плунжера (а) и в конце подъема (б).

давление газа воспринимается только центральной частью плунжера с площадью, примерно равной площади отверстия седла диаметром d_c ; при приподнятом плунжере давление газа воздействует на площадь, определяемую диаметром $d_n \approx 2d_c$).

На периферийной части по всему периметру плунжер имеет буртик 2 высотой Δ_1 , со скошенной вовнутрь поверхностью, отклоняющий вниз поток газа, вытекающий из седла. При таком отклонении потока возникает реактивная сила, которая суммируется со статическим давлением на увеличенную торцевую поверхность плунжера, равновесие, существовавшее между усилием пружины и давлением газа на плунжер, нарушается, и последний рывком поднимается в крайнее верхнее положение на высоту h (рис. 4.2, б). При этом нижняя кромка буртика оказывается несколько выше нижнего обреза неподвижной направляющей втулки 4, в которой движется плунжер, и высота буртика как бы увеличивается до размера Δ . Поток газа отклоняется вниз более круто, и сила реакции, действующая на плунжер, возрастает. В конкретных конструкциях клапанов для регулирования высоты буртика и соответственно давления открытия клапана на нижней наружной части направляющей втулки предусматривают резьбу, на которую навинчивают верхнее регулировочное кольцо (п. 4.2.2).

При уменьшении давления в газопроводе до близкого к рабочему усилие, создаваемое сжатой пружиной на тарельчатый плоский плунжер, оказывается больше силы, возникающей от вытекающего потока. Это приводит к быстрой посадке плунжера на седло с вытеснением среды между уплотняющими поверхностями. При этом давление закрытия клапана можно регулировать в пределах 0,8—1,0 рабочего давления в газопроводе с помощью нижнего регулировочного кольца, которое

навинчивается на резьбе на выступающую часть седла.

Таким образом, двухпозиционный полноподъемный клапан способен быстро сбросить газ, предотвратив повышение давления в газопроводе, и плотно перекрыть проход газа при снижении давления до заданного.

Клапан 17с11нж. Клапан предохранительный малоподъемный пружинный цапковый типа 17с11нж (рис. 4.3, табл. 4.2 и 4.3) выпускается двух размеров — на $D_y = 15$ и 25 мм со сменными пружинами № 1, 2 и 3, позволяющими производить настройку на диапазоны сброса соответственно 2—4, 4—8 и 8—16 кгс/см². Без указания в заказе давления настройки клапан поставляется с пружиной на давление 8—16 кгс/см², отрегулированной на срабатывание при 16 кгс/см².

При увеличении давления в газопроводе и, следовательно, под плунжером 8 сверх заданного возникает сила, преодоле-

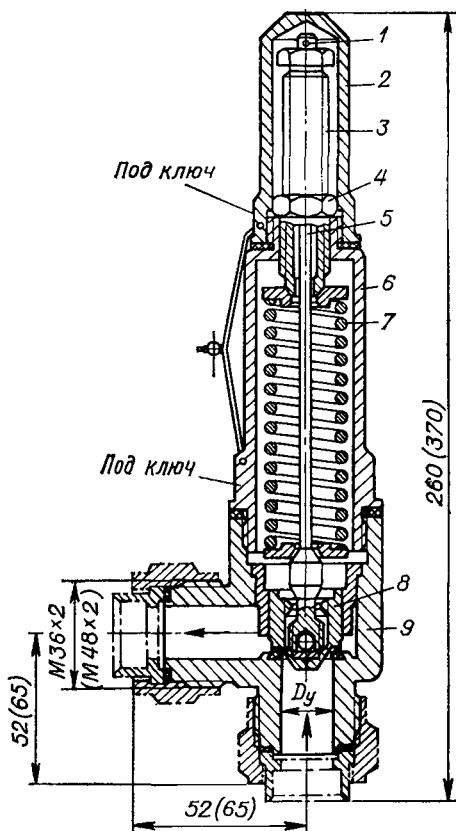


Рис. 4.3. Сбросной клапан 17с11нж.

Таблица 4.3

Характеристики клапанов 17с11нж (рис. 4.3)

Характеристика	D_y , мм	
	15	25
Температура окружающей среды, °C	От —15 до +50	От —15 до +50
Температура рабочей среды, °C	» —40 » +150	» —40 » +225
Расчетная площадь седла клапана, мм ²	400	640
Коэффициент расхода α	0,03	0,05
Ход плунжера, мм	1,00	1,25

вающая усилие сжатой пружины 7, прижимающей плунжер к седлу. Плунжер приподнимается, сбрасывая часть газа в атмосферу через боковой штуцер, подключаемый к сбросному трубопроводу. Пружина расположена в стакане 6, соединенном с корпусом 9 на резьбе. Сжатие пружины (настройку клапана) регулируют при снятом колпаке 2 болтом 3, положение которого фиксируют гайкой 4. На плунжер усилие сжатой пружины передается через шток 5. Принудительную продувку осуществляют подъемом вручную штока, в верхней части которого имеется отверстие 1 для ручки. По окончании регулировки или продувки надетый на клапан колпак пломбируют. Установочное положение клапана вертикальное, колпаком вверх. Присоединительные концы — цапковые по ГОСТ 5890—78. Исполнение клапана — закрытое герметичное.

Из табл. 4.3 видно, что ход плунжера составляет всего 1—1,25 мм, что в 4—5 раз меньше хода, соответствующего полному открытию клапана. Это обуславливает очень малый коэффициент расхода и соответственно малую пропускную способность. Как и у других малоподъемных клапанов пропорционального действия, герметичное перекрытие седла у 17с11нж после его срабатывания и последующего снижения давления в газопроводе достигается только при уменьшении этого давления до 0,8 от рабочего. Поэтому в ГРП (ГРУ), где такое снижение после срабатывания ПСУ недостижимо, применять клапаны 17с11нж не рекомендуется.

Клапан СППК4Р. На газопроводах среднего (более 0,5 кгс/см²) и высокого давления используют сбросные предохранительные полноподъемные клапаны с рычагом для контрольной продувки типа ССПК4Р (рис. 4.4, табл. 4.2 и 4.4).

Клапаны предназначены для сброса газа непосредственно в атмосферу или через сбросной трубопровод, гидравлическое сопротивление которого не должно быть более 0,1 рабочего давления. В зависимости от давления настройки клапан комплектуют пружиной (табл. 4.5), номер которой указывают в заказе.

Входной патрубок 1 клапана соединяют с контролируемым участком газопровода после регулятора. При возрастании в нем давления выше заданного сила, возникающая от давления газа на центральную часть плунжера 7 диаметром d , преодолевает усилие сжатой пружины 11, прижимающей плунжер к седлу 2. Плунжер немного приподнимается, и давление газа начинает воздействовать на всю торцевую площадь плунжера, которая в несколько раз больше площади центральной части, в результате чего возрастает статическое давление, отжимающее плунжер вверх. Поток газа, вытекающий через щель, образовавшуюся между обрезом седла и приподнятым плунжером, отклоняется вниз кольцевым буртиком на торце плунжера и верхним регулировочным кольцом 6, накрученным на наружную резьбу направляющей втулки 21 (более подробно см. на рис. 4.2 и в его описании). Образовавшаяся при отклонении вниз потока

газа сила реакции суммируется с давлением вверх потока, и плунжер рывком поднимается до упора в ограничитель подъема, которым служит направляющая втулка 9.

Настройка клапана на срабатывание (открытие) регулируется сжатием пружины, которая через шайбу 10, опирающуюся на утолщение штока 13, отжимает плунжер вниз. Сжатие пружины изменяется вращением в резьбе верхней втулки винта 14, который перемещает вверх или вниз опорную шайбу 12. Пोलость, в которой размещена пружина, соединена с полостью основного корпуса отверстием, предотвращающим образование в верхней полости воздушной подушки, препятствующей свободному подъему плунжера. В крышке 15 размещено отжимное устройство, которое не должно создавать сопротивления перемещению штока при работе клапана, но позволяет производить контрольную продувку: при нажиме на наружный рычаг поворачивается валик 19, жестко соединенный с ним кулачок 20 отводит вверх гайку 16, накрученную на резьбу штока 13. При подъеме штока и плунжера осуществляется принудительная продувка клапана, сопровождаемая шумом истечения газа.

Согласно заводской инструкции, принудительный подъем плунжера рычагом следует производить при давлении меньше рабочего на 10 %. При отсутствии давления во входном патрубке контрольный подъем не допускается. Правильная посадка плунжера на седло обеспечивается втулкой 21, высота которой принимается не менее $(1 \div 1,5)d$, и шарнирным соединением штока с плунжером.

Для регулирования сжатия пружины 11 и зацепления кулачка 20 с гайкой 16 вывертывают пробку 17, открывая резьбовое отверстие в крышке 15. Через это же отверстие при

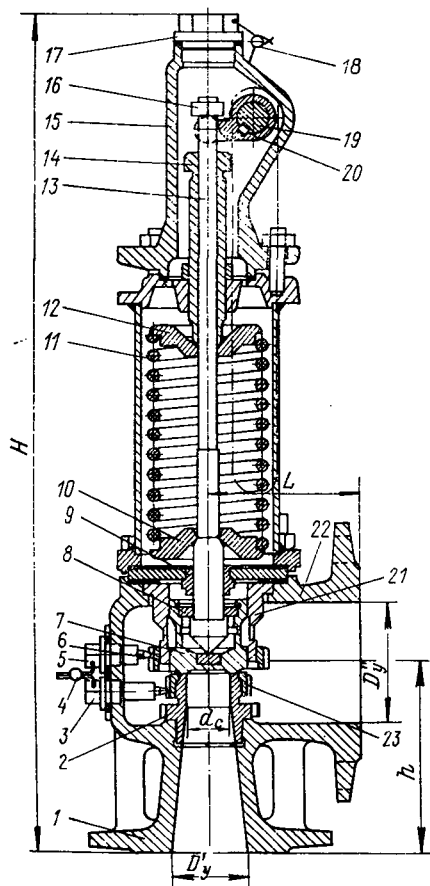


Рис. 4.4. Сбросной клапан СПК4Р.

Характеристики клапанов СППК4Р (рис. 4.4)

Клапан	Размеры, мм						Кэф- фициент расхода α	Площадь седла F , мм ²
	H	h	L	d_c	D_y'	D_y''		
СППК4Р-25-40	680	100	100	17	25	40	0,6	227
СППК4Р-50-16	760	125	100	30	50	80	0,6	706
	600	155	130					
СППК4Р-80-16	865	140	110	40	80	100	0,6	1 256
	690	175	150					
СППК4Р-100-16	1090	175	130	50	100	125	0,6	1 962
	845	205	165					
СППК4Р-150-16	1425	225	200	72	150	200	0,4	4 069
	1055	250	205					
СППК4Р-200-16	1800	320	280	142	200	300	0,7	15 828
	1360					250		

Примечания 1. Первое число после обозначения клапана — условный диаметр входного патрубка D_y' , мм, последнее число — максимальное входное давление кгс/см². 2. Присоединительные размеры фланцев: входного — на $p_y = 16$ ($D_y' 25$ — на $p_y = 40$) (ГОСТ 12819—80), выходного — на $p_y = 6$ кгс/см² (ГОСТ 12821—80). 3. Согласно каталогу «Промышленная трубопроводная арматура» [1984, ч. V], СППК4Р-25-40 с производства снимается, у СППК4-16 (17с17нж) меняются основные габаритные размеры (в таблице приведены в знаменателе).

ревизии клапана заливают смазку, пригодную в данных климатических условиях для предохранения металла от коррозии, выдерживают ее в крышке 5—8 мин, а затем сливают. Нормально пробка с прокладкой должна быть ввернута в крышку, и опломбирована пломбой 18.

Давление, при котором происходит полное открытие клапана (скачкообразный подъем плунжера), зависит от положения верхнего регулировочного кольца 6, которое при заводской поставке обычно установлено в верхнем положении. При опускании кольца вниз давление подъема плунжера уменьшается. Регулировку положения верхнего регулировочного кольца производят через верхнее резьбовое отверстие в корпусе при вывернутой пробке 5. Давление, при котором происходит посадка плунжера на седло, зависит от положения нижнего регулировочного кольца 23, накрунутого на резьбе на выступающую часть седла 2. Положение этого кольца регулируют через нижнее резьбовое отверстие в корпусе при вывернутой пробке 3. Чем выше поднимают нижнее кольцо, тем больше снижается давление, при котором клапан закрывается, и несколько уменьшается также давление открытия клапана. По заводской инструкции нижнее кольцо устанавливают в верхнем положении с зазором между обрезом кольца и плоскостью торца плунжера,

Характеристика пружин для клапанов СППК4Р

Клапан	Давление настройки, кгс/см ²	Номер	Диаметр провода, мм	Наружный диаметр пружин, мм	Шаг пружин, мм	Число витков		Высота в свободном состоянии, мм	Длина провода, м
						рабочих	полных		
СППК4Р-25-40	4,5—12	1А	5,5	53,5	19	6,0	8,5	117—128	1,4
	0,5—1,2	101	4	54	18	7,5	10,5	132—145	1,8
СППК4Р-50-16	1,2—1,9	102	5	65	20	7,0	9,5	134—147	2,0
	1,9—3,5	103	6	76	24	6,0	8,5	141—154	2,0
	3,5—6,0	104	7	77	23	6,0	8,5	137—150	2,0
	6,0—10,0	105	8	78	23	6,0	8,5	137—150	2,0
	10,0—16,0	106	9	77	22	6,0	8,5	134—147	2,0
	0,5—1,3	110	6	81	24	7,5	10,0	176—194	4,00
СППК4Р-80-16	1,3—2,5	111	7	85	25	7,5	10,0	183—202	2,60
	2,5—4,5	112	8	87	26	7,5	10,0	188—207	2,70
	4,5—7,0	113	9	89	26	7,5	10,0	189—209	2,75
	7,0—9,5	114	10	91	26	7,0	9,5	181—200	2,60
	9,5—13,0	115	11	93	25	7,0	9,5	179—197	2,65

Клапан	Давление настройки, кг/см ²	Номер	Диаметр провода, мм	Наружный диаметр пружина, мм	Шаг пружины, мм	Число витков		Высота в свободном состоянии, мм	Длина провода, м
						Рабочих	Полных		
СППК4Р—80—16	13,0—16,0	116	12	95	26	7,0	9,5	180—200	2,70
	0,5—1,0	120	7	94	29	7,5	10,0	210—231	2,95
	1,0—1,5	121	8	108	31	7,5	10,0	225—248	3,35
	1,5—3,5	122	9	114	35	7,5	10,0	246—272	3,50
	3,5—9,5	123	12	114	31	8,0	10,5	251—271	3,50
СППК4Р—100—16	9,5—16,0	124	14	114	32	8,0	10,5	256—281	3,55
СППК4Р—150—16	0,5—1,0	127	9	121	37	7,5	10,0	273—300	3,70
	1,0—1,5	128	10	135	43	7,0	9,5	290—320	4,00
	1,5—2,0	129	11	141	45	6,5	9,0	288—316	3,85
	2,0—3,0	130	12	142	45	6,5	9,0	292—320	4,00
	3,0—6,5	131	14	134	39	7,5	10,0	298—326	4,00
СППК4Р—200—16	6,5—11,0	132	16	138	40	7,5	10,0	302—332	4,00
	11,0—15,0	133	18	138	37	7,5	10,0	288—316	3,90
	15,0—16,0	134	20	148	42	7,0	9,5	306—336	4,00
	0,5—8,0	304	20	134	36	7,0	9,5	299—326	3,60
	8,0—16,0	305	26	144	42	6,0	8,5	288—323	3,40

обеспечивающим четкий хлопок при посадке плунжера на седло в пределах 0,05—0,15 мм. По окончании регулировки давления открытия и закрытия клапана пробки 3 и 5 ввертывают на свои места, и они своими длинными концами упираются в верхнее и нижнее регулировочные кольца, фиксируя их положение. Затем ставится пломба 4.

При выборе сбросного клапана для ГРП (ГРУ) исходят из возможности применения серийно выпускаемых устройств. К сожалению, номенклатура изготавливаемых промышленностью полноподъемных сбросных клапанов очень ограничена (табл. 4.2), что во многих случаях вынуждает устанавливать клапаны с пропускной способностью, превышающей расчетную. В этих случаях при повышении давления в газопроводе и быстром (рывком) открытии двухпозиционного клапана давление может столь же быстро снизиться до давления обратной посадки плунжера. Клапан закроется, и если причина, вызвавшая подъем давления в газопроводе, не устранена, то давление снова поднимется, а клапан откроется. Этот процесс может повторяться многократно и вызвать вибрацию плунжера и пружины, сопровождаемую характерным частым стуком плунжера о седло. Такая же вибрация может возникнуть при неисправном регуляторе, когда поступление через него газа меняется независимо от отбора газа потребителями, а клапан подобран на максимальную пропускную способность. Отсюда следует, что для нормальной работы двухпозиционного полноподъемного клапана не следует допускать значительного превышения его пропускной способности над расчетной. При отсутствии соответствующего клапана целесообразно уменьшить высоту подъема плунжера имеющегося клапана с помощью шайбы 8. Выходной штуцер 22 соединяют со сбросным трубопроводом. Исполнение клапана закрытое герметичное. При монтаже клапан устанавливают вертикально, колпаком вверх.

При работе клапана могут встретиться следующие неисправности:

— протечка газа через закрытый клапан при давлении меньше установленного для открытия. Причины — попадание между уплотнительными поверхностями твердых частиц или повреждение поверхностей. В первом случае производят принудительную продувку клапана, во втором — требуются механическая обработка и притирка поверхностей;

— изгиб штока при транспортировке или неправильной сборке клапана после ремонта. Шток заменяют или, если возможно, выправляют;

— пульсация (вибрация) плунжера и пружины. Причины — пропускная способность клапана значительно превышает расчетную или занижен диаметр подводящего трубопровода. В первом случае заменяют клапан на меньший или уменьшают ход плунжера, во втором — увеличивают диаметр подводящего трубопровода.

4.2.3. Клапаны мембранные

Используемые в настоящее время в ГРП (ГРП) две конструктивные разновидности клапанов мембранных (ПСК-50 и П117, табл. 4.2) по принципу действия являются малоподъемными пропорциональными, а ПСПК-50 — полноподъемным двухпозиционным. Наличие у этих клапанов дополнительно (по сравнению с пружинными) эластичной мембраны расширяет область их использования, включая низкое давление газа (от 0,01 кгс/см² и выше), и повышает их чувствительность. При этом если в пружинных клапанах запорный плунжер одновременно является и чувствительным элементом, то в мембранных клапанах функции разделены: запорным органом является плунжер, чувствительным элементом — эластичная мембрана.

Основные недостатки малоподъемных мембранных клапанов, как и малоподъемных пружинных: низкая пропускная способность при давлении газа во входном патрубке в пределах до 1,15 от заданного максимального рабочего давления в газопроводе и негерметичность затвора при снижении давления до заданного после срабатывания клапана. Для плотного прижатия плунжера к седлу необходимо дополнительное усилие, которое может возникнуть только при значительном уменьшении импульсного давления относительно давления настройки. Однако слишком малая пропускная способность этих клапанов практически не позволяет даже кратковременно понизить давление в контролируемой точке (за исключением систем очень малой емкости) настолько, чтобы пружина прижала плунжер к седлу. В результате при использовании этих клапанов всегда существует опасность, что после срабатывания плунжер не плотно перекроет седло и будет иметь место постоянное или длительное стравливание газа в атмосферу.

В полноподъемном клапане ПСПК-50 конструкции Мосгазниипроекта созданы необходимые условия, исключающие «плавающее» состояние плунжера и обеспечивающие герметичное запираение седла после срабатывания клапана.

Клапан ПСК-50. Предохранительный сбросной клапан мембранный малоподъемный ПСК-50 (рис. 4.5, табл. 4.2 и 4.6) конструкции Мосгазниипроекта в верхней части чугунного корпуса 1 имеет вертикальный патрубок с внутренней резьбой для присоединения сбросного трубопровода. Нижняя часть патрубка представляет собой седло, перекрываемое тарельчатым плунжером 3 с уплотняющей резиновой прокладкой 2. Плунжер снизу соединен с мембраной 5 и тарелкой 4.

С контролируемой точкой газопровода клапан сообщается через боковой патрубок, также имеющий внутреннюю резьбу. При повышении давления газа в газопроводе сверх заданного значения, которое определяется сжатием пружины 8, расположенной в крышке 7, мембрана вместе с плунжером опускается вниз, открывая проход газа в атмосферу через верхний патру-

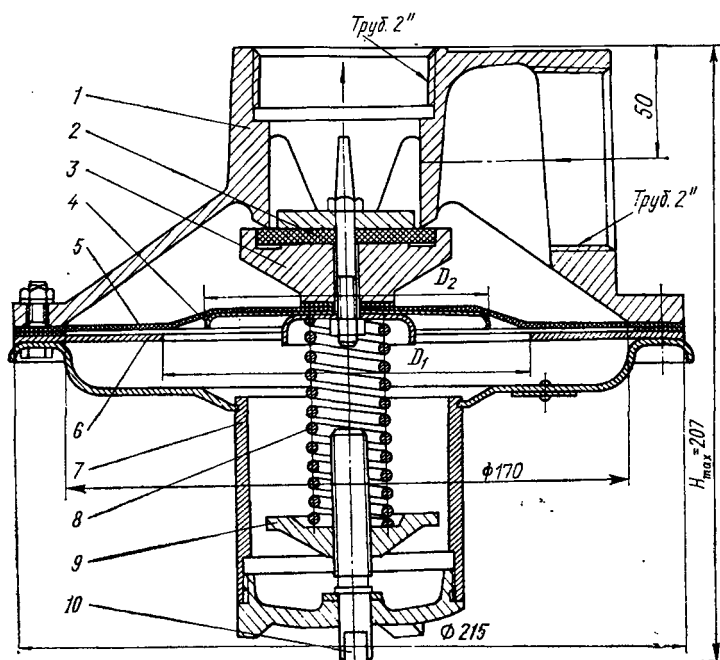


Рис. 4.5. Сбросной клапан ПСК-50.

Таблица 4.6

Характеристики клапанов ПСК-50 (рис. 4.5)

Клапан	Диапазон настройки на срабатывание, кгс/см ²	Диаметры дисков, мм		Номер пружины
		D ₁	D ₂	
ПСК-50Н	0,01—0,05	170	140	1315-08
ПСК-50С	0,2—0,5	170	140	1315-09
ПСК-50В	0,5—1,2	130	60	1315-09
ПСК-50Н/0,05	0,02—0,05	170	140	1315-08
ПСК-50С/0,5	0,2—0,5	170	140	1315-09
ПСК-50С/1,25	0,5—1,25	130	60	1315-09

Примечание. Размеры пружины, мм, 1315-08 (в скобках — 1315-09): диаметр проволоки — 3 (6); диаметр пружины — 38 (42); высота — 74,4 (78). Число витков — 14 (12).

бок. При уменьшении давления плунжер под действием пружины вновь перекрывает седло, прекращая сброс газа. Изменение сжатия пружины осуществляют за счет вертикального перемещения опорной шайбы 9 по резьбе регулировочного винта 10 при вращении последнего.

В зависимости от заданного давления срабатывания в диапазоне 0,01—1,25 кгс/см² клапан комплектуют (табл. 4.6) соот-

Пропускная способность клапана ПСК-50 с направляющими ребрами на плунжере

Низкое давление					Среднее давление				
Давление газа в контролируемой точке, кгс/м ²	Сброс газа, м ³ /ч, при настройке на давление, кгс/м ²				Давление газа в контролируемой точке, кгс/м ²	Сброс газа, м ³ /ч, при настройке на давление, кгс/м ²			
	100	200	300	400		2000	3000	4000	5000
150	0,63	—	—	—	2 200	0,49	—	—	—
200	6,9	—	—	—	2 500	12,4	—	—	—
					3 000	58,3	—	—	—
250	27,0	0,5	—	—	3 250	75,0	0,26	—	—
300	55,8	3,8	—	—	3 500	125,0	7,0	—	—
350	77,0	31,0	0,18	—	4 000	225,0	34,5	—	—
400	93,9	64,8	2,9	—	4 250	250,0	60,0	0,26	—
500	111,0	101,4	54,3	0,8	4500	285,0	100,0	5,3	—
					5 000	350,0	212,5	32,8	—
					5 200	370,0	235,0	50,0	1,03
					5 500	400,0	290,0	100,0	9,6
					6 000	450,0	368,0	226,0	47,5
					7 500	625,0	480,0	430,0	325,0
					10 000	850,0	745,0	670,0	580,0

Примечание. Пропускная способность клапана ПСК-50Н/0,05 (без направляющих ребер) может при тех же параметрах приниматься вдвое большей.

ветствующими пружинами 8, дисками 6 (внутренний диаметр D_1) и тарелками 4 (наружный диаметр D_2). При необходимости настройки на давление срабатывания в диапазоне 0,05—0,125 кгс/см² применяют ПСК-50В или -50С/1,25, в которых пружину 1315-09 заменяют пружиной 1315-08. В диапазоне давлений 0,125—0,2 кгс/см² можно использовать ПСК-50С или -50С/0,5 без всяких изменений.

Без учета потерь давления в подводящем и сбросном трубопроводах и соответствующего уменьшения пропускной способности сброс газа через клапан при возрастании на 15 % давления в газопроводе над давлением настройки не превышает (табл. 4.7), м³/ч: на низком давлении — 0,2—0,5, на среднем — 7—20. У ПСК-50Н/0,05, не имеющего направляющих ребер на плунжере, сброс газа при том же подъеме давления увеличивается до 0,4—1,0 м³/ч. Столь малая пропускная способность ПСК-50 с площадью 1960 мм² объясняется малой высотой подъема плунжера. Кроме малой пропускной способности к недостаткам клапана следует отнести:

— отсутствие приспособления для принудительного открытия при проверке исправности работы;

— способность запорного плунжера находиться в «плавающем» состоянии после его подъема и последующего снижения давления в контролируемой точке до давления настройки. Для плотного прижатия плунжера к седлу после срабатывания необходимо, чтобы давление в надмембранной полости (во входном

Клапан П117. Предохранительный мембранный малоподъемный сбросной клапан П117 (D_{y15}) (рис. 4.6 табл. 4.2) Промэнергогаз применяет при комплектовании шкафных ГРП типа ШРУ (гл. 9). В зависимости от типа ШРУ (выходного давления) в клапане применяют различные настроечные пружины: для ШРУ-2с и -3с в клапан устанавливают две пружины 11 и 12 с размерами соответственно $d_1=4$, $D_1=45$ и $d=6$, $D=60$ мм, позволяющие настраивать клапан на срабатывание в диапазоне 0,1—1,5 кгс/см²; для ШРУ-2н и -3н в клапане размещают одну пружину с размерами $d=2,5$ и $D=50,5$ мм и настройка на срабатывание производится в диапазоне 0,02—0,04 кгс/см².

Контролируемый участок газопровода соединяют с входным патрубком 2 клапана. Седло нормально перекрыто плунжером 4 с мягкой прокладкой. Между фланцами корпуса 3 и стакана 9 зажата по периферии эластичная мембрана 5, на которую сверху опирается диск 6, прижимаемый к мембране втулкой 7. Стакан 9 закрыт крышкой 15 с уплотнительной втулкой 16, через которую проходит шток 10. При вращении штока с помощью ручки, вставляемой в отверстие 17, по резьбе штока вертикально перемещается нажимная шайба 13, изменяя сжатие пружины 12 (для ШРУ-н) или 11 и 12 (для ШРУ-с). Сжатие пружин, опирающихся внизу на диск 6, определяет давление газа под мембраной 5, при котором начинается подъем плунжера и сброс газа в атмосферу через выходной патрубок 1, соединяемый со сбросным трубопроводом. Плотная посадка плунжера на седло после снижения давления в газопроводе обеспечивается шарнирным соединением плунжера с втулкой 7 и свободным соединением этой втулки со штоком (разрезное кольцо 8). Перемещение штока вверх ограничено упорной шайбой 14. Для принудительного открытия клапана и контрольной продувки необходимо вывернуть на ~10 мм втулку 16 и за ручку, вставленную в отверстие 17, поднять шток 10 вверх. После продувки втулку вворачивают в крышку 15 до упора.

Клапан П117 является малоподъемным (ход плунжера при превышении давления на 15 % от давления настройки <1 мм), потери давления газа в корпусе больше, чем в клапанах других конструкций, за счет направления потока газа через седло вниз; за пределами клапана сбросной трубопровод разворачивают на 180°, чтобы направить сбрасываемый газ вверх. Все это предопределяет малую пропускную способность (табл. 4.8) клапана. Кроме того, этому клапану, как и другим малоподъемным, для закрытия после срабатывания необходимо снижение давления в газопроводе до 0,65—0,89 от давления настройки (табл. 4.8).

Клапан ПСПК-50. Предохранительный сбросной полноподъемный клапан ПСПК-50 конструкции Мосгазниипроекта (рис. 4.7, табл. 4.2) состоит из трех основных узлов: корпуса I, крышки II и реле III. Между фланцами корпуса и крышки зажата по периметру эластичная мембрана 2. Плунжер 5 с мягкой прокладкой жестко соединен через посредство двух дисков

Характеристики клапана П117

Низкое давление					Среднее давление				
Давление, кгс/м ²			Расход газа, м ³ /ч	p_3/p_{cp}	Давление, кгс/м ²			Расход газа, м ³ /ч	p_3/p_{cp}
начала срабатывания (открытия) p_{cp}	закрывтия p_3	во входном патрубке клапана p_1			начала срабатывания (открытия) p_{cp}	закрывтия p_3	во входном патрубке клапана p_1		
200	130	320	0,20	0,65	4900	4000	5700	0,26	0,81
		350	0,24				6270	2,1	
		365	0,29				6550	3,1	
250	180	340	0,52	0,72	6400	5700	7150	0,38	0,89
		380	1,73				7860	3,64	
		400	1,83				8210	5,31	
320	250	350	0,23	0,78					
		385	0,40						
		400	1,73						

Примечание. В диапазоне давлений от p_{cp} до ближайшего p_1 расход газа ниже предела чувствительности счетчика.

3 и 4 с центральной частью мембраны. Контролируемый участок газопровода соединяют с входным патрубком 10. Если контролируемое давление газа в надмембранной полости корпуса не превысило заданного, то плунжер 5 плотно прижат к седлу 6 пружиной 1 и сброс газа отсутствует. При этом давление газа под мембраной равно давлению над ней, так как внутренняя полость крышки 11 соединяется с входным патрубком корпуса через импульсную трубку 9, входной штуцер 11 реле, сверление 13, надмембранную полость Б, открытое нижнее седло 24 и сверление 12.

Настройку клапана на срабатывание производят изменением сжатия пружины 22 через посредство конической шайбы 23 при наворачивании колпачка 21. При повышении давления газа выше заданного в надмембранной полости Б мембрана 16 реле, преодолевая усилие сжатой пружины 22, опускается вниз. Вместе с мембраной 16 опускается золотник 15, отжимаемый пружиной 25. При этом нижнее седло 24 реле закрывается, отсоединяя полость А от полости Б, а верхнее седло 14 открывается, и газ из полости А через сверление 12, седло 14, выходной штуцер 26 и трубку 8 сбрасывается в выходной патрубок 7 корпуса, а из него в атмосферу. Давление в полости А понижается до атмосферного, и мембрана 2 вместе с плунжером 5 под давлением газа во входном патрубке 10, преодолевая усилие пружины 1, опускается вниз до упора отбортовки диска 3 в стенку крышки. Избытки газа из газопровода через открытое седло корпуса и выходной патрубок 7 сбрасываются в атмосферу.

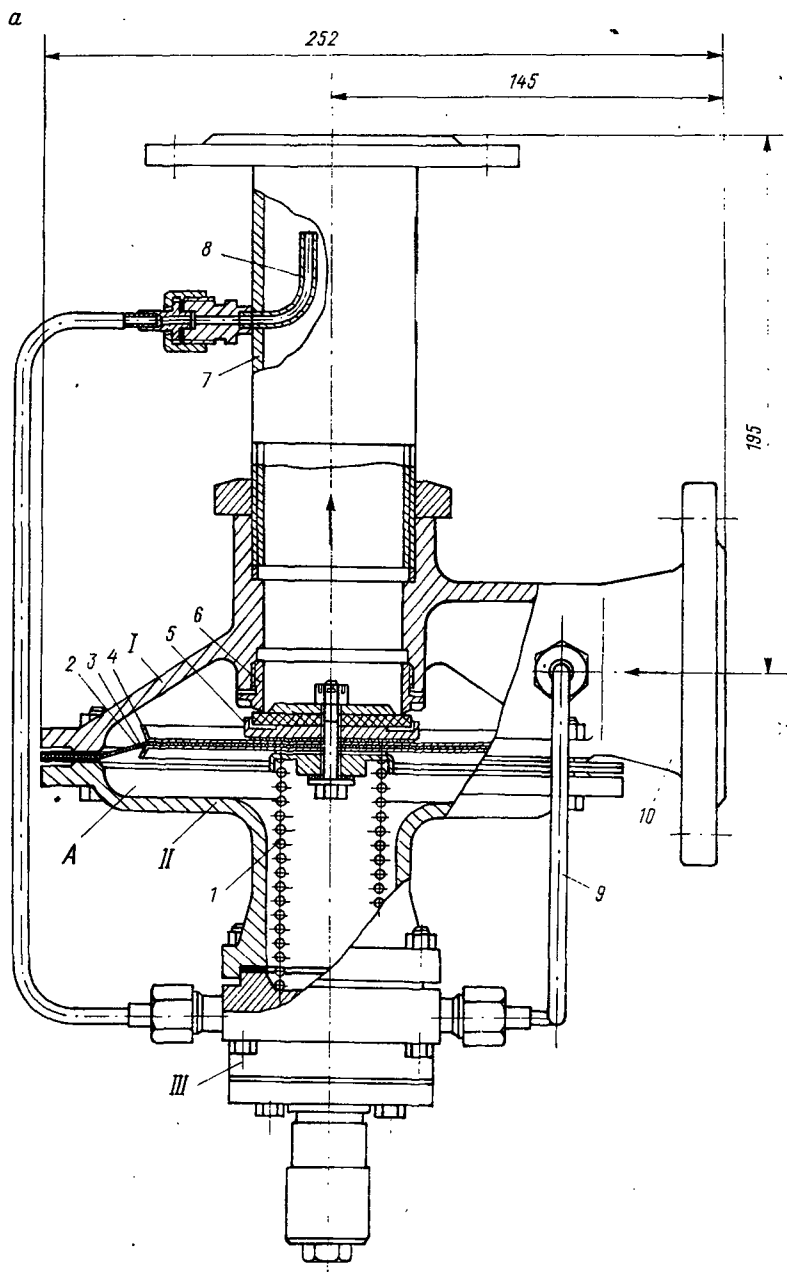
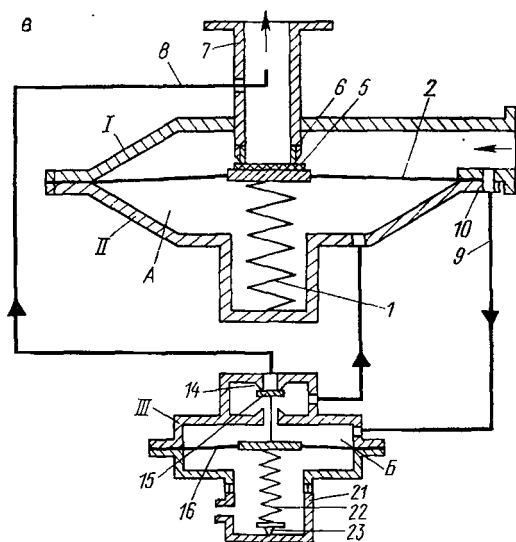
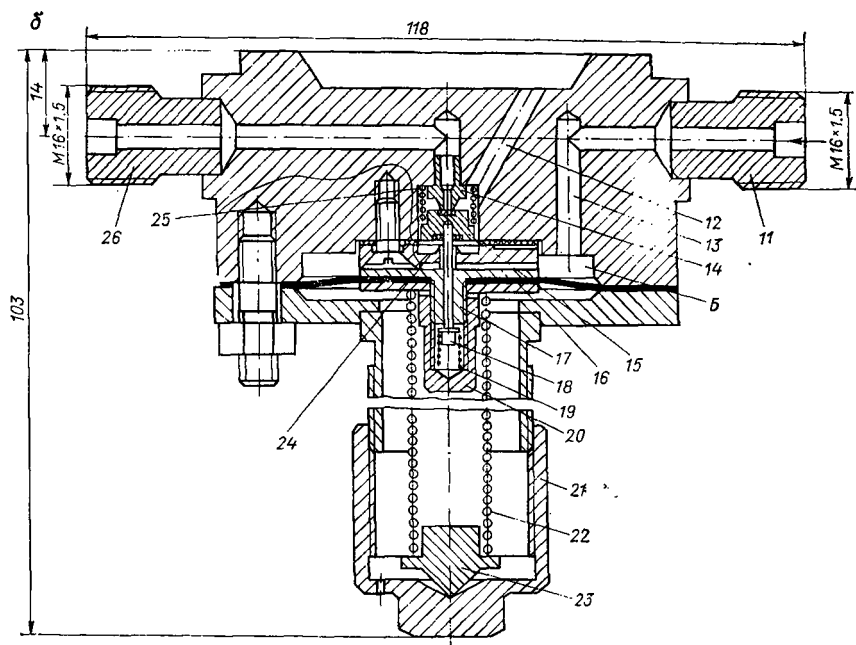


Рис. 4.7. Сбросной клапан ПСПК-50.
a — общий вид; *б* — реле; *в* — схема работы.



После снижения давления газа в газопроводе до близкого к заданному мембрана 16 реле под действием пружины 22 поднимается, перемещая вверх золотник 15. Плотность прижатия зо-

Характеристики клапана ПСПК-50

Пропускная способность		Настроечная пружина					
Показатель	Значение	Обозначение	Диапазон настройки на срабаты- вание, кгс/см ²	Размеры, мм			Число витков рабочее
				диаметр	высота	диаметр прото- локи	
Максимальная, м ³ /ч	1400	4147-01-07Б	0,02 - 0,05	12	48,1	1,1	23,5
Коэффициент расхода α при V , м ³ /ч:		4147-01-08Б	0,05—0,2	12	59,0	1,4	18
≤ 600	0,36	4147-01-09Б	0,2—0,5	13	70,0	1,6	16
> 600	0,44	4147-01-10Б	0,5—1,25	14	56,8	2,2	13

лотника к верхнему седлу 14 достигается соответствующим усилием пружины 19, сжатие которой регулируется колпачком 20. Пружина 19 передает усилие золотнику через шток 18, имеющий свободный ход во втулке 17. Полость А отсоединяется от трубки 8, соединяющей ее с атмосферой, и через открывшееся нижнее седло 24 вновь заполняется газом с давлением, равным входному. Давление над и под мембраной выравнивается, и она под действием пружины 1 поднимается вверх, плунжер 5 садится на седло. Сброс газа в атмосферу прекращается.

Диапазон настройки клапана ПСПК-50 на срабатывание определяется характеристикой настроечной пружины 22 в соответствии с табл. 4.9. В этой же таблицы приведены коэффициенты расхода согласно исследованиям Мосгазниипроекта.

Требования к монтажу и эксплуатации ПСПК-50 те же, что и для ПСК-50.

4.2.4. Гидравлические предохранители

Гидравлический предохранитель (ГП) работает как сбросное устройство пропорционального действия, причем затворная жидкость автоматически герметично перекрывает проход газа при снижении давления в газопроводе до рабочего (после срабатывания ГП), исключая утечки газа в атмосферу. Недостатком ГП является его громоздкость, а также ограниченная применимость — только в системах газопроводов низкого или среднего (до 0,1—0,2 кгс/см²) давления.

Гидравлический предохранитель Ленгипроинжпроекта (рис. 4.8, табл. 4.2 и 4.10) состоит из корпуса 1 и двух фланцевых патрубков — входного 4 и выходного 2. Фланец входного патрубка соединяют с контролируемым участком газопровода. Нижняя часть входного патрубка через крышку 3 опущена в корпус так, чтобы ее обрез не доходил до дна на расстояние ~100 мм. К фланцу выходного патрубка присоединяют сбросной

трубопровод. ГП может изготавливаться в правом (П) или левом (Л) исполнении. Корпус ГП заполняют запорной жидкостью, которую заливают через отверстие в крышке, перекрываемое пробкой 13. Слив жидкости осуществляют через штуцер 12 с краном и ниппелем с накаткой, на которую можно натянуть конец резинового шланга. Для контроля уровня жидкости служит уровнемерная трубка 9 из прозрачной пластмассы, надеваемая на ниппели верхнего 8 и нижнего 11 штуцеров. Нижний штуцер вваривают в корпус так, чтобы его ось совпадала с плоскостью среза нижнего конца входного патрубка, погруженного в жидкость. На этом же штуцере до ниппеля имеется кран 10 для отключения пластмассовой трубки при ее повреждении. В этом случае для контроля уровня используют мерную линейку, которую вводят через отверстие в крышке.

Диаметр подводящего трубопровода может быть меньше диаметра патрубка 8. В этом случае устанавливают переход 5, а при необходимости — колено 6. Штуцер с краном 7 служит для настройки ГП на срабатывание (подробнее см. гл. 7, рис. 7.2).

В качестве затворной жидкости обычно используют воду, если в помещении температура не понижается ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Для

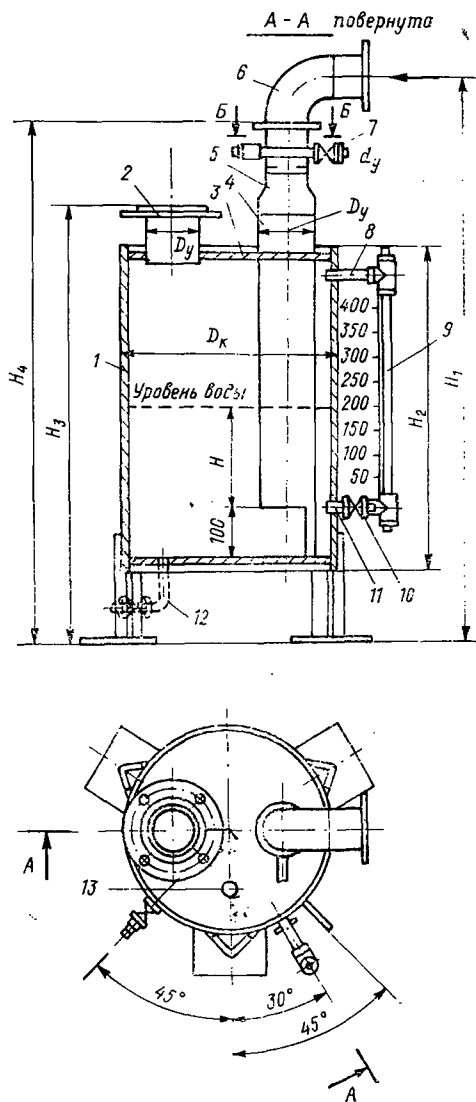


Рис. 4.8. Гидравлический предохранитель ГП (правое исполнение).

ГП левого исполнения отличается только зеркальным расположением входного и выходного патрубков. Вид Б—Б см. на рис. 7.2.

Давление в контроли- руемой точке p_H , кгс/м ²	H_2	H_1							
		$\Gamma П-40, \Gamma П-50$	$\Gamma П-80$		$\Gamma П-100$		$\Gamma П-150$		
			$d_y \times D_y$						
			80×80	50×80	100×100	80×100	150×150	80×150	100×150
200	930	1515	1560	1590	1590	1640	1665	1660	1720
300	1030	1615	1660	1690	1690	1740	1765	1760	1820
400	1130	1715	1760	1790	1790	1840	1865	1860	1920
500	1330	1915	1960	1990	1990	2040	2065	2060	2120
600	1430	2015	2060	2090	2090	2140	2165	2160	2220
700	1530	2115	2160	2190	2190	2240	2265	2260	2320
800	1630	2215	2260	2290	2290	2340	—	—	—
900	1730	2315	2360	2390	2390	2440	—	—	—

Примечания. 1. $H_3 = H_2 + 230$ (для ГП-40—100) и $H_3 = H_2 + 400$ (для ГП-150).
3. Диаметр корпуса $D_K = 325 \times 6$ (для ГП-40, -50) и 426×7 (для ГП-80, -100 и -150).

уменьшения испарения на поверхности воды создают тонкий слой масла. Если возможны более низкие температуры, то ГП заливают трансформаторным или веретенным маслом. При этом расчетную высоту столба увеличивают по сравнению с высотой столба воды во столько раз, во сколько плотность залитой жидкости меньше плотности воды.

Здесь необходимо отметить, что с понижением температуры возрастает вязкость жидкости, что может отразиться на пропускной способности клапана. Исследования Ленгипроинжпроекта с трансформаторным маслом, наиболее часто применяемым в ГП, показали, что при изменении температур масла и газа в диапазоне $\pm 20^\circ\text{C}$ пропускная способность предохранителя практически не изменяется. Следовательно, в условиях умеренной климатической зоны при использовании в качестве запорной жидкости трансформаторного масла влиянием изменения вязкости на пропускную способность ГП можно пренебречь.

Жидкость в ГП заменяет запорный плунжер, имеющийся в пружинных и мембранных клапанах. Поэтому началом срабатывания ГП следует считать момент появления первых пузырьков газа, барботирующих через жидкость в верхнюю часть корпуса, полным открытием — работу ГП при давлении в контролируемой точке газопровода, превышающем заданное на 15 %.

Если корпус гидравлического предохранителя залит жидкостью ρ (т/м³) на высоту H_1 (мм) от нижнего конца входного патрубка, то при давлении газа в этом патрубке p_1 (кгс/м²)

равлического предохранителя ГП
4.8)

H_4					Масса металлоконструкции, кг				
ГП-40, ГП-50	ГП-80	ГП-100	ГП-150		ГП-40	ГП-50	ГП-80	ГП-100	ГП-150
$d_y \times D_y$									
40×40, 50×50	50×80	80×100	80×150	100×150					
1440	1515	1520	1540	1570	67	69	100	111	133
1540	1615	1620	1640	1670	72	74	109	120	143
1640	1715	1720	1740	1870	77	79	117	129	153
1840	1915	1920	1940	2070	87	90	134	146	171
1940	2015	2020	2040	2170	92	95	144	155	179
2040	2115	2120	2140	2270	98	101	154	164	189
2140	2215	2220	—	—	103	106	164	172	—
2240	2315	2320	—	—	107	111	174	181	—

2. Размеры H_4 для ГП 80 × 80, 100 × 100 и 150 × 150 те же, что и для ГП 40 × 40.4. Масса приведена для ГП с коленом при $d_y = D_y$.

условие, обеспечивающее отсутствие сброса газа, выражается формулой

$$p_1 \leq H_1 \rho = p_n, \quad (4.7)$$

где p_n — давление настройки предохранителя, кгс/м².

При некотором небольшом превышении p_1 над p_n начинается пробуксовывание газа через жидкость, а при $p_1 \geq 1,05 p_n$ уже наблюдается интенсивный барботаж.

Исследования Ленгипроинжпроект показали, что основная доля энергии сжатого газа (давления p_1) расходуется на преодоление запирающего столба жидкости (в исследованиях — воды) и прорыв газа через ее толщу, а 30—50 % остатка энергии — на преодоление местного сопротивления (резкое сужение потока газа при входе из корпуса в выходной патрубок).

Следует отметить, что давление p_1 (рис. 4.9) во входном патрубке ГП равно давлению p^k_1 в контролируемой точке газопровода только до тех пор, пока отсутствует сброс газа через ГП. При сбросе газа из-за потерь давления Δp_1 в подводящем трубопроводе $p_1 = p^k_1 - \Delta p_1$. Уменьшение, даже небольшое, давления p_1 влечет за собой значительное снижение пропускной способности ГП и соответственно давления p_2 в выходном патрубке. Поэтому потери давления Δp_1 должны быть сведены к минимуму и не превышать 2—3 % от p_n .

Разность давлений $p_1 - p_n$, определяющая начало барботажа, зависит от соотношения площадей поперечного сечения корпуса F_k и входного патрубка F_n или квадратов их внутренних диаметров (D и d):

$$m = F_k / F_n = D^2 / d^2. \quad (4.8)$$

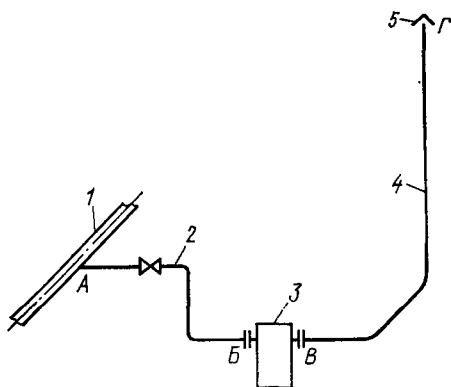


Рис. 4.9. Схема обвязки ПСУ.

1 — газопровод после регулятора; 2 — подводящий трубопровод; 3 — ПСУ; 4 — сбросной трубопровод; 5 — оголовок. Давление: в контролируемой точке (А) — $p_1^K = 1,15 p_n$; во входном патрубке ПСУ (точка В) — $p_1 = p_1^K - \Delta p_1$; в выходном патрубке ПСУ (точка В) — $p_2 = P_0 + \Delta p_2$; в устье сбросного трубопровода (точка Г) — p_0 равно атмосферному.

нижнего конца входного патрубка объема жидкости, равного

$$V_{ж} = \pi d_B^2 H / 4. \quad (4.9)$$

При этом уровень жидкости в корпусе H увеличивается на высоту ΔH , определяемую из уравнения

$$\pi d_B^2 H / 4 = \pi (D_B^2 - d_n^2) \Delta H / 4, \quad (4.10)$$

откуда

$$\Delta H = \frac{d_B^2 H}{D_B^2 - d_n^2} = n H, \quad (4.11)$$

где d_B и D_B — внутренние диаметры входного патрубка и корпуса; d_n — наружный диаметр входного патрубка.

$$n = \frac{d_B^2}{D_B^2 - d_n^2}. \quad (4.12)$$

Согласно СНиП II — 37—76, давление начала открытия ПСУ (давление срабатывания $p_{ср}$) не должно превышать давление настройки более чем на 5 %. С другой стороны, сброс газа не должен начинаться при любом малейшем превышении давления во входном патрубке давления настройки. Если при этом также учесть, что даже небольшое превышение давления срабатывания $p_1 = p_{ср}$ над давлением настройки p_n ведет к заметному снижению пропускной способности ГП, то для определения расчетного соотношения D/d можно принять, что $p_{ср} \geq 1,04 p_n$ или $n =$

Если d пренебрежимо мал по сравнению с D ($D > 15d$), то и барботаж начнется при очень малой $p_1 - p_n \approx 1$ кгс/м². С увеличением d разность $p_1 - p_n$, необходимая для начала срабатывания ГП, также растет и при некотором значении m может оказаться столь большой, что ГП не сможет сработать даже при давлении $p_1 \geq 1,15 p_n$, хотя он в этом случае должен быть открыт полностью. Это объясняется тем, что увеличение входного давления и превышение им p_n ведет до начала барботажа к вытеснению в корпус из

$=0,04$. Если пренебречь толщиной стенки патрубка ($d_b = d_n$), то уравнение (4.12) примет вид

$$\frac{d^2}{D^2 - d^2} = 0,04,$$

откуда

$$D = \sqrt{1,04 : 0,04} d \approx 5,1d. \quad (4.13)$$

Отсюда следует, что для обеспечения начала открытия жидкостных предохранителей при $p_1 = 1,04p_n$ диаметр D корпуса должен быть принят равным не менее, мм:

ГП-40	ГП-50	ГП-80	ГП-100	ГП-150
204	255	410	510	765

Для выполнения условия (4.13) необходимо индивидуальное изготовление корпусов для каждого типоразмера ГП. Более целесообразно изготавливать корпуса из стандартных труб, в частности, Ленгипроинжпроект для всех корпусов ГП применил трубы $D_y = 300$ и 400 мм. При этом если $D < 5,1d$, то действительная высота столба жидкости H_1 должна быть меньше высоты H теоретической (определенной при пренебрежимо малом d) на приращение ΔH , возникающее от вытеснения объема жидкости во входном патрубке при высоте столба H_1 с учетом заданного превышения $p_{ср}$ над p_n . В этом случае, фактически имеющем место на практике, коэффициент $n = \Delta H/H$ и отношение $p_{ср}/p_n$ имеют различный физический смысл, и уравнение для определения расчетной высоты столба жидкости в ГП приобретает вид

$$H_1 = \frac{p_{ср}H}{p_n [1 + p_{ср}n/p_n]}, \quad (4.14)$$

где n определяется по формуле (4.12).

При использовании в качестве запорной жидкости воды $H = p_n$, и формула (4.14) принимает более простой вид:

$$H_1 = \frac{p_{ср}}{1 + p_{ср}n/p_n}. \quad (4.15)$$

Если принять, что начало срабатывания ГП происходит при превышении давления настройки на 4 %, т. е. $p_{ср} = 1,04p_n$, то высота столба воды в ГП должна приниматься равной

$$H_1 = \frac{1,04p_n}{1 + 1,04n}. \quad (4.16)$$

Для ГП Ленгипроинжпроекта и принятых в них d_b , d_n и D_b коэффициент n имеет следующие значения:

	ГП-40	ГП-50	ГП-80	ГП-100	ГП-150
n	0,017	0,026	0,042	0,07	0,154
$\Delta H, \%$	1,7	2,6	4,2	7,0	15,4

Расчетный уровень воды H_1 в ГП, мм, обеспечивающий начало срабатывания при $P_{ср} = 1,04P_n$ (рис. 4.9)

Обозначение ГП	Давление настройки, кгс/м ²							
	200	300	400	500	600	700	800	900
ГП-40	204	306	408	510	612	714	816	918
ГП-50	202	304	405	506	607	710	810	910
ГП-80	200	300	400	500	600	700	800	900
ГП-100	194	290	388	485	582	680	775	873
ГП-150	180	270	360	448	538	627	717	807

Следовательно, если ставится задача, чтобы срабатывание ГП начиналось при $p_1 \approx 1,04p_n$, то этому отвечает ГП-80: объем вытесняемой из входного патрубка воды увеличивает высоту ее столба в корпусе на 4,2 %, и, следовательно, барботаж начнется при $p_1/p_n = 1,042$ (при условии, что в ГП вода залита до уровня, соответствующего p_n). Например, если давление в контролируемой точке составляет 300 кгс/м² ($p_n = 300$ кгс/м²), то воду в ГП-80 следует наливать до уровня 300 мм. Для других типоразмеров ГП это соответствие нарушается, и уровень воды, который должен поддерживаться в ГП из условия начала срабатывания при $p_{ср}/p_n = 1,04$, подсчитанный по формуле (4.16), приводится в табл. 4.11. При заливке в ГП жидкости с плотностью ρ , кг/м³, отличной от $\rho_v = 1$ т/м³, ее уровень H^*_1 определяют по формуле

$$H^*_1 = H_1/\rho = zH_1, \quad (4.17)$$

где H_1 — действительный уровень воды. Для керосина $z = 1,03$, веретенного масла 1,05, трансформаторного масла 1,1.

Исследование работы ГП показывает, что на самом деле начало открытия ГП происходит при давлении, на 3—4 кгс/м² большем подсчитанного по формулам (4.14) и (4.15), или, что то же самое, при действительном уровне воды в ГП, на 3—4 мм меньшем H_1 или H^*_1 . С другой стороны, если уровень жидкости в ГП измеряется с помощью уровнемерной трубки, то следует учитывать капиллярный эффект, за счет которого видимый столб жидкости в трубке, как правило, выше действительного уровня этой жидкости в корпусе. В частности, для воды приращение ее высоты h в капилляре над уровнем зеркала в сосуде определяется уравнением, мм,

$$h = 4p_{п.н}/(\rho d), \quad (4.18)$$

где $p_{п.н}$ — поверхностное натяжение, мгс/мм, которое для воды в диапазоне температур 7—20 °С равно примерно 7,3; ρ — плотность воды, т/м³; d — внутренний диаметр капилляра (уровнемерной трубки), мм.

Для принятой в ГП трубки с $d=9$ мм видимый в ней столб воды будет превышать действительный уровень воды в корпусе на $h=4 \cdot 7,3/(1 \cdot 9)=3,2$ мм.

Таким образом, если для начала срабатывания ГП уровень воды в нем должен быть на 3—4 мм меньше определенного расчетом, а капиллярный эффект уровнемерной трубки ведет к увеличению столба воды в ней на те же 3—4 мм, то можно считать, что уровень воды в ГП, определенный по уровнемерной трубке, примерно соответствует тому уровню, который обеспечит начало срабатывания при заданном давлении (табл. 4.11).

4.3. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПСУ

4.3.1. Общая методика расчета системы сбросных трубопроводов и ПСУ

Расчетная пропускная способность V_p ПСУ (объем сбрасываемого через ПСУ газа в пересчете на часовой расход) является основным параметром, по которому производят выбор ПСУ для данного конкретного ГРП (ГРУ). При этом должно быть выдержано условие

$$V_p \geq V_T, \quad (4.19)$$

где V_T — требуемая пропускная способность, определяемая в зависимости от типоразмера регулятора и схемы ГРП (ГРУ) по формулам (4.2), (4.4)—(4.6).

V_p зависит помимо типоразмера ПСУ от входного p_1 (рис. 4.9) и выходного p_2 давлений, а также от плотности газа при давлении p_1 и рабочей температуре t_1 . При практических расчетах ошибочно понимают под p_1 давление в контролируемой точке газопровода p^{K_1} (рис. 4.9), т. е. фактически давление настройки регулятора p_n , увеличенное на 15 %, а под p_2 — атмосферное давление p_0 . В действительности, как показано выше, эти условия сохраняются только до момента начала сброса газа через ПСУ. С увеличением открытия сбросного устройства растет расход газа через него, и соответственно возрастает разница между p^{K_1} и p_1 и между p_2 и p_0 . Эта разница (соответственно Δp_1 и Δp_2 , — рис. 4.9) достигает максимального значения при давлении $p^{K_1}=1,15p_n$, при котором определяется V_p .

В газопроводах среднего и особенно низкого давления Δp_1 и Δp_2 при расходе газа V_T могут оказаться соизмеримыми с давлениями p^{K_1} и p_2 . Это означает, что при расходе газа V_T может создаться ситуация, когда давления p^{K_1} окажется недостаточно для преодоления суммарного сопротивления в подводящем и сбросном трубопроводах, а также в ПСУ. Поэтому при определении V_p под расчетными давлениями p_1 и p_2 следует понимать давления во входном и выходном патрубках ПСУ, а расчет производить не отдельно взятого ПСУ, а системы сбросных трубопроводов и ПСУ (подводящий трубопровод от контролируемой

точки газопровода — ПСУ — сбросной трубопровод — рис. 4.9). Для этого до расчета V_p необходимо определить конфигурацию и протяженность подводящего к ПСУ и сбросного трубопроводов, задаться их диаметрами и подсчитать потери давления в них Δp_1 и Δp_2 при расходе газа V_T с учетом количества и характеристики местных сопротивлений на этих трубопроводах. Тогда

$$p_1 = p_1^k - \Delta p_1 = 1,15 p_n - \Delta p_1. \quad (4.20)$$

Расчетное давление p_2 можно условно принять равным потерям давления Δp_2 в сбросном трубопроводе (от выходного патрубка ПСУ до места выхода газа в атмосферу). Если в контролируемой точке поддерживается низкое давление ($p_1^k \leq \leq 500$ кгс/м²), то p_2 обычно по значению близко к Δp_2 ; если давление среднее или высокое, то p_2 может значительно отличаться от Δp_2 , но в любом случае должно быть выдержано соотношение

$$p_2 \geq \Delta p_2. \quad (4.21)$$

Для упрощения последующих расчетов V_p приведем общепринятую методику определения потерь давления в газопроводах низкого, среднего и высокого давления с учетом характерных особенностей системы подводящий трубопровод — ПСУ — сбросной трубопровод.

1. Расчетный расход газа через подводящий и сбросной трубопроводы принимаем равным V_T сбросного устройства [формулы (4.2), (4.4)—(4.6)].

2. Зная конфигурацию и действительную длину, м, подводящего $l_{д.п}$ и сбросного $l_{д.с}$ трубопроводов, определяем их расчетные длины, м, l_p и l_c по формулам:

$$l_p = \Sigma \xi_{п} l_{э.п} + l_{д.п}; \quad (4.22)$$

$$l_c = \Sigma \xi_{с} l_{э.с} + l_{д.с}, \quad (4.23)$$

где $\Sigma \xi_{п}$ и $\Sigma \xi_{с}$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений соответственно для подводящего и сбросного трубопроводов (табл. 4.12). В частности, на подводящем трубопроводе должны учитываться: врезка подводящего к ПСУ трубопровода в основной газопровод — тройник на ответвление [усредненное значение этого коэффициента можно принимать для ГРП (ГРУ) с ПЗК перед регуляторами $\xi_{тр}=1,3$, для ГРП без ПЗК — $\xi_{тр}=10$]; кран (для $D_y < 80$ мм) или задвижка (для $D_y \geq 80$ мм); повороты трубопровода (колена). Если диаметр подводящего трубопровода меньше диаметра входного патрубка ПСУ, то дополнительно вводят плавное или внезапное расширение потока. На сбросном трубопроводе учитывают: резкие и плавные повороты, внезапное расширение потока в устье трубопровода ($\xi_y=1,0$). Если диаметр сбросного трубопровода больше диаметра выходного патрубка ПСУ, то также дополнительно вводят плавное или внезапное расширение потока.

l_3 — длина прямого участка трубопровода заданного диаметра D_y , эквивалентная по потерям давления местному сопротивлению с $\xi=1,0$ при расходе газа V_T . Согласно СНиП II—37—76, эквивалентную длину l_3 , м, определяют по формуле

$$l_3 = d/(11z), \quad (4.24)$$

где d — внутренний диаметр подводящего (d_p) или сбросного (d_c) трубопровода, см; z — коэффициент, учитывающий влияние шероховатости внутренней поверхности трубы (для стальных трубопроводов $K_s=0,01$ см), кинема-

тической вязкости ν , м²/с (для природных газов можно принять $\nu = 14,46 \times 10^{-6}$) и расчетного расхода газа V_T , м³/ч:

$$z = (0,01/d + 1922\nu d/V_T)^{0,25}. \quad (4.25)$$

3. Давление абсолютное в контролируемой точке газопровода среднего или высокого давления находим по формуле

$$p_{1a}^K = p_0 + p_1^K, \quad (4.26)$$

где $p_0 = 1,033$ кгс/см² — атмосферное давление при нормальных условиях.

4. Потери давления, кгс/м², в подводящем (Δp_1) и сбросном (Δp_2) трубопроводах при давлении в них до 0,1 кгс/см² определяем соответственно по формулам:

$$\Delta p_1 = l_n \Delta h_n; \quad (4.27)$$

$$\Delta p_2 = l_c \Delta h_c, \quad (4.28)$$

где Δh_n и Δh_c — потеря давления, кгс/м², на 1 м прямого участка соответственно подводящего и сбросного трубопроводов при расходе газа V_T .

В общем случае, согласно СНиП II—37—76,

$$\Delta h = 7z (V_T^2/d^5) \rho, \quad (4.29)$$

где z — коэффициент, подсчитываемый по формуле (4.25).

5. Для газопроводов с давлением до 0,1 кгс/см² давление p_1 , кгс/м², во входном патрубке ПСУ определяем из уравнения (4.20). Давление p_2 , кгс/м², в выходном патрубке ПСУ должно удовлетворять условию (4.21).

6. Для газопроводов с давлением более 0,1 кгс/см² абсолютное давление p_{1a} , кгс/см², во входном патрубке ПСУ находим из уравнения

$$p_{1a} = \sqrt{(p_{1a}^K)^2 - A l_n \cdot 10^{-3}}, \quad (4.30)$$

где p_{1a}^K отыскивается по формуле (4.26), l_n — по формуле (4.22); коэффициент A в общем случае, согласно СНиП II—37—76, определяют по формуле

$$A = 1,45z (V_T^2/d^5) \rho, \quad (4.31)$$

где z — коэффициент, подсчитываемый по формуле (4.25).

7. Для газопроводов с давлением более 0,1 кгс/см² абсолютное минимальное давление $p_{2a}^{\min}$, кгс/см², в выходном патрубке ПСУ, обеспечивающее расход газа V_T через сбросной трубопровод, находим из уравнения

$$p_{2a}^{\min} = \sqrt{p_0^2 + A l_c} = \sqrt{1,067 + A l_c}, \quad (4.32)$$

где l_c отыскивается по формуле (4.23), коэффициент A — по формуле (4.31).

Потери давления в сбросном трубопроводе, кгс/см²:

$$\Delta p_2 = p_{2a}^{\min} - p_0. \quad (4.33)$$

При этом должно быть выполнено условие (4.21), т. е. $p_2 \geq \Delta p_2$.

8. Зная p_2 , определяем максимально допустимую расчетную длину сбросного трубопровода, м: для газопроводов с давлением до 0,1 кгс/см² — по формуле

$$l_c = p_2 / \Delta h_c; \quad (4.34)$$

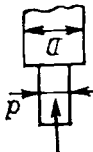
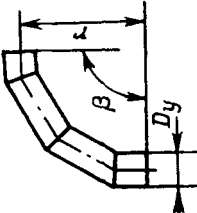
для газопроводов с давлением более 0,1 кгс/см² — по формуле

$$l_c = (p_{2a}^2 - 1,067) / (A \cdot 10^{-3}). \quad (4.35)$$

9. Действительную длину сбросного трубопровода, м, для газопроводов любого давления определяем по формуле

$$l_{д.с} = l_c - \Sigma \xi_c l_{э.с}. \quad (4.36)$$

Коэффициенты местных сопротивлений

Наименование сопротивления	Эскиз	Коэффициент сопротивления ξ									
Внезапное расширение потока		d/D									
		0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9 и выше		
		1,0	0,8	0,7	0,55	0,4	0,25	0,15	0		
Плавное расширение потока (диффузор)		β									
		D/d	10—15°		20—30°		45—90°				
		1,25—1,75 2,0—2,5	0,05 0,10		0,15 0,30		См. внезапное расширение потока				
Сварное колено		Тип колена									
		β	II (1,5D _y)		III (2D _y)		IV (3D _y)				
		30° 45 60 90	0,26 0,28 0,36 0,43		0,23 0,23 0,29 0,34		0,19 0,23 0,25 0,30				

10. Перепад давления в ПСУ

$$\Delta p = p_1 - p_2 = p_{1a} - p_{2a}. \quad (4.37)$$

Рассмотрим влияние гидростатического напора H_r , кгс/м²*, возникающего в вертикальных участках трубопроводов и учитываемого при расчете газопроводов низкого давления:

$$H_r = \pm z(\rho_v - \rho), \quad (4.38)$$

где z — разность абсолютных отметок начальных и конечных участков газопровода, м; ρ_v и ρ — плотность воздуха и газа при нормальных условиях, кг/м³.

Если $\rho < \rho_v$, то потери давления на расчетном участке газопровода уменьшают на значение H_r ; если $\rho > \rho_v$, то потери давления в газопроводе суммируют с H_r . Так как фактическая длина подводящего к ПСУ трубопровода, как правило, невелика, то при его расчете влиянием H_r можно пренебречь. При расчете сбросного трубопровода и длине вертикальных участков более 3—5 м гидростатический напор целесообразно учитывать. Для случая $\rho < \rho_v$ потери давления $\Delta p'_2$, кгс/м², в сбросном трубопроводе с учетом H_r составят

$$\Delta p'_2 = \Delta p_2 - H_r = l'_c \Delta h_c, \quad (4.39)$$

а расчетная длина сбросного трубопровода, м,

$$l'_c = \Delta p'_2 / \Delta h_c \quad (4.40)$$

может в некоторых случаях оказаться даже меньше действительной длины, что, естественно, приводит к увеличению расчетной пропускной способности ПСУ. При учете H_r расчетный перепад в ПСУ $\Delta p'$, кгс/м²,

$$\Delta p' = p_1 - p_2 = p_1 - \Delta p'_2. \quad (4.41)$$

На основе общей методики определим пропускную способность конкретных типов ПСУ с учетом влияния обвязочных трубопроводов.

4.3.2. Пропускная способность клапанов пружинных

Нормальная работа этих клапанов обеспечивается при сбросе газа непосредственно в атмосферу или выполнении условия

$$p_2 \leq 0,1 p_1. \quad (4.42)$$

При наличии сбросного трубопровода в выходном патрубке ПСУ создается некоторое противодействие p_2 , которое должно удовлетворять условию (4.42). Минимальное давление настройки СППК4Р на срабатывание (табл. 4.5) $p_1 = 0,5$ кгс/см². В этом случае допустимое давление $p_2 = 0,1 p_1 = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05$ кгс/см² (оно может увеличиваться вместе с соответствующим ростом входного давления p_1).

* В гидравлике под напором понимают максимальную высоту, на которую может подняться жидкость над поверхностью отсчета, и выражают ее в метрах. Здесь и далее гидравлический напор — это принятое в теплогазоснабжении выражение давления, возникающего за счет разности плотностей воздуха и газа, движущегося в вертикальном участке газопровода, кгс/м².

Пропускная способность сбросного клапана прямо пропорциональна скорости истечения газа через седло, причем критическая скорость истечения наступает при

$$\beta_{кр} = p_{2a}/p_{1a} = (p_2 + 1,033)/(p_1 + 1,033) \leq 0,5. \quad (4.43)$$

Решая совместно (4.42) и (4.43), находим, что при $p_1 = 1,29$ кг/см² выполняется условие (4.42) и скорость истечения достигает критического значения. Поэтому если входное давление $p_1 \geq 1,29$ кгс/см², то расчетную массовую пропускную способность клапана G_p , кг/ч, при рабочих параметрах среды определяют по формуле

$$G_p = 16,52 F \alpha B_3 p_{1a} \sqrt{\rho/(273 + t)}, \quad (4.44)$$

где F — площадь наименьшего сечения отверстия в седле клапана, мм² (17с11нж — табл. 4.3, СППК4Р — табл. 4.4); α — коэффициент расхода (17с11нж — табл. 4.3, СППК4Р — табл. 4.4). Если в технической характеристике приведен коэффициент пропускной способности K_{vy} , т/ч, то α определяют по формуле

$$\alpha = 20 K_{vy} / F; \quad (4.45)$$

B_3 — коэффициент, зависящий от p_{2a}/p_{1a} и показателя адиабаты K газа и определяемый при $p_0 = 1,033$ кгс/см² по формуле

$$B_3 = 1,57 \varphi \quad (4.46)$$

[φ — см. формулу (2.13), рис. 2.34]; p_{1a} и p_{2a} — абсолютное давление газа во входном и выходном патрубках клапана, кгс/см²; t — температура газа до клапана, °С.

Расчетная объемная пропускная способность V_p , м³/ч, пружинных клапанов при выполнении условий (4.42) и (4.43) равна

$$V_p = G_p / \rho = 25,9 F \alpha \varphi p_{1a} / \sqrt{\rho (273 + t)}, \quad (4.47)$$

где ρ — плотность газа при нормальных условиях, кг/м³.

При рабочей температуре газа $t = 0^\circ\text{C}$ формула (4.47) упрощается:

$$V_p = 1,57 F \alpha \varphi p_{1a} / \sqrt{\rho}. \quad (4.48)$$

Если в действительности $t > 0^\circ\text{C}$, то подсчет по формуле (4.48) дает по сравнению с формулой (4.47) несколько завышенный результат, укладывающийся в общую погрешность производимых расчетов и составляющий, %: 3,6 ($t = 20^\circ\text{C}$), 1,7 ($t = 10^\circ\text{C}$), 1,3 ($t = 7^\circ\text{C}$).

Для наиболее широко распространенных природных газов с $\rho = 0,73$ кг/м³ при $K = 1,29 \div 1,32$, $p_1 \geq 1,29$ кгс/см² и $t = 0^\circ\text{C}$ формула (4.48) принимает вид

$$V_p = 0,87 F \alpha p_{1a} = 0,87 F \alpha (p_1 + 1,033). \quad (4.49)$$

При $p_1 < 1,29$ кгс/см² и $p_2 \leq 0,1 p_1$ скорость истечения газа через седло клапана оказывается меньше критической, и рас-

четную объемную пропускную способность пружинного клапана определяют по формуле (4.48), находя значения φ по рис. 2.34 или с достаточной для практических целей точностью по формуле

$$V_p = 0,0159 F \alpha \sqrt{\Delta p / \rho_{cp}}, \quad (4.50)$$

где Δp — перепад давления в клапане, кгс/м²; ρ_{cp} — средняя плотность газа, кг/м³:

$$\rho_{cp} = \rho \frac{(0,5\Delta p + 1,033)}{1,033}, \quad (4.51)$$

где Δp — перепад давления в клапане, кгс/см².

При подстановке значения ρ_{cp} в формулу (4.50) получим

$$V_p = 1,62 F \alpha \sqrt{\Delta p / [\rho (0,5\Delta p + 1,033)]}, \quad (4.52)$$

Если $\rho = 0,73$ кг/м³, то

$$V_p = 1,89 F \alpha \sqrt{\Delta p / (0,5\Delta p + 1,033)}. \quad (4.53)$$

Таким образом, при $\beta_1 \leq 0,5$ в соответствии с общей методикой расчета (п. 4.3.1) при заданном расходе V_t определяют потери давления в подводящем трубопроводе Δp_1 и расчетное давление во входном патрубке клапана p_1 , а по формулам (4.47) или (4.48) — расчетную пропускную способность клапана V_p . Клапан удовлетворяет заданным требованиям, если $V_p \geq V_t$. Затем при заданном V_t определяют потери давления в сбросном трубопроводе Δp_2 , которые не должны превышать $0,1p_1$. Если $\Delta p_2 > 0,1p_1$, то увеличивают диаметр сбросного трубопровода или при необходимости принимают к установке клапан с большей пропускной способностью.

В случае если $\beta_1 > 0,5$, то последовательность расчета следующая. В соответствии с общей методикой расчета (п. 4.3.1) при заданном расходе V_t определяют потери давления в подводящем трубопроводе Δp_1 и в сбросном трубопроводе Δp_2 , а также давление во входном патрубке клапана p_1 . Проверяют условие $\Delta p_2 \leq 0,1p_1$ и, если оно не выполняется, диаметр сбросного трубопровода увеличивают. Находят перепад давления Δp на клапане и его пропускную способность V_p по формулам (4.52) или (4.53). Если $V_p \geq V_t$, то клапан принимают к установке; при $V_p < V_t$ расчет повторяют с ПСУ большего D_y .

Выполним расчет пружинного клапана для конкретного объекта — для ГРП (ГРУ) без ПЗК перед регулятором и наличии автоматики регулирования у газопотребляющих агрегатов. Если перед регулятором установлен ПЗК, то порядок расчета сохраняется, но п. 1.4—1.6, 2.1—2.7 и 2.8, в и г из примера исключаются.

Пример 4.1. Расчет клапана предохранительного пружинного сбросного для ГРП без ПЗК перед регулятором и при наличии автоматики регулирования у газопотребляющих агрегатов.

1. Исходные данные

№ п/п	Показатель	Наименование или значение
1.1	Тип регулятора (наибольшего)	Клапан регулирующий 25ч30нж, $D_y = 250$ мм
1.2	Диаметр седла регулятора d_c , мм	250
1.3	Давление настройки регулятора p_n , кгс/см ²	0,78
1.4	Давление газа на входе в ГРП $p_{вх}$, кгс/см ²	4,0
1.5	Минимальный расход газа через ГРП, м ³ /ч (указывается только при отсутствии у газопотребляющих агрегатов автоматики регулирования)	—
1.6	Характеристики газа при нормальных условиях (0 °С и 760 мм рт. ст.): а) плотность ρ , кг/м ³ б) показатель адиабаты K в) кинематическая вязкость ν , м ² /с	0,73 1,32 $14,46 \cdot 10^{-6}$
1.7	Длина действительная трубопровода, м: а) подводящего $l_{д.п}$ б) сбросного $l_{д.с}$	3 15
1.8	Тип и число n местных сопротивлений на трубопроводе: а) подводящем б) сбросном	Тройник на ответвление — 1, задвижка — 1, колено 90° — 2 Колено 90° — 3, внешнее расширение — 1

2. Расчет

№ п/п	Показатель	Формула или действие	Значение
2.1	Расчетный перепад давления в регуляторе Δp_p , кгс/см ²	$p_{вх} - p_n$	$4 - 0,78 = 3,22$
2.2	Давление абсолютное входное в регулятор $p_{а.вх}$, кгс/см ²	$p_{вх} + p_0$	$4 + 1,033 = 5,033$
2.3	Давление абсолютное выходное после регулятора $p_{а.н}$, кгс/см ²	$p_n + p_0$	$0,78 + 1,033 = 1,813$
2.4	Отношение выходного давления к входному β	$p_{а.н} / p_{а.вх}$	$1,813 : 5,033 = 0,36$
2.5	Коэффициент B , учитывающий расширение среды (рис. 2.35)	—	0,59

№ п/п	Показатель	Формула или действие	Значение
2.6	Коэффициент пропускной способности K_{vy} , т/ч (табл. 2.9, 2.10) или расхода K_{α} (табл. 2.13)	—	1600
2.7	Максимальная пропускная способность $V_{\max}$ регулятора, м³/ч: а) РД-64 или клапана регулирующего [формула (2.25)] б) РДУК или РДБК [формула (2.22)]	$31,1BK_{vy} \times \sqrt{\Delta p_p p_{a_{вх}}} / \sqrt{\rho}$ $183,6K_{\alpha} \varphi p_{a_{вх}}$	$31,1 \cdot 0,59 \cdot 1600 \times \sqrt{3,22 \cdot 5,033} : \sqrt{0,73} = 138\,300$ —
2.8	Пропускная способность ПСУ требуемая V_T , м³/ч: а) при наличии ПЗК перед регулятором односедельным [формула (4.2)] б) то же, двухседельным [формула (4.4)] в) при отсутствии ПЗК перед регулятором и автоматики регулирования у газопотребляющих агрегатов [формула (4.5)] г) то же и наличии автоматики регулирования у газопотребляющих агрегатов [формула (4.6)]	$2d_c/\rho$ $4d_c/\rho$ $V_{\max} - V_{\min}$ $0,1V_{\max}$	— — — 13 830
2.9	Предварительно принимаем: клапан сбросной Диаметры трубопроводов патрубка клапана, мм: а) подводящего б) сбросного	— D_y D_y	СППК4Р-200-16 200 300

№ п/п	Показатель	Формула или действие	Значение
2.10	Внутренний диаметр трубопровода, см: а) подводящего б) сбросного	d	21,2 31,5
2.11	Коэффициент z [формула (4.25)] для трубопровода: а) подводящего б) сбросного	$\left(\frac{0,01}{d} + \frac{1922 \cdot vd}{V_{\tau}} \right)^{0,25}$	0,15 0,139
2.12	Эквивалентная длина [формула (4.24)] трубопровода, м: а) подводящего б) сбросного	$d/(11z)$	12,8 20,6
2.13	Сумма коэффициентов местных сопротивлений (табл. 4.12) на трубопроводе: а) подводящем б) сбросном	$\xi_1 n_1 + \xi_2 n_2 + \dots + \xi_n n_n$	$10 + 0,3 + 0,4 \cdot 2 = 11,1$ $0,4 \cdot 3 + 1 = 2,2$
2.14	Расчетная длина трубопровода, м: а) подводящего [формула (4.22)] б) сбросного [формула (4.23)]	$\Sigma \xi_n l_{\text{э. п}} + l_{\text{д. п}}$ $\Sigma \xi_c l_{\text{э. с}} + l_{\text{д. с}}$	$11,1 \cdot 12,8 + 3 = 145$ $2,2 \cdot 20,6 + 15 = 60,3$
2.15	Коэффициент A [формула (4.31)] для трубопроводов: а) подводящего б) сбросного	$1,45zV_{\tau}^2 \rho / d^5$	$1,45 \cdot 0,15 \cdot 13\,820^2 \times 0,73 : 21,2^5 = 7,1$ $1,45 \cdot 0,139 \cdot 13\,820^2 \times 0,73 : 31,5^5 = 0,905$ $1,15 \cdot 0,78 = 0,897$
2.16	Давление в контролируемой точке p_1^k , кгс/см ²	$1,15p_n$	$0,897 + 1,033 = 1,93$
2.17	Давление абсолютное в контролируемой точке p_{1a}^k [формула (4.26)], кгс/см ²	$p_1^k + p_0$	
2.18	Давление абсолютное в патрубке клапана, кгс/см ² : а) входном p_{1a} [формула (4.30)] б) выходном p_{2a} [формула (4.32)]	$\sqrt{p_{1a}^k - A_n l_n \times 10^{-3}}$ $\sqrt{p_0^2 + A_c l_c \cdot 10^{-3}}$	$\sqrt{1,93^2 - 7,1 \cdot 0,145} = 1,642$ $\sqrt{1,067 + 0,905 \cdot 0,06} = 1,059$

№ п/п	Показатель	Формула или действие	Значение
2.19	Давление рабочее в патрубке клапана, кгс/см ² : а) входном p_1 б) выходном p_2	$p_{1a}-p_0$ $p_{2a}-p_0$	$1,642-1,033 = 0,609$ $1,059-1,033 = 0,026$
2.20	Проверка условия (4.42)	$p_2 \leq 0,1p_1$	$0,026 < 0,1 \cdot 0,609 = 0,06$
2.21	Отношение давлений абсолютных выход- ного к входному β_1 [формула (4.43)]	p_{2a}/p_{1a}	$1,059 : 1,642 = 0,645 >$ $> 0,5$
2.22	Площадь седла сброс- ного клапана, мм (табл. 4.3 и 4.4)	—	15 829
2.23	Коэффициент расхода α (табл. 4.3 и 4.4)	—	0,7
2.24	Коэффициент B_1 [опре- деляется при $\beta_1 < 0,5$ по формуле (4.46)]	—	—
2.25	Перепад давления в сбросном клапане Δp , кгс/см ² (опреде- ляется при $\beta_1 > 0,5$)	p_1-p_2	$0,609-0,026 = 0,583$
2.26	Расчетная пропускная способность сброс- ного клапана V_p , м ³ /ч: а) при $\beta_1 \leq 0,5$ [формула (4.48)] б) при $\beta_1 > 0,5$ [формула (4.52)]	$1,57F\alpha p_{1a}/\sqrt{\rho}$ $1,62F\alpha \times$ $\times \sqrt{\Delta p / [(0,5\Delta p +$ $+ 1,033)\rho]}$	— $1,62 \cdot 15\,829 \cdot 0,7 \times$ $\times \sqrt{0,583 : [(0,2915 +$ $+ 1,033) \cdot 0,73]} = 13\,905$
2.27	Проверка условия [фор- мула (4.19)]	$V_p > V_T$	$13\,905 > 13\,830$
2.28	Рекомендуется: клапан сбросной (пружина) Диаметры трубопро- водов, мм: а) подводящего б) сбросного	D_y D_v	СППК4Р-200-16 (пружина № 304) 200 300

4.3.3. Пропускная способность клапанов мембранных

Пропускная способность клапанов малоподъемных (ПСК-50 и П117) без учета потерь давления в обвязочных трубопроводах приведена в табл. 4.7 и 4.8. Для определения их расчетной пропускной способности V_p предварительно в соответствии с п. 4.3.1 находят потери давления в подводящем Δp_1 и сбросном Δp_2 трубопроводах при требуемом расходе газа V_T , а затем по перепаду давления Δp на клапане в табл. 4.7 и 4.8 находят V_p , которая не должна быть менее V_T .

Пропускную способность полноподъемного клапана ПСПК-50, м³/ч, можно подсчитать по формулам (4.52) или (4.53) или, если подставить в них постоянную площадь седла ПСПК-50 $F = 1960 \text{ м}^2$, соответственно по формулам, м³/ч:

$$V_p = 3175\alpha \sqrt{\Delta p / (0,5\Delta p + 1,033)} \rho; \quad (4.54)$$

$$V_p = 3713\alpha \sqrt{\Delta p / (0,5\Delta p + 1,033)}, \quad (4.55)$$

где α принимают по табл. 4.9.

В случае, если $V_T \leq 600 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, формула (4.55) приобретает вид:

$$V_p = 1337 \sqrt{\Delta p / (0,5\Delta p + 1,033)}, \quad (4.56)$$

а при $V_T > 600 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$V_p = 1634 \sqrt{\Delta p / (0,5\Delta p + 1,033)}. \quad (4.57)$$

Расчет клапана ПСПК-50 ведут в следующей последовательности. Для заданного требуемого расхода газа V_T определяют потери давления в подводящем Δp_1 и сбросном Δp_2 трубопроводах, затем перепад давления в клапане $\Delta p = p_1 - \Delta p_2$ и по формулам (4.52) — (4.57) — расчетную пропускную способность V_p . Если $V_p \geq V_T$, то клапан и трубопроводы к нему выбраны правильно. При $V_p < V_T$ увеличивают диаметр сбросного, а при необходимости и подводящего трубопровода или принимают к установке два ПСПК-50. Последовательность расчета ПСПК-50 идентична показанной в примере 4.1 и отличается только тем, что в п. 2.26, б могут быть использованы более простые формулы (4.56) — (4.57) вместо (4.52).

4.3.4. Пропускная способность гидравлических предохранителей (ГП)

Пропускная способность ГП при давлении во входном патрубке $p_1 = 1,1p_n$ и $1,15p_n$ и начале срабатывания $p_{ср} = 1,04p_n$ для газа с $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ приведена в табл. 4.13. Эта таблица предназначена только для предварительного выбора ГП и последующего его расчета с учетом Δp_1 и Δp_2 по рис. 4.10 (ГП-40, -50), 4.11 (ГП-80), 4.12 (ГП-100) и 4.13 (ГП-150).

Пропускная способность гидравлических предохранителей, м³/ч, при давлении начала срабатывания 1,04 p_н

Гидравлический предохранитель	Длина сброшеного трубопровода, м		Давление настройки предохранителя p_H , кгс/м ²															
			Давление во входном патрубке p , кгс/м ²															
	действительная $l_{д.с}$	расчетная l_c	200		300		400		500		600		700		800		900	
$1,1p_H$			$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	$1,1p_H$	$1,15p_H$	
ГП-40	10	12	25	35	30	41	33	47	42	57	48	65	55	74	63	84	72	97
	20	22	18	23	21	28	24	33	29	41	34	47	41	54	46	62	52	71
ГП-50	10	13	39	50	47	62	54	75	64	87	75	104	87	121	99	138	111	155
	20	23	28	37	34	46	39	54	46	65	55	77	64	90	72	102	79	116
ГП-80	10	15	110	160	135	185	150	215	173	245	205	280	232	316	252	352	286	400
	20	25	83	121	102	145	118	170	132	190	158	220	178	250	198	275	224	314
ГП-100	10	17	141	195	175	260	214	290	231	328	275	370	312	428	348	470	400	535
	20	27	106	147	132	190	158	221	179	259	205	290	239	320	273	368	307	414
ГП-150	10	20	210	308	345	425	359	525	441	637	525	710	615	820	680	925	765	1045
	20	30	161	230	230	314	282	390	352	493	422	536	480	678	545	744	630	912

Расчетную пропускную способность V_p ГП в зависимости от p_1/p_n определяют по штриховым кривым на рис. 4.10—4.13, построенным для постоянных действительных длин сбросного трубопровода $l_{д.с}^{\min} = 10$ и $l_{д.с}^{\max} = 20$ м. При испытаниях эти трубопроводы имели местные сопротивления: два колена 90° и внезапное расширение в устье. Так как l_z увеличивается почти прямо пропорционально диаметру, то при равной действительной длине $l_{д.с}$ расчетные длины l_c сбросных трубопроводов различных ГП отличаются друг от друга (табл. 4.13). В реальных условиях объекта число колен на сбросном трубопроводе может отличаться от двух, и потеря давления в нем определяется расходом газа, давлением настройки p_n и расчетной длиной l_c . На рис. 4.10—4.13 для каждого p_n даются две кривые — для $l_{\min}$ (соответствующей $l_{д.с} = 10$) и $l_{\max}$ (соответствующей $l_{д.с} = 20$ м).

При определении V_p по рис. 4.10—4.13 могут встретиться следующие варианты.

1. Если расчетная длина l_c' сбросного трубопровода равна или отличается на $\pm 0,5$ м от $l_{\min}$ или $l_{\max}$, то действительную пропускную способность V_p , $\text{м}^3/\text{ч}$, находят по соответствующей кривой. Для этого проводят вертикаль от точки предварительно подсчитанного отношения p_1/p_n на оси абсцисс до кривой $l_{\min}$ или $l_{\max}$ для данного p_n и от точки пересечения ведут горизонтальную линию до шкалы V на оси ординат (см. пример 4.2, вариант 1).

2. Если $l_{\min} < l_c' < l_{\max}$, то V_p , $\text{м}^3/\text{ч}$, находят интерполированием по формуле

$$V_p = (V_{\max} - V_{\min}) \frac{l_{\max} - l_c'}{l_{\max} - l_{\min}} + V_{\min}, \quad (4.58)$$

где $V_{\max}$ и $V_{\min}$ определяют по рис. 4.10—4.13; $l_{\max}$ и $l_{\min}$ — постоянные величины для каждого ГП (табл. 4.13), разность которых всегда равна 10. Тогда формула (4.58) принимает вид

$$V_p = 0,1 (V_{\max} - V_{\min}) (l_{\max} - l_c') + V_{\min}. \quad (4.59)$$

Расчет V_p для этого случая приведен в примере 4.2, вариант 2.

3. Если $l_c' < l_{\min}$, то расчетная пропускная способность V_p , $\text{м}^3/\text{ч}$, возрастает по сравнению с $V_{\max}$ на $\sim 5\%$ с каждым метром уменьшения длины сбросного трубопровода и определяется по формуле

$$V_p = V_{\max} [1 + 0,05 (l_{\min} - l_c')], \quad (4.60)$$

где $V_{\max}$ — пропускная способность ГП, определяемая по рис. 4.10—4.13 на шкале V и соответствующая точке пересечения вертикали от p_1/p_n на оси абсцисс до штриховой кривой $l_{\min}$ для заданного p_n ; l_c' — расчетная длина сбросного трубопровода в пределах от $l_{\min}$ до $0,7l_{\min}$ [при $l_c' < 0,7l_{\min}$ в формулу (4.60) подставляют $l_c' = 0,7l_{\min}$].

Расчет V_p для этого случая приведен в примере 4.2, вариант 3.

4. Если $l_c' > l_{\max}$, то расчетная пропускная способность V_p , $\text{м}^3/\text{ч}$, уменьшается по сравнению с $V_{\min}$ на $\sim 3\%$ с каждым метром удлинения сбросного трубопровода и определяется по формуле

$$V_p = V_{\min} [1 - 0,03 (l_c' - l_{\max})], \quad (4.61)$$

где $V_{\min}$ — пропускная способность ГП, определяемая по рис. 4.10—4.13 на шкале V и соответствующая точке пересечения вертикали от p_1/p_n на оси

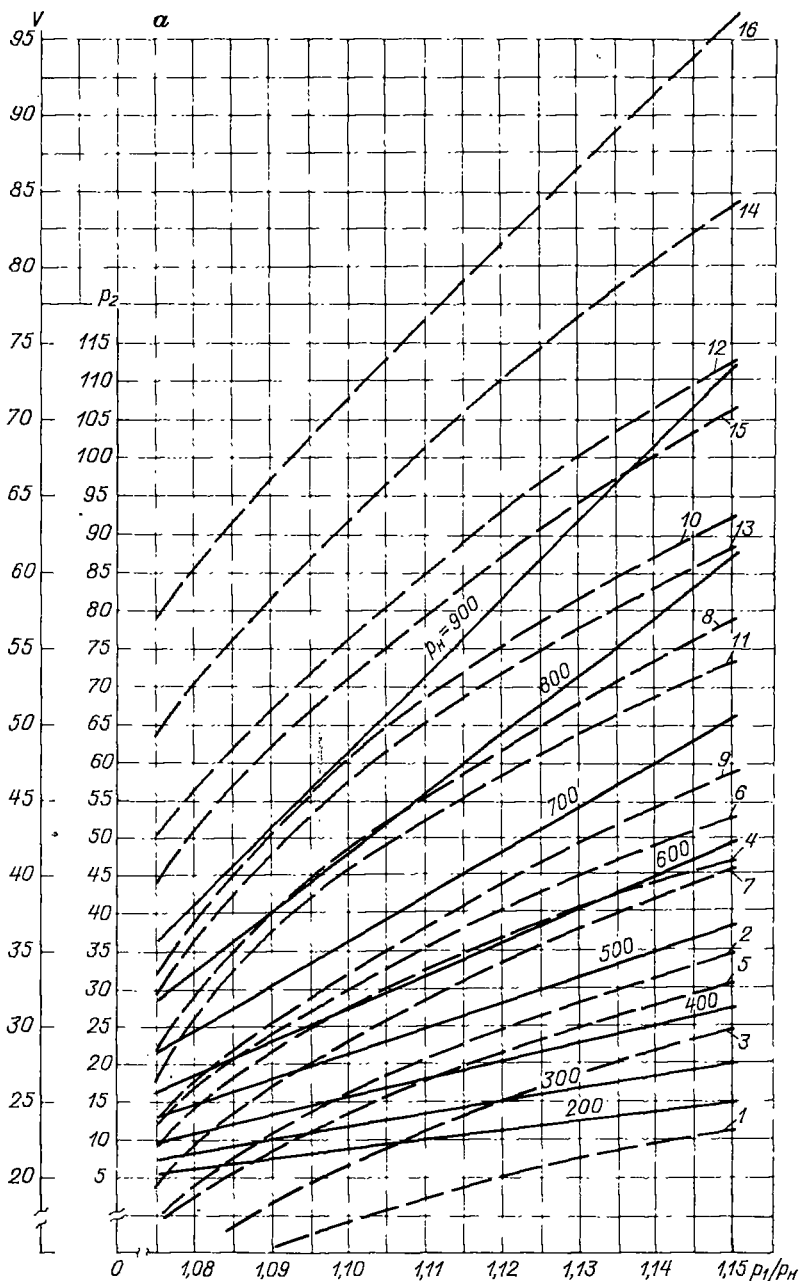
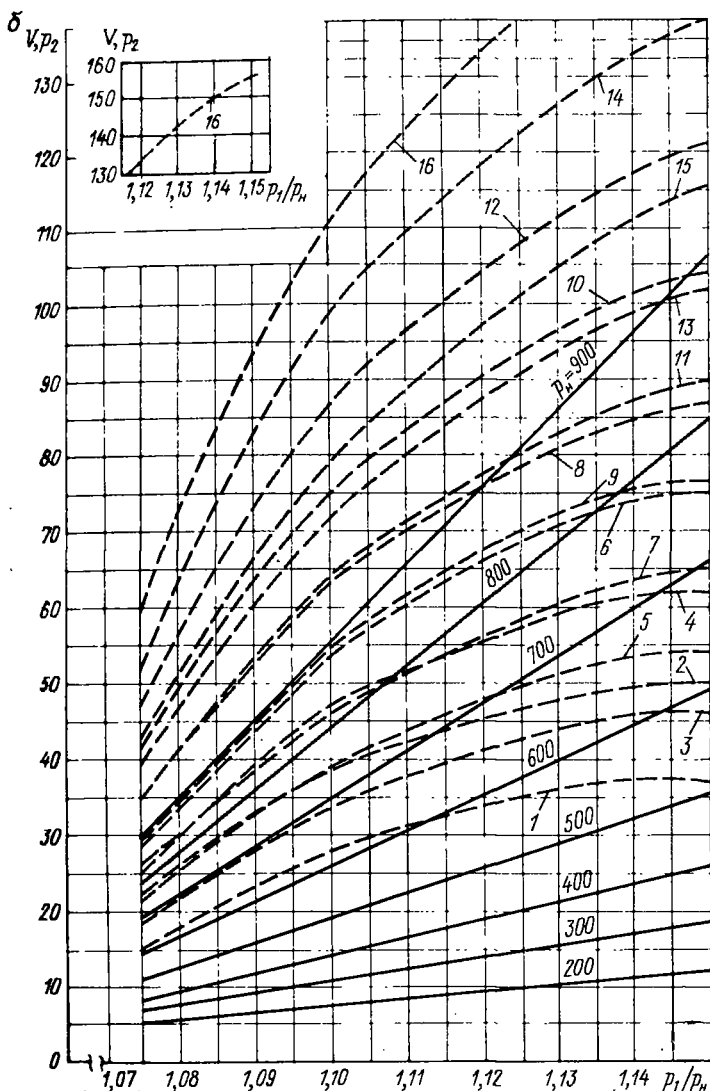


Рис. 4.10. Характеристика ГП-40 (а) и ГП-50 (б).

V — пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$; давление, $\text{кгс}/\text{см}^2$: p_1 — во входном патрубке; p_2 — в выходном патрубке; p_n — настройки. Сплошная линия — зависимость p_2 от p_1/p_n , штриховая — V от p_1/p_n . Номер штриховой линии определяет p_n и l_c — расчетную длину



сбросного трубопровода, м: p_n : 200 (1, 2), 300 (3, 4), 400 (5, 6), 500 (7, 8), 600 (9, 10), 700 (11, 12), 800 (13, 14) и 900 (15, 16). Нечетный номер штриховой линии соответствует $l_{д.с} = 10$; четный — $l_{д.с} = 20$ м (соответствующие $l_{д.с}$ расчетные длины l_c приведены в табл. 4.13).

абсцисс до штриховой кривой $l_{\max}$ для заданного p_n ; l_c' — расчетная длина сбросного трубопровода в пределах от $l_{\max}$ до $1,25l_{\max}$.

Расчет для этого случая приведен в примере 4.2, вариант 4.

Давление в выходном патрубке предохранителя p_2 (на рис. 4.10—4.13 — сплошные линии), определяющие расчетную

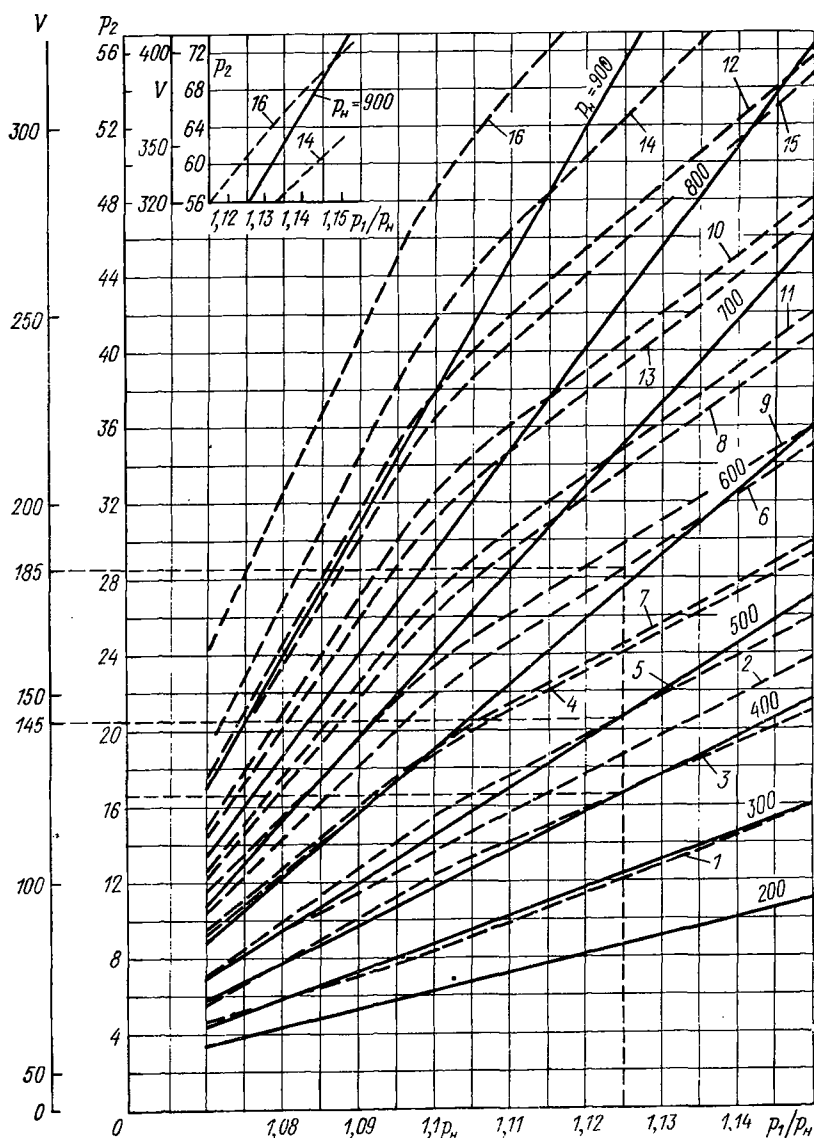


Рис. 4.11. Характеристика ГП-80.
Обозначения см. на рис. 4.10.

длину l_c сбросного трубопровода с диаметром, равным диаметру выходного патрубка, в диапазоне принятых при испытаниях ГП действительных длин $l_{д.с} = 10$ и 20 м практически не зависит от расхода газа. Это можно объяснить так. С уменьшением длины сбросного трубопровода без изменения сброса потери в нем Δp_2 также уменьшаются. Это ведет к росту перепада

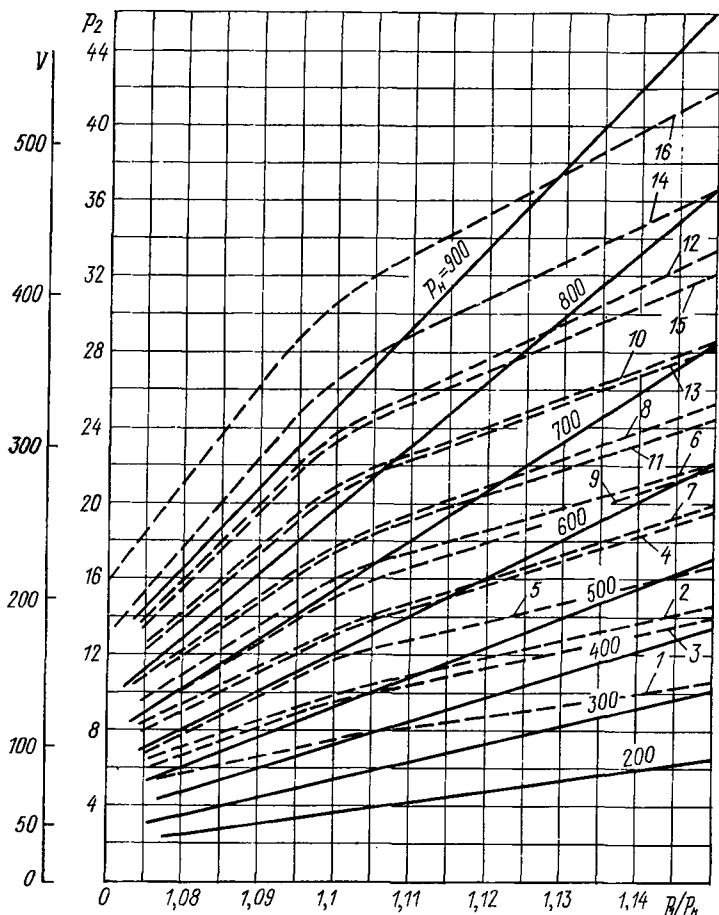


Рис. 4.12. Характеристика ГП-100.

Обозначения см. на рис. 4.10.

давления и пропускной способности ГП и соответственно к увеличению расхода газа через сбросной трубопровод и Δp_2 . В результате уменьшение Δp_2 за счет укорачивания сбросного трубопровода компенсируется ростом Δp_2 за счет увеличения сброса, и $p_2 = \Delta p_2$ можно с достаточной степенью точности считать величиной постоянной в диапазоне изменения l_c , принятых при испытании. Дальнейшее увеличение или уменьшение длины сбросного трубопровода (за пределами указанного диапазона) ведет к отклонению давления p_2 от приведенного на рис. 4.10—4.13 (с увеличением длины давление возрастает, с уменьшением длины — снижается).

Однако для упрощения последующих расчетов и сохранения некоторого запаса по пропускной способности при увеличении

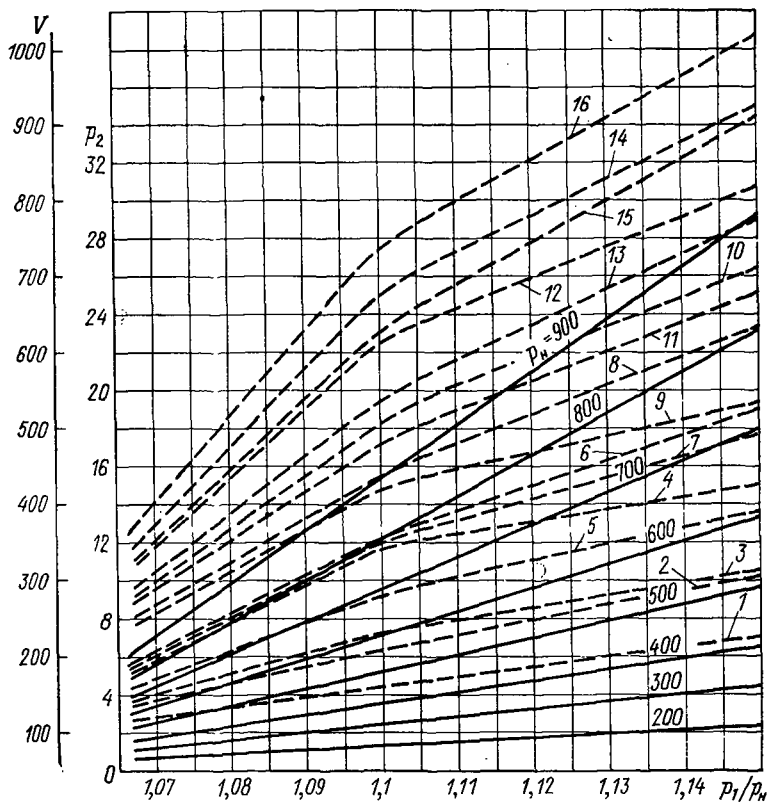


Рис. 4.13. Характеристика ГП-150.

Обозначения см. на рис. 4.10.

l_c до $1,25l_{\max}$ целесообразно считать, что давление в выходном патрубке предохранителя остается равным p_2 , приведенному на рис. 4.10—4.13, а при уменьшении l_c в пределах от $l_{\min}$ до $0,7l_{\min}$ расчетное давление в выходном патрубке снижается относительно указанного на рис. 4.10—4.13 на 10 % с каждым метром уменьшения l_c . В этом случае расчетное давление p_2' в выходном патрубке можно определить из уравнения

$$p_2' = p_2 [1 - 0,1 (l_{\min} - l_c')], \quad (4.62)$$

где p_2 — давление в выходном патрубке предохранителя по рис. 4.10—4.13, кгс/м².

При этом, естественно, Δp_2 в сбросном трубопроводе, подсчитанный по формуле (4.28) [при учете гидростатического напора $\Delta p_2'$ — по формуле (4.39)], должен сравниваться с давлением p_2' . Тогда формула (4.21) приобретает вид

$$p_2' \geq \Delta p_2. \quad (4.63)$$

Пример 4.2 Расчет гидравлического предохранителя для ГРП (ГРУ) с установленным перед регулятором ПЗК (газ $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14,46 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $K = 1,32$)

1. Исходные данные

п/п №	Показатель	Вариант			
		1	2	3	4
1.1	Тип регулятора	РДС-200			
1.2	Диаметр седла регулятора, d , мм	90			
1.3	Давление настройки регулятора P_n , кгс/м ²	400			
1.4	Длина действительная трубопровода, м:	РДУК2Н-200			
	а) подводящего $l_{д.п}$	13	6	3	2
	б) сбросного $l_{д.с}$	19	21	11	35
	в) в том числе вертикального участка z	7	7	5	6
1.5	Тип и число n местных сопротивлений на трубопроводе:	РДУК2Н-100			
	а) подводящем				
	тройник на ответвление				1
	задвижка (кран)				1
	отвод (крутоизогнутый или плавный)				3
	б) сбросном				
	отвод (крутоизогнутый или плавный)				2
	внезапное расширение				1

2. Расчет

№ п/п	Показатель	Формула или действие	Вариант			
			1	2	3	4
2.1	Пропускная способность ГП требуемая $V_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{ч}$ [формула (4.2)]	$2d/p$	247	247	288	192
2.2	Расчетное давление газа в контролируемой точке $p_1^k, \text{ кгс/м}^2$	$1,15p_n$		1,15·400 = 460		
2.3	Предварительно принятый к установке ГП с внутренними диаметрами трубопроводов, см:	—		ГП-100		
2.4	а) подводящего сбросного б) Сумма коэффициентов местных сопротивлений (табл. 4.13) на трубопроводе: а) подводящем б) сбросном	$\frac{d_n}{d_c} + \xi_1 n_1 + \xi_2 n_2 + \dots + \xi_m n_m$		10,8 10,8		
2.5	Коэффициент z [формула (4.25)]	$(0,01/d + 1922 \cdot vd/V_{\Gamma})^{0,25}$	0,214	$1,3 + 0,4 \cdot 3 + 0,3 = 2,8$ $0,4 \cdot 2 + 1,0 = 1,8$	0,209	0,222
2.6	Эквивалентная длина [формула (4.24)] трубопроводов $l_{э, п}$	$d/(11z)$	4,58		4,68	4,41
2.7	Расчетная длина трубопровода, м:					

2.8	а) подводящего l_n [формула (4.22)] б) сбросного l_c [формула (4.23)]	$\Sigma \xi_n l_{n, n} + l_{d, n}$ $\Sigma \xi_c l_{c, c} + l_{d, c}$ $7zV^2\rho/d^5$	$2,8 \cdot 4,58 + 13 = 25,82$ $1,8 \cdot 4,58 + 19 = 27,2$ 0,39	$2,8 \cdot 4,58 + 6 = 18,82$ $1,8 \cdot 4,58 + 21 = 29,2$	$2,8 \cdot 4,68 + 3 = 16,1$ $1,8 \cdot 4,68 + 11 = 19,4$ 0,52	$2,8 \cdot 4,41 + 2 = 14,3$ $1,8 \cdot 4,41 + 35 = 42,9$ 0,25
2.9	Потери давления на 1 м трубопровода [формула (4.29)] Δh_n и Δh_c , м	$l_n \Delta h_n$ $l_c \Delta h_c$	$25,82 \cdot 0,39 = 10$ $27,2 \cdot 0,39 = 10,6$	$18,82 \cdot 0,39 = 7,3$ $29,2 \cdot 0,39 = 11,4$	$16,1 \cdot 0,52 = 8,4$ $19,4 \cdot 0,52 = 10$	$14,3 \cdot 0,25 = 3,6$ $42,9 \cdot 0,25 = 10,7$
2.10	Давление газа во входном патрубке предохранителя p_1 , кгс/м ² [формула (4.20)]	$p_1^k - \Delta p_1$	$460 - 10 = 450$	$460 - 7,3 = 452,7$	$460 - 8,4 = 451,6$	$460 - 3,6 = 456,4$
2.11	Отношение p_1/p_n	p_1/p_n	$450 : 400 = 1,125$ $7 (1,29 - 0,73) = 3,92$	$452,7 : 400 = 1,132$	$451,6 : 400 = 1,129$ $5 (1,29 - 0,73) = 2,8$	$456,4 : 400 = 1,141$ $6 (1,29 - 0,73) = 3,4$
2.12	Гидростатический напор в сбросном трубопроводе H_r (учитывается при длине вертикального участка $z > 5$ м), кгс/м ² [формула (4.38)]	$z (1,29 - \rho)$				
2.13	Расчетная потеря давления в сбросном трубопроводе Δp_2 , кгс/м ² [формула (4.39)]	$\Delta p_2 - H_r$	$10,6 - 3,92 = 6,68$	$11,4 - 3,92 = 7,47$	$10 - 2,8 = 7,2$	$10,7 - 3,4 = 7,3$
2.14	Условная расчетная длина сбросного трубопровода l'_c , м [формула (4.40)]	$\Delta p'_2 / \Delta h_c$	$6,68 : 0,39 = 17,1$	$7,47 : 0,39 = 19,1$	$7,2 : 0,52 = 13,8$	$7,3 : 0,25 = 29,2$

п/п №	Показатель	Формула или действие	Вариант			
			1	2	3	4
2.15	Пропускная способность, м³/ч:					
	а) $V_{\min}$ (рис. 4.10—4.13)	Точка пересечения вертикали от P_1/P_n до штриховой кривой $l_{\max}$ (шкала V)	—	200	—	208
	б) $V_{\max}$ (рис. 4.10—4.13)	Точка пересечения вертикали от P_1/P_n до штриховой кривой $l_{\min}$ (шкала V)	250	262	258	—
	в) при $l_{\min} < l'_c < l_{\max}$ [формула (4.59)]	$0,1(V_{\max} - V_{\min}) \times (l_{\max} - l'_c) + V_{\min}$	—	$0,1(262 - 200) \times (27 - 19,1) + 200 = 249$	—	—
	г) при $l'_c < l_{\min}$ [формула (4.60), применима для $l'_{\min} > l'_c > 0,7l_{\min}$]	$V_{\max}[1 + 0,05 \times (l_{\min} - l'_c)]$	—	—	$258[1 + 0,05 \times (17 - 13,8)] = 299$	—
	д) при $l'_c > l_{\max}$ [формула (4.61), применима для $l_{\max} < l'_c < 1,25l_{\max}$]	$V_{\min}[1 - 0,03 \times (l'_c - l_{\max})]$	—	—	—	$208[1 - 0,03(29,2 - 27)] = 194$

2.16	Проверка пригодности ГП по пропускной способности	$V_p \geq V_T$	250 > 247	249 > 247	299 > 288	194 > 192
2.17	Давление в выходном патрубке предохранителя, кгс/м ² : а) p_2 при $l'_c \geq l_{\min}$ (рис. 4.10—4.13) б) p'_2 при $l_{\min} > l'_c > 0,7l_{\min}$ [формула (4.62)]	Точка пересечения вертикали от p_1/p_H до соответствующей сплошной линии p_H (шкала p_2) $p_2 [1 - 0,1(l'_{\min} - l'_c)]$	10,4	11,2	10,8	12,2
2.18	Проверка пригодности диаметра сбросного трубопровода а) при $l'_c \geq l_{\min}$ б) при $l_{\min} > l'_c > 0,7l_{\min}$	$p_2 \geq \Delta p'_2$ $p'_2 > \Delta p'_2$	10,4 > 6,68	11,2 > 7,47	—	12,2 > 7,3
2.19	Рекомендуется гидравлический предохранитель Диаметры трубопроводов: а) подводящего б) сбросного	ГП D_y D_y	—	—	7,3 > 7,2	—
					ГП-100	
						100
						100

или при учете гидростатического напора:

$$p_2' \geq \Delta p_2'. \quad (4.64)$$

Для заданных V_T и l'_c найденное по рис. 4.10—4.13 давление в выходном патрубке p_2 или p_2' (для $l'_c < l_{\min}$) и выполнение условия (4.21) [или (4.63) и (4.64)] определяет правильность предварительно принятого диаметра сбросного трубопровода (например, равного диаметру выходного патрубка) или необходимость его увеличения. При этом до пользования рис. 4.10—4.13 предварительно находят потери давления Δp_1 [формула (4.27)], затем давление во входном патрубке предохранителя p_1 [формула (4.20)] и, наконец, отношение p_1/p_n . Последовательность действий в конкретных случаях показана: для $l'_c/l_{\min}$ — в примере 4.2, варианты 1, 2 и 4, и для $0,7l_{\min} < l'_c < l_{\min}$ — в примере 4.2, вариант 3.

На практике иногда встречается необходимость расчета ГП для давлений $p_n > 900$ кгс/см² (в пределах до 1600 кгс/м²). По данным Ленгипроинжпроекта относительная пропускная способность ГП (отношение пропускной способности V к p_n) начиная с давлений $p_n = 500 \div 600$ кгс/м² практически остается постоянной (табл. 4.14) для данного типоразмера ГП и давления p_1 . Это позволяет определять пропускную способность любого из ГП при $p_n > 900$ кгс/м², если условно принять, что изменение V в пределах $(1,1 \div 1,15)p_n$ имеет линейную зависимость. Для этого действуют в такой последовательности: а) подсчитывают $p_{K_1} = 1,15p_n$; б) находят потери давления в подводящем трубопроводе Δp_1 [формула (4.27)]; в) определяют давление p_1 во входном патрубке ГП [формула (4.20)]; г) рассчитывают для данного p_1 максимальную $V_{\max}$ и минимальную $V_{\min}$ пропускную способность по формулам:

$$V_{\max} = K_3 p_n + 20 (K_1 - K_3) (p_1 - 1,1 p_n); \quad (4.65)$$

$$V_{\min} = K_4 p_n + 20 (K_2 - K_4) (p_1 - 1,1 p_n), \quad (4.66)$$

где K_1, K_2, K_3, K_4 находят по табл. 4.14.

Зная $V_{\max}$ и $V_{\min}$, а также длину сбросного трубопровода, определяют V_p в соответствии с пунктами 1, 2, 3 или 4 настоящего подраздела (пример 4.3).

Если длина сбросного трубопровода $l_{\max} > l'_c > l_{\min}$, то давление p_2 , кгс/м², определяется по формуле

$$p_2 = (0,01 K p_n)^2, \quad (4.67)$$

где относительное давление в выходном патрубке $K = \sqrt{p_2/p_n}$ для значений p_1 во входном патрубке приведено в табл. 4.14 и обозначено для $p_1 = 1,15 p_n$ через K_5 , для $p_1 = 1,1 p_n$ через K_6 и для промежуточных значений p_1 [формула (4.20)] определяется по формуле

$$K = K_6 + 20 (K_5 - K_6) (p_1 - 1,1 p_n) / p_n. \quad (4.68)$$

Если длина сбросного трубопровода $l'_c < l_{\min}$, то p_2' определяют по уравнению (4.62), где p_2 принимают по формуле (4.67).

**Коэффициенты для определения пропускной способности
и давления в выходном патрубке гидравлического предохранителя
при $1600 \geq p_H > 900$ кгс/м²**

Показатель	ГП-40	ГП-50	ГП-80	ГП-100	ГП-150
Относительная пропускная способность $K = V/p_H$ при $p_1 = 1,15p_H$ и длине сбросного трубопровода: $l_{\min} - K_1$	0,11	0,18	0,49	0,62	1,18
$l_{\max} - K_2$	0,08	0,13	0,37	0,46	0,93
То же, при $p_1 = 1,1p_H$ и дли- не сбросного трубопро- вода: $l_{\min} - K_3$	0,08	0,12	0,32	0,46	0,88
$l_{\max} - K_4$	0,06	0,09	0,24	0,34	0,69
Относительное давление в выходном патрубке $K =$ $\sqrt{p_2/p_H}$ при: $p_1 = 1,15p_H - K_5$	1,16	1,14	0,95	0,75	0,60
$p_1 = 1,1p_H - K_6$	0,83	0,82	0,70	0,55	0,44

Пример 4.3. Исходные данные. Газ природный, $\rho = 0,73$ кг/м³, $V_T = 384$ м³/ч, $p_H = 1100$ кгс/м², $\Delta p_1 = 15$ кгс/м², $l_c = 20$ м. Местные сопротивления на сбросном трубопроводе: два крутоизогнутых отвода — 90° ($\xi = 0,4$) и внезапное расширение в устье ($\xi = 1,0$). К установке предварительно принят ГП-80, диаметры подводящего и сбросного трубопроводов $D_y = 80$ мм. Определить расчетную пропускную способность V_p и выполнение условий (4.19) и (4.21).

Решение.

1. Давление в контролируемой точке, кгс/м²,

$$p_1 = 1,15p_H = 1,15 \cdot 1100 = 1265.$$

2. Давление во входном патрубке, кгс/м² [формула (4.20)]:

$$p_1 = p_1^K - \Delta p_1 = 1265 - 15 = 1250.$$

3. Максимальная пропускная способность ГП, м³/ч [формула (4.65)]:

$$V_{\max} = K_3 p_H + 20 (K_1 - K_3) (p_1 - 1,1 p_H) = 0,32 \cdot 1100 + 20 (0,49 - 0,32) (1250 - 1210) = 488.$$

4. Минимальная пропускная способность ГП, м³/ч [формула (4.66)]:

$$V_{\min} = K_4 p_H + 20 (K_2 - K_4) (p_1 - 1,1 p_H) = 0,24 \cdot 1100 + 20 (0,37 - 0,24) (1250 - 1210) = 368.$$

5. Расчетная пропускная способность ГП, м³/ч [формула (4.59)]:

$$V_p = 0,1 (V_{\max} - V_{\min}) (l_{\max} - l'_c) + V_{\min} = 0,1 (488 - 368) (25 - 20) + 368 = 428.$$

6. Проверка условия (4.19):

$$V_p \geq V_T; \quad 428 > 324.$$

7. Относительное давление в выходном патрубке при $p_1=1250$ кгс/м² [формула (4.68)]:

$$K = K_6 + 20 (K_5 - K_6) (p_1 - 1,1 p_H) / p_H = \\ = 0,7 + 20 (0,95 - 0,7) (1250 - 1210) : 1100 = 0,88.$$

8. Давление в выходном патрубке, кгс/м² [формула (4.67)]:

$$p_2 = (0,01 K p_H)^2 = (0,01 \cdot 0,88 \cdot 1100)^2 = 93.$$

9. Потеря давления в сбросном трубопроводе, кгс/м² [формула (4.28)]:

$$\Delta p_2 = l_c \Delta h_c : 20 \cdot 3,04 = 60,8,$$

где $\Delta h_c=3,04$ [подсчитано по формуле (4.29)].

10. Проверка условия (4.21):

$$p_2 \geq \Delta p_2; \quad 93 > 60,8.$$

ГП-80 обеспечивает требуемую пропускную способность V_T и удовлетворяет условию (4.21).

4.4. ВЫБОР И ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЙКИ ПСУ

Выбор ПСУ определяется технологическими особенностями системы ГРП — объект регулирования. В гл. 2 было показано, что для поддержания устойчивого давления в контролируемой точке газопровода после регулятора нежелательно резкое включение или отключение крупных потребителей газа. Плавное и постепенное изменение расхода газа объектом регулирования, что, как правило, предусматривается эксплуатационными инструкциями, позволяет поддерживать давление в газопроводе после регулятора в заданных пределах без скачкообразных изменений, способных нарушить устойчивость работы газогорелочных устройств. Если при исправной работе регулятора давление после него по каким-либо причинам превысит заданное значение, то целесообразно на короткое время осуществить сброс газа через ПСУ, чтобы регулятор успел понизить давление в контролируемой точке до срабатывания ПЗК. Отсюда следует, что, во-первых, действительная пропускная способность ПСУ не должна значительно превышать требуемую и, во-вторых, предпочтительно использование сбросных устройств пропорционального действия, увеличивающих сброс пропорционально росту давления в газопроводе. При этом независимо от принципа действия ПСУ должно гарантироваться полное прекращение сброса газа через него после снижения давления в газопроводе до близкого к рабочему.

Исходя из этих основных требований, предъявляемых к ПСУ, можно рекомендовать применять на газопроводах:

1) низкого и среднего (до $0,1-0,15$ кгс/см²) давления — гидравлические предохранители;

2) среднего (от $0,1$ до $1,25$ кгс/см²) давления — мембранные клапаны ПСПК-50;

3) среднего (более $0,45$ кгс/см²) и высокого давления — пружинные клапаны СППК4Р.

Применение в ГРП (ГРУ) малоподъемных клапанов (ПСК-50, П117 и 17с11нж) нецелесообразно, так как они прекращают сброс газа только после уменьшения давления в контролируемой точке до 0,8—0,85 рабочего давления.

Методы настройки различных типов ПСУ на срабатывание изложены в § 4.2, а также в гл. 7. Поэтому ниже приводятся только параметры настройки ПСУ безотносительно к их конструктивному устройству.

В соответствии с «Правилами безопасности в газовом хозяйстве» настройка ПСУ на срабатывание зависит (как и настройка ПЗК) от назначения ГРП — снабжения им тупиковых или закольцованных систем газоснабжения. С учетом изложенных в § 3.3 особенностей работы тупиковых и закольцованных систем ПСУ настраивают следующим образом.

1. В тупиковых системах для предотвращения чрезмерного повышения контролируемого давления и преждевременного срабатывания ПЗК сбросное устройство должно быть полностью открыто (для полноподъемных клапанов) или обеспечивать сброс газа в объеме не менее V_T (для малоподъемных клапанов, а также гидравлических предохранителей) при превышении установленного максимального рабочего давления в газопроводе после регулятора не более чем на 15 %. Начало открытия (для пружинных и мембранных клапанов) или начало барботажа газа через жидкость (для гидравлических предохранителей) должно наступать при превышении этого давления не более чем на 5 %. Так, например, если в газопроводах низкого давления после ГРП (ГРУ) может поддерживаться 85—200 кгс/м² (при давлении перед приборами 130 кгс/м²) или 120—300 кгс/м² (при давлении перед приборами 200 кгс/м²), то максимально допустимое рабочее давление в первом случае 200, во втором — 300 кгс/м². Следовательно, полное открытие ПСУ или сброс газа через него в объеме, не меньшем V_T , должны быть обеспечены при давлении, кгс/м², не большем: в первом случае — $1,15 \cdot 200 = 230$, во втором — $1,15 \cdot 300 = 345$. Соответственно начало открытия (для пружинных и мембранных клапанов) или начало барботажа (для гидравлических предохранителей) должно быть обеспечено при давлении, кгс/м², не более: в первом случае — $1,05 \cdot 200 = 210$, во втором — $1,05 \cdot 300 = 315$. Настройку ПСУ при среднем или высоком давлении после регулятора определяют аналогично.

2. В закольцованных системах для предотвращения чрезмерного повышения контролируемого давления ПСУ настраивают так, чтобы сброс газа через них мог происходить только в случае, когда ПЗК перед неисправными регуляторами уже сработали, но давление в газопроводах все же продолжает возрастать. При этом полное открытие ПСУ (для полноподъемных клапанов) или сброс газа в объеме не менее V_T (для малоподъемных клапанов и гидравлических предохранителей) должны осуществляться при превышении установленного максималь-

ного рабочего давления закрытия ПЗК не более чем на 15 %, а начало открытия при превышении этого давления не более чем на 5 %.

Так, например, если максимальное рабочее давление в газопроводе низкого давления (настройка регулятора) составляет $p_n = 200 \text{ кгс/м}^2$, то, согласно § 3.3 ПЗК настраивают на срабатывание при давлении

$$p_{\text{ср}}^{\text{ПЗК}} = p_n + 50 = 200 + 50 = 250 \text{ кгс/м}^2.$$

Тогда ПСУ должно быть настроено так, чтобы его полное открытие произошло при давлении не более

$$p_{\text{ср}}^{\text{ПСУ}} = p_{\text{ср}}^{\text{ПЗК}} \cdot 1,15 = 250 \cdot 1,15 = 288 \text{ кгс/м}^2,$$

а начало открытия — при давлении не более

$$p_{\text{ср}} = 250 \cdot 1,05 = 263 \text{ кгс/м}^2.$$

Если в контролируемой точке газопровода после регулятора поддерживается среднее давление, например $p_n = 0,5 \text{ кгс/см}^2$, то, согласно § 3.3, ПЗК настраивают на срабатывание при давлении

$$p_{\text{ср}}^{\text{ПЗК}} = p_n \cdot 1,25 = 0,5 \cdot 1,25 = 0,625 \text{ кгс/см}^2.$$

В этом случае ПСУ настраивают так, чтобы его полное открытие произошло при давлении не более

$$p_{\text{ср}}^{\text{ПСУ}} = p_{\text{ср}}^{\text{ПЗК}} \cdot 1,15 = 0,625 \cdot 1,15 = 0,72 \text{ кгс/см}^2,$$

а начало открытия — при давлении не более

$$p_{\text{ср}}^{\text{ПСУ}} = 0,625 \cdot 1,05 = 0,66 \text{ кгс/см}^2.$$

Настройка ПСУ для газопроводов высокого давления производится аналогично.

Глава 5

ФИЛЬТРЫ ГАЗОВЫЕ

5.1. НАЗНАЧЕНИЕ. ТРЕБОВАНИЯ К ФИЛЬТРАМ

Фильтры газовые в ГРП (ГРУ) предназначены для очистки газа от пыли, смолистых веществ, нафталина и других твердых частиц. Отсутствие в очищенном газе твердых частиц или уменьшение их количества до возможного минимума позволяет повысить плотность запорных устройств, включая арматуру перед агрегатами, горелками и приборами, ПЗК, ПСУ и регулирующих органов регуляторов давления, а также увеличить межремонтное время этих устройств за счет уменьшения износа (в основном эрозии) уплотняющих поверхностей. При этом уменьшается износ и повышается точность работы расходомеров (счетчиков и измерительных диафрагм), особо чувствительных к эрозии. Поэтому правильный выбор фильтра и его квалифицированная эксплуатация являются одним из важнейших мероприятий по обеспечению надежного и безопасного функционирования системы газоснабжения. К сожалению, на практике наблюдаются случаи применения фильтров при расходах газа, заведомо больше допустимых, что значительно ухудшает степень очистки газа, а в кассетных фильтрах вызывает унос фильтрующего материала. В процессе эксплуатации проверка загрязненности фильтра осуществляется нерегулярно, а добавление фильтрующего материала в кассету и его смазка висциновым маслом зачастую не производятся годами. Результат этого — неплотность запорных устройств, необходимость их частого ремонта. В ГРП (ГРУ) фильтры устанавливают на газопроводах до расходомеров (счетчиков и измерительных диафрагм), ПЗК и регуляторов давления.

Наибольшее распространение в газовом хозяйстве получили сетчатые и кассетные волосяные, а при давлениях более 12 кгс/см^2 — висциновые с кольцами Рашига (табл. 5.1).

Для обеспечения достаточной степени очистки газа без уноса твердых частиц и фильтрующего материала лимитируется скорость газового потока, проходящего через фильтр, с учетом рабочего давления в его входном патрубке. В частности, для висциновых фильтров эта скорость не должна превышать 1 м/с , для сетчатых и кассетных она характеризуется максимально допустимым перепадом давления Δp на сетке или кассете фильтра, который, согласно СНиП II—37—76, не должен превышать,

Характеристики фильтров газовых

Фильтр	Входное давление, кгс/см ² , не более	Допустимая пропускная способность, м ³ /ч, при входном давлении, кгс/см ²						Размеры, мм			Масса, кг
								L	H	Ширина	
		0,5	1	2	3	6	12				
Сетчатый (рис. 5.1) ФС-25 ФС-40 ФС-50 ФСС-40 ФСС-50	16	125	145	175	205	270	370	160	198	115	5,8
	16	260	305	370	430	570	770	200	245	145	8,8
	6	375	430	530	610	810	—	250	290	160	14
	6	460	535	655	755	1 000	—	—	—	—	—
	6	925	1 070	1 310	1 510	2 000	—	—	—	—	—
Волосяной кассетный литой (рис. 5.3) ФВ-80 ФВ-100 ФВ-200	12	540	625	765	880	1 170	1 600	280	325	386	51
	12	770	890	1 090	1 257	1 665	2 270	280	348	410	57
	12	3000	3 500	4 250	4 900	6 500	8 870	280	478	584	145
	6	—	2 500	3 600	4 500	7 000	—	600	525	435	67
Волосяной кассетный сварной (рис. 5.5) ФГ7-50-6 ФГ9-50-12 ФГ15-100-6 ФГ19-100-12 ФГ36-200-6 ФГ46-200-12 ФГ80-300-6 ФГ100-300-12	12	—	2 500	3 600	4 500	7 000	—	600	525	435	67
	12	—	2 500	3 600	4 500	7 000	9 000	600	585	460	94
	6	—	7 000	10 000	11 000	15 000	—	850	1100	535	125
	12	—	—	—	—	—	19 000	1000	1620	860	200
	6	—	21 000	26 000	29 000	36 000	—	1000	1620	860	400
	12	—	50 000	58 000	66 000	80 000	46 000	1400	1900	910	567
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	1175	840
	12	—	—	—	—	—	100 000	—	—	1255	1167
Пылеуловитель вихревой Dy 700 (ПС-2981) Dy 300 (ПС-2980)	55	—	—	—	—	9 500	17 000	1650	1230	880	600
	55	—	—	—	—	1 700	3 500	690	670	325	95

Примечания. 1. Первое число после обозначения фильтра — условный диаметр, мм, второе — входное давление, кгс/см². 2. Пропускная способность указана при перепаде давления на фильтрах, кгс/м²: сетчатых — 250, волосяных — 500 (на фильтрах ФГ-300 — при перепаде 200). 3. Фильтр ФГ-50 не имеет опорных стоек. 4. Фильтры ФГ19-100-12, ФГ36-200-6 и ФГ46-200-12 имеют приспособления для подъема крышек. 5. Фильтры ФВ-100 и ФВ-200 ПО «Моспромстроймеханизация» рассчитаны на $p_y = 10$ кгс/см².

кгс/м²: 500 — для фильтров $D_y 15-50$ мм и 1000 — для фильтров $D_y 80-500$ мм. Следует отметить неправомерность градуации фильтров по диаметрам условного прохода, а не по фильтрующему устройству, именно которое должно определять допустимый перепад на нем. Поэтому ниже при рассмотрении методики выбора и расчета принят допустимый максимальный перепад для сетчатых фильтров 500, для кассетных волосяных — 1000 кгс/см² независимо от их D_y .

Степень засорения фильтров определяют измерением перепада давления в них с помощью дифманометров, для присоединения которых фильтр должен иметь штуцеры. При отсутствии штуцеров их приваривают к газопроводу до и после фильтра.

В ряде случаев для измерения перепада на фильтре применяют пружинный манометр. При этом сначала открывают кран на трубке от входного штуцера фильтра, записывают показание манометра и кран закрывают. Затем открывают кран на трубке выходного штуцера фильтра, записывают новое показание манометра и кран закрывают. Разность показаний характеризует перепад давления и степень засоренности фильтра. Следует отметить, что применять для измерения перепада давления на кассетах волосяных фильтров пружинный манометр целесообразно только при входном давлении не более 2,5 кгс/см², так как цена деления шкалы такого манометра не превышает 0,05 кгс/см². На сетчатых фильтрах, у которых максимальный $\Delta p \leq 0,05$ кгс/см², использование пружинных манометров не может обеспечить нужной точности измерения.

5.2. ФИЛЬТРЫ СЕТЧАТЫЕ

Фильтры сетчатые литые типа ФС (рис. 5.1, табл. 5.1) применяют чаще всего в шкафных ГРП, а также в ГРУ при относительно небольших расходах газа. В качестве фильтрующего элемента используют однослойную плетеную металлическую сетку заводского изготовления, которую, придав ей цилиндрическую форму, припаивают к вставленному внутрь этого цилиндра каркасу. В последние годы применяют проволочный каркас (ранее сетка натягивалась на металлический стакан со щелями на его боковой поверхности).

В чугунном корпусе 1 расположена обойма, состоящая из проволочного каркаса 4 и обтягивающей ее мелкоячеистой сетки 2. Обойма прижимается к выступам корпуса колпаком 3 (у фильтра $D_y 50$ нижним фланцем). Газ из входного патрубка фильтра поступает внутрь обоймы, на сетке которой задерживаются и частично ссыпаются вниз твердые частицы. Пройдя через сетку, очищенный газ попадает в выходной патрубок фильтра и из него направляется к основному оборудованию ГРП (ГРУ). Для очистки фильтра при закрытых запорных устройствах до и после него вывертывают колпак (у фильтра $D_y 50$ снимают заглушку), из корпуса вынимают обойму и

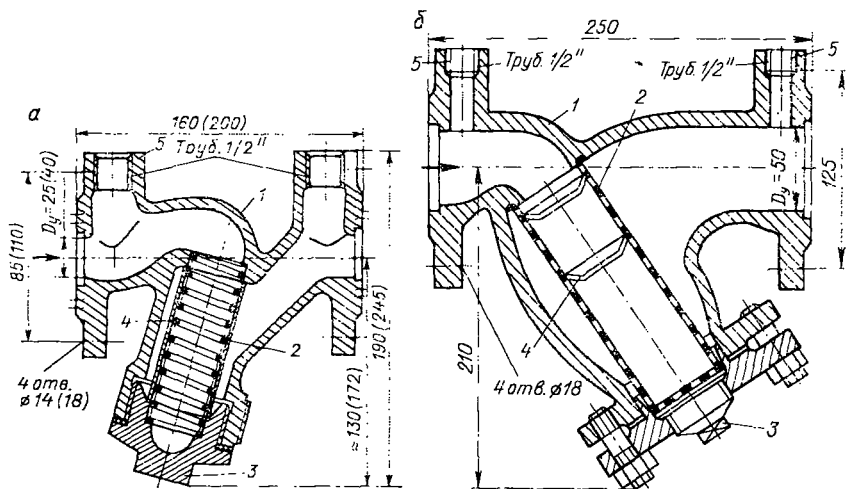


Рис. 5.1. Фильтр сетчатый ФС.

а — D_y 25 и 40; б — D_y 50.

сетку тщательно промывают. Штуцеры 5 служат для подключения дифманометра. Если, как указано в § 5.1, максимально допустимый перепад в загрязненном фильтре не должен превышать 500 кгс/м^2 , то в чистом состоянии этот перепад при расчетном расходе газа принимают не более $200\text{--}250 \text{ кгс/м}^2$.

В шкафных ГРП типа ШРУ (гл. 9) ПТП Промэнергогаз использует сетчатые фильтры D_y 25 и D_y 40, конструктивно аналогичные фильтрам ФС. По пропускной способности фильтр D_y 25 не отличается от ФС-25, у фильтра D_y 40 (несмотря на увеличенные размеры корпуса) она значительно меньше, чем у ФС-25, из-за неоправданного уменьшения в 1978 г. площади фильтрующей сетки. Поэтому характеристики фильтров D_y 40 в табл. 5.1 и на рис. 5.2 не приводятся.

В шкафных ГРП типа ГРПН (гл. 9) ПМО Узбекгазмаш устанавливает фильтры сетчатые сварные ФСС-40 и -50, обеспечивающие пропускную способность при входном давлении 6 кгс/см^2 соответственно 1000 и $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 5.1 и рис. 5.2). Конструктивно они аналогичны фильтрам сетчатым с литым корпусом.

В сетчатых фильтрах, выпускаемых отечественными заводами, обычно применяют сетку № 025 (ГОСТ 6613—73), где номер сетки обозначает номинальный размер стороны ячейки в свету, равный в данном случае $a=0,25 \text{ мм}$. Диаметр проволоки у этой сетки $d=0,12 \text{ мм}$. Отношение живого сечения F_0 к полной поверхности F сетки, у которой число проволок на определенном расстоянии в длину и ширину, а также диаметры проволок на основе и утке одинаковы, определяется уравнением

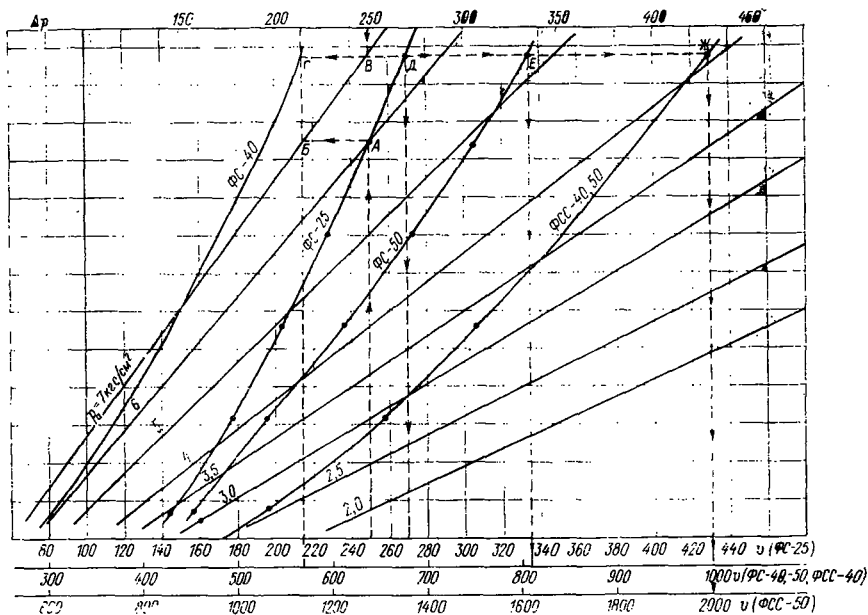


Рис. 5.2. Характеристики сетчатых фильтров.

V — расход газа ($\rho = 0,73$ кг/м³), м³/ч; Δp — перепад давления, кгс/м².

$$F_0/F = \left(\frac{a}{a+d} \right)^2. \quad (5.1)$$

Для сетки № 025

$$F_0/F = \left(\frac{0,25}{0,25 + 0,12} \right)^2 = 0,456.$$

Живое сечение сетки F_0 и размеры ячеек a в свету определяют фильтрующую характеристику сетки. При этом во сколько раз больше a , во столько раз больше пропускная способность сетки при равных F_0/F и перепаде давления Δp . По мере засорения сетки твердыми частицами вместе с увеличением сопротивления потоку повышается и тонкость фильтрования. Тонкость и интенсивность очистки значительно возрастают при использовании двухслойных сеток. Пропускную способность V , м³/ч, фильтров различных размеров можно принимать пропорциональной полной поверхности сетки F . Так, если в фильтрах $D_{25, 40}$ и 50 установлена сетка № 025 и пропускную способность фильтра ФС-25 принять за 1, то при одинаковых Δp пропускная способность фильтра ФС-40 составит 2,1, ФС-50 — 3,0, ФСС-40 — 3,7, ФСС-50 — 7,4.

Пропускная способность сетчатых фильтров для газа с плотностью $\rho = 0,73$ кг/м³ при перепаде 250 кгс/м² приведена в табл. 5.1, а при необходимости уточнения для конкрет-

ных условий объекта определяется по номограмме (рис. 5.2). Номограмма позволяет также определить потери давления в фильтре по заданному расходу газа и давлению его на входе. Номограмма имеет четыре шкалы абсцисс: одну в верхней части номограммы, на которой отложены потери давления на фильтре Δp , кгс/м², и три в нижней части, на которых указаны пропускные способности, м³/ч, соответствующие различным фильтрам: верхняя — для ФС-25, средняя — для ФС-40, -50 и ФСС-40, нижняя — для ФСС-50.

Если параметры газа (абсолютное давление p_a и плотность ρ) не укладываются в параметры номограммы (например, $p_a > 7$ кгс/см², $\rho \neq 0,73$ кг/м³, то перепад давления на фильтре Δp при заданном расходе газа V или пропускную способность (расход газа) V при заданном Δp определяют перерасчетом, используя данные, полученные по номограмме. Например:

а) абсолютное давление до фильтра $p_a \leq 7$ кгс/см², $\rho \neq 0,73$ кг/м³. В этом случае Δp или V , определенные по рис. 5.2, умножаются на коэффициент, равный: для Δp

$$k_1 = 1,37\rho, \quad (5.2)$$

для V

$$k_2 = 0,855/\sqrt{\rho}; \quad (5.3)$$

б) абсолютное давление до фильтра $p_a > 7$ кгс/см². Необходимо определить пропускную способность V при данном p_a и заданном Δp . Предварительно задаемся любым давлением $p_n < 7$ кгс/см² (например, 5 кгс/см²) и перепадом давления Δp_n (например, 250 кгс/м²) и находим по рис. 5.2 расход газа через фильтр V_n , затем подсчитываем искомую V , м³/ч, по формуле

$$V = 0,855 V_n \sqrt{\Delta p p_a / (\Delta p_n p_n \rho)}, \quad (5.4)$$

где индекс «н» означает параметры, полученные по номограмме;

в) абсолютное давление до фильтра $p_a > 7$ кгс/см². Необходимо определить перепад давления Δp в фильтре при заданных p_a и V . Предварительно задаемся любым давлением $p_n < 7$ кгс/см² (например, 5 кгс/см²) и расходом газа V_n , имеющимся на номограмме (например, 240 м³/ч), и находим по рис. 5.2 перепад давления Δp_n . Затем подсчитываем искомый Δp , кгс/м², по формуле

$$\Delta p = 1,37\rho \Delta p_n (V/V_n)^2 p_n/p_a, \quad (5.5)$$

где индекс «н» означает параметры, полученные по номограмме.

Рассмотрим методику пользования номограммой и формулами (5.2) — (5.5) на конкретных примерах.

Пример 5.1. Дано. Расчетный расход газа ($\rho = 0,73$ кг/м³) $V = 250$ м³/ч, $p_a = 7$ кгс/см². Определить перепад давления Δp на фильтре.

Решение. От точки на оси абсцисс, соответствующей расходу газа $V_n = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$, ведем вертикаль до кривой ФС-25. От точки пересечения *А* проводим горизонтальную линию до прямой, соответствующей давлению $p_n = 7 \text{ кгс/см}^2$, и от новой точки пересечения *Б* поднимаем вертикаль до верхней оси абсцисс, где находим потери давления в фильтре $\Delta p_n = 212 \text{ кгс/м}^2$. Так как полученное значение попадает в пределы $200 - 250 \text{ кгс/м}^2$, то фильтр ФС-25 для данных параметров газа пригоден к установке.

Пример 5.2. Дано. Расчетный расход газа ($\rho = 0,8 \text{ кг/м}^3$) $V = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$, $p_a = 7 \text{ кгс/см}^2$. Определить действительный перепад давления на фильтре.

Решение. Согласно примеру 5.1 по рис. 5.2 находим для $V_n = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $p_n = 7 \text{ кгс/см}^2$: $\Delta p_n = 212 \text{ кгс/см}^2$. Производим перерасчет для $\rho = 0,8 \text{ кг/м}^3$ по формуле (5.2):

$$\Delta p = \Delta p_n k_1 = 212 \cdot 1,37 \cdot 0,8 = 232 < 250 \text{ кгс/м}^2.$$

Фильтр ФС-25 удовлетворяет заданным условиям.

Пример 5.3. Дано. Расчетный расход газа ($\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$) $V = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$, $p_a = 10 \text{ кгс/см}^2$. Определить Δp на фильтре.

Решение. Согласно примеру 5.1 по рис. 5.2 находим для $V_n = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $p_n = 7 \text{ кгс/см}^2$: $\Delta p_n = 212 \text{ кгс/м}^2$. Производим перерасчет для $p_a = 10 \text{ кгс/см}^2$ и $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ по формуле (5.5):

$$\begin{aligned} \Delta p &= 1,37 \rho \Delta p_n (V/V_n)^2 p_n / p = 1,37 \cdot 1,2 \cdot 212 (250 : 250)^2 \cdot 7 : 10 = \\ &= 244 < 250 \text{ кгс/м}^2. \end{aligned}$$

Фильтр ФС-25 удовлетворяет заданным условиям.

Пример 5.4. Дано. Расчетный перепад $\Delta p = 250 \text{ кгс/м}^2$, плотность газа $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $p_a = 7 \text{ кгс/см}^2$. Определить пропускную способность V фильтров ФС-25, -40 и -50, а также ФСС-40 и -50.

Решение. От точки на оси абсцисс, соответствующей перепаду $\Delta p_n = 250 \text{ кгс/м}^2$, ведем вертикаль до наклонной линии, соответствующей давлению $p_a = 7 \text{ кгс/см}^2$. От точки пересечения *В* проводим горизонтальную линию (на номограмме показана штрихами) сначала до кривой ФС-25, затем до ФС-40, -50, ФСС-40 и -50. От новых точек пересечения *Г*, *Д*, *Е* и *Ж* опускаем вертикаль до оси абсцисс. Искомая пропускная способность фильтра ФС-25 — 270 (верхняя шкала оси абсцисс), ФС-40 — 570, ФС-50 — 810, ФСС-40 — 1000 (средняя шкала оси абсцисс), ФСС-50 — 2000 (нижняя шкала оси абсцисс), $\text{м}^3/\text{ч}$.

Пример 5.5. Дано. Расчетный перепад $\Delta p = 250 \text{ кгс/м}^2$, $\rho = 0,8 \text{ кг/м}^3$, $p_n = 7 \text{ кгс/см}^2$. Определить пропускную способность V фильтра ФС-25.

Решение. Согласно примеру 5.4 по рис. 5.2 находим для $\Delta p_n = 250 \text{ кгс/м}^2$ и $p_n = 7 \text{ кгс/см}^2$: $V_n = 270 \text{ м}^3/\text{ч}$. По формуле (5.3) определяем:

$$V = V_n k_2 = 270 \cdot 0,855 : \sqrt{0,8} = 257 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Пример 5.6. Дано. Расчетный перепад $\Delta p = 250 \text{ кгс/м}^2$, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$, $p_a = 10 \text{ кгс/см}^2$. Определить пропускную способность V фильтра ФС-25.

Решение. Согласно примеру 5.4 по рис. 5.2 находим для $\Delta p_n = 250 \text{ кгс/м}^2$ и $p_n = 7 \text{ кгс/см}^2$: $V_n = 270 \text{ м}^3/\text{ч}$. По формуле (5.4) определяем:

$$V = 0,855 V_n \sqrt{\Delta p p_a / (\Delta p_n p_n)} = 0,855 \cdot 270 \sqrt{250 \cdot 10 : (250 \cdot 7 \cdot 1,2)} = 252 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

5.3. ФИЛЬТРЫ КАССЕТНЫЕ ВОЛОСЯНЫЕ ЧУГУННЫЕ

Фильтры кассетные волосяные типа ФВ в чугунном исполнении (рис. 5.3, табл. 5.1) предназначены для использования в стационарных и шкафных ГРП (ГРУ) с расходом газа до $9000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при входном давлении 12 кгс/см^2).

Корпус 1 чугунного фильтра имеет кольцевой паз, в котором находится кассета 2. Торцевые части кассеты затянуты проволоочными сетками, пространство между которыми набивается капроновой нитью 29,0 (или прессованным конским волосом), пропитанной висциновым маслом (смесь 60 % цилиндрического и 40 % солярового масел). При проходе газа через набивку, которая должна быть однородной, без комков и жгутов, осуществляется его очистка. За кассетой (по ходу газа) расположена решетка 4 (перфорированная металлическая пластина), предохраняющая заднюю стенку от разрыва и уноса фильтрующего материала при превышении допустимого перепада давления. Сверху корпус перекрыт крышкой 3, закрепляемой болтами. Штуцеры 5 служат для подключения дифманометра при измерении перепада давления. Чистят кассету вне помещения ГРП путем стряхивания накопившихся твердых частиц и промывания ее (при необходимости) в бензоле, ксилоле или других растворителях. Следует также убрать твердые частицы из корпуса, а сам корпус внутри протереть тряпкой, смоченной в керосине.

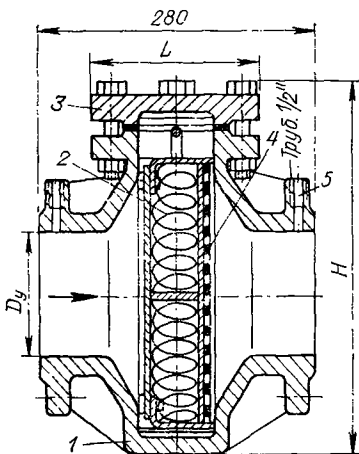


Рис. 5.3. Фильтр кассетный
волосняной литой ФВ.

Если кассета сухая, то ее опускают на 6 мин в ванну с висциновым маслом при температуре 55—60 °С. Затем кассету вынимают, дают стечь излишнему маслу в течение 5—6 ч, и после этого она вновь пригодна для установки в корпус. При этом необходимо следить, чтобы направление стрелки на обечайке кассеты совпадало с направлением движения газа.

Следует отметить, что в процессе эксплуатации плотность набивки кассеты постепенно уменьшается за счет уноса фильтрующего материала газовым потоком, а также при вытряхивании из кассеты твердых частиц. Кроме того, на практике зачастую фильтрующий материал не пропитывают висциновым маслом. В результате действительный перепад давления на кассете значительно меньше расчетного, а фильтрующая способность ее резко снижена. Таким образом, несмотря на наличие в ГРП (ГРУ) фильтра, обслуживание которого ведется неправильно, продолжается сильная эрозия уплотняющих поверхностей ПЗК, регулятора давления и запорных устройств.

Пропускную способность фильтров ФВ для газа с $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ определяют по номограмме (рис. 5.4), принимая расчетный перепад давления на чистом фильтре не более 500 кгс/м^2 . Построение этой номограммы и методика пользова-

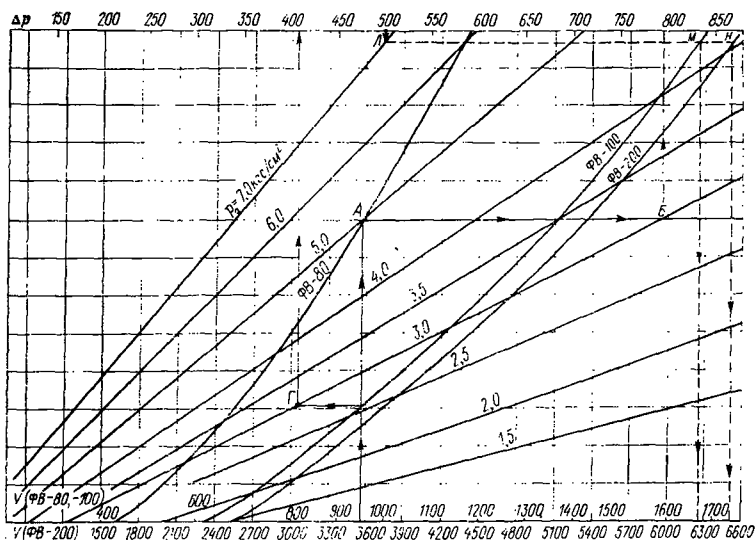


Рис. 5.4. Характеристики фильтров ФВ.

Обозначения см. на рис. 5.2.

ния ею аналогичны номограмме для сетчатых фильтров (см. выше): внизу имеются две шкалы пропускных способностей V , $\text{м}^3/\text{ч}$, — верхняя для фильтров ФВ-80 и -100 и нижняя для фильтра ФВ-200; вверху — шкала перепадов давления Δp , $\text{кгс}/\text{м}^2$, общая для всех трех типоразмеров фильтров.

Пример 5.7. Дано. Расчетный расход газа с $\rho=0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$ составляет $V=950 \text{ м}^3/\text{ч}$, абсолютное входное давление $p_a=3 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Выбрать фильтр, потери давления в котором не превышают $500 \text{ кгс}/\text{м}^2$.

Решение. От точки на оси абсцисс, соответствующей $V=950 \text{ м}^3/\text{ч}$, ведем вертикаль до кривой ФВ-80. От точки пересечения A проводим горизонтальную линию до прямой $p_a=3$ и от новой точки пересечения B поднимаем вертикаль до шкалы Δp , где находим $\Delta p_n=798 \text{ кгс}/\text{м}^2$. Так как эти потери больше $500 \text{ кгс}/\text{м}^2$, то фильтр ФВ-80 для данных параметров газа не пригоден.

Останавливаем вертикаль от $V=950 \text{ м}^3/\text{ч}$ на точке B в месте пересечения кривой ФВ-100. От точки пересечения B ведем горизонталь до прямой $p_a=3$ и от новой точки пересечения Γ ведем вертикаль до шкалы Δp , где находим $\Delta p_n=408 \text{ кгс}/\text{м}^2$. Так как $408 < 500 \text{ кгс}/\text{м}^2$, то фильтр ФВ-100 при данных параметрах газа пригоден к установке. Потери давления в фильтре при загрязненной кассете составят $1000 \text{ кгс}/\text{м}^2$.

Если используется газ с плотностью, отличающейся от $0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, например $\rho=0,8 \text{ кг}/\text{м}^3$, то действительные потери давления в фильтре составят с поправкой k_1 [формула (5.2)]

$$\Delta p = 1,37 \Delta p_n \rho = 1,37 \cdot 408 \cdot 0,8 = 450 \text{ кгс}/\text{м}^2.$$

Номограмма позволяет определить пропускную способность фильтра при заданных входном давлении и перепаде.

Пример 5.8. Дано. $\Delta p=500 \text{ кгс}/\text{м}^2$, $p_a=7 \text{ кгс}/\text{см}^2$, $\rho=0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$. Определить пропускную способность фильтров ФВ-100 и -200.

Решение. От точки на оси абсцисс вверх по номограмме, соответствующей $\Delta p = 500$ кгс/м², ведем вертикаль до прямой $p_a = 7$. От точки пересечения L проводим горизонтальную линию до кривых ФВ-100 и -200. От точки пересечения M с кривой D_{y100} опускаем вертикаль и по верхней шкале V находим пропускную способность фильтра ФВ-100 — 1665 м³/ч, от точки пересечения N с кривой ФВ-200 ведем вертикальную линию вниз и по нижней шкале V находим пропускную способность фильтра ФВ-200 — 6510 м³/ч.

Если $\rho \neq 0,73$ кг/м³, то вводим поправку k_2 [формула (5.3)]. Например, при $\rho = 0,8$ кг/м³ пропускная способность фильтра ФВ-200 составит

$$V = V_n k_2 = 6510 \cdot 0,855 : \sqrt{0,8} = 6219 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При $p_a > 7$ кгс/см² для определения расчетного перепада давления пользуются формулой (5.5), для пропускной способности — формулой (5.4).

5.4. ФИЛЬТРЫ КАССЕТНЫЕ СВАРНЫЕ

Фильтры кассетные типа ФГ в сварном исполнении конструкции Мосгазниипроекта (рис. 5.5, табл. 5.1) предназначены для стационарных ГРП (ГРУ) с расходами газа до 100 000 м³/ч. Как правило, их устанавливают в помещениях с положительной температурой, но допускается расположение на открытом воздухе при расчетной температуре не ниже минус 20 °С.

Фильтры, не выпускаемые серийно, при необходимости изготавливаются промышленными или монтажными организациями индивидуально для каждого объекта по чертежам Мосгазниипроекта. При этом так как они относятся к оборудованию, являющемуся неотъемлемой частью газопроводов, то разрешения на их изготовление от местных органов Госгортехнадзора не требуется, но изготовление их должно отвечать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» и надзор за этими фильтрами должен производиться инспекторами газового надзора (эти указания не распространяются на сварные фильтры, устанавливаемые в ГРП электростанций).

Газ, направляемый в фильтр для очистки, поступает в стальной сварной корпус 1, перекрытый крышкой 2, и встречает на своем пути отбойный лист 3. Твердые частицы крупных размеров, ударившись о лист и потеряв скорость, падают на дно корпуса. Более мелкие фракции механических примесей фильтруются в кассете 6, которая с помощью болта 4 прижата к защитному перфорированному листу 7. Лист, в свою очередь, опирается на кромки внутренней камеры фильтра. Для удаления частиц, накопившихся в корпусе, снимают заглушку 9, а для очистки и промывания кассеты поднимают крышку 2, используя 5. К двум штуцерам 8 подсоединяют дифманометр для измерения перепада давления на кассете. Устройство кассеты и ее

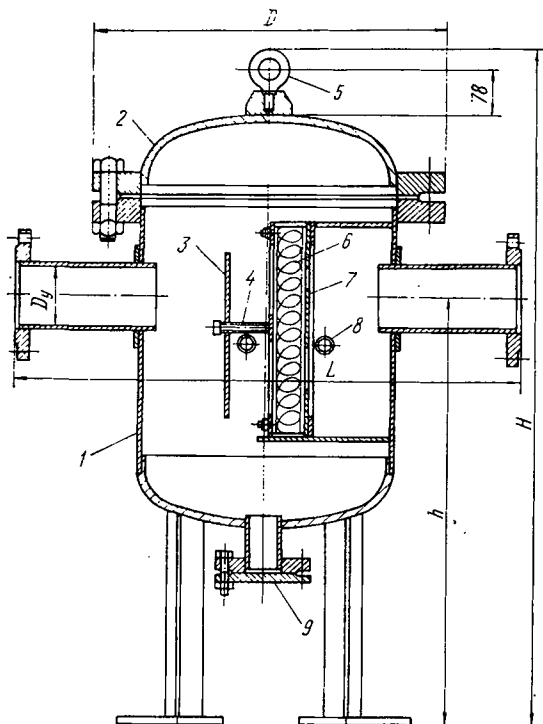


Рис. 5.5. Фильтр кассетный сварной ФГ.

обслуживание аналогичны приведенным выше для фильтров кассетных чугунных [§ 5.3].

Выбор типоразмера сварного фильтра производят из расчета, чтобы потеря давления газа на чистой кассете с учетом входного давления не превышала 400—500 кгс/м². При этом потери давления в фильтре (сумма потерь в корпусе и кассете) могут значительно превышать это значение. Для выбора фильтра и определения суммарных потерь давления газа ($\rho = 0,73$ кг/м³) предназначена номограмма Мосгазниипроекта (рис. 5.6 а), рассчитанная на потерю давления в кассете 400 кгс/м². Методику пользования номограммой рассмотрим на примере.

Пример 5.9. Дано. Расчетный расход газа ($\rho = 0,73$ кг/м³) $V = 25\,000$ м³/ч. Избыточное входное давление 3 кгс/см². Определить типоразмер фильтра, обеспечивающий заданную пропускную способность V и потери давления Δp в нем.

Решение. На оси ординат находим точку L , соответствующую расходу газа 25 000 м³/ч. и от нее вправо ведем горизонталь до пересечения с вертикальной линией, соответствующей давлению 3 кгс/см² (точка M). Точка M расположена между кривыми $D_y 200$ (100 %) и $D_y 200$ (80 %), определяющими условный диаметр фильтра и процент его загрузки. Следовательно, в нашем случае к установке рекомендуется фильтр ФГ-200-6, ко-

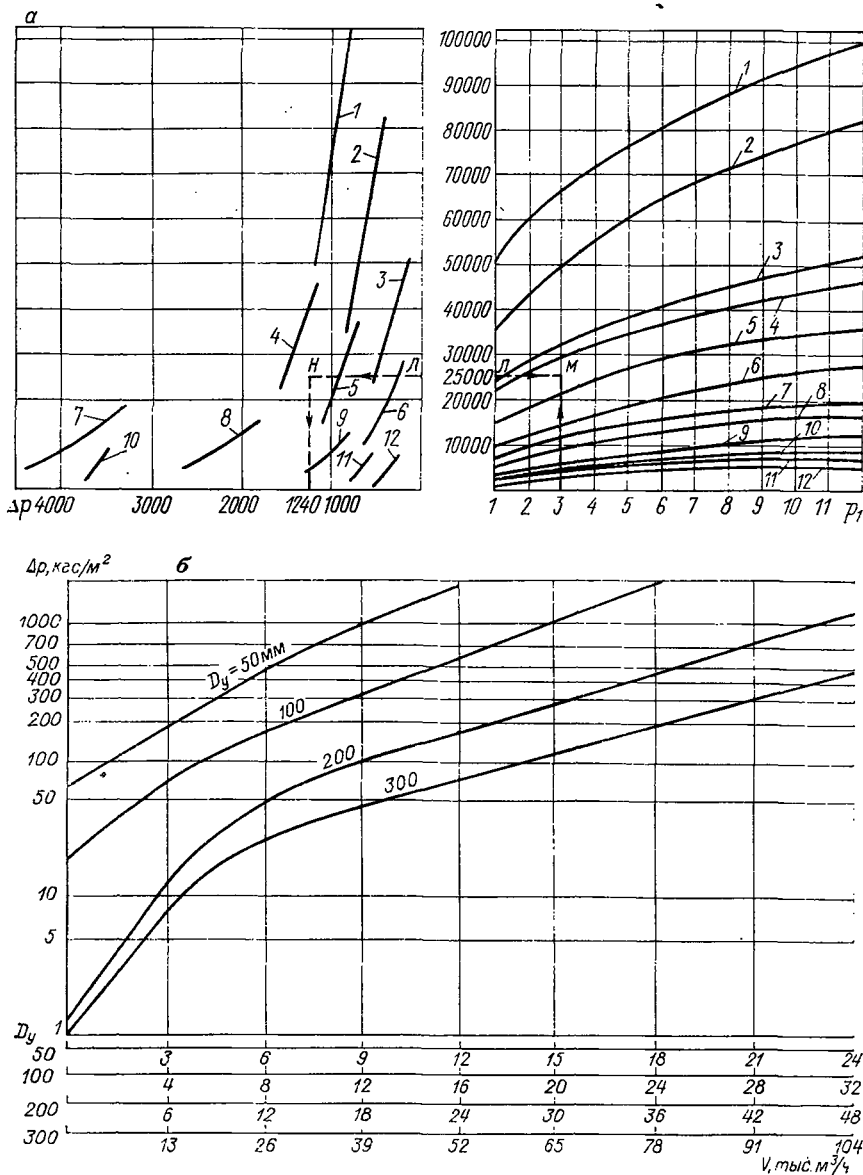


Рис. 5.6. Характеристики фильтров ФГ.

а — номограмма для выбора ФГ: V — расход газа ($\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$), $\text{м}^3/\text{ч}$; p_1 — давление до фильтра, кгс/см^2 (изб.); Δp — суммарный перепад давления (в чистой кассете и корпусе), кгс/м^2 ; условный диаметр D_y , мм (нагрузка фильтра, %): 1 — 300 (100); 2 — 300 (80); 3 — 300 (50); 4 — 200 (100); 5 — 200 (80); 6 — 200 (50); 7 — 100 (100); 8 — 100 (80); 9 — 100 (50); 10 — 50 (100); 11 — 50 (80); 12 — 50 (50); 6 — потери давления газа ($\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$) на кассете ФГ при $p_a = 7 \text{ кгс/см}^2$.

торый будет загружен на 90 %. От той же точки L на оси ординат, соответствующей расходу 25 000 м³/ч, проводим горизонталь влево до точки H , расположенной примерно на равном расстоянии от кривых D_{y200} (100 %) и D_{y200} (80 %), и, опустив линию до оси абсцисс, определяем суммарные потери в фильтре $\Delta p = 1240$ кгс/м². В них входит и потеря давления в чистой кассете, составляющая ~ 400 кгс/м².

Так как максимальные потери на кассете фильтра не должны превышать 1000 кгс/м², то в эксплуатационных условиях по мере загрязнения кассеты общие потери давления в фильтре могут увеличиться еще на $1000 - 400 = 600$ кгс/м² и в нашем примере достигнуть $1240 + 600 = 1840$ кгс/м². Это следует учитывать при определении расчетного давления до регулятора.

Если используется газ с $\rho \neq 0,73$ кг/м³, то потери давления в фильтре находят по номограмме (рис. 5.6, а) аналогично примеру 5.9, но в качестве исходного принимают условный расход газа V_1 , м³/ч,

$$V_1 = 1,17 \sqrt{\rho} V, \quad (5.6)$$

где V — расчетный расход газа с плотностью ρ , м³/ч.

Если известен перепад давления в фильтре, то расчетный расход газа с $\rho \neq 0,73$ кг/м³ при неизменном входном давлении p , кгс/см², определяют по формуле

$$V_2 = 0,855 V / \sqrt{\rho}, \quad (5.7)$$

где V — расход газа, м³/ч, при заданных Δp и p и $\rho = 0,73$ кг/м³.

Пример 5.10. Дано. $V = 22\,540$ м³/ч, $\rho = 0,9$ кг/м³, $p = 3$ кгс/см². Определить типоразмер фильтра, обеспечивающий заданную пропускную способность и потери давления в нем.

Решение.

1. Условный расход газа [формула (5.6)]

$$V_1 = 1,17 \sqrt{\rho} V = 1,17 \sqrt{0,9} \cdot 22\,540 = 25\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Дальнейшие действия производятся аналогично примеру 5.9, и расчетный перепад давления на чистой кассете составит $\Delta p = 1240$ кгс/м², хотя действительный расход газа через фильтр уменьшился с 25 000 (пример 5.9) до 22 540 м³/ч.

Согласно формуле (5.7) расчетный расход газа V_2 при $\Delta p = 1240$ кгс/м², $\rho = 0,9$ кг/м³ и $p = 3$ кгс/см² составит

$$V_2 = 0,855 V / \sqrt{\rho} = 0,855 \cdot 25\,000 / \sqrt{0,9} \approx 22\,540 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Перепад давления Δp , кгс/м², газа ($\rho = 0,73$ кг/м³) в кассете фильтра при абсолютном входном давлении 7 кгс/см² приведен на рис. 5.6, б. Если $\rho \neq 0,73$ или $p_a \neq 7$, то перепад давления Δp_1 на кассете при том же расходе газа определяют по формуле $\Delta p_1 = 9,59 \Delta p \rho / p_a$.

5.5. ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ ВИСЦИНОВЫЕ

В ГРП с входным давлением более 12 кгс/см² находят применение пылеуловители висциновые (рис. 5.7) завода «Туламашгаз». Используют их также в ГРП с входным давлением

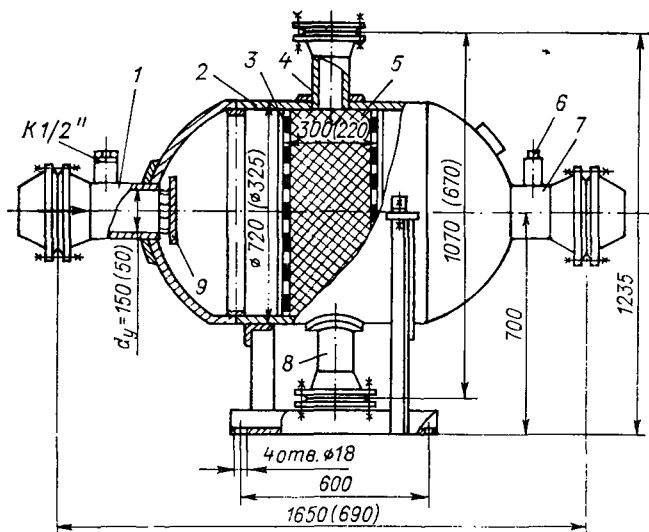


Рис. 5.7. Пылеуловитель висциновый $D_y 700 (D_y 300)$.

$D_y 300$ не имеет опорных стоек, штуцеров для присоединения дифманометра и присоединительных фланцев к газопроводу.

менее 12 кгс/см^2 при необходимости расположить фильтры вне помещения.

Средняя часть корпуса 2, имеющего входной 1 и выходной 7 патрубки, выделяется двумя сетками или перфорированными металлическими листами 3, между которыми засыпаются мелкие кольца Рашига 5 ($15 \times 15 \text{ мм}$), смоченные висциновым маслом. Фильтр заполняется кольцами через люк 4, а разгружается через люк 8. На входном патрубке укреплен отбойный лист 9 для более равномерного распределения потока газа по всей площади фильтра, а также для отделения наиболее крупных твердых частиц, которые накапливаются в передней части корпуса.

Фильтр $D_y 700$ на входном и выходном патрубках имеет штуцеры 6 внутренней резьбой $K \frac{1}{2}''$ для подсоединения дифманометра. При использовании фильтра $D_y 300$ штуцеры приваривают к газопроводу до и после фильтра.

Пропускную способность V пылеуловителя висцинового определяют из условия, чтобы скорость w газа в корпусе с учетом входного давления p не превышала $1,0 \text{ м/с}$, по формуле, $\text{м}^3/\text{ч}$,

$$V = f w p_a \cdot 3600, \quad (5.8)$$

где f — площадь расчетного сечения пылеуловителя, м^2 (для пылеуловителей $D_y 300$ и 700 расчетные площади соответственно равны: $f_{300} = 0,073 \text{ м}^2$, $f_{700} = 0,37 \text{ м}^2$); p_a — абсолютное давление газа до пылеуловителя, кгс/см^2 .

Глава 6

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ГАЗА

Для измерения объемного расхода газа (расхода в данный момент) и объемного количества (суммарного объема за определенный промежуток времени) наиболее широко в системах газоснабжения применяют измерительные комплексы, состоящие из сужающего устройства и дифманометра (измерение расхода по перепаду давления), а также объемные ротационные и турбинные счетчики.

6.1. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ПО ПЕРЕПАДУ ДАВЛЕНИЯ

Если в газопроводе на пути потока газа установить сужающее устройство, например диафрагму или сопло, то площадь поперечного сечения газового потока в этом месте уменьшится, а средняя скорость потока увеличится за счет перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую энергию. В результате статическое давление в узком сечении окажется меньше статического давления перед сужающим устройством. Чем больше расход газа, тем больше будет разность этих давлений. Следовательно, измеряя образовавшийся перепад давления, можно узнать расход газа. Этот метод измерений регламентируется «Правилами измерения расхода газа и жидкостей стандартными сужающими устройствами» РД 50—213—80. На некотором расстоянии после сужающего устройства давление газа вновь повышается, но остается несколько меньше первоначального. Эту разницу в давлении до и после сужающего устройства называют безвозвратной потерей давления.

В системах газоснабжения в качестве сужающих устройств наиболее часто применяют диафрагмы, расчет которых производит, как правило, завод-изготовитель по параметрам, указываемым в специальном опросном листе проектной организацией или заказчиком. Поэтому ниже приводятся только основные требования к диафрагмам и способам их установки в соответствии с РД 50—213—80.

При измерении перепада могут применяться дифманометры, серийно выпускаемые промышленностью или опытным производством и удовлетворяющие требованиям действующих стандартов или прошедшие государственную метрологическую ат-

Характеристика дифманометров

Дифманометр	Характеристика	Дифманометр	Характеристика
ДТ-5 ДТ-50	Жидкостный показывающий (трубчатый)	ДП-710Р ДП-710чР ДП-712Р	Поплавковый самопишущий Поплавковый самопишущий с интегратором
ДП-780 ДП-780Р	Поплавковый показывающий	ДСС-710Н ДСС-710чН ДСС-710В ДСС-710чВ	Сильфонный самопишущий
ДП-778Р ДП-778	Поплавковый показывающий с сигнальным устройством	ДСС-712Н ДСС-712В	Сильфонный самопишущий с интегратором
ДП-781Р	Поплавковый показывающий с интегратором	ДСС-734Н ДСС-734чН ДСС-734В ДСС-734чВ	Сильфонный самопишущий с дополнительной записью давления
ДСП-780Н ДСП-780В	Сильфонный показывающий	ДСС-732Н ДСС-732В	Сильфонный самопишущий с интегратором и дополнительной записью давления
ДСП-781Н ДСП-781В	Сильфонный показывающий с интегратором		
ДСП-778Н ДСП-778В	Сильфонный показывающий с сигнальным устройством		

Примечания. 1. Самопишущие дифманометры с индексом «ч» имеют привод диаграммы от часового механизма с 8-суточным заводом, остальные — от синхронного микродвигателя (220 В, 50 Гц). 2. Индекс «Р» у поплавковых дифманометров обозначает расходомер. 3. Предельные номинальные перепады давления, кгс/см²: для дифманометров с индексом «Н» — 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; «В» — 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; типа ДП — 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,0. 4. Верхний предел измерений дополнительного давления, кгс/см² — 6; 10; 16; 25 и т. д. 5. Класс точности ДСС, ДСП и ДП — 1 и 1,5.

тестацию. Дифманометры (табл. 6.1) могут быть показывающими (П) или самопишущими (С). Последние могут иметь кроме устройства, записывающего перепад, дополнительную запись давления и интегратор. Привод диаграммы может быть от часового механизма (в этом случае дифманометр можно устанавливать непосредственно в помещении ГРП) или от синхронного микроэлектродвигателя (дифманометр должен располагаться в обособленном помещении). По конструктивному устройству дифманометры делят на сильфонные (С), поплавковые (П) и трубчатые (Т). Верхний предел измерений дифманометра принимают по заданному наибольшему измеряемому расходу $V_{\max}$, так чтобы ближайшее значение $V_{\text{пр}}$ (взятое по ГОСТ 18140—77) было больше $V_{\max}$ или равно ему. Если диапазон измерения расширяют, подключая к диафрагме два дифманометра, то диапазон отсчетов по шкале одного прибора принимают 0—100, другого 0—30 %. Предельный номинальный перепад давления Δp_n первого прибора принимают из стандартного ряда чисел по ГОСТ 18140—77, для второго Δp_n , соответствующего

щий отметке 30 %, принимают равным $0,09\Delta p_n$ первого прибора.

С помощью показывающих и самопишущих дифманометров можно определить объемный расход газа при рабочих условиях, а с помощью дифманометров с интегратором и путем планиметрирования картограмм самопишущих дифманометров — объемное количество газа. При этом измеренные по расходомеру расход или количество газа при рабочих условиях V пересчитывают в расход при $p=760$ мм рт. ст. и $t=20^\circ\text{C}$ по формуле

$$V_{\text{ном}} = 283,73Vp/(Tk), \quad (6.1)$$

где p — абсолютное давление газа перед диафрагмой, кгс/см²; T — температура газа перед диафрагмой, К; k — коэффициент сжимаемости газа.

Диафрагму применяют на газопроводах, как правило, не менее 50 мм при условии, чтобы ее модуль $m=d^2/D^2$ (отношение площадей отверстий в диафрагме и в газопроводе) находился в пределах: 0,05—0,64 — для диафрагм с угловым способом отбора перепада давления (рис. 6.1) и газопроводов $D_y=500\div 1000$ мм и 0,04—0,56 — для диафрагм с фланцевым отбором перепада давления (рис. 6.2) и газопроводов $D_y=50\div 760$ мм. Диаметр отверстия диафрагмы принимают $d\geq 12,5$ мм независимо от способа отбора перепада давления. Отношение абсолютных давлений на выходе и входе диафрагмы должно быть $\geq 0,75$.

При выборе m следует понимать, что чем он меньше, тем выше точность измерения расхода и больше потери давления Δp в диафрагме. Если допустимое значение Δp в диафрагме задано, то за наибольшее значение Δp_n принимают такое, при котором Δp остается меньше допустимого. Если Δp не ограничивается, то Δp_n выбирают таким, чтобы m было близким к 0,2.

В газопроводе вблизи диафрагмы должно быть обеспечено: а) турбулентное и стационарное движение потока газа в прямых участках; б) отсутствие изменения фазового состояния потока, например конденсации паров с последующим выпадением конденсата; в) отсутствие скопления внутри прямых участков газопровода осадков в виде пыли, песка и т. п. На самой диафрагме не должны образовываться отложения, изменяющие ее конструктивные параметры.

На диафрагме должны быть нанесены: со стороны входа потока знак «+», со стороны выхода знак «-», диаметр отверстия, мм, при температуре 20°C , порядковый номер. В прилагаемом паспорте должны быть указаны: действительный диаметр d_{20} , мм, условное давление, кгс/см², марка материала диафрагмы, наименование измеряемой среды, порядковый номер, сведения, удостоверяющие, что диафрагма изготовлена в соответствии с требованиями РД 50—213—80.

Измерительный участок газопровода должен быть прямым (на глаз) и цилиндрическим с круглым сечением. Действитель-

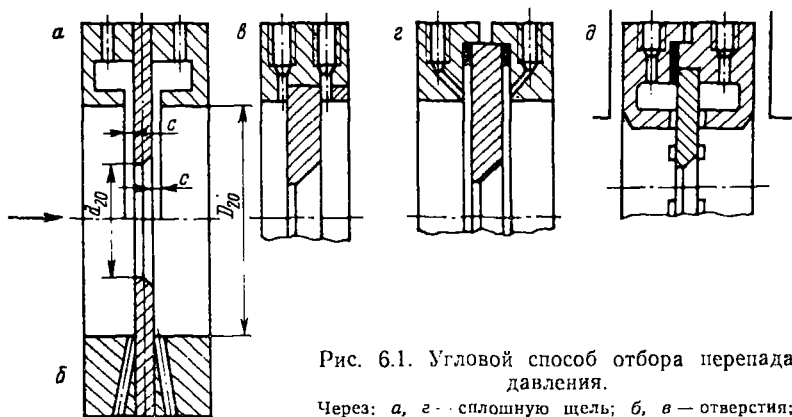


Рис. 6.1. Угловой способ отбора перепада давления.

Через: а, в — сплошную щель; б, в — отверстия; г — прерывистую щель.

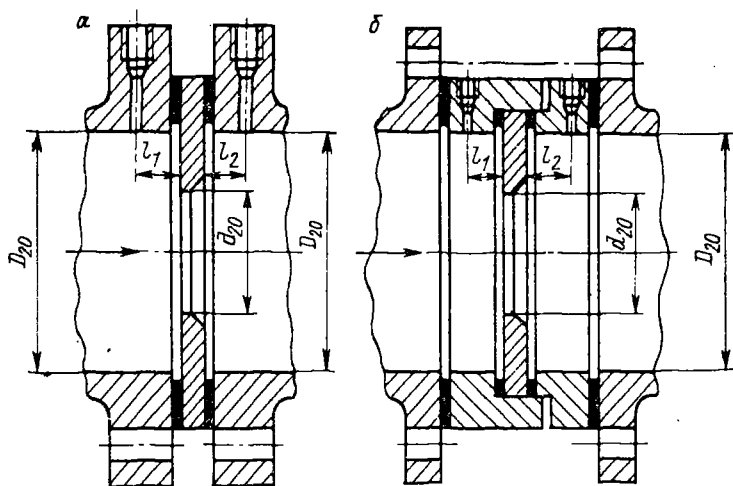


Рис. 6.2. Фланцевый способ отбора перепада давления.

а — без обоймы; б — с обоймой.

Внутренний диаметр участка перед диафрагмой определяют как среднее арифметическое результатов измерений в двух поперечных сечениях — непосредственно у диафрагмы и на расстоянии от нее $2D_{20}$, причем в каждом из сечений не менее чем в четырех диаметральных направлениях. Результаты отдельных измерений не должны отличаться от среднего значения более чем на 0,3 %. Внутренний диаметр участка на длине $2D_{20}$ после диафрагмы может отличаться от внутреннего диаметра участка до диафрагмы не более чем на ± 2 %.

Допускается сопряжение отверстий фланца и трубопровода по конусу, имеющему уклон в сторону диафрагмы не более 1:10 и плавные скругления на концах. Уплотнительные прокладки между диафрагмой и фланцами не должны выступать

во внутреннюю полость трубопровода. При установке диафрагмы между насадными фланцами торец трубопровода должен примыкать непосредственно к диафрагме.

В трубопроводе допускается отверстие для удаления осадков или конденсата. Диаметр такого отверстия, если оно расположено вблизи диафрагмы, не должен превышать $0,08D_{20}$, а расстояние от него до существующего отверстия для измерения перепада давления должно быть не менее D_{20} . Оси этих отверстий не должны располагаться в одной плоскости, проходящей через ось трубы.

Между местным сопротивлением на газопроводе и диафрагмой должен быть прямой участок, под длиной которого понимают расстояние между ближайшими торцевыми поверхностями диафрагмы и местного сопротивления. Границей местных сопротивлений считают:

- а) для колена — сечение, проходящее перпендикулярно к оси трубопровода через центр радиуса изгиба;
- б) для сварных сужений и расширений — сварной шов;
- в) для тройника под острым углом или разветвляющегося потока — сечение, расположенное на расстоянии двух диаметров от точки пересечения осей трубопроводов;
- г) для сварной группы колен — сечение, расположенное на расстоянии одного диаметра от сварного шва ближайшего к диафрагме колена.

Если местное сопротивление расположено после диафрагмы (рис. 6.3, а), то длину прямого участка L_2 принимают по рис. 6.3, б и уменьшение ее не допускается. Если местные сопротивления расположены до диафрагмы на расстоянии не менее L_1' , определенном из табл. 6.2, а расстояние L_1'' между двумя ближайшими к диафрагме местными сопротивлениями не меньше указанного в табл. 6.3, то влияние этих местных сопротивлений на погрешность коэффициента расхода пренебрежимо мало. В случае, когда расстояния, указанные в табл. 6.2 и 6.3, не удастся выдержать, к погрешности коэффициента расхода арифметически добавляется дополнительная погрешность $\delta_{\alpha L}$, вызванная сокращением длин прямых участков и определяемая для некоторых наиболее распространенных местных сопротивлений по табл. 6.4—6.9. При использовании этих таблиц допустима линейная интерполяция. Одновременное сокращение прямых участков L_1'' между двумя ближайшими

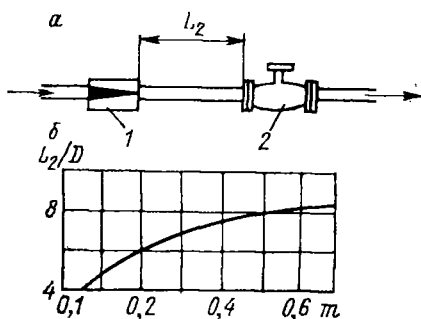


Рис. 6.3. Длина L_2 прямого участка при расположении диафрагмы (1) до местного сопротивления (2).
а — схема расположения диафрагмы и местного сопротивления; б — график для выбора L_2 .

Таблица 6.2

L_1'/D_{20} для местных сопротивлений, расположенных до диафрагмы,
при $\delta_{\alpha L} = 0$

m	Группа колен в разных плоскостях или смешиваю- щийся поток	Группа колен в одной плоскости или разветвляю- щийся поток	Задвижка	Колено или тройник	Расшире- ние	Сужение
0,05	34	14	12	10	16	10
0,10	34	16	12	10	16	10
0,15	36	18	12	14	16	10
0,20	38	18	12	14	17	10
0,25	40	20	12	14	18	10
0,30	44	22	14	16	20	10
0,35	48	26	14	18	22	10
0,40	54	32	16	22	25	11
0,50	62	36	20	28	30	14

Таблица 6.3

L_1''/D_{20} между двумя ближайшими к диафрагме
местными сопротивлениями

Местное сопротивление	L_1''/D_{20}
Группа колен в одной плоскости или разветвляющийся поток	17,5
Группа колен в разных плоскостях или смешивающиеся потоки	30
Колено или тройник	15
Задвижка	10
Запорный вентиль	16
Кран	20
Сужение при конусности от 1 : 1,5 до 1 : 3	7,5
Расширение при конусности от 1 : 2 до 1 : 4	15

Таблица 6.4

$\delta_{\alpha L}$, %, для группы колен
в разных плоскостях или
смешивающихся потоков

m	L_1/D_{20}			
	20	20	40	50
0,05	0,42	—	—	—
0,10	0,42	—	—	—
0,15	0,45	0,28	—	—
0,20	0,48	0,29	—	—
0,25	0,51	0,31	—	—
0,30	0,57	0,33	—	—
0,35	0,67	0,37	0,24	—
0,40	0,77	0,41	0,27	—
0,45	0,91	0,46	0,30	0,20

Таблица 6.5

$\delta_{\alpha L}$, %, для группы колен
в одной плоскости или
разветвляющихся потоков

m	L_1'/D_{20}			
	10	15	20	25
0,05	0,35	—	—	—
0,10	0,40	—	—	—
0,15	0,44	0,32	—	—
0,20	0,48	0,34	—	—
0,25	0,52	0,37	—	—
0,30	0,57	0,39	—	—
0,35	0,64	0,43	0,33	—
0,40	0,88	0,51	0,38	0,30
0,45	—	0,59	0,43	0,34

Таблица 6.6

 $\delta_{\alpha L}$, %, для задвижки

m	L_1/D_{20}		
	10	15	20
0,25	—	—	—
0,30	0,36	—	—
0,35	0,48	—	—
0,40	0,64	—	—
0,45	0,94	0,41	—
0,50	1,11	0,57	—

Таблица 6.7

 $\delta_{\alpha L}$, %, для запорного вентиля

m	L_1/D_{20}				
	10	20	30	40	50
0,05	0,50	0,32	0,24	0,17	—
0,10	0,53	0,34	0,26	0,18	—
0,15	0,54	0,35	0,27	0,19	—
0,20	0,60	0,36	0,28	0,20	0,12
0,25	0,75	0,39	0,30	0,22	0,13
0,30	0,90	0,42	0,31	0,23	0,13
0,35	—	0,44	0,33	0,24	0,14
0,40	—	0,47	0,36	0,26	0,15
0,45	—	0,49	0,38	0,27	0,16

Таблица 6.8

 $\delta_{\alpha L}$, %, для крана

m	L_1/D_{20}		
	10	20	30
0,05	0,25	—	—
0,10	0,28	—	—
0,15	0,33	—	—
0,20	0,41	—	—
0,25	0,50	0,15	—
0,30	0,63	0,19	—
0,35	0,79	0,25	—
0,40	0,98	0,33	—
0,45	1,22	0,43	0,15

Таблица 6.9

 $\delta_{\alpha L}$, %, для колена или тройника

m	L_1/D_{20}		
	10	15	20
0,05	—	—	—
0,10	—	—	—
0,15	0,34	—	—
0,20	0,36	—	—
0,25	0,37	—	—
0,30	0,40	—	—
0,35	0,41	0,28	—
0,40	0,50	0,32	—
0,45	0,62	0,38	0,26

к диафрагме местными сопротивлениями и длины L_1' непосредственно перед диафрагмой не допускается.

Регулирующую арматуру рекомендуется устанавливать после диафрагмы. Использование запорных устройств в качестве регулирующих не рекомендуется. Допускается уменьшение расстояния между двумя ближайшими к диафрагме местными сопротивлениями за счет соответствующего увеличения длины прямого участка между диафрагмой и ближайшим к нему местным сопротивлением. Если расстояние между единичными коленами превышает $15 D_{20}$, то каждое из колен считается единичным. Если расстояние между коленами меньше $15 D_{20}$, то данную группу колен считают как одно местное сопротивление данного типа. При этом внутренний радиус кривизны колен должен быть равен или больше диаметра трубопровода. Сокращенная длина прямого участка перед диафрагмой для любого типа сопротивлений, кроме гильзы термометра, должна быть

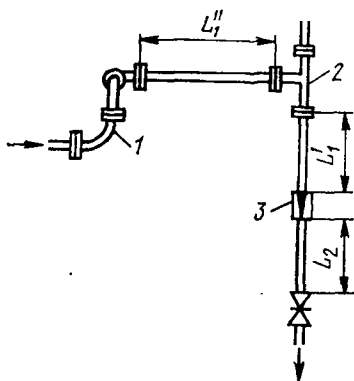


Рис. 6.4. Пример расположения диафрагмы (3) после местных сопротивлений (1 и 2).

Для промежуточных значений m дополнительную погрешность принимают по ближайшему большему табличному значению для соответствующего значения L_1'/D_{20} .

Пример 6.1. По направлению потока газа (рис. 6.4) расположены сначала группа колен в разных плоскостях 1, затем тройник 2 и диафрагма 3 с $m=0,38$. По табл. 6.2 для $m=0,38$ при $\delta_{\alpha L}=0$ требуется расстояние между диафрагмой и тройником $L_1'=20D_{20}$ (интерполируем между $m=0,40$ и $0,35$), а по табл. 6.3 между группой колен и тройником $L_1''=30D_{20}$. Общее требуемое расстояние $L_1=L_1'+L_1''=20D_{20}+30D_{20}=50D_{20}$. Это расстояние можно сократить до $L_1=40D_{20}$ (уменьшив длину прямого участка между тройником и диафрагмой с $20D_{20}$ до $10D_{20}$) с учетом дополнительной погрешности $\delta_{\alpha L}=\pm 0,5$ (согласно табл. 6.9 для $m=0,40$ при $L_1/D_{20}=10$).

К одной диафрагме допускается подключать два и более дифманометров, но при использовании дифманометров интегрирующих не разрешается их одновременная работа. Допускается подключение дифманометров к соединительным линиям друг друга. Соединительные линии прокладывают по кратчайшему расстоянию вертикально или с уклоном не менее $1:10$ к диафрагме. Их длина не должна превышать указанную в руководстве по монтажу и эксплуатации дифманометра. Соединительные линии следует защищать от действия внешних источников тепла или холода и прокладывать отдельно от линий для подключения элементов телемеханики.

Дифманометр рекомендуется располагать выше диафрагмы (рис. 6.5, а). Если он установлен ниже ее, то в нижних точках соединительных линий предусматривают отстойные сосуды (рис. 6.5, б). На горизонтальных газопроводах соединительные линии следует подключать к верхней половине диафрагмы.

Отбор перепада давления Δp от диафрагмы производят двумя способами: угловым и фланцевым. При угловом способе Δp измеряют через отдельные цилиндрические отверстия или

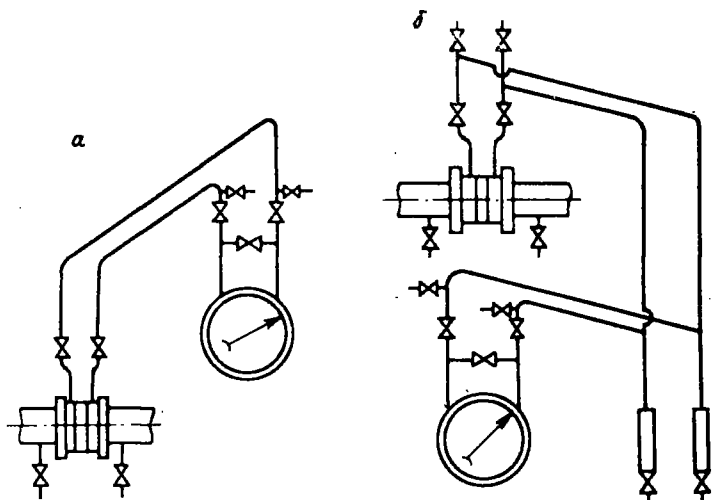


Рис. 6.5. Установка дифманометра.
а — выше диафрагмы; б — ниже диафрагмы.

через две кольцевые камеры, каждая из которых соединена с внутренней полостью газопровода кольцевой щелью (сплошной или прерывистой) или группой равномерно распределенных по окружности отверстий (рис. 6.1). Для отдельных отверстий наилучшие результаты достигаются при установке диафрагмы в обойму. Кольцевую камеру выполняют либо непосредственно в «теле» диафрагмы, либо в каждом из фланцев (между которыми она зажата), либо в дополнительной детали — корпусе (рис. 6.1, а, б). При малых давлениях кольцевая камера может быть образована полостью трубки, согнутой вокруг газопровода в кольцо.

Внутренняя кромка отверстия для отбора давления или перепада в газопроводе, фланце, обойме или камере не должна иметь заусенцев, рекомендуется ее закруглять по радиусу $r = 0,1d$ отверстия. Ось отверстия должна образовывать с осью камерной диафрагмы угол 90° . Размер c (диаметр отдельного отверстия, а также диаметр отверстия или ширина кольцевой щели, соединяющей камеру с газопроводом) при $m \leq 0,45$ не должен превышать $0,03 D_{20}$, а при $m > 0,45$ должен находиться в пределах $0,01 D_{20} \leq c \leq 0,02 D_{20}$. При этом для чистых газов $1 \text{ мм} \leq c \leq 12 \text{ мм}$. Для камеры по рис. 6.1, б число отверстий, соединяющих ее с газопроводом, должно быть не менее четырех, а площадь каждого щелевого отверстия не менее 12 мм^2 .

При фланцевом способе (рис. 6.2) Δp измеряют через отдельные цилиндрические отверстия на расстояниях $l_1 = l_2 =$

$=25,4 \pm A$ мм от входной и выходной плоскостей диафрагмы, где

$$A = \begin{cases} 0,5 \text{ мм при } m > 0,36 \text{ и } 58 \text{ мм} < D < 150 \text{ мм;} \\ 1 \text{ мм при } \begin{cases} m \leq 0,36 \\ m > 0,36 \text{ и } 50 \text{ мм} \leq D \leq 58 \text{ мм;} \\ m > 0,36 \text{ и } 150 \text{ мм} \leq D \leq 760 \text{ мм.} \end{cases} \end{cases}$$

При этом оси отверстий для отбора давления до и после диафрагмы могут находиться в разных меридиональных плоскостях, а их диаметры должны быть одинаковыми.

Избыточное давление следует измерять через отдельное цилиндрическое отверстие:

— при угловом способе отбора перепада давления — непосредственно у входной плоскости диафрагмы в углу, образуемом последней со стенкой газопровода (при камерном отборе — в корпусе камеры);

— при фланцевом способе отбора перепада давления — на расстоянии 25,4 мм от входной плоскости диафрагмы.

Допускается подключение манометра к «плюсовой» импульсной линии дифманометра. Влияние манометра, подключенного к плюсовой соединительной линии дифманометра, проверяют по стабильности показаний последнего (при подключении манометра показания включенного дифманометра не должны меняться).

6.2. РОТАЦИОННЫЕ СЧЕТЧИКИ РГ

Ротационные счетчики РГ (рис. 6.6, табл. 6.10) предназначены для измерения расхода газа с давлением не более 1 кгс/см² и температуре газа и окружающего воздуха в пределах от 0 до +50° С. Число в обозначении — номинальный расход газа через счетчик, м³/ч (расход, при котором обеспечивается непрерывная работа счетчика в течение 2000 ч). Минимальный расход не должен быть меньше 10 %, а максимальный (не более 6 ч/сут) не должен превышать 120 % от номинального. Порог чувствительности — 1,5 % от номинального расхода. Основная относительная погрешность показаний при $t_{\text{возд}} = 20 \pm 5$ °С и расходе газа (в процентах от номинального) 10—20 для счетчика РГ-40 равна ± 3 , для остальных ± 2 ; при расходе 20—120 для РГ-40 она $\pm 2,5$, для остальных $\pm 1,5$.

Счетчик РГ состоит из трех основных узлов: измерителя, счетного механизма и дифференциального манометра. В чугунном корпусе измерителя расточены два полуцилиндра, в каждом из которых размещено по одному ротору, имеющему вид восьмерки. Расположение роторов взаимно перпендикулярно. В боковых стенках корпуса смонтированы подшипники — опоры для роторов. Газ поступает в счетчик через верхний и выходит через нижний патрубок, давление газа в котором всегда

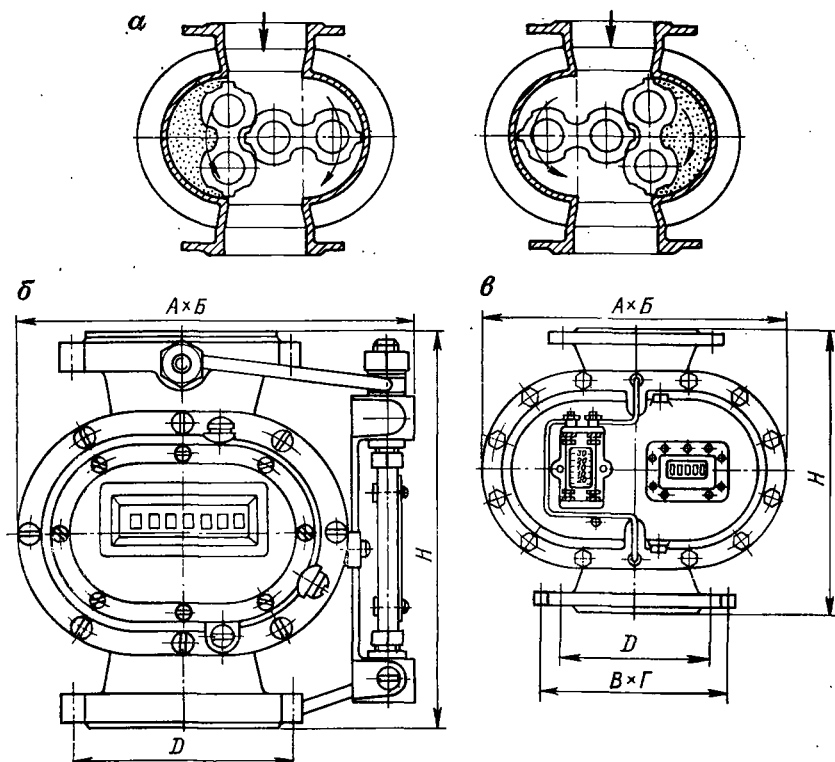


Рис. 6.6. Ротационные счетчики типа РГ.

a — схема работы; общий вид счетчиков: *б* — РГ-40, -100; *в* — РГ-250, -400, -600, -1000.

Таблица 6.10

Размеры и масса ротационных счетчиков

Счетчик	Размеры, мм					Масса, кг
	D_y	H	$A \times B$	D	$B \times \Gamma$	
РГ-40	50	175	164×260	110	—	10,5
РГ-100	80	240	260×340	150	—	27,5
РГ-250	125	360	380×425	200	275×170	75
РГ-400	150	360	380×530	225	290×170	90
РГ-600	150	440	470×620	225	290×200	142
РГ-1000	200	500	548×710	280	290×275	205

Примечания. 1. Число в обозначении счетчика — номинальный расход газа, м³/ч. 2. Присоединительные размеры фланцев на $p_y = 2,5$ кгс/см².

несколько меньше, чем во входном. За счет этого перепада давления роторы вращаются в направлении, указанном на рис. 6.6, *a* стрелками. За один полный оборот роторов дважды происходит наполнение пространства между стенками корпуса

и ротора (на рисунке условно отмечено точками), являющегося измерительным объемом, и дважды выталкивание этого объема через нижний патрубок. Правильность измерения достигается за счет точности изготовления деталей, минимальных зазоров между роторами и корпусом, а также легкости вращения роторов.

На шейках роторов смонтированы две пары шестерен, сопрягающихся с валом по конической поверхности. Наличие четырех шестерен позволяет свести к минимуму зазор в зубчатом зацеплении поворотом пар шестерен в противоположных направлениях, сохраняя постоянство этого зазора в любом положении роторов. Шестерни закрыты герметичными крышками, образующими камеры шестерен. Одна шейка ротора соединена с редуктором счетного механизма, который крепится на передней крышке измерителя. Передаточное отношение редуктора обеспечивает отсчеты счетчика непосредственно в кубометрах газа в рабочих условиях, т. е. при его действительных давлении и температуре у входного патрубка. Для приведения этого объема V_p к условиям 760 мм рт. ст. и 20 °С вводится поправка.

$$k_1 = 0,3855 (p_{\text{атм}} + p_{\text{вх}}) / (273 + t_{\text{вх}}). \quad (6.2)$$

Приведенный расход газа V_n , м³, определяют по формуле

$$V_n = k_1 V_p. \quad (6.3)$$

Для приведения рабочего объема V_p к нормальным условиям V_0 (760 мм рт. ст. и 0 °С) вводится поправка

$$k_2 = 0,3592 (p_{\text{атм}} + p_{\text{вх}}) / (273 + t_{\text{вх}}). \quad (6.4)$$

Расчетный расход газа V_0 , м³, определяют по формуле

$$V_0 = k_2 V_p, \quad (6.5)$$

где V_p — объем газа в рабочих условиях, определенный по счетчику, м³; $p_{\text{атм}}$ — среднее (за время отсчета) атмосферное давление (барометрическое), мм рт. ст.; $p_{\text{вх}}$ — среднее рабочее избыточное давление газа на входе в счетчик, мм рт. ст.; $t_{\text{вх}}$ — средняя температура газа на входе в счетчик, °С.

Счетный механизм роликового типа закрыт герметичной крышкой и работает в газовой среде.

Дифференциальный манометр служит для определения потерь давления газа в счетчике. Он крепится винтами к приливам: у счетчиков РГ-40 и -100 — на корпусе измерителя, у РГ-250, -400, -600 и -1000 — на передней крышке измерителя рядом со счетным механизмом. По перепаду давления, показываемому дифманометром, можно судить о работе счетчика: резкое возрастание или колебания перепада при отсутствии постороннего шума или стука в счетчике свидетельствуют о его засорении, которое может привести к полной остановке роторов. Для восстановления нормальной работы счетчик промывают.

Стеклянные сообщающиеся между собой трубки дифманометра соединены с входным и выходным патрубками счетчика через мембранные клапаны, нормальное положение которых закрытое. Для включения дифманометра головку каждого клапана следует потянуть на себя и повернуть на 90° . При $t_{\text{возд}} \geq 5^\circ \text{C}$ в дифманометр заливают подкрашенную воду, что допускается производить на работающем счетчике при закрытых клапанах. Для этого вывертывают две пробки на верхней колодке дифманометра и в одно из отверстий наливают жидкость. Разность уровней жидкости в трубках характеризует потерю давления, которая при нормальных условиях работы счетчика на газе низкого давления с $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ должна соответствовать табл. 6.11. При $\rho \neq 0,73 \text{ кг/м}^3$ и давлении более $0,05 \text{ кгс/см}^2$ расчетный перепад давления Δp_p , кгс/м^2 , составит

$$\Delta p_p = 1,37 \Delta p_{\text{т}p}, \quad (6.6)$$

где

$$\rho = 0,359 \rho_0 (p_{\text{атм}} + p_{\text{вх}}) / (273 + t); \quad (6.7)$$

$\Delta p_{\text{т}p}$ — перепад давления по табл. 6.11 для данной нагрузки счетчика, кгс/м^2 ; ρ_0 — плотность измеряемого газа, кг/м^3 , при $t = 0^\circ \text{C}$ и $p_{\text{вх}} = 760 \text{ мм рт. ст.}$; $p_{\text{атм}}$ — атмосферное давление, мм рт. ст. ; $p_{\text{вх}}$ — давление газа перед счетчиком, мм рт. ст. ; t — температура газа перед счетчиком, $^\circ \text{C}$.

Заправку редуктора маслом производят на остановленном счетчике, контроль его уровня — не реже 1 раза в неделю, замену — не реже 1 раза в 3 мес после промывки камер шестерен бензином. Счетный механизм и его валик смазываются ежедневно вазелиновым маслом в местах расположения отверстий — масленок.

Счетчики РГ-40 и -100 могут крепиться непосредственно на газопроводе с помощью фланцев, а остальные имеют в нижней части корпуса основание для установки на фундамент. Нижний фланец газопровода, на котором монтируется счетчик, должен иметь прочную основу, не допускающую вибрации.

В зависимости от общего расхода газа или диапазона его изменения на объекте монтируют один или два параллельно подключенных счетчика. При этом максимальный расчетный измеряемый расход принимают не более $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (два счетчика РГ-1000). В качестве иллюстрации на рис. 6.7 (табл. 6.12) показана параллельная компоновка двух счетчиков РГ, предусматривающая обводный газопровод (байпас) с отключающим устройством (задвижкой), нормально закрытым и опломбированным в этом положении. Используют байпас при необходимости чистки фильтрующих сеток, ремонта или ревизии счетчика и т. п. в случае, если невозможно по технологическим причинам уменьшить общий расход газа и работать через один счетчик.

Потери давления газа ($\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$) в фильтрах-резижах и коленах конструкции
Ленгипроинжпроект, а также в счетчиках типа РГ, кгс/м²

Счетчик	Фильтр-резиния		Колено за счетчиком					Счетчик					Сумма потерь в фильтре, колене и счетчике					Примечание
	Нагрузка в процентах от номинальной																	
	120	100	75	50	120	100	75	50	120	100	75	50	120	100	75	50		
РГ-40	7,3	5,0	2,8	1,3	3,6	2,5	1,4	0,6	10,0	7,0	5,0	3,0	31,8	14,5	9,2	6,8	Давление низкое То же, среднее	
РГ-100	6,0	4,1	2,3	1,0	3,0	2,1	1,2	0,5	13,5	11,0	6,0	3,5	22,5	17,2	9,5	5,0		
РГ-250	7,0	4,8	2,7	1,2	3,5	2,4	1,4	0,6	16,0	13,0	8,5	5,0	26,5	20,2	12,6	6,8		
РГ-250	17,0	12,0	6,8	3,0	8,7	6,0	3,4	1,5	16,0	13,0	8,5	5,0	41,7	31,0	18,7	9,5	То же, низкое То же, среднее	
РГ-400	8,5	6,0	3,4	1,5	4,3	3,0	1,7	0,8	16,0	13,0	8,5	5,0	28,8	22,0	13,6	7,3		
РГ-400	43,0	30,0	17,0	7,5	22,0	15,0	8,5	3,8	16,0	13,0	8,5	5,0	81,0	58,0	34,0	16,3		
РГ-600	20,0	14,0	8,0	3,5	8,0	5,5	3,1	1,4	16,0	13,0	8,5	5,0	44,0	32,5	19,6	9,9	То же, среднее	
РГ-1000	53,0	37,0	21,0	9,5	20,0	14,0	8,0	3,5	16,0	13,0	8,5	5,0	89,0	64,0	37,5	18,0		

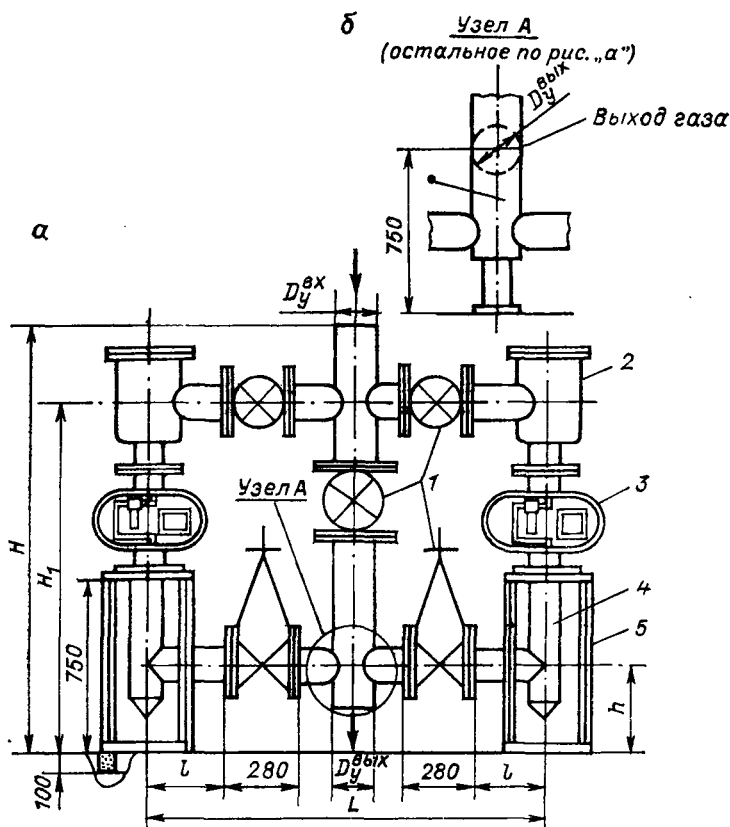


Рис. 6.7. Установка двух счетчиков РГ.

а — по Ленгипроинжпроектору; б — по Мосгазинжпроектору; 1 — задвижка; 2 — фильтр-ревизия; 3 — счетчик; 4 — колено; 5 — опора.

Очистка газа в фильтре ГРП (ГРУ) недостаточна для нормальной работы механизма счетчика. Между ГРП (ГРУ) и счетчиками могут располагаться протяженные участки газопроводов, из которых пыль и окалина выносятся в пункт измерения расхода газа. Кроме того, при плановой очистке фильтра и работе ГРП (ГРУ) через обводный газопровод газ поступает к счетчикам вообще без очистки. Это ведет к быстрому износу вращающихся частей, увеличению погрешностей в отсчетах или даже к заеданию механизма. Поэтому непосредственно перед счетчиком монтируют фильтр-ревизию (рис. 6.8, табл. 6.13), в котором устанавливают дополнительную фильтрующую сетку 4. При этом может быть использована сетка, поставляемая заводом в комплекте со счетчиком. Если сетка засорилась, ее извлекают из корпуса 2 для очистки при снятой заглушке 1 за ручку 3. К счетчику фильтр-ревизию присоединяют фланцем выходного патрубка 5. Для заливки в счетчик промывоч-

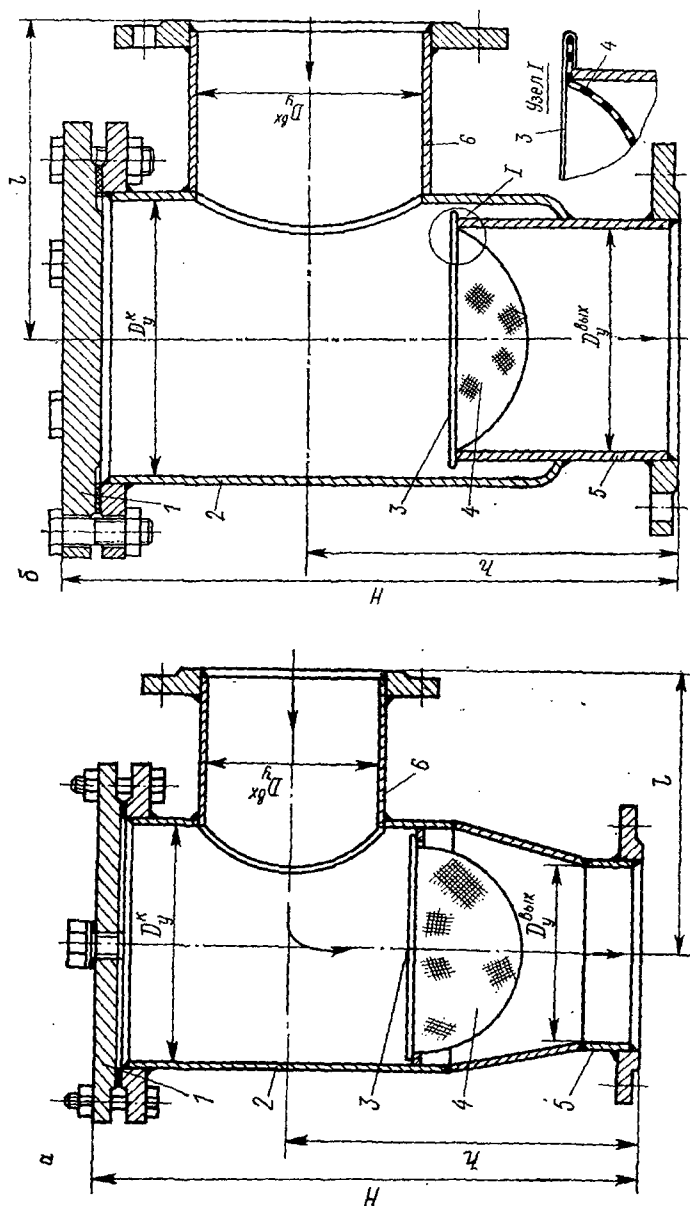


Рис. 6.8. Филтр-рези́з.
а — по Ленинградскому проекту; б — по Московскому проекту.

**Установочные размеры параллельной компоновки двух
счетчиков РГ**

Счетчик	Размеры, мм							Минимальное расстояние от оси газопроводов до продольной стены	Масса, кг
	$D_{\text{вх у}}$	$D_{\text{вых у}}$	H	H_1	h	L	l		
Разработка Мосгазниипроекта									
РГ-600	150	150	1950	1600	400	1860	350	310	1030
РГ-1000	200	150	2100	1800	400	2160	500	355	1360
Разработка Ленгипроинжпроекта									
РГ-400 (низкое давление)	200	150	1960	1685	800	1560	250	350	864
РГ-400 (среднее давление)	150	100	1910	1660	800	1320	230	350	628
РГ-600	200	150	2115	1865	850	1600	260	400	977
РГ-1000	200	150	2040	1640	855	1770	300	500	1175

Таблица 6.13

Основные размеры фильтров-ревизий для счетчиков типа РГ

Счетчик	Размеры, мм						Масса, кг	Примечание
	$D_{\text{вх у}}$	$D_{\text{вых у}}$	$D_{\text{к у}}$	H	h	l		
Конструкции Ленгипроинжпроекта								
РГ-40	50	50	100	262	160	140	10,0	Давление низкое То же, среднее То же, низкое То же, среднее
РГ-100	80	80	150	364	220	150	18,2	
РГ-250	150	125	200	480	300	220	26,8	
РГ-250	100	125	200	460	280	200	32,7	
РГ-400	150	150	200	485	320	250	38,0	
РГ-400	100	150	200	438	295	200	33,3	
РГ-600	150	150	200	500	325	260	39,6	
РГ-1000	150	200	300	540	355	300	75,0	
Конструкции Мосгазниипроекта								
РГ-100	80	80	150	545	360	300	20,8	
РГ-250	100	125	150	500	300	300	25,6	
РГ-400	150	150	200	620	400	300	42,4	
РГ-600	150	150	200	620	400	350	43,8	
РГ-1000	150	200	300	620	400	500	74,3	

Примечание. Присоединительные размеры фланцев $D_{\text{вх у}}$ на $p_y = 2,5$, $D_{\text{вх у}}$ — на $p_y = 10$ кгс/см².

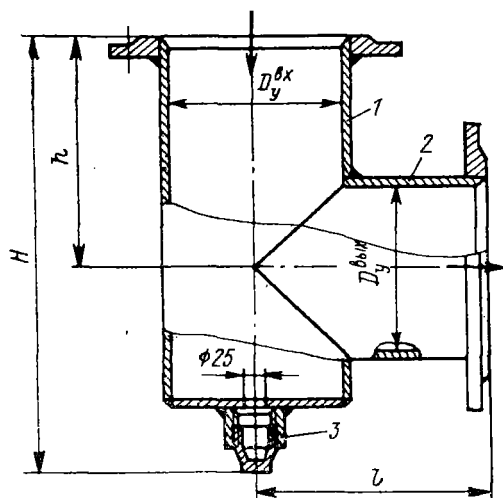


Рис. 6.9. Колено к счетчику.

ной жидкости на заглушке 1-фильтра-ревизии конструкции Ленгипроинжпроекта предусмотрено отверстие, перекрываемое пробкой 6. Однако практически при промывке счетчика приходится снимать всю заглушку.

Для удобства промывания счетчика без демонтажа под ним устанавливают специальное сварное колено (рис.6.9, табл. 6.14), которое присоединяют верхним патрубком 1 к счетчику, боковым патрубком 2 — к отключающему устройству после счетчика.

Колено в нижней части имеет штуцер 3 с пробкой для слива промывочной жидкости.

Ленгипроинжпроект для счетчиков РГ-250 и -400 дает две модификации фильтров-ревизий и колен — для среднего и низкого давления газа. Последние для уменьшения потерь давления имеют увеличенные (по сравнению с вариантом для среднего давления) диаметры входного и выходного патрубков. Это особенно важно для объектов, подключенных непосредственно к городским газопроводам низкого давления. Потери давления в фильтрах-ревизиях и коленах Ленгипроинжпроекта, а также в счетчиках РГ при различных расходах газа ($\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$) приведены в табл. 6.11.

Мосгазипроект в своих разработках не дает различия в размерах фильтров-ревизий и колен в зависимости от давления газа, а в установках счетчиков РГ-400 и -600 применяет один типоразмер этих конструкций, предназначенный для РГ-600. Поэтому расчетные значения потерь напора в фильтрах-ревизиях и коленах конструкции Мосгазипроекта для РГ-100, -600, и -1000 можно принимать непосредственно по табл. 6.11, для РГ-250 — по той же таблице для конструктивного оформления газопроводов среднего давления, для РГ-400 — то же, для газопроводов низкого давления.

Зная расчетные потери напора в счетчике, фильтре-ревизии и колене, можно в процессе эксплуатации оценивать степень засорения фильтра-ревизии, имея для этого до и после пункта измерения расхода газа штуцеры для подключения дифманометра. При этом следует учитывать, что потери давления в табл. 6.11 приведены для случая установки в них сетки № 0315 с ха-

Основные размеры угольников — поворотных колен

Счетчик	Размеры, мм					Масса, кг	Примечание
	$D_{yx}^{вх}$	$D_{yx}^{вых}$	H	h	l		
Конструкции Ленгипроинжпроекта							
РГ-40	50	50	230	110	140	3,86	Давление низкое То же, сред- нее То же, низкое То же, сред- нее
РГ-100	80	80	310	180	150	7,2	
РГ-250	150	150	400	200	220	16,7	
РГ-250	125	100	380	200	200	10,8	
РГ-400	150	150	400	200	250	18,6	
РГ-400	150	100	380	200	200	13,8	
РГ-600	150	150	440	250	260	19,0	
РГ-1000	200	150	408	280	300	26,5	
Конструкции Мосгазинжпроекта							
РГ-100	80	80	410	244	300	11,0	
РГ-250	125	100	410	234	300	14,2	
РГ-400	150	150	645	434	300	24,5	
РГ-600	150	150	565	354	350	24,0	
РГ-1000	200	150	705	494	500	43,2	

Примечание. Присоединительные размеры фланцев D_{yx} на $p_y = 2,5$, D_{yx} на $p_y = 10$ кгс/см².

рактеристикой: размер стороны ячейки в свету 0,315 мм, диаметр проволоки 0,14 мм, живое сечение $F_0 = 46\%$.

Если в фильтре-ревисии применяется сетка с другим F_0 , то соответственно меняется и потеря в ней давления. Так, например, замена сетки № 0315 сеткой № 045, имеющей живое сечение 48,2 %, ведет к уменьшению потерь давления на 20 % и одновременно к значительному снижению степени очистки газа.

6.3. ТУРБИННЫЕ РАСХОДОМЕРЫ-СЧЕТЧИКИ ТУРГАС

Расходомеры-счетчики ТУРГАС (далее расходомеры) предназначены для измерения объемных расхода и количества плавно меняющихся потоков очищенного неагрессивного природного и других инертных газов с плотностью не менее 0,7 кг/м³. Расходомеры выпускают пяти типоразмеров, рассчитанных соответственно на пределы измерения 100, 200, 400, 800 и 1600 м³/ч. Давление газа на входе не более 6 кгс/см². Потеря давления газа в расходомере при максимальном расходе газа (воздуха) не более 120 кгс/м². Допускаемая температура газов от 0 до +50 °С, окружающего воздуха при относительной влажности от 30 до 80 %; для узлов ПРГ и ПСК-1 — от

Основные характеристики преобразователей ПРГ (рис. 6.10)

Преобразова- тель	Размеры, мм							n	Масса, кг
	D_y	D	L	H	h	l	d		
ПРГ-100	65	100	230	200	140	145	14	4	10,8
ПРГ-200	80	150	242	220	150	154	14	4	11,0
ПРГ-400	100	170	230	240	160	140	18	4	14,0
ПРГ-800	150	225	320	320	180	163	18	4	23,0
ПРГ-1600	200	280	340	373	210	175	18	8	40,0

+5 до +50, для блоков БИР — от +10 до +35 °С. Напряжение питания блока БИР 220 В, частота 50 Гц, потребляемая мощность не более 20 В · А.

Основная допускаемая погрешность при проверке воздухом при нормальных условиях не превышает:

-- по расходу ± 1 и $\pm 1,5$ % от верхнего предела измерения соответственно в диапазоне от 40 до 100 и от 20 до 40 % изменения расходов;

— по количеству ± 1 и $\pm 1,5$ % от действительного количества прошедшего газа соответственно в диапазоне от 40 до 100 и от 30 до 40 % изменения расходов.

Минимальное количество газа, которое может быть измерено с нормированной погрешностью, составляет, м³: для ТУРГАС-100/2 или -100/3 — 100, ТУРГАС-200/2 или -200/3 — 1000, ТУРГАС-400/2 или -400/3 — 1000, ТУРГАС-1600/2 или -1600/3 — 10 000.

Средний ресурс расходомера 10 000 ч при среднем сроке службы 6 лет.

Расходомер состоит из трех основных узлов:

1) датчик — турбинный преобразователь расхода газа ПРГ (далее ПРГ), монтируемый непосредственно на газопроводе. ПРГ имеет пять модификаций, каждой из которых соответствует свой диаметр условного прохода D_y , мм, и предел измерения, м³/ч (табл. 6.15).

2) магнитоиндукционный преобразователь скорости вращения крыльчатки ПСК-1 (далее ПСК-1), компонуемый на корпусе ПРГ. ПСК-1 изготавливается во взрывобезопасном исполнении и может использоваться во взрывоопасных помещениях всех классов, а также в наружных установках. Масса ПСК-1 1,3 кг;

3) электронный блок измерения расхода БИР (далее БИР), который имеет обыкновенное исполнение и должен располагаться вне взрывоопасного помещения. Длина соединительного кабеля от ПСК-1 до БИР не более 150 м по трассе кабеля. В зависимости от технологических особенностей объекта любой ПРГ может комплектоваться одним из следующих трех типов БИР соответствующего функционального назначения.

БИР-1 — блок нормирующий для получения унифицированного аналогового выходного сигнала 0—5 мА постоянного тока, пропорционального объемному расходу. По показаниям микроамперметра, расположенного на лицевой панели блока, можно судить об объемном расходе газа, протекающего через преобразователь ПРГ в момент наблюдения. Масса 6,3 кг.

БИР-2 — блок с шестиразрядным интегрирующим устройством для измерения суммарного объемного количества прошедшего газа. Масса 6,7 кг.

БИР-3 — блок с нормирующим и интегрирующим устройством, совмещающий функции блоков БИР-1 и БИР-2. Масса 6,9 кг.

Обозначение расходомера включает в себя указание о типоразмере ПРГ и комплектуемом с ним блоке БИР. Так, например, расходомер с ПРГ, рассчитанный на предел измерения 400 м³/ч и комплектуемый блоком БИР-2, обозначается: расходомер ТУРГАС-400/2.

Расходомер работает следующим образом. В ПРГ движущийся поток газа вращает измерительную крыльчатку, угловая скорость вращения которой пропорциональна скорости (объемному расходу) газа. Крыльчатка имеет отметчики из магнитомягкого материала, взаимодействующие при вращении с ПСК-1. В последнем создается электрический частотно-импульсный сигнал, частота следования которого пропорциональна объемному расходу. По кабелю этот сигнал поступает на вход БИР, где он усиливается, формируется в частотно-импульсный сигнал прямоугольной формы и преобразуется в постоянный ток, фиксируемый микроамперметром, или интегрируется.

Конструктивно преобразователь ПРГ-400 (базовая модель) имеет цилиндрический корпус 11 (рис. 6.10) с фланцами, в проточной части которого последовательно по ходу газа расположены передний направляющий аппарат 19, опора 20 и задний направляющий аппарат 10. Внутри опоры 20 проходит вал 25, опирающийся на две пары подшипников 15 и 17. Узлы и детали проточной части стягиваются в осевом направлении втулками 9 и 21. Проточная часть перегородкой 23 делится на два канала: наружный 24, в котором вращаются лопасти измерительной винтовой крыльчатки 7, и внутренний (байпасный) 14, в котором вращаются лопасти приводной крыльчатки 18. На радиально расположенных лопастях опоры 20 перед измерительной крыльчаткой по ходу газа установлено кольцо 13, предназначенное для улучшения условий обтекания потоком вращающихся лопастей. Систему труб 6, 8, 26 вместе с впускным штуцером 1 используют для подачи масла к подшипникам. Сбор и слив излишков масла из зоны подшипников осуществляют через трубку 16. Для заправки масла в полость 5, запертую сверху шариковым клапаном 4, поджатым пружиной 2, используют масленку, входящую в комплект прибора. Масленку на период смазки устанавливают на место пробки 3. Для окон-

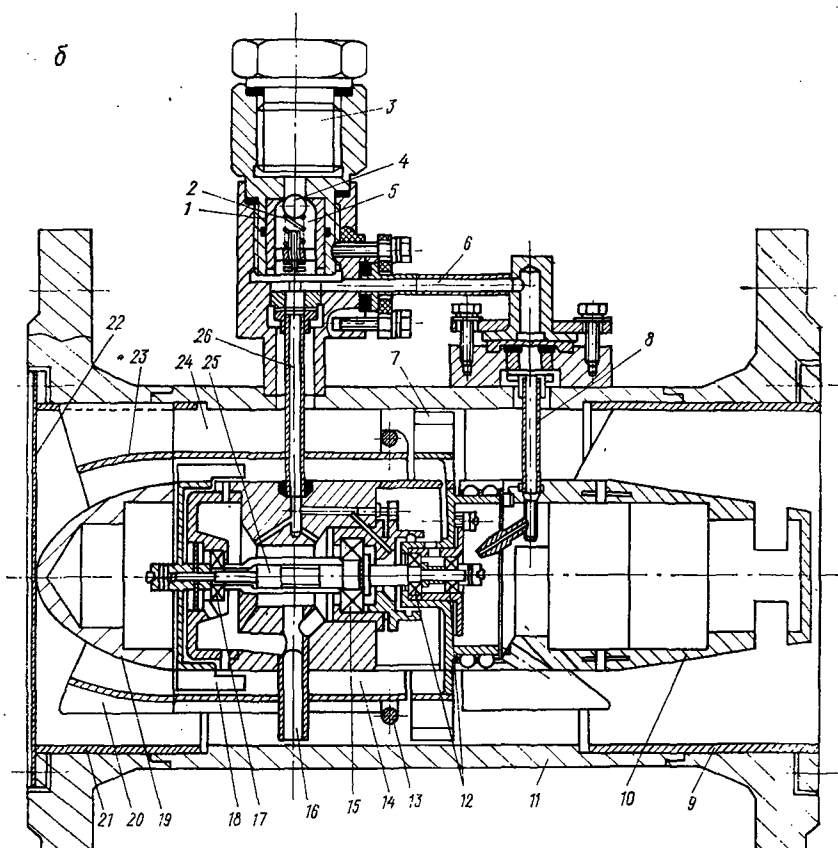
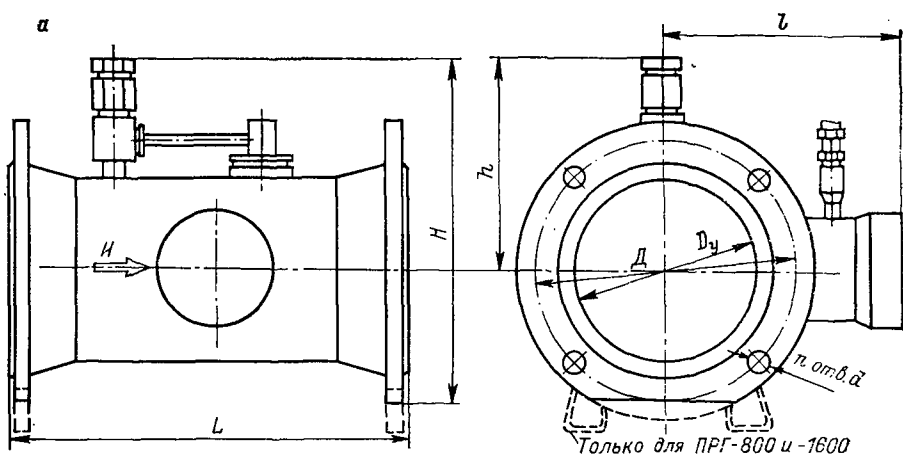


Рис. 6.10. Преобразователь ПРГ-400.
а — общий вид; б — устройство.

чательной очистки газа от механических примесей на входе корпуса ПРГ установлена металлическая сетка 22.

В выходной части полый ступицы заднего направляющего аппарата имеются прорези, сообщающие зону повышенного давления газа в корпусе с торцом измерительной крыльчатки. Этим достигается компенсация осевого усилия потока на крыльчатку и ее подшипники.

Приводная крыльчатка жестко связана с валом 25 и предназначена для вращения последнего. Измерительная крыльчатка вращается на своих двух парах подшипников 12, наде-тых на вал, и является чувствительным элементом, необходимым для преобразования скорости натекающего потока газа в электрические импульсы. Для этого на ней укреплены отмет-чики из магнитомягкого материала, которые, вращаясь с той же угловой скоростью, что и крыльчатка, взаимодействуют с ПСК-1. Последний крепится к наружной боковой поверхности ПРГ непосредственно у места, где вращается измерительная крыльчатка.

В корпусе ПСК-1 из немагнитной нержавеющей стали уста-новлены две встречно включенные катушки, между которыми расположены постоянный магнит и сердечник с регулировоч-ным винтом. При пересечении отметчиками измерительной вер-тушки магнитных силовых линий ПСК-1 в его катушках на-водится эдс. Разделение проточной части на два канала поз-воляет создать в канале 24 такую скорость потока, которая при натекании на измерительную крыльчатку (в заданном диапа-зоне расхода газа) вращает ее с угловой скоростью, обеспе-чивающей снятие с ПСК-1 частотно-импульсного сигнала, име-ющего не более двух экстремальных точек за период. Частота следования импульсов от крыльчатки пропорциональна скоро-сти ее вращения, т. е. объемному расходу измеряемого газа.

Частотно-импульсный сигнал от ПСК-1 по кабелю посту-пает на вход БИР, где он усиливается, формируется в частот-но-импульсный сигнал прямоугольной формы и преобразуется в постоянный ток, фиксируемый микроамперметром, или инте-грируется.

ПРГ-800 конструктивно идентичен базовой модели ПРГ-400, другие преобразователи имеют некоторые отличия. В частности, у ПРГ-100 и -200: а) байпасный канал находится не внутри, а снаружи корпуса и имеет регулировочный элемент — сменную шайбу; б) измерительная крыльчатка по ходу газа располо-жена первой, приводная — второй; в) отметчиками являются не пластины, а стержни, укрепленные на ступице измерительной крыльчатки; г) повышенное давление для компенсации осевых сил, воздействующих на подшипники, поступает через отверстия в ступице опоры перед приводной крыльчаткой; д) трубка для слива масла отсутствует.

У ПРГ-1600 основным отличием является устройство для компенсации осевого усилия на подшипники от набегающего

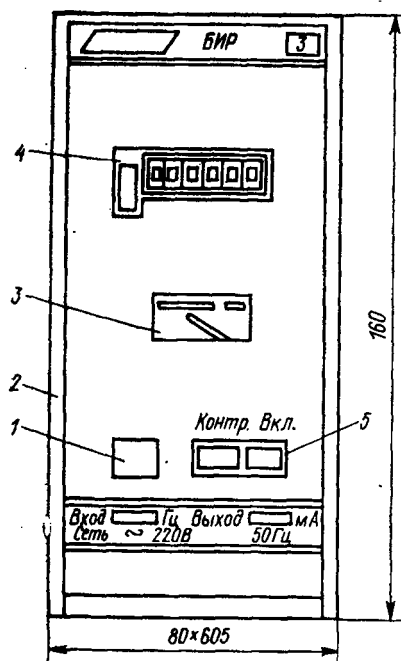


Рис. 6.11. Блок измерения расхода (БИР).

потока. Для компенсации использованы трубки, сообщающие между собой зоны пониженного давления основного измерительного канала с глухой полостью перед торцом ступицы измерительной крыльчатки, а также зоны повышенного давления проточной части с глухой полостью, расположенной за задним торцом ступицы той же крыльчатки.

Включение расходомера ТУРГАС в работу производят в следующей последовательности. После визуального осмотра узлов расходомера и проверки правильности монтажа его составных частей и линий связи, в том числе надежности заземления, исправности и уплотнения линий связи, подают напряжение на БИР. Нажимают кнопку 5 (рис. 6.11) и проверяют наличие зеленого свечения лампы 1. Нажав кнопку 2, проверяют

работоспособность БИР в режиме «Контроль» по отклонению стрелки индикатора 3 в пределах зеленой зоны шкалы (для БИР-1), по срабатыванию счетчика 4 (для БИР-2) или тому и другому (для БИР-3). Прогревают БИР в течение 15 мин, выдерживая его во включенном состоянии. Снимают пробку с масляного штуцера ПРГ, устанавливают на него масленку, заполненную маслом, и 3—4 раза резко нажимают на ее рычаг. После смазки ПРГ масленку снимают и штуцер заглушают пробкой (очередные смазки производят не реже 1 раза в месяц). Медленно открывая запорное устройство до расходомера, заполняют трубопровод и проточную часть ПРГ газом до достижения рабочего давления, а затем подключают потребителей, обеспечивая плавное увеличение расхода газа. Кнопка 2 на БИР отключается.

ПРГ с заранее установленным на нем ПСК-1 монтируют на горизонтальном участке газопровода так, чтобы стрелка на корпусе совпадала с направлением потока газа, а штуцер для масленки был направлен вертикально вверх. Угловое отклонение оси ПРГ от горизонтали не должно превышать 10° . На расстоянии $10D_y$ до и $5D_y$ после ПРГ монтируют соосно с ним съемные прямые участки трубы равного с корпусом преобразователя внутреннего диаметра. Внутренние поверхности съемных

участков до монтажа должны быть тщательно прочищены ершом или льняной тряпкой, смоченной в бензине, а затем продукты. На газопроводе до ПРГ должен быть установлен фильтр, а при необходимости и отстойник — уловитель конденсата.

При монтаже, подготовке к пуску, эксплуатации и демонтаже должны соблюдаться требования правил техники безопасности при работе с пожаро- и взрывоопасными газами, с газами под давлением и «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Корпуса преобразователей ПРГ, ПСК-1 и БИР должны быть надежно заземлены медным проводом сечением не менее 1,5 мм. При этом ПСК-1 заземляют с помощью как внутреннего заземляющего зажима, так и наружного, после тщательной зачистки мест присоединения. По окончании монтажа средства электрической защиты проверяют. Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм, сопротивление заземляющего устройства — не более 4 Ом.

Возможны следующие неисправности при работе расходомера. У блока БИР не горит сигнальная лампа и отсутствует выходной сигнал. Причины: обрыв или повреждение в подводящем питающем кабеле, неисправность предохранителя. У блока БИР при наличии выходного сигнала не горит сигнальная лампа. Лампу следует заменить. Нет выходного сигнала с ПСК-1. Причины: обрыв или повреждение кабеля, засорение фильтрующей сетки перед ПРГ, не вращается крыльчатка из-за ее заклинивания. В последнем случае следует продуть струей сжатого чистого воздуха крыльчатку и зоны сопрягаемых с ней деталей.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ГРП И ГРУ

На вводах и выводах газопроводов ГРП на расстоянии от последних не менее 5 и не более 100 м должны быть установлены запорные устройства. Запорное устройство может не устанавливаться: перед ГРП, если оно имеется на отводе городского газопровода и находится от ГРП не далее 100 м; после ГРП, если предприятие имеет одностороннее питание газом. Запорные устройства ГРП, расположенных в пристройках к зданиям, и шкафных ГРП допускается размещать ближе 5 м от ГРП в удобном для обслуживания месте.

Если ГРУ расположена не далее 10 м от ввода газопровода в помещение, то входную задвижку или кран ГРУ считают запорным устройством на вводе.

В соответствии с назначением (гл. 1) на технологической линии ГРП (ГРУ) оборудование располагают в следующей последовательности по ходу газа: запорное устройство — фильтр — предохранительный запорный клапан — регулятор давления — запорное устройство [исключением являются ГРП (ГРУ) предприятий, где перерыв в подаче газа не допустим и ПЗК не устанавливают]. Кроме того, каждый ГРП (ГРУ) должен иметь предохранительное сбросное устройство, подключаемое к выходному газопроводу, как правило, после расходомера (если он имеется). Число технологических линий в зависимости от расхода газа и режима его потребления может быть различным, обычно от 1 до 5. Если в ГРП (ГРУ) только одна технологическая линия, то на время ревизии или ремонта оборудования этой линии для бесперебойного снабжения газом потребителей предусматривают обводный газопровод (байпас) с двумя последовательно расположенными запорными устройствами. При наличии двух и более технологических линий байпас, как правило, не монтируют, а во время ремонта или осмотра оборудования одной из линий потребителей снабжают газом через другие линии. Такие ГРП независимо от пропускной способности применяют для объектов, не допускающих по условиям производства перерывов в подаче газа, а также для тупиковых городских сетей.

ГРП могут быть одно- и двухступенчатыми. В одноступенчатых входное давление газа редуцируют до выходного в одном

регуляторе, в двухступенчатом технологическую линию оборудуют двумя последовательно установленными регуляторами, в первом из которых входное давление (например, 12 кгс/см²) редуцируется до заданного промежуточного (например, 3—6 кгс/см²) и во втором — до выходного давления (например, 0,03 кгс/см²). При этом регулятор давления первой ступени комплектуют с фильтром и ПЗК, регулятор на второй ступени фильтра может не иметь. Одноступенчатые схемы обычно применяют при разности между входным и выходным давлением до 6 кгс/см², при большем перепаде предпочтительнее схемы двухступенчатые.

В случае необходимости подачи газа двум различным потребителям, использующим газ одинакового или разного давления, в ГРП могут быть две или более технологических линий. В таком ГРП предусматривают один ввод, от которого запитывают все технологические линии, и два вывода — каждый к своему потребителю. В зависимости от расчетного расхода и давления газа для каждого потребителя в ГРП предусматривают одну (с байпасом) или две технологические линии с регуляторами соответствующих характеристик.

В зависимости от назначения ГРП и ГРУ могут быть без учета расхода газа или с его учетом, т. е. укомплектованы приборами для измерения расхода (гл. 6). При использовании для измерения расхода газа счетчиков (ротационных и турбинных) их располагают по ходу газа после регуляторов давления, при использовании сужающих устройств (диафрагм) — до регуляторов давления и ПЗК, но после фильтра с целью уменьшения эрозии острой кромки диафрагмы.

Каждый ГРП (ГРУ) должен быть укомплектован контрольно-измерительными приборами (КИП). Так, согласно СНиП II—37—76, в ГРП (ГРУ) должна предусматриваться установка показывающих манометров для измерения входного и выходного давления, а необходимость регистрации этих давлений решается проектной организацией. В ГРП (ГРУ), в котором для измерения расхода газа применено сужающее устройство (диафрагма), регистрация входного давления необходима для введения поправки на давление к показаниям расходомера. При использовании для измерения расхода газа ротационных и турбинных счетчиков для введения поправки на давление к показаниям этих приборов необходима регистрация выходного давления. Независимо от наличия в ГРП (ГРУ) учета расхода газа регистрация выходного давления позволяет зафиксировать срабатывание в процессе эксплуатации предохранительного сбросного устройства и степень устойчивости работы регулятора. Регистрация входного давления позволяет анализировать обеспечение заданной пропускной способности, устойчивость и безопасность газоснабжения потребителей (с целью устранения причин, вызывающих резкие скачки входного давления). Таким образом, наличие приборов, регистрирующих входное и выход-

ное давление в ГРП (ГРУ), в ряде случаев необходимо для правильного учета расхода газа и в любом случае позволяет более объективно оценивать надежность работы ГРП (ГРУ), а при аварийных ситуациях — устанавливать их причины. Отсюда следует, что регистрация выходного давления, как правило, должна предусматриваться в любых ГРП и ГРУ (исключением могут быть ГРУ и шкафные ГРП с небольшими расходами газа). Регистрация входного давления должна быть предусмотрена для всех ГРП, снабжающих газом городские газовые сети (тупиковые и кольцевые), а также для ГРП и ГРУ промышленных и коммунальных предприятий, если последние расположены от питающих их газом ГРП на значительном расстоянии. Если это расстояние и расчетная потеря давления от городского или центрального ГРП предприятия до остальных ГРП и ГРУ этого предприятия не велики, то зафиксированное выходное давление городского или центрального ГРП предприятия может характеризовать входное давление расположенных после них ГРП и ГРУ.

Показывающий манометр устанавливают также на байпасе между двумя запорными устройствами. При необходимости работы на байпасе первое по ходу газа запорное устройство используют как первую ступень регулирования, на которой входное давление ориентировочно снижается до близкого к выходному, а второе запорное устройство служит для более точного поддержания на заданном уровне выходного давления.

Для измерения перепада давления на фильтре предусматривают дифманометр показывающий или самопишущий. Последний целесообразно применять в ГРП, не имеющих постоянного обслуживающего персонала (в типовом проекте 905-01-1 предусмотрен дифманометр ДСС-710чН, табл. 6.1). В ГРП (ГРУ) промышленных и коммунальных предприятий вполне допустимо применение показывающих дифманометров (ДСП-780Н, ДТ-5, -50, табл. 6.1).

Температуру газа измеряют только в ГРП (ГРУ) с учетом расхода газа для введения соответствующих поправок к показаниям расходомеров (гл. 6). При этом в ГРП, как правило, предусматривают установку показывающего и самопишущего термометра (в типовом проекте 905-01-1 соответственно: термометр ртутный прямой П2 с диапазоном измерения от -30 до $+50$ °С, термометр манометрический самопишущий жидкостный двухзаписный ТЖ2С-712 с диапазоном измерения от -50 до $+50$ °С).

Для иллюстрации приведенных выше общих сведений рассмотрим принципиальную схему (рис. 7.1) одноступенчатого ГРП (ГРУ), имеющего одну технологическую линию с учетом расхода газа двумя ротационными счетчиками и оборудованного регулятором давления РДУК2. Общие запорные устройства установлены вне ГРП на вводе 1 и выводе 13 (показаны штрихами). Для продувки газопроводов, расположенных до

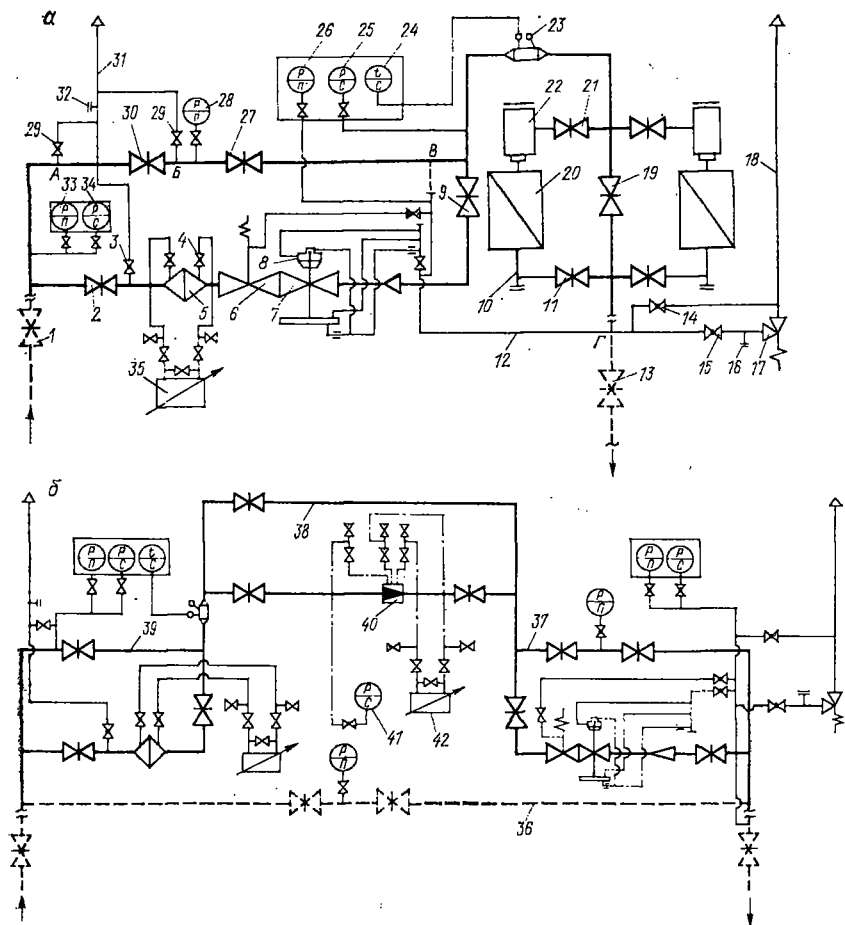


Рис. 7.1. Схема ГРП (ГРУ) с регулятором РДУК2 и измерением расхода газа ротационными счетчиками (а) или по перепаду давления (б).

ГРП, служит сбросной трубопровод 31, который соединяют с основным газопроводом в точке Б или А в зависимости от конструктивных особенностей ГРП. В первом варианте для продувки открывают первое по ходу газа запорное устройство 30 на байпасе и кран 29 на отводе к сбросному трубопроводу, во втором варианте — только кран 29. Штуцер 32 служит для отбора пробы при контроле окончания продувки. На байпасе имеется второе запорное устройство 27 и манометр 28. Манометр 33 предназначен для измерения входного давления, а для его регистрации — самопишущий манометр 34.

Для включения и отключения основного оборудования: фильтра 5, ПЗК 6 и регулятора давления 7 — служат запорные

устройства 2 и 9. Участок газопровода между задвижкой 2 и фильтром 5 соединен отводом с краном 3 со сбросным трубопроводом 31. Это позволяет снизить давление газа в технологической линии при закрытых запорных устройствах 2 и 9 до атмосферного, что необходимо осуществить до начала чистки фильтра и ремонта ПЗК и регулятора. При входном давлении до 3 кгс/см² и диаметре технологической линии $D_y \leq 100$ мм допустимо не предусматривать сброс газа из этого участка. Перепад давления на сетке или кассете фильтра определяют с помощью дифманометра 35, на импульсных трубках которых имеются краны 4. Если давление на входе не превышает 2,5 кгс/см², то возможно применение вместо дифманометра показывающего манометра с ценой деления не более 0,05 кгс/см².

Самопишущие термометр 24 и манометр 25 регистрируют температуру и давление газа до счетчиков, что позволяет вводить соответствующие поправки к показаниям последних. Кроме самопишущего предусматривается обычно также установка технического термометра 23, нижняя часть которого располагается в специальной полости газопровода рядом с датчиком самопишущего термометра. Если расход газа потребителем невелик и для его измерения в ГРУ используется один ротационный счетчик, то зачастую используют только технический термометр, нижнюю часть которого вводят в отверстие, имеющееся в верхней крышке фильтра-ревизии 22, используя соответствующее уплотнение или приваривая к ней гильзу.

Импульсный трубопровод 12 подключают к выходному газопроводу в точке Г. От него предусматривают отводы с кранами к показывающему манометру 26, а также к ПЗК и регулятору давления с пилотом 8. К нему же может быть подсоединен подводящий трубопровод к ПСУ 17 с запорным устройством 15, нормально опломбированным в закрытом состоянии. Штуцер 16 предназначен для настройки ПСУ, а для стравливания газа в атмосферу через ПСУ — сбросной трубопровод 18. Отключение и включение счетчиков 20 производят задвижками 11 и 21. При необходимости работы без счетчиков (ревизия, ремонт) открывают задвижку 19, которая нормально должна быть опломбирована в закрытом положении. Перед счетчиком устанавливают фильтр-ревизию 22, а после него поворотное колено 10.

При отсутствии запорного устройства 13 и необходимости настройки оборудования ГРП (ГРУ) без включения газопотребляющих агрегатов или подачи газа к цехам и котельным ее осуществляют, открывая запорное устройство 14 и создавая небольшой расход газа через сбросной трубопровод 18.

Импульсный трубопровод 12, к которому присоединяют отводы к ПЗК и регулятору, создает определенный объем застойной зоны газового потока, что повышает устойчивость работы регулятора и ПЗК, несколько сглаживая колебания давления,

возникающие при изменении расхода газа потребителями. При использовании регулятора РДБК схема несколько упрощается, так как вместо трех импульсных трубок к регулятору подводится только одна, подсоединяемая к трубопроводу 12. Многолетний опыт эксплуатации ГРП (ГРУ) с различными типами регуляторов показал возможность устойчивой их работы при подключении импульсного трубопровода 12 не в точке Г, а непосредственно к обводной линии в точке В. При наличии в ГРП (ГРУ) расходомеров-счетчиков поддержание постоянного давления в контролируемой точке В позволяет вводить к показаниям счетчиков практически постоянную поправку на давление газа. Однако в этом случае увеличивается перепад давления в контролируемой точке и перед непосредственным потребителем газа (например, горелкой) за счет переменных потерь в счетчиках и их обвязке. Если постоянство давления поддерживается в контролируемой точке Г, то потеря давления в расходомерном узле суммируется с перепадом давления в регуляторе, и соответственно разница между давлениями в контролируемой точке и перед потребителями будет минимальной, что особенно важно при низком выходном давлении. При расположении предохранительного сбросного устройства (ПСУ) после расходомера и постоянстве давления в точке Г можно произвести более точную настройку ПСУ и свести к минимуму возможность его срабатывания из-за кратковременных изменений давления в контролируемой точке.

При учете расхода газа в ГРП (ГРУ) с помощью сужающих устройств (диафрагм) схему обычно выполняют по двум вариантам (рис. 7.1, б): 1 — с отдельными байпасами 39, 38 и 37 соответственно для фильтра, измерительной и регулирующей линий или 2 — с общим 36 для всего ГРП (ГРУ) байпасом (показан штрихами). В обоих случаях фильтр располагают до измерительной линии с диафрагмой 40. Для регистрации перепада давления в диафрагме применяют дифманометр-расходомер 42, предпочтительно с интегратором и дополнительной записью давления (табл. 6.1). Если дифманометр не имеет этой записи давления, подключают дополнительно самопишущий манометр 41.

Первый вариант несколько сложнее второго, однако он открывает больше возможностей для маневра обслуживающего персонала. На объектах с большим и переменным расходом газа вместо байпаса 38 прокладывают еще одну (при необходимости две-три) линию с диафрагмой и своим дифманометром. Если технология производства позволяет кратковременно прекращать подачу газа к агрегатам для смены диафрагмы или дифманометра, то ограничиваются только одной линией с диафрагмой без байпаса к ней. При резко переменных (например, сезонных) расходах газа к диафрагме подключают два дифманометра с различными шкалами на соответствующие расходы.

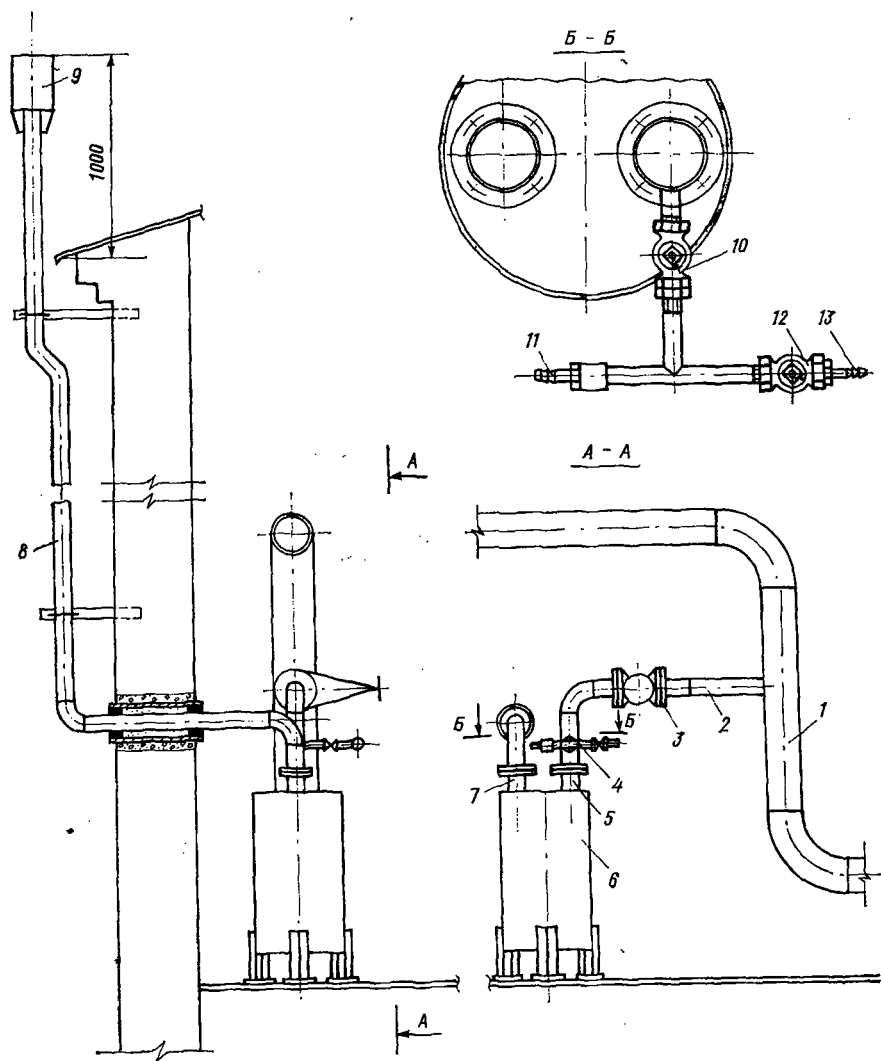


Рис. 7.2. Установка гидравлического предохранителя с приспособлением для его настройки.

Схема подключения ПСУ, позволяющая производить его настройку на заданное давление срабатывания (открытия), приведена на рис. 7.2 (в качестве ПСУ условно показан гидравлический предохранитель 6). На подводящем трубопроводе 2, соединенном с выходным газопроводом 1 ГРП (ГРУ), установлено запорное устройство 3 (кран или задвижка), которое нормально в процессе эксплуатации должно быть всегда открыто

и опломбировано в этом положении. На участке между запорным устройством и входным патрубком 5 имеется устройство 4 для настройки ПСУ. Сброс газа в атмосферу при срабатывании ПСУ осуществляется через выходной патрубок 7, сбросной трубопровод 8 и оголовок 9. Для настройки ПСУ к штуцеру 13 присоединяют контрольный манометр (при настройке ГП — жидкостный U-образный), а к штуцеру 11 — шланг ручного насоса. Затем закрывают запорное устройство 3, открывают краны 10 и 12 и с помощью насоса поднимают во входном патрубке ПСУ давление: а) при настройке ГП, затворная жидкость в котором залита до проектного уровня, — до момента начала барботажга газа через слой жидкости, определяемого по характерному звуку и резкому падению давления на манометре. При несовпадении давления срабатывания с заданным изменяют уровень затворной жидкости (добавляя ее или частично сливая) и испытание повторяют; б) при настройке пружинного и мембранного ПСУ, регулировочная пружина которого предварительно сжата, — на 20—30 % превышающее расчетное давление начала срабатывания. Затем регулировочную пружину ПСУ плавно разгружают до момента, когда давление по манометру упадет при заданном давлении срабатывания и, следовательно, сработает ПСУ. По окончании настройки ПСУ краны 10 и 12 закрывают, а запорное устройство 3 открывают и пломбируют в открытом положении.

Для настройки ПСУ вместо насоса может быть использован баллон со сжатым воздухом. В некоторых схемах со штуцером 11 соединяют стационарную трубку с краном, подключенную к входному газопроводу ГРП (ГРУ), что позволяет использовать для настройки ПСУ вместо насоса или баллона газ более высокого давления из газопровода до регулятора. Это особенно удобно для ГРП (ГРУ) с высоким выходным давлением.

Для перевода ГРП (ГРУ) с технологической линии на работу через байпас после предупреждения об этом дежурных операторов следует:

- 1) осторожно вывести из зацепления молоточки предохранительного запорного клапана и закрыть кран на его импульсной трубке;

- 2) медленно и осторожно, следя за показаниями манометра, открывать запорное устройство на байпасе, до тех пор пока выходное давление не станет на 20—30 кгс/м² выше установленного режима (при среднем давлении на 0,03—0,04 кгс/см²). Открытие запорного устройства на байпасе увеличивает приток газа в систему газопроводов после регулятора. При отсутствии соответствующего роста отбора газа это ведет к приближению плунжера регулятора к седлу и уменьшению расхода газа через регулятор. Следовательно, установившееся выходное давление, несколько превышающее давление, которое поддерживалось при работе технологической линии, означает, что седло ре-

тулятора полностью перекрыто и подача газа потребителям уже осуществляется только через байпас; *

3) медленно закрыть запорное устройство перед регулятором, следя за показаниями манометра. Если выходное давление снижается, то следует больше приоткрыть запорное устройство на байпасе, с тем чтобы давление поддерживалось постоянным. Если регулятор имеет пилот, то сначала медленно вывертывают до отказа регулировочный винт пилота (против часовой стрелки), а затем закрывают запорное устройство перед регулятором;

4) немного прикрыть запорное устройство на байпасе, с тем чтобы установилось заданное выходное давление за счет уменьшения его на $20\text{--}30\text{ кгс/м}^2$ (на среднем давлении $0,03\text{--}0,04\text{ кгс/см}^2$);

5) опустить плунжер предохранительного запорного клапана;

6) закрыть запорное устройство после регулятора.

Для перевода ГРП (ГРУ) с байпаса на работу через регулятор следует:

1) проверить настройку ПЗК и поднять его запорный плунжер;

2) убедиться в исправности регулятора и открытии кранов на импульсных трубках (регулировочный винт пилота регулятора должен быть вывернут);

3) открыть запорное устройство после регулятора;

4) снизить выходное давление на $20\text{--}30\text{ кгс/м}^2$ ниже заданного (на среднем давлении на $0,03\text{--}0,04\text{ кгс/см}^2$), медленно прикрывая запорное устройство на байпасе;

5) очень медленно открыть запорное устройство перед регулятором, наблюдая за показаниями манометра выходного давления;

6) восстановить заданное выходное давление газа ввертыванием регулировочной пружины регулятора или его пилота (при наличии грузового регулятора — наложением соответствующих грузов);

7) медленно закрыть запорное устройство на байпасе;

8) убедиться, что регулятор работает устойчиво, открыть кран на импульсной трубке ПЗК и произвести зацепление ударного молоточка.

Рассмотрим некоторые особенности схем ГРП (ГРУ), имеющих две и более технологических линии, питающих газом одну общую систему газопроводов объекта.

* В технической литературе часто рекомендуется другой порядок перевода на работу через байпас: сначала с помощью регулятора несколько понизить выходное давление, а затем, открывая запорное устройство на байпасе, восстановить его до заданного. Недостатком этого порядка является, кроме дополнительной операции, нарушение установившегося режима работы регулятора и системы газоснабжения до открытия запорно-регулирующего устройства на байпасе.

1. Целесообразна установка на вводе в ГРП (ГРУ) общего запорного устройства, а также показывающего и самопишущего манометров. При этом установка манометров на отводах к каждой из технологических линий не требуется.

2. Общий выходной газопровод должен быть оборудован показывающим и самопишущим манометром, а на участках технологических линий после регуляторов достаточно иметь только показывающие манометры, используемые при наладке оборудования.

3. Для обеспечения синхронной работы регуляторов давления и исключения условий, вызывающих их неустойчивую работу и пульсацию газа в выходном газопроводе, целесообразно использование одного пилота для управления несколькими клапанами регулируемыми (исполнительными механизмами регуляторов давления). Так как регулятор давления поставляется обычно с регулятором управления (пилотом), то схему можно компоновать так, чтобы один из пилотов работал, а остальные являлись резервными и включались при ремонте первого или настраивались на другое выходное давление. В последнем случае можно при переключении с одного пилота на другой с помощью электромагнитных клапанов дистанционно менять выходное давление ГРП (ГРУ).

Схема ГРП (ГРУ) с двумя параллельно включенными регуляторами РДУК2, которые работают от одного пилота, показана на рис. 7.3, *а* (фильтры и ПЗК на технологических линиях для простоты не показаны). Примем, что оба клапаны регулирующие 1 и 18 управляются пилотом 4, а второй пилот 15 — резервный. Краны 10, 11, 12 и 17 на импульсных трубках к пилоту 15 закрыты, остальные запорные устройства открыты. Газ входного давления из регулирующего клапана 1 через трубку с открытым краном 2 подается в пилот 4, где дросселируется и по трубке с краном 9 поступает в общую импульсную линию А—Б, затем разветвляется и по трубкам с кранами 3 и 16 попадает в подмембранные полости клапанов 1 и 18. Надмембранные полости клапанов соединены с выходным газопроводом трубками с кранами 6 и 13. Импульс выходного давления поступает к пилоту 4 по трубке с краном 7, сброс газа в выходной газопровод из пилота осуществляется по трубке с дросселем и краном 8.

Для обеспечения синхронной работы регуляторов следует выдерживать расстояния Б—В и Б—Г по возможности одинаковыми. Запорные устройства на технологических линиях 5, 14, 19 и 20 позволяют при необходимости отключать любой из регуляторов. При необходимости включить в работу пилот 15 вместо 4 соответственно закрывают краны 2, 7, 8 и 9 и открывают 10, 11, 12 и 17. Следует отметить, что при отделении пилотов от регуляторов и компоновке по рис. 7.3, *а* целесообразно вместо подбора дросселей (на рисунке обозначены Д) с постоянными калиброванными отверстиями применять дроссели

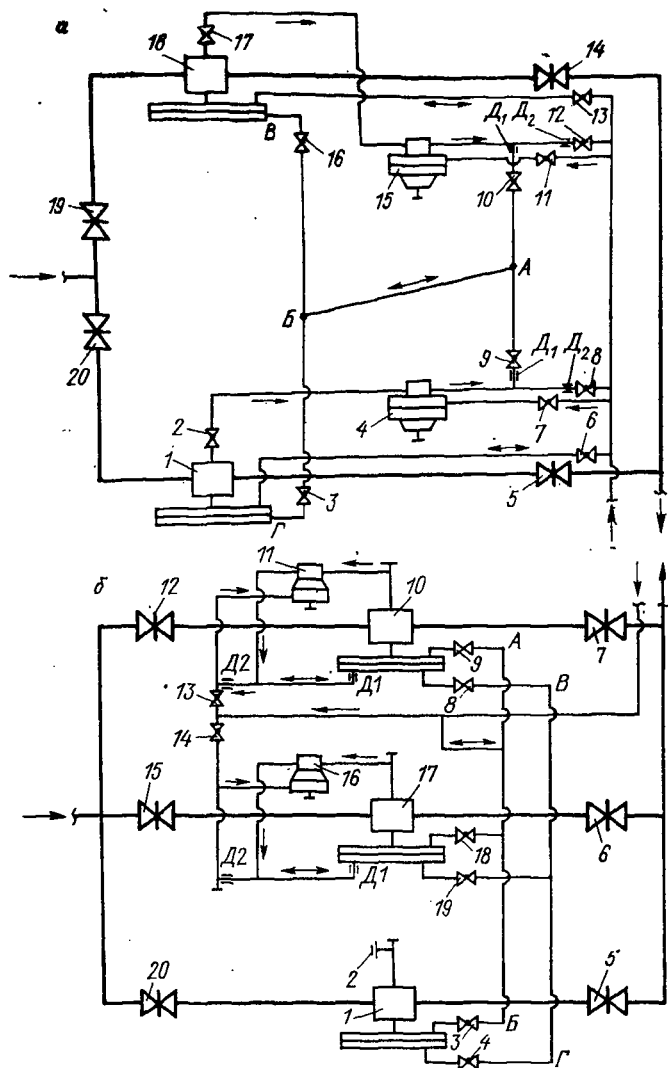


Рис. 7.3. Схема параллельного включения регуляторов РДУК2.
 а — с вынесенными пилотами; б — с сохранением пилотов на регуляторах.

регулируемые, которые позволяют значительно упростить настройку системы и сократить необходимое для этого время.

Если в ГРП более двух технологических линий (например, три), то схема управления клапанами регулирующими практически сохраняется по рис. 7.3, а, так как число пилотов можно не увеличивать и по-прежнему один из двух включать в работу, второй держать в резерве. Штуцер входного давления на регулирующем клапане третьей линии, который предназначен

для подсоединения пилота (в однолинейном ГРП), заглушают. Надмембранную полость третьего клапана с помощью трубки с краном соединяют с импульсной линией ГРП, а подмембранную (также трубкой с краном) — с линией $B-B-G$. При этом желательно выдержать примерные расстояния от точки B до точек B и G , а также до точки подключения подмембранной полости третьего клапана.

Возможна и другая схема обвязки регуляторов с управлением от одного пилота (рис. 7.3, б), позволяющая сохранить местоположение последнего непосредственно на регулирующем клапане. При этой схеме надмембранные полости всех регулирующих клапанов 1, 10 и 17 соединяют трубопроводом $A-B$ ($D_y=32$ мм), а подмембранные полости — трубопроводом $B-G$ ($D_y=15\div 20$ мм). Краны 4, 8 и 19, а также 3, 9 и 18, отключающие эти полости, открыты, если соответствующий клапан находится в работе, и закрыты, если клапан отключается. У клапана 10 имеется пилот 11, у клапана 17 — пилот 16, у клапана 1 штуцер 2 для подсоединения пилота заглушен. Рассмотрим вариант, когда все три технологические линии работают (запорные устройства 5 и 20, 6 и 15, 7 и 12 открыты), управляет всеми клапанами пилот 11, а пилот 16 — в резерве. В этом случае кран 14 закрыт, кран 13 открыт. Газ входного давления из клапана 10 поступает в пилот 11, где дросселируется под воздействием импульса выходного давления, и подается под мембранную полость клапана через дроссель Д1, а излишек газа сбрасывается в импульсную линию через дроссель Д2. Изменение выходного давления ведет к перемещению мембраны и регулирующего плунжера в клапане 10. Одновременно переместятся мембраны и плунжеры в клапанах 2 и 17, под- и надмембранные полости которых соединены с соответствующими полостями клапана 10. Если закрыть кран 13 и открыть кран 14, то в работу вместо пилота 11 вступит пилот 17. При замене кранов 13 и 14 электромагнитными вентилями и настройке пилотов 11 и 16 на различное выходное давление появляется возможность дистанционного изменения режима работы ГРП. В случае использования вместо регуляторов РДУК2 регуляторов РДКБ схема несколько упрощается в связи с подводом к импульсной колонке РДБК только одной импульсной линии.

Схема параллельного включения регуляторов непрямого действия с пилотами ДПМ показана на рис. 7.4. Представим, что в работе находится пилот 9, управляющий одновременно регулируемыми клапанами 1 и 24 (обе технологические линии включены, запорные устройства 4 и 26, 20 и 25 открыты). Краны 12, 14, 16 и 19 закрыты, фильтр 17, редуктор 18 и пилот 15 — резервные. Входное давление при открытом кране 11 подается через фильтр 5 и редуктор 6 в пилот 9, где редуцируется в соответствии с изменением выходного давления газа, поступающего по трубке с краном 7, и (кран 10 открыт) направляется в линию $A-B$ и в надмембранные полости регулирующих клапа-

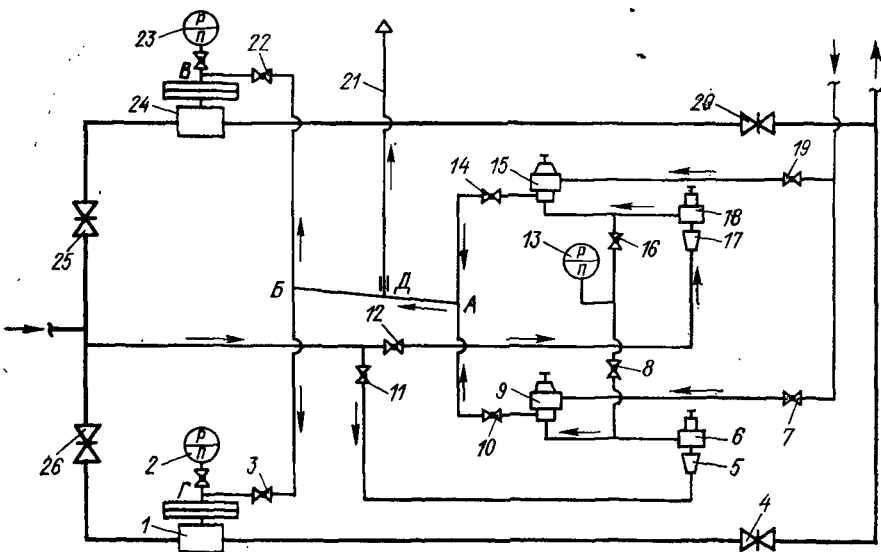


Рис. 7.4. Схема параллельного включения клапанов регулирующих с пилотами ДЛМ.

нов в точках В и Г. Излишки газа сбрасываются в атмосферу через дроссель Д и трубопровод 21. Контроль за давлением перед пилотом производят по манометру 13 (кран 8 открыт), а за режимом настройки клапанов — по манометрам 2 и 23 при открытых кранах 3 и 22. Для переключения на работу с пилотом 15 закрывают краны 7, 8, 10 и 11 и открывают 12, 14, 16 и 19.

При использовании схемы 7.4, как и в случае с регуляторами РДУК2, также возможна настройка пилотов ДПМ на разные давления и работа ГРП с постоянно открытыми кранами 8 и 16. Так, например, если для ГРП с клапанами регулирующими типа НО рабочий пилот настраивают на выходное давление $p_{\text{вых}}$, то резервный — на несколько большее ($\sim 1,03 \div 1,05 p_{\text{вых}}$); для ГРП с клапанами типа НЗ давление настройки резервного пилота принимают равным $0,95 \div 0,97 p_{\text{вых}}$. В этом случае при засорении фильтра перед редуктором и уменьшении входного давления в рабочий пилот автоматически включится пилот резервный и ГРП начнет работать по другому режиму (с выходным давлением, соответственно на 3—5 % большим или меньшим основного режима). При этом краны 8 и 16 закрывают только на время ремонта одного из пилотов или редукторов или чистки их фильтров.

ПОМЕЩЕНИЯ ГРП (ГРУ), МОНТАЖ И ИСПЫТАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Газорегуляторные установки размещают в помещениях, в которых пахотятся газопотребляющие агрегаты и, следовательно, пользуются открытым огнем. Такие помещения не относят к категории взрывоопасных, и наличие в них ГРУ не требует выполнения дополнительных мероприятий по их конструктивному оформлению, отоплению и освещению сверх требований, связанных с технологией основного производства. При этом здание, в котором расположена ГРУ, должно быть не ниже III степени огнестойкости с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям Г и Д. Помещение, в котором размещена ГРУ, должно быть оборудовано постоянно действующей приточно-вытяжной естественной вентиляцией.

Окружающая среда, в которой эксплуатируется оборудование ГРУ, не должна оказывать разрушающего воздействия на чугун, сталь, резину и цинковые покрытия. Температура окружающей среды, как правило, должна быть положительной (не менее 5°C). Установка регуляторов давления, ПЗК, ПСУ и фильтров в местах с отрицательной температурой допускается при условии отсутствия конденсации паров в проходящем газе при этой температуре.

Строения или пристройки к зданиям, в которых располагают ГРП, должны отвечать требованиям, установленным для производств категории А, т. е. для взрывоопасных производств. Они должны быть одноэтажными I и II степени огнестойкости, бесчердачными, с покрытием легкой конструкции массой не более $120\text{ кг на }1\text{ м}^2$. Утеплитель покрытия выполняют из негоряемых материалов (например, пенобетона). В типовом проекте 905-01-1 стены здания ГРП приняты блочными или кирпичными, в чертежах Ленинского проекта — из крупноразмерных керамзитовых панелей. Кровлю, как правило, выполняют четырехслойную рубероидную по асфальтовой стяжке.

Здесь необходимо отметить, что укладка над легкими плитами покрытия даже одного слоя рубероида приводит к возрастанию возникающего в помещении при возможном взрыве газовой смеси давления в 2,5 раза по сравнению с давлением, которое могло бы быть при отсутствии рубероидной кровли и наличии только легкого покрытия (при двух слоях рубероида давление возрастает в 4, при трех слоях — в 8 раз). Это объясняется тем, что при взрыве рубероидный ковер не разрывается, а поднимается вместе с плитами покрытия, препятствуя быстрому сбросу газов из помещения. Следовательно, наличие легких плит покрытия нормативной массы (120 кг/м^2) и площадью $500\text{ см}^2/\text{м}^3$, накрытых четырехслойным рубероидным ковром, нельзя рассматривать в качестве предохранительного клапана, предотвращающего разрушение здания при возможном взрыве. Поэтому МИСИ им. В. В. Куйбышева, проводивший исследования, при выполнении рубероидной кровли рекомендует выполнять стыки полотнищ рубероида шириной не более 10 см, располагая один стык над другим. Стыки следует располагать в местах опирания отдельных элементов кровли на плиты, прогоны или стропильные конструкции, т. е. в местах, где при подъеме кровли наблюдается перегиб рубероидного ковра.

Если общая площадь оконных проемов, световых фонарей или отдельных легкосбрасываемых панелей составляет не менее 500 см^2 на каждый

кубометр внутреннего объема ГРП, то допускается применение трудносбываемых взрывной волной покрытий. В чертежах Ленниипроекта в качестве взрывных проемов служат окна, расположенные в верхней части стен. Здесь также уместно отметить, что в оконных проемах и световых фонарях рекомендуется использовать максимально возможные размеры стеклянных листов и закреплять их только с наружной стороны рам. Наиболее целесообразно устройство легко открывающихся остекленных рам с магнитными защелками и петлями, расположенными сбоку или снизу.

Пристройки, в которых размещаются ГРП, должны отделяться от здания глухой, несгораемой, газонепроницаемой стеной и иметь самостоятельный выход наружу. Во избежание появления трещин при осадке стены, разделяющие основную и вспомогательные помещения ГРП, должны располагаться на фундаменте, связанном с фундаментом наружных стен, а также связаны с несущими (основными) стенами здания. При выполнении разделяющих стен из кирпича толщину их принимают не менее 250 мм и покрывают штукатуркой с двух сторон. Устройство дымовых и вентиляционных каналов в этих стенах, а также в стенах, к которым пристраивают ГРП, не разрешается.

Помещение регуляторов ГРП, а также помещения, где расположены их отопительные установки, должны иметь естественную вентиляцию, обеспечивающую не менее трехкратного воздухообмена в час. Для притока воздуха в нижней части стены, двери или окна (в типовом проекте 905-01-1 окна из стеклоблоков начинаются практически от пола) устанавливают жалюзийную решетку, а для удаления — на крыше монтируют дефлектор, диаметр трубы которого (м) при расчетной скорости вытяжки 2 м/с принимают не менее $D=0,023 \sqrt{V_n}$ (V_n — объем помещения ГРП, м³).

Необходимость и вид отопления ГРП определяют из расчета, чтобы для обеспечения нормальной работы оборудования и КИП температура в помещении, не имеющем постоянного обслуживающего персонала, не понижалась ниже 5 °С. Источниками тепла для обогрева ГРП, расположенных на территориях промышленных и коммунально-бытовых предприятий, а также городов с централизованной системой теплоснабжения, служит обычно горячая вода с температурой до 95 °С, которая подается в систему отопления ГРП (типовым проектом 905-01-1 предусмотрено устройство тупиковой системы отопления с верхней разводкой). Максимальная температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, а температура помещения 30 °С.

Если отопление ГРП от существующих систем теплоснабжения невозможно или нерентабельно, то монтируется местная отопительная установка, в качестве которой чаще всего используют емкостные водонагреватели типа АГВ-80 или -120 или чугунные водогрейные котлы ВНИИСТО-Мч, оборудованные системой автоматики. Их размещают в изолированном, имеющем самостоятельный выход помещении, отделенном от других помещений ГРП глухими, газонепроницаемыми, противопожарными (с пределом огнестойкости не менее 2,5 ч) стенами. Используют также в качестве отопительного устройства специальные печи во взрывобезопасном исполнении. Такая печь обычно имеет кожух из трубы 529×9 мм с двумя днищами, футерованный внутри огнеупорным кирпичом без дымооборотов. Это позволяет в случае взрыва газозвдушной смеси быстро сбросить давление (взрывную волну) из объема печи в атмосферу через дымовую трубу, вваренную в верхнее днище. Взрывобезопасность печи обеспечивается прочностью и герметичностью кожуха. Обслуживают горелки печи снаружи ГРП через металлический короб, один конец которого вварен в кожух, а другой выведен наружу через отверстие в стене ГРП. При условии автоматизации работы горелки установка отопительной печи упрощает и удешевляет стоимость строительства и эксплуатации ГРП, так как позволяет отказаться от специального помещения для расположения водонагревателей или котлов, а также от отопительной, водопроводной и канализационной систем.

Помещение и отдельные приборы ГРП могут иметь электрообогрев, выполненный во взрывозащищенном исполнении. Температура наружных оболочек электрообогреваемых поверхностей не должна превышать 95 °С.

Электрооборудование ГРП выполняется в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) для помещений класса В-1а. Для электрического освещения помещений ГРП (кроме обязательного естественного) применяют рефлекторы типа «кососвет», располагая их снаружи здания у окон, или взрывобезопасные светильники, устанавливаемые внутри помещения ГРП. Электрооборудование в нормальном исполнении (в том числе распределительные устройства) размещают вне ГРП или в смежном с ним помещении, предназначенном для отопительной установки или приборов тепломеханизации. Металлические части электроустановок, не находящихся под напряжением, заземляют.

При наличии телефонной связи телефонный аппарат в нормальном исполнении располагают в подсобном помещении ГРП или снаружи здания в запирающемся ящике во взрывозащищенном исполнении — непосредственно в помещении регуляторов. Такие же требования предъявляют к установке КИП с электрическим приводом. Для устранения возможности проникновения блуждающих токов и токов защиты из подземных газопроводов оборудование и газопроводы ГРП (ГРУ) электрически изолируют, устанавливая на вводе (и выводе) изолирующее фланцевое соединение. У такого соединения (рис. 8.1, типовая проект 5.905-6) кроме двух основных фланцев 6 и 10, приваренных к концам газопровода 4, имеется третий специальный фланец 8 толщиной 16—20 мм (в зависимости от диаметра газопровода), расположенный между двумя первыми. Для электрической изоляции фланцев друг от друга между ними установлены прокладки 9 из паронита ПМБ ($\delta=4$ мм), пропитанного бакелитовым лаком марки ЛБС-1, а стягивающие шпильки 1 заключены в разрезные втулки 5 из ПТФЭ (фторопласта Ф-4). Между шайбами 2 и фланцами также предусмотрены изолирующие прокладки 3 из паронита с такой же пропиткой. По периметру промежуточного фланца 8 имеются резьбовые гнезда, в которые ввернуты винты 7 (от 4 до 32 в зависимости от диаметра газопровода), которые используют для проверки электросопротивления между каждым из основных фланцев и промежуточным. Собранный изолирующий фланец подлежит испытанию на прочность и плотность, а также на наличие разрыва в электрической цепи до и после его установки на газопроводе. При монтаже изолирующего фланцевого соединения на цокольном вводе должна быть предусмотрена его защита от атмосферных осадков.

Если ГРП не расположен в зоне действия молниезащиты других объектов, то его молниезащита должна осуществляться в соответствии с требованиями «Указаний по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений» (СН 305—77), а также «Инструкцией по устройству сетей заземления и зануления в электроустановках» (СН 102—76). При этом ГРП относят к сооружениям II категории молниезащитных мероприятий.

Для защиты от вторичных проявлений грозы на подводящих проводах освещения и телефона монтируют разрядники.

Если ГРП расположен в зоне действия молниезащиты других сооружений, то ограничиваются устройством внутреннего и наружного контуров заземления из полосовой стали. Внутренний контур прокладывают по стенам здания на высоте $\sim 0,5$ м от пола, а внешний — на расстоянии 1 м от фундамента.

Помещение ГРП должно быть укомплектовано противопожарным инвентарем по указаниям пожарной инспекции.

При компоновке в ГРП оборудования для обеспечения доступа к нему для монтажа, ремонта и обслуживания расстояние между параллельными линиями должно быть в свету не менее 0,4, а ширина основного прохода в помещении — не менее 0,8 м. Если оборудование расположено на высоте более 2 м, то для его обслуживания предусматривают площадки с лестницами, огражденные перилами. В случае необходимости над газопроводами, расположенными у пола, устраивают переходные мостки с перилами. Если позволяют климатические условия, то допускается вынос части оборудования (задвижек, фильтров и т. п.) на огражденную площадку рядом со зданием ГРП.

Оборудование и приборы ГРУ должны быть защищены от механических

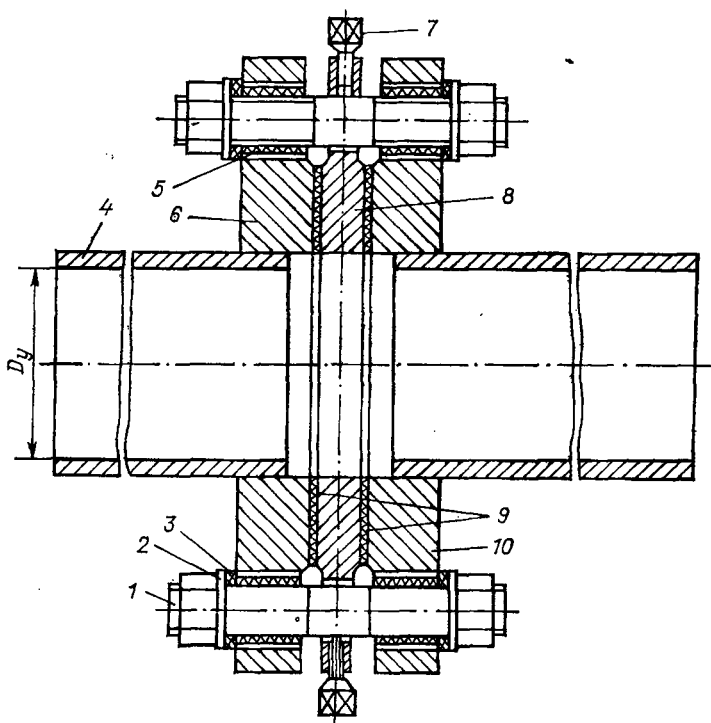


Рис. 8.1. Изолирующее фланцевое устройство.

повреждений и от воздействия сотрясений и вибраций, а место размещения ГРУ освещено. Оборудование ГРУ, к которому возможен доступ лиц, не связанных с эксплуатацией газового хозяйства, должно иметь ограждение из негорючих материалов. Расстояние от оборудования до ограждения принимают не менее 0,8 м.

Импульсные трубки к регуляторам, ПЗК и КИП должны, как правило, иметь уклон не менее 1:10 в сторону от приборов и не иметь участков с противоположным направлением уклона, в которых может скопиться конденсат. При присоединении импульсной трубки к контролируемой точке горизонтального газопровода место врезки должно быть выше нижней четверти диаметра этого газопровода.

Трубопроводы, подводящие газ к отопительным приборам ГРП, импульсные трубки КИП и телемеханизации, трубопроводы системы отопления при проходе через стену, разделяющую технологические помещения ГРП с подсобными, должны иметь сальниковые уплотнения или заделываться наглухо заливкой бетона на всю толщину стены.

Трубопроводы продувочные и от ПСУ должны выводиться наружу в места, обеспечивающие безопасное рассеивание газа, но не менее чем на 1 м выше карниза крыши. Диаметры свечей должны быть не меньше 20 мм, а сбросных трубопроводов — не меньше диаметра присоединительного патрубка ПСУ. Продувочные и сбросные трубопроводы должны иметь минимальное число поворотов, а также устройства, исключающие попадание в них атмосферных осадков (например, оголовков на рис. 4.1). Допускается объединение продувочных и сбросных трубопроводов от ПСУ, если они предназначены для одинаковых давлений. Свечи от шкафных ГРП, устанавливаемых на отдельно стоящих опорах, выводят на высоту не менее 4 м от

Таблица 8.1

**Испытательное давление наружных (подземных и надземных)
газопроводов и оборудования ГРП (ГРУ)**

Давление газа, кгс/см ²	Испытательное давление, кгс/см ²	
	на прочность	на плотность
Низкое (до 0,05)	3,0	1,0
Среднее (более 0,05 до 3)	4,5	3,0
Высокое (более 3 до 6)	7,5	6,0
Высокое (более 6 до 12)	15,0	12,0

уровня земли, а при установке шкафных ГРП на стенах зданий — на 1 м выше карниза здания.

При входном давлении газа более 3 кгс/см² следует принимать меры по уменьшению шума, возникающего при дросселировании газа. Типовым проектом 905-01-1 предусматривается покрытие участка газопровода после регулятора до входа его в пол помещения противозумной изоляцией следующего состава: противозумная мастика, минеральный войлок на битумной связке марки 200 ($\delta=50$ мм), два слоя мешковины, минеральный войлок на битумной связке марки 200 ($\delta=30$ мм), три слоя мешковины, масляная окраска за 2 раза.

Качество монтажа ГРП (ГРУ) проверяют путем наружного осмотра правильности установки оборудования, укладки и качества сварки газопроводов. После наружного осмотра, а также продувки наружных газопроводов до ГРП (ГРУ) воздухом оборудование и газопроводы ГРП (ГРУ) испытывают на прочность и плотность под давлением в соответствии с табл. 8.1. При этом если ГРП (ГРУ) испытывают в целом (от входного до выходного запорного устройства), то испытательное давление принимают по входной стороне; при испытании по частям (до и после регулятора) испытательное давление принимают по давлению газа до регулятора и после него. Если пилоты регуляторов и мембранные головки ПЗК согласно паспортам не рассчитаны на эти испытательные давления, то их на время испытаний отключают. Импульсные трубопроводы к оборудованию и КИП испытывают одновременно с основными газопроводами. Обводные линии (байпасы) ГРП (ГРУ) испытывают частями (до запорного устройства на байпасе и после него) совместно с газопроводами высокой и низкой сторон.

В процессе испытаний давлением до 0,1 кгс/см² применяют U-образные манометры с водяным заполнением. При испытательном давлении более 0,1 до 1 кгс/см² могут использоваться U-образные манометры с ртутным заполнением, образцовые или пружинные контрольные манометры. При давлении более 1 кгс/см² и испытании на прочность должны применяться пружинные манометры класса не ниже 1,5, на плотность — образцовые и пружинные контрольные манометры или дифманометры.

При испытании на прочность газопроводы и оборудование ГРП (ГРУ) должны находиться под указанным в табл. 8.1 давлением не менее 1 ч. Если за это время по манометру не наблюдается видимое падение давления, то испытание на прочность считается выдержанным.

При испытании на плотность в газопроводах и оборудовании ГРП (ГРУ) испытательное давление поддерживают в течение 12 ч, причем допускаемое падение давления не должно превышать 1 % от испытательного. Если это испытание выдержано, то проводится вторичное испытание на плотность (с включенными пилотами регуляторов и мембранными головками ПЗК) по нормам давления, указанным в паспортах на оборудование.

ШКАФНЫЕ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ ПУНКТЫ

9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Шкафные ГРП получают все большее распространение, а их номенклатура расширяется. Этому способствует то, что шкафной ГРП представляет собой готовое промышленное изделие, в металлическом шкафу которого с максимальной компактностью размещены оборудование, арматура и КИП. Осмотр, ремонт, настройку и обслуживание оборудования производят через открывающиеся передние и боковые или передние и задние дверки шкафа, нормально запертые на замок или специальные защелки. Расположение дверок необходимо учитывать при выборе местоположения шкафного ГРП.

Шкафные ГРП имеют небольшую стоимость, позволяют отказаться от строительства зданий и, следовательно, резко снизить объем строительно-монтажных работ. Промышленная сборка и испытание шкафных ГРП на прочность, плотность и работоспособность на заводских стендах обеспечивают их надежную работу в эксплуатационных условиях.

Все изготавливаемые в настоящее время шкафные ГРП имеют кроме основной технологической линии, на которой последовательно друг за другом расположено оборудование (запорные устройства, фильтр, ПЗК и регулятор), обводную — байпасную линию с двумя запорными устройствами, к участку газопровода между которыми подсоединен манометр. Исключение составляют ШП-2, ШП-3 и ГСГО-0, которые вместо байпаса имеют вторую технологическую линию, идентичную основной. Здесь уместно отметить, что, согласно СНиП II—37—76, шкафные ГРП допускается изготавливать вообще без байпасной линии.

Импульсный трубопровод, который внутри шкафа имеет отводы к регулятору и ПЗК, а в ряде случаев и к ПСУ, присоединяют снаружи шкафа к выходному газопроводу на расстоянии не менее $10D$, этого газопровода после первого его поворота. Исключение составляют шкафные ГРП типа ШРУ, у которых импульсный трубопровод присоединен к выходному газопроводу внутри шкафа.

Удаление контролируемой точки от регулятора в некоторых шкафных ГРП является вынужденной мерой, вызванной конструктивными особенностями этих ГРП: заниженным диаметром выходного трубопровода и устройством на последнем непо-

средственно после регулятора резкого поворота на 90° . Так, например, в ГРП типа ШП-1 и ГСГО-1 при $p_{вх}=6$ кгс/см² и паспортной пропускной способности ГРП 2000 м³/ч скорость газа в выходном трубопроводе $D_y=50$ мм составляет ~ 280 м/с. Для обеспечения такой скорости газа давление его после регулятора должно быть не менее 3500—4000 кгс/м², а в контролируемой точке снижаться до 200—300 кгс/м². Следовательно, выходной трубопровод такого ГРП можно считать неотъемлемой частью редуцирующего органа регулятора. Наличие резкого поворота трубопровода сразу после регулятора может явиться причиной возникновения вибрации, особенно при расходах, близких к максимальным. Для ликвидации вибраций в эксплуатационных условиях, кроме расположения контрольной точки возможно дальше от регулятора (не ближе $10 D_y$ трубопровода после поворота последнего), иногда приходится «загружать» работу регулятора, прикрывая кран на импульсной трубке или устанавливая в ней дроссель.

Если диаметр выходного трубопровода в шкафном ГРП позволяет понизить скорость газа в нем до 30—40 м/с, а после регулятора нет резкого поворота, то создаются условия для устойчивой работы регулятора с импульсным трубопроводом от контролируемой точки, расположенной в пределах шкафа (§ 9.4).

В зависимости от климатических условий шкафной ГРП поставляют с теплоизолирующим покрытием внутренних поверхностей шкафа и устройством для его обогрева или без них. Если для обогрева шкаф оборудован водяным коллектором, то его подключают к существующей системе отопления с температурой прямой воды 70—90 °С. Практика, однако, показывает, что такое отопление шкафного ГРП крайне ненадежно и быстро выходит из строя. Поэтому в настоящее время все чаще применяют автономные системы отопления шкафного ГРП теплогенератором, питающимся газом непосредственно от выходного трубопровода низкого давления ГРП или от дополнительно встроенного в схему регулятора РДСГ1 (при среднем или высоком выходном давлении). В качестве утеплителя внутренних поверхностей шкафа применяют войлок или пенопласт полистироловый. Наличие теплоизоляции и теплогенератора позволяет поддерживать внутри шкафа положительную температуру в пределах от 5 до 40 °С в зимних условиях умеренной климатической зоны. Для постоянной вентиляции в верхней и нижней частях стенок или дверок шкафа предусматривают горизонтальные прорезы в виде нерегулируемых жалюзийных решеток. Перекрытие этих отверстий утепляющим материалом не допускается. Кроме прорезей шкаф вентилируется через неплотности в местах прилегания дверок к стенкам. При обслуживании оборудования все дверки раскрывают, воздух в шкафу интенсивно заменяется свежим, что повышает безопасность проведения работ.

Технологические характеристики шкафов ГРП

Тип ГРП	Оборудование					Давление, кгс/см ²	
	Регулятор	Фильтр	ПЗК	ПСУ	на входе $P_{вх}$, не более	на выходе $P_{вых}$	Диаметр седла регулятора, мм
ШП-3	РД-32М	ФС-25	ПКК-40МН	Встроено в регулятор То же	6	0,009—0,02	6 10
ГСГО-0	РД-32М	ФС-25	ПКК-40МН	То же	6	0,009—0,02	6 10
ШРУ-3н	Ду32 н/д	ФС-25	ПКК-40МН с импульсным реле	П117 н/д	6	0,02—0,035	6 10
ШРУ-2н	Ду50 н/д	Ду 40 литой	ПКК-40МН с импульсным реле	П117 н/д	6	0,02—0,035	15 20
ПШГР-1	РДБК1-25	То же	То же	Ду25 н/д	6	0,02—0,5	25 21
ШП-2	РД-50М	ФС-40	ПКК-40МН	Встроено в регулятор ПСК-50	6	0,009—0,02	15 20
ШП-1	РДУК2Н-50	ФС-40	ПКК-40МН	ПСК-50	6	0,005—0,035	20 25
ГСГО-1	РДУК2Н-50 или РДБК1-50	ФС-40	ПКК-40МН	ПСК-50	6	0,01—0,035	35 35 15
ГРПН-600, модификации: «а»	РД-50М	ФС-40	ПКК-40МН	Встроено в регулятор То же	6	0,009—0,03	20 25
«б»	РД-50М	ФСС-40	ПКК-40МН	То же	6	0,009—0,03	15 20
«в»	РДБК1-25	ФСС-40	ПКК-40МН	ПСК-50	6	0,01—0,03	25 21

Пропускная способность, м³/ч, при $P_{вх}$, кгс/см²

Диаметр седла регуля- тора, мм	Пропускная способность, м ³ /ч, при $P_{вх}$, кгс/см ²											
	1	3	6	12	По паспорту ГРП				Регулятор			
	1	3	6	12	1	3	6	12	1	3	6	12
6	25	60*	110*	—	25	55	105	—	145	205	270	—
10	40	110*	—	—	45	100	—	—	145	205	—	—
6	25	55	105	—	25	55	105	—	145	205	270	—
10	40	100	—	—	45	100	—	—	145	205	—	—
6	20	60*	110*	—	25	55	105	—	145	205	270	—
10	40	110*	—	—	45	100	—	—	145	205	—	—
15	150	350	600	—	167	375	717	—	245	См. сноску**	—	—
20	250	550	—	—	270	610	—	—	—	»	—	—
25	300	—	—	—	363	—	—	—	—	»	—	—
21	310	620	1020	—	310	620	1080	—	—	»	—	—
					при $P_2 \leq 0,1$							
15	150	350	600	—	167	375	717	—	305	430	570	—
20	250	550**	—	—	270	610	—	—	305	430	570	—
25	300	—	—	—	363	—	—	—	305	—	—	—
35	450**	1200**	2000**	—	900	1790	3125	—	305	430	570	—
35	450**	1200**	2000**	—	900	1790	3125	—	305	430	570	—
15	150	350	600	—	167	375	717	—	305	430	570	—
20	250	550**	—	—	270	610	—	—	305	430	—	—
25	300	—	—	—	363	—	—	—	305	—	—	—
15	150	350	600	—	167	375	717	—	380	760	1 000	—
20	250	550	—	—	270	610	—	—	380	760	—	—
25	300	—	—	—	363	—	—	—	380	—	—	—
21	280	550	900	—	300	620	1080	—	380	760	1 000	—

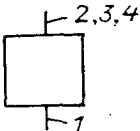
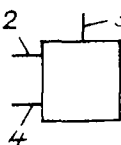
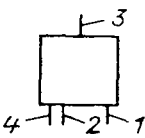
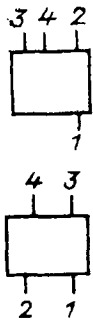
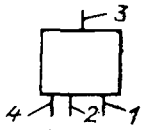
* Пропускную способность ГРП следует принимать по характеристике регулятора.

** Пропускная способность по паспорту ГРП значительно превышает допустимый расход газа через фильтр. В эксплуатационных условиях при расходах газа, близких к паспортным, для предотвращения ускоренной эрозии регулирующих и запорных устройств необходима замена указанных в таблице фильтров: в ШРУ-2н — фильтром ФСС-40, в ШРУ-2с — фильтром ФСС-40, в ШП-1 и ГСГО-1 — фильтром ФСС-50, в ГШГР-1 и -2 — фильтром ФСС-40.

*** Фильтр ФСС-40 обеспечивает пропускную способность по паспорту ГРП при $\Delta p = 400$ кгс/м² на чистой фильтрующей сетке.

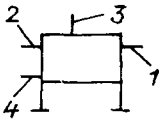
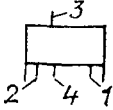
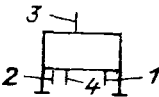
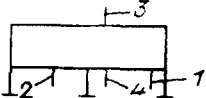
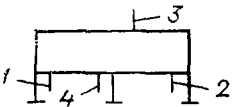
Тип ГРП	Оборудование					Давление, кгс/см ²	
	Регулятор	Фильтр	ПЗК	ПСУ	на входе $P_{вх}$, не более	на выходе $P_{вых}$	Диаметр седла регулятора, мм
ГРПН-1200	РДБК1-50 или РДУК2Н-50	ФСС-50	ПКН-50 или ПКК-40МН	ПСК-50	6	0,01—0,03	35
ГРПС-100Л	РДБК1-100 или РДУК2Н-100	ФВ-100	ПКН-100	ПСК-50	6	0,01—0,6	50
ГРПС-100С	РДБК1-100 или РДУК2Н-100	ФГ15-100-6	ПКН-100	ПСК-50	6	0,01—0,6	70
ШРУ-3с	D_{y32} с/д	ФС-25	ПКК-40МС с импульсным реле	П117 с/д	6	0,1—1,1	10
ШРУ-2с	D_{y50} с/д	D_{y40} литой	ПКК-40 с импульсным реле	П117 с/д	6	0,1—1,1	25
ИШГР-2	РДБК1П-25	D_{y40}	То же	D_{y25} с/д	6	0,4—1,0	21
ГРПВ-50С	РДБК1П-50 или РДУК2В-50	ФГ9-50-12	ПКВ-50	СППК4Р-50-16	12	3,0—6,0	35
ГРПВ-100С	РДБК1П-100 или РДУК2В-100	ФГ19-100-12	ПКВ-100	СППК4Р-50-16	12	3,0—6,0	70
ГРПВ-200С	РДБК1П-200 или РДУК2В-200	ФГ46-200-12	ПКВ-200	СППК4Р-50-16	12	3,0—6,0	105

Диаметр седла регуля- тора, мм	Пропускная способность, м³/ч, при $P_{вх}$, кгс/см²											
	По паспорту ГРП						Регулятор					
	1	3	6	12	1	3	6	12	1	3	6	12
	Фильтр						Фильтр					
35	750	1500	2000	—	900	1790	3125	—	760	1 500	2 000	—
50	900	1220	1600	—	1420	2840	4970	—	875	1 245	1 645	—
70	2000	4000	8500	—	2825 45 при $P_2 = 0,1$	5650	9900	—	7 000	11 000	15 000	—
10	60*	—	160	—	—	100	160	—	145	205	270	—
25	300	680	1000	—	320 при $P_2 = 0,1$	720	1260	—	См. сноску**			—
21	300*	600	1050	—	290 при $P_2 = 0,4$	620	1080	—	» »			—
35	—	—	2700	5 000	—	—	3125	5 800	—	—	7 000	9 000
70	—	—	8500	16 000	—	—	9900 при $P_2 = 3$	18 350	—	—	15 000	19 000
105	—	—	18 000	34 000	—	—	20 500 при $P_2 = 3$	38 000	—	—	36 000	46 000

Тип ГРП	Газопровод, мм (см. схему)				Схема расположения газопроводов вне шкафа
	входной 1	выходной 2	сбросной 3	импульсный 4	
ГСГО-0	50	50	20	20	
ШП-3	50	50	20	20	
ШП-2	50	70	20	20	
ШРУ-3н	25	65	25	—	
ШРУ-2н	40	100	25	—	
ШРУ-3с	25	65	25	—	
ШРУ-2с	40	100	25	—	
ПШГР-1, -2	40	100	25	—	
ШП-1	40	50	50	50	
ГСГО-1	40	50	50	50	
ГРПН-600 (прим. 2.3):					
«а»	50	50	15	20	
«б»	50	50	15	20	
«в»	40	40	50	40	
ГРПН-1200 (прим. 3)	40	50	50	50	

характеристики шкафов ГРП

Габаритные размеры без выступающих трубопроводов, мм			Распашные дверки	Масса, кг	Тип отопле- ния (прим.1)
длина	ширина	высота			
925	470	1400	Передние и боковые	200	а
940	465	960		214	в
1150	615	860		239	в
1300	475	1250	Передние и боковые	258	в
1300	475	1250		231	в
1325	475	1250		291	в
1325	475	1250		349	в
1400	505	1400		350	в
1210	600	1110	Передние и боковые	388	в
1210	620	1600		310	а
910	585	1100	Передние и боковая	125	в
1210	628	1100	Передние	215	в

Тип ГРП	Газопровод, мм (см. схему)				Схема расположения газопроводов вне шкафа
	входной 1	выходной 2	сбросной 3	импульсный 4	
ГРПС-100С	100	100	50	80	
ГРПС-100Л	100	100	50	80	
ГРПВ-50С	50	50	80	50	
ГРПВ-100С	100	100	80	80	
ГРПВ-200С	200	200	80	100	

Примечания. 1. Тип отопления шкафа: а — автономное теплогенератором, 2. Модификации ГРПН-600 см. в табл. 9.1. 3. У всех модификаций ГРПН-600 с 1986 г. ГРПН-1200 соответственно 50 и 100.

Шкафной ГРП должен иметь паспорт, в котором кроме технической характеристики приводятся данные о заводских испытаниях на прочность и плотность оборудования ГРП в сборе. Во время монтажа шкафного ГРП размещенное в нем оборудование и плотность сборки не должны нарушаться, а после монтажа газопроводные работы по подсоединению ГРП проверяют на плотность и прочность по действующим нормам. Если до монтажа шкафного ГРП или в процессе монтажа в его конструкцию вносится какое-либо изменение (например, врезка штуцера для присоединения манометра или другого прибора, замена или ремонт оборудования и т. п.), то испытание ГРП производят в полном объеме в соответствии с действующими «Правилами безопасности в газовом хозяйстве» (гл. 8).

Шкафной ГРП, как правило, размещают вне зданий (гл. 1),

Габаритные размеры без выступающих трубопроводов, мм			Распашные дверки	Масса, кг	Тип отопле- ния (прим.1)
длина	ширина	высота			
2635	1260	1880	Передние и задние	665	а
1720	1000	2245		900	
1520	830	2150	Передние и задние	655	а
2740	1300	2280		1247	
3730	1600	2485		2913	

в — водяное с помощью коллектора, подключаемого к существующей системе отопления. намечено принять диаметры газопроводов, мм: входного — 40, выходного — 80, у

но в принципе он может быть установлен и непосредственно в котельной или помещении цеха с газоиспользующими агрегатами. В этом случае сплошные дверки шкафа заменяют сетчатыми (или снимают вовсе), размещенное в шкафу оборудование с приборами КИП рассматривается как ГРУ, а сам шкаф — как ограждение, предотвращающее оборудование ГРУ от повреждения. Утепление и обогрев при этом не требуются.

Технологические и конструктивные характеристики шкафов ГРП приведены в табл. 9.1 и 9.2.

9.2. ГРП ТИПА ШП

ГРП типа ШП-1, -2 и -3 конструкции Мосгазниипроекта предназначены для снабжения потребителей газом низкого давления. ШП-2 и -3 (рис. 9.1) имеют одинаковое устройство и

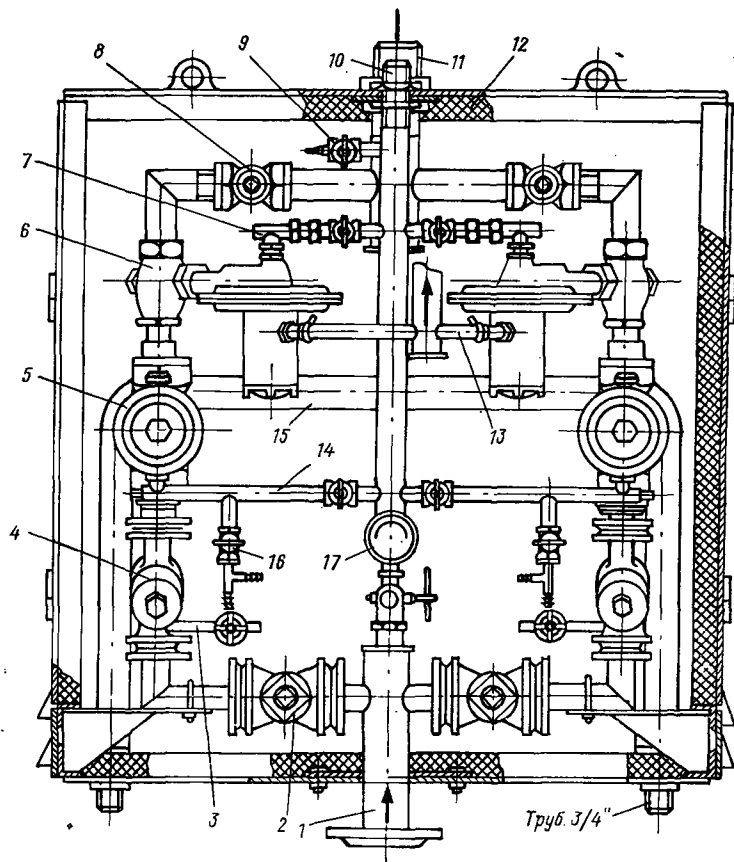


Рис. 9.1. Шкафной ГРП типа ШП-3.

расположение оборудования. В каждом из них имеются по две идентичные параллельно соединенные технологические линии (рабочая и резервная), поэтому байпас отсутствует. Совместная работа (одновременное включение) обеих линий при принятых диаметрах выходных газопроводов недопустима. Газ подается во входной патрубок *1* и из него в рабочую технологическую линию, имеющую на входе и выходе краны *2* и *8*. Измерение входного давления производят манометром *17*, а перепад давления в сетчатом фильтре *4* — переносным дифманометром, присоединяемым к двум штуцерам *3*. Дросселированный в регуляторе *6* (РД-50М в ШП-2, РД-32М — в ШП-3) до выходного давления газ направляется к потребителям через патрубок *11*, который присоединяют к газопроводу объекта. К этому газопроводу вне шкафа приваривают импульсный трубопровод. Последний, в свою очередь, соединяют с патрубком *10* импульсной линии ГРП, имеющей штуцер *9* с краном для подключения

переносного манометра, измеряющего выходное давление. От основного ствола импульсной линии предусмотрены отводы 7 и 14 с кранами соответственно к подмембранной полости регулятора и клапану-отсекателю 5. Импульсная трубка 14 перед клапаном-отсекателем имеет отвод с краном 16 и тройником с двумя штуцерами, что позволяет производить и проверять настройку отсекающего на срабатывание на одной из технологических линий без отключения потребителей (газ подается им через вторую линию). Для настройки отсекающего к одному из штуцеров подсоединяют шланг ручного насоса, к другому — манометр. Медленно увеличивая давление, измеряемое манометром, закрытие ПКК-40МН определяют по стуку в нем плунжера. Сбрасываемые при превышении заданного выходного давления через встроенные в регуляторы предохранительные сбросные клапаны излишки газа удаляются в атмосферу через трубопровод 13.

Включение ШП-2 и -3 производят в следующем порядке. Открывают кран перед манометром 17 и убеждаются по последнему, что давление на входе в ГРП находится в пределах 1—6 кгс/см². Медленно открывают входное запорное устройство на рабочей технологической линии, например кран 2. Для открытия отсекающего 5 с помощью ручки отвертывают его пусковую пробку настолько, чтобы боковое отверстие в ней вышло за пределы корпуса, и вновь ввертывают на место. Медленно открывают выходной кран 8, затем краны на импульсных трубках 7 и 14, а также кран 9, к штуцеру которого предварительно подсоединяют манометр. Наблюдая за его показаниями, с помощью регулировочного винта регулятора устанавливают заданное выходное давление.

До включения ШП производят настройку на заданное давление срабатывания отсекающих ПКК-40МН и встроенных в регуляторы сбросных клапанов.

Теплоизоляция 12 шкафа необходима для сохранения тепла при подключении обогревающего коллектора 15 к существующей системе водяного отопления.

ГРП типа ШП-1 в настоящее время с производства сняты, однако в эксплуатации находится их большое число. Технологические характеристики, перечень оборудования, устройство и габаритные размеры ШП-1 практически идентичны ГСГО-1 (§ 9.3), отличаясь только устройством для отопления шкафа (в ШП-1 использован водяной коллектор).

9.3. ГРП ТИПА ГСГО

Шкафные пункты типа ГСГО-1 и ГСГО-0 представляют собой модернизированный вариант соответственно ШП-1 и -3 (§ 9.2). Модернизация не затронула устройство, схему и расположение оборудования и арматуры и заключается в ликвидации обогревающего водяного коллектора и замене его тепло-

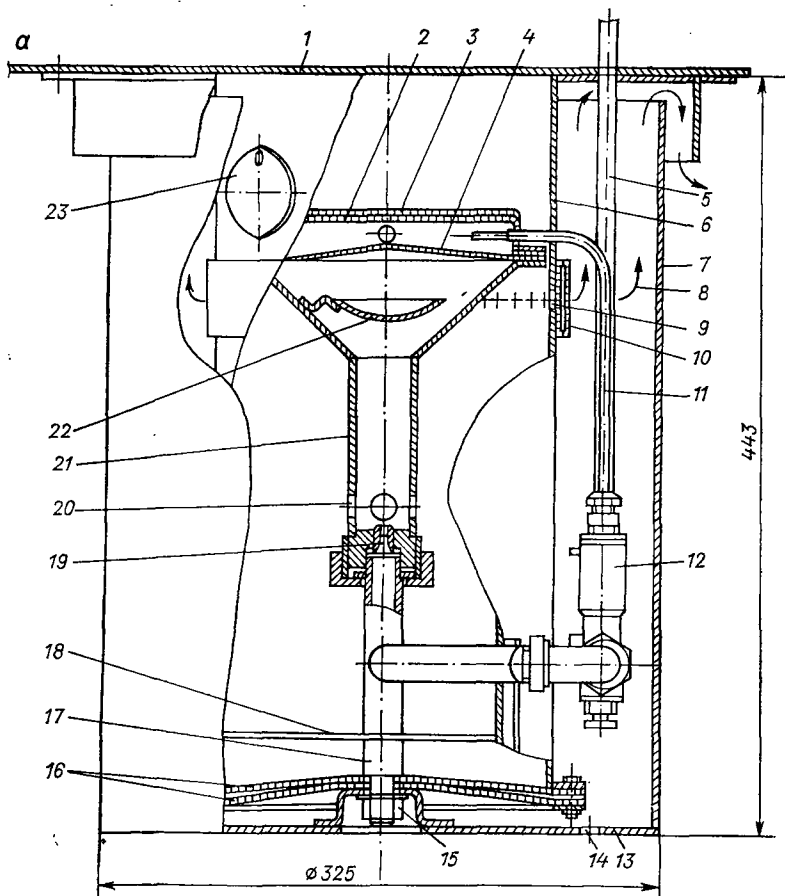
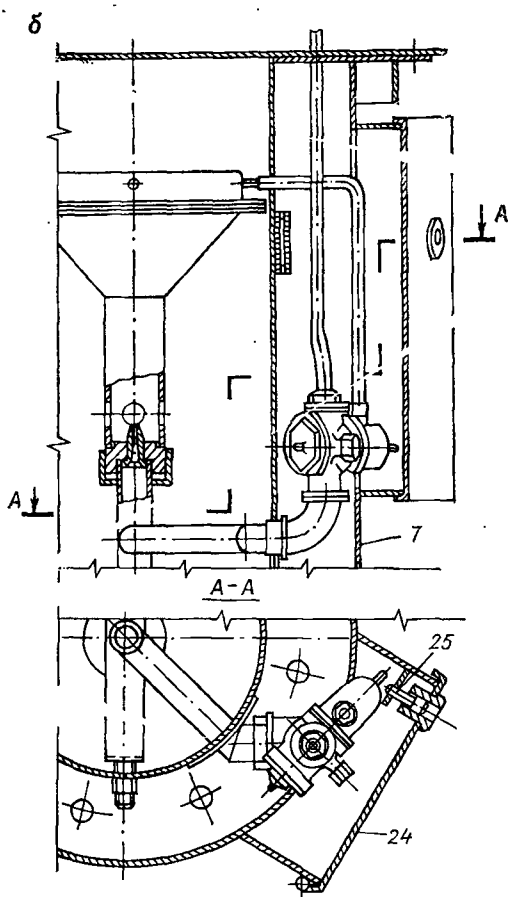


Рис. 9.2. Теплогенератор к шкафным ГРП типа ГСГО (а) и ГРПС, ГРПВ (б).

генератором (выполненным в виде самостоятельного узла) конструкции института Гипронегаз (рис. 9.2, а). Теплогенератор крепится снизу непосредственно к днищу шкафа, что позволяет комплектовать им шкафные ГРП, находящиеся в эксплуатации, переводя их на автономное отопление. Максимальная температура нагрева днища в месте примыкания теплогенератора не превышает 250 °С.

Для подогрева шкафного ГРП в теплогенераторе используется газовая инжекционная горелка низкого давления инфракрасного излучения. Тепловая мощность горелки при давлении природного газа 90 кгс/м² составляет 1100 ккал/ч, при давлении 200 кгс/м² — 1700 ккал/ч и соответственно расходы газа ~0,13 и 0,2 м³/ч. Горение подготовленной в смесителе 21 газозоудушной смеси происходит между внутренней 4 и наружной 2



сетками (№ 0,45—0,25). Наружная сетка, служащая излучателем, состоит из двух слоев и имеет форму цилиндрической коробки высотой 20 мм, расположенной днищем вверх. В боковой поверхности коробки сделаны два отверстия $3 \times \varnothing 6$ мм, расположенные под 90° друг к другу и предназначенные для зажигания смеси и подогрева термопары 11. При нормальной работе должны отсутствовать явления проскока пламени в горелку, отрыва и выбивания языков пламени за излучатель. Во избежание нагрева смесителя в диффузоре закреплен отражатель 22.

Газ низкого давления от выходного патрубка ГСГО поступает к горелке по трубке 5, на которой

последовательно установлены отключающий кран, расположенный внутри шкафа, и электромагнитный клапан 12 ЭМК-II-15, прекращающий подачу газа к горелке при погасании пламени. Для контроля пламени служит хромель-копелевая термопара, при подогреве спая которой до $400\text{--}500^\circ\text{C}$ создается эдс, поддерживающая плунжер электромагнитного клапана в открытом состоянии. Время, необходимое для выхода горелки на номинальный режим, разогрева термопары и создания эдс, способной удерживать плунжер ЭМК-II-15 в открытом положении, составляет не более 90 с. Обычно для этого достаточно 25—30 с, в течение которых пусковую кнопку клапана следует держать прижатой. При прекращении подачи газа и погасании горелки клапан ЭМК-II-15 перекрывает проход газа также не позже чем через 90 с.

Крышкой теплогенератора служит днище 1 шкафа, передающее тепло продуктов сгорания воздуху и оборудованию в шкафу, стенки которого внутри покрыты теплоизоляцией. Систему обо-

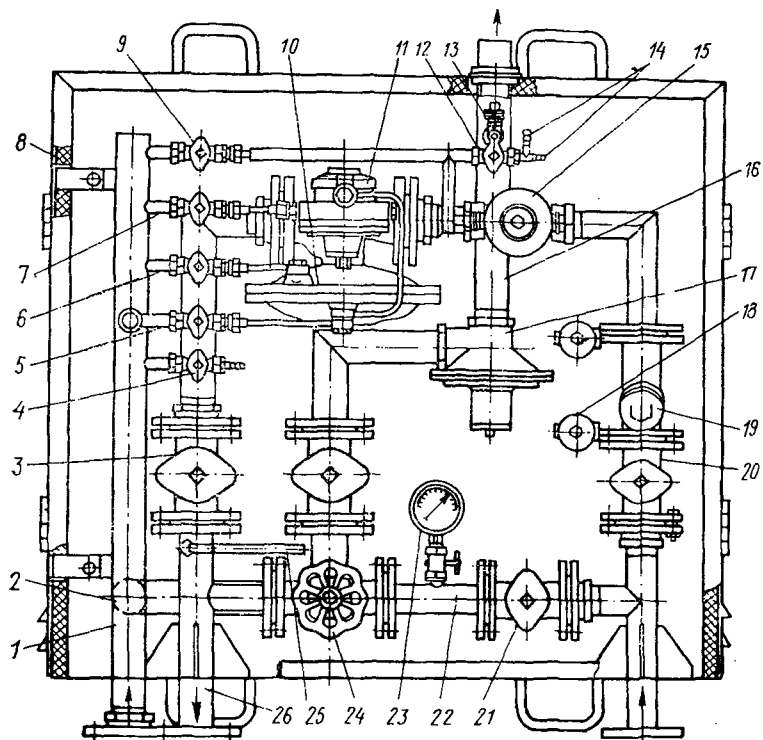


Рис. 9.3. Шкафной ГРП типа ГСГО-1.

Теплогенератор условно не показан.

грева включают вручную при температуре окружающего воздуха ниже 5°C , для чего отвертывают гайку 15 и снимают внешний кожух 7. При открытых дверках шкафа открывают кран на трубке 5 внутри шкафа, вводят через запальное окно во внутреннем кожухе 6 механическую зажигалку, зажженную лучину или горящий жгут бумаги к одному из отверстий в наружной сетке горелки и нажимают пусковую кнопку ЭМК-II-15, которую отпускают через 25—30 с. Если пламя на горелке устойчиво (наблюдение ведут через отверстие 23 в корпусе), то кожух устанавливают на место, дверки шкафа закрывают и запирают на защелки. Воздух, необходимый для горения газа, поступает из атмосферы сначала во внешний кожух через отверстия 14 в его днище 13, а затем через двухслойную сетку-пламегаситель 16 во внутренний кожух 6, откуда инжектируется струей газа, вытекающей из сопла 19 в смеситель через отверстия 20. Продукты сгорания из внутреннего кожуха поступают в наружный через отверстия 9, перекрытые пламеискрогасителем 10 в виде кольцевого пояса из сетки с размерами ячеек $0,45 \times 0,45$ мм. Отверстия 9 просверлены ниже излучаю-

щей поверхности горелки, что создает небольшое избыточное давление в пространстве над горелкой и препятствует попаданию в него случайных порций воздуха при порывах ветра, способных нарушить нормальное горение газа. Направление движения продуктов сгорания показано стрелками 8. Пластинчатая опора 18 служит для крепления горелки и штуцера 17 с резьбовым концом, на который надевается фигурная шайба днища корпуса 13.

ГРП типа ГСГО-1 (рис. 9.3) имеет одну технологическую линию и байпас 22 с двумя запорными устройствами 21 и 24. На технологической линии по ходу газа расположены кран 20 D_y40 , сетчатый фильтр 19 ФС-40, имеющий два штуцера 18 с кранами для измерения перепада давления, клапан-отсекатель 15 ПКК-40МН, регулятор 10 РДУК2-50/35 с пилотом 11 типа КН2 и, наконец, кран 3 D_y50 . К импульсной линии 1 внутри шкафа подключены: штуцер с краном 4 — для манометра, сбросная трубка 5 с краном и дросселем от регулятора, импульсные трубки с кранами 6 — к регулятору, 7 — к пилоту, 9 — к клапану-отсекателю 15, подводящая труба 2 с краном — к предохранительному сбросному устройству 17. Для сброса газа в атмосферу от ПСУ служит труба 16, имеющая штуцер с краном 13 для отбора проб среды в трубе. Газ к горелке теплогенератора, расположенного под днищем шкафа, подается по трубке 25 с краном, врезанной в выходной газопровод 26. Для настройки отсекаателя используют отвод 12 с краном и двумя штуцерами 14, к одному из которых подключают переносный манометр, через другой подают сжатый воздух. Для измерения входного давления может быть использован манометр 23 (при этом открывают кроме крана перед манометром запорное устройство 21) или манометр, подключаемый к штуцеру 18 на входном патрубке фильтра. Стенки шкафа внутри покрыты теплоизоляцией 8.

Включение ГСГО-1 производят в следующей последовательности. Медленно (во избежание резкого подскока плунжера в отсекателе) открывают краны 20 и 18 (если для измерения перепада в фильтре используют манометр) или запорное устройство 21 на байпасе и кран перед манометром 23 (если перепад измеряют дифманометром). При давлении на входе в пределах 1—6 кгс/см² открывают кран на подводящем трубопроводе 2 к ПСК и кран 4, к штуцеру которого предварительно подключают манометр. Затем медленно и плавно открывают кран 3, затем краны 5, 6, 7 и 9. Вывинчивают и через несколько секунд вновь ввинчивают пусковую кнопку отсекаателя, что приводит к его открытию. С помощью рукоятки ввертывают регулировочный стакан пилота и, наблюдая за показаниями манометра, подключенного к штуцеру 4, устанавливают в выходном газопроводе заданное давление.

При работе на байпасной линии заданное выходное давление регулируют открытием запорного устройства 24, а кран 21

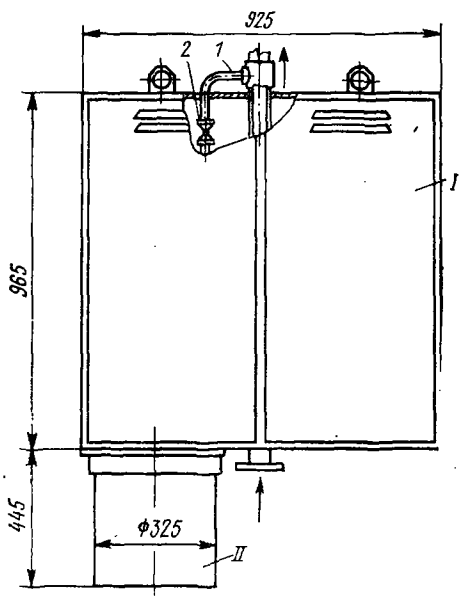


Рис. 9.4. Шкафной ГРП типа ГСГО-0.

открывают настолько, чтобы давление по манометру 23 не превышало 1—2 кгс/см².

ГСГО-0, как и ГСГО-1, состоит из двух основных узлов: I — шкафного ГРП и II — теплогенератора (рис. 9.4), расположенного под днищем шкафа. Устройство, перечень и расположение технологического оборудования в шкафу ГСГО-0 идентичны ШП-3 (рис. 9.1). Для подачи газа к горелке теплогенератора к выходному газопроводу ГСГО-0 присоединена трубка I с краном 2, расположенным внутри шкафа.

Одним из серьезных недостатков ГСГО-0 (как и ШП-1) является недостаточная пропускная способность

фильтра, которая в несколько раз меньше паспортной пропускной способности шкафного ГРП. При расходах газа, близких к паспортным, фильтр практически неработоспособен и не может выполнять своей основной функции — защиты запорных и регулирующих устройств от эрозии твердыми частицами, уносимыми через фильтрующую сетку. Другой недостаток этих ГРП — заниженный диаметр выходного газопровода ($D_y = 50$ мм), в котором при пропускной способности, близкой к паспортной, возникают недопустимые скорости газа (до 200—280 м/с).

9.4. ГРП ТИПА ШРУ И ПШГР

ГРП типа ШРУ конструкции Промэнергогаза предназначены для снабжения потребителей газом низкого (ШРУ-2н, ШРУ-3н) или среднего (ШРУ-2с, ШРУ-3с) давления. Отсечный клапан ПКК-40М дополнительно комплектуется импульсным реле (п. 3.2.3), что позволяет прекращать подачу газа не только при повышении, но и при понижении его выходного давления сверх заданных пределов.

Устройство ШРУ-н показано на рис. 9.5. Давление газа на входе измеряют манометром 27, для чего открывают кран 29. Этот же манометр используют для контроля перепада давления на сетчатом фильтре 3 путем поочередного открытия кранов 2 и 4. Перед регулятором 15 установлен ПКК-40МН 5

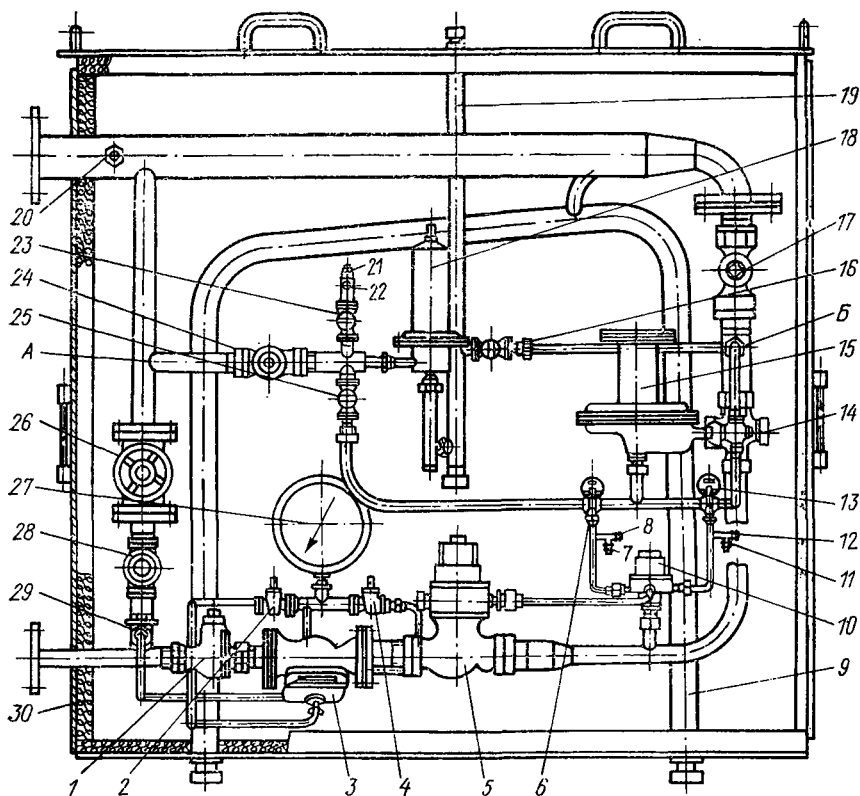


Рис. 9.5. Шкафной ГРП типа ШРУ-н.

с импульсным реле 10. Для сброса в атмосферу через трубопровод 19 газа при повышении давления в контролируемой точке газопровода служит сбросной клапан 18. На технологической линии имеются запорные устройства 1 и 17, на байпасе — 26 и 28. Ниппели 7, 8, 11, 12, 21 и 22, на наружную накатку которых по мере необходимости натягивают шланг от манометра или воздушного насоса, имеют внутреннюю резьбу М5 и нормально закрыты пробками.

Для настройки и проверки работы оборудования без подключения потребителей газа (или в случае питания их газом через байпас) импульсный трубопровод выходного давления подсоединен к газопроводу после регулятора в двух точках: А (точка контролируемого давления при нормальной эксплуатации ШРУ) и Б (точка контролируемого давления, используемая для настройки). Небольшой кратковременный расход газа, необходимый для настройки регулятора, создают путем его сброса в атмосферу через трубку с краном 16, врезанную в трубопровод 19.

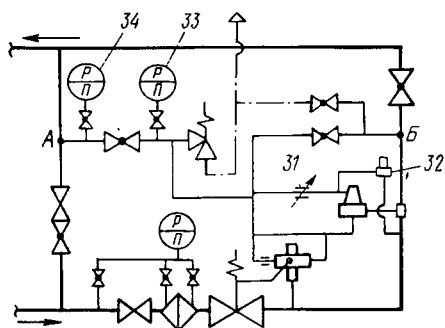


Рис. 9.6. Схема шкафного ГРП типа ШРУ-с.

До настройки оборудования следует убедиться, что все краны и вентили (кроме 6 и 13) закрыты, регулировочный стакан импульсного реле вывернут, а регулировочный стакан ПКК-40МН и регулировочная шайба сбросного клапана ввернуты. По манометру 27 измеряют входное давление, которое должно находиться в пределах 1—6 кгс/см². При закрытом кране 17 и под-

ключенном к ниппелю 8 манометре открывают краны 14 и 16, а затем, вывернув и вновь ввернув пусковую пробку ПКК-40МН, включают последний. Регулировочным винтом регулятора в соответствии с показаниями манометра устанавливают рабочее выходное давление газа.

Для настройки ПКК-40МН на срабатывание при повышении выходного давления закрывают кран 6 и через ниппель 7 подают давление, равное 1,25 давления настройки регулятора p_n , которое измеряют по манометру, подключенному к ниппелю 8. Регулировочный стакан ПКК-40МН плавно вывертывают до момента срабатывания клапана, после чего кран 6 открывают. Чтобы проверить правильность настройки, вновь включают ПКК-40МН путем вывертывания на короткое время и ввертывания пусковой пробки, кран 6 закрывают и через ниппель 7 плавно подают давление воздуха. Клапан должен сработать, когда это давление достигнет 1,25 p_n . После этого кран 6 открывают.

Для проверки ПКК-40МН на срабатывание при понижении давления его открывают, вывернув и вновь завернув пусковую пробку, кран 13 закрывают и через ниппель 11 создают давление воздуха, в импульсной линии реле в соответствии с заданием в пределах 100—200 кгс/м², контролируя его по манометру, предварительно подключенному к ниппелю 12. Регулировочный стакан импульсного реле медленно ввертывают до момента срабатывания клапана и открывают кран 13.

Для настройки сбросного клапана закрывают кран 25, открывают кран 23 и через ниппель 22 создают сжатым воздухом заданное давление, измеряемое по манометру, подключенному предварительно к ниппелю 21. Плавно вывертывают регулировочную шайбу сбросного клапана до момента его открытия, которое должно произойти при давлении, не превышающем 1,15 p_n . При снижении давления до p_n клапан должен закрыться. Проверку открытия и закрытия сбросного клапана при использовании воздуха можно произвести через его выходной патру-

бок, предварительно отсоединив его от сбросного трубопровода.

После настройки всех приборов открывают кран 17 и подают газ к потребителям. Затем открывают кран 24, а кран 14 закрывают и контроль давления в точке А ведут по манометру, подсоединяемому к штуцеру с краном 20. Коллектор 9 подключают к существующей системе отопления для обогрева шкафа, имеющего теплоизоляцию 30. Устройство ШРУ-с (рис. 9.6) в основном аналогично ШРУ-н. Отличия состоят в том, что в обвязку регулятора среднего давления входят пилот 32 и дроссель 31 на сбросной трубке, в схему включены два пружинных показывающих манометра с пределом измерения 1,6 кгс/см²: 34 — для контроля давления в точке А (при нормальной работе ГРП и подаче газа потребителям) и 33 — для контроля давления в точке Б (при настройке приборов), вместо клапана ПКК-40МН установлен клапан ПКК-40МС, укомплектованный импульсным реле с соответствующей пружиной (п. 3.2.3). Кроме того, за ненадобностью исключен ряд нипселей и кранов перед ними, использовавшихся в ШРУ-н для настройки приборов. Все остальные обозначения те же, что и на рис. 9.5. Пуск и проверку оборудования ШРУ-с осуществляют в той же последовательности, что и ШРУ-н, со следующими отличиями:

— рабочее выходное давление устанавливают вращением регулировочного стакана пилота регулятора;

— для настройки ПКК-40МС и сбросного клапана повышение и понижение давления до значений, при которых должно происходить срабатывание, производят соответственно вывертыванием или ввертыванием регулировочного стакана пилота регулятора.

К недостаткам всех ШРУ следует отнести неудачную конструкцию сбросного клапана типа П117 (п. 4.2.3), а к недостаткам ШРУ-2н и ШРУ-2с — малую пропускную способность фильтров $D_y 40$, в которых с 1979 г. необоснованно уменьшена площадь фильтрующей сетки. Во избежание ускоренной эрозии уплотняющих поверхностей регулирующих и запорных устройств действительная пропускная способность этих ГРП должна приниматься значительно меньше паспортной или должна производиться замена установленных фильтров другими (см. табл. 9.1).

В настоящее время ПТП Промэнергогаз взамен всех четырех типов ШРУ начинает выпуск двух шкафных ГРП типа ПШГР-1 и ПНГР-2, в которых вместо регуляторов $D_y 32$ и 50 низкого и среднего давления использованы РДБК1-25 и РДБК1П-25, сбросной клапан $D_y 15$ заменен клапаном $D_y 25$, пропускную способность которого можно ориентировочно принимать в 2—2,5 раза меньшей клапанов ПСК-50 с направляющими ребрами на плунжере (табл. 4.7). К сожалению, с новым клапаном предполагается сохранить присущую П117 схему направления сбрасываемого газа после седла вниз с последую-

щим поворотом на 180°. Пропускная способность фильтра $D_y 40$, площадь фильтрующей сетки в котором приближается к сетке фильтра ФС-25, не соответствует пропускной способности регулятора РДБК1.

Принципиальные схемы ПШГР-1 и ПШГР-2 аналогичны соответственно ШРУ-н и ШРУ-с.

9.5. ГРП ТИПА ГРПН, ГРПС И ГРПВ

Эти ГРП конструкции ПМО «Узбекгазмаш» используют при снабжении предприятий газом низкого, среднего или высокого давления. ГРПН-600 и -1200 подвешиваются на отдельно стоящей опоре или стене здания и имеют коллекторы для присоединения к существующим системам водяного отопления, остальные имеют опорные стойки для установки на фундамент и укомплектованы теплогенераторами (одним или двумя), конструктивно аналогичными применяемым в ГСГО (§ 9.3). Отличие заключается в устройстве (рис. 9.2, б) на наружном кожухе 7 бокового окна с дверкой 24, которая нормально закрыта на замок-защелку 25. Это позволяет разжигать горелку и наблюдать за горением газа без снятия наружного кожуха, что упрощает эксплуатацию. Вместо клапана ЭМК-II-15 использован клапан безопасности ГПБ-8 аналогичного действия. Утеплитель внутренней поверхности шкафа — пенопласт полистирольный ПСБС-20.

К общим недостаткам ГРПН, ГРПС и ГРПВ следует отнести отсутствие, в нарушение требования действующего СНиП, штуцера с краном и манометром между запорными устройствами на байпасе, а также наличие у фильтра только одного штуцера с краном и манометром для измерения перепада давления на нем (в качестве второго штуцера предполагается использование штуцера с манометром на входном патрубке ГРП).

9.5.1. ГРП типа ГРПН

ГРПН-600 имеет три модификации, отличающиеся друг от друга установленным оборудованием, которое определяет технологические и конструктивные характеристики ГРП:

- а) регулятор РД-50М и фильтр ФС-40 (рис. 9.7);
- б) регулятор РД-50М и фильтр ФСС-40;
- в) регулятор РДБК1-25 и фильтр ФСС-40.

Технологическая линия и байпас расположены в одной плоскости; импульсный трубопровод, от которого предусмотрены отводы к регулятору, ПЗК и ПСУ, расположен в плоскости, более близкой к передней стенке. В качестве ПЗК во всех модификациях применен отсекатель типа ПКК-40МН. В качестве ПСУ в модификациях «а» и «б» служит встроенный в РД-50М сбросной клапан, в модификации «в» — ПСК-50.

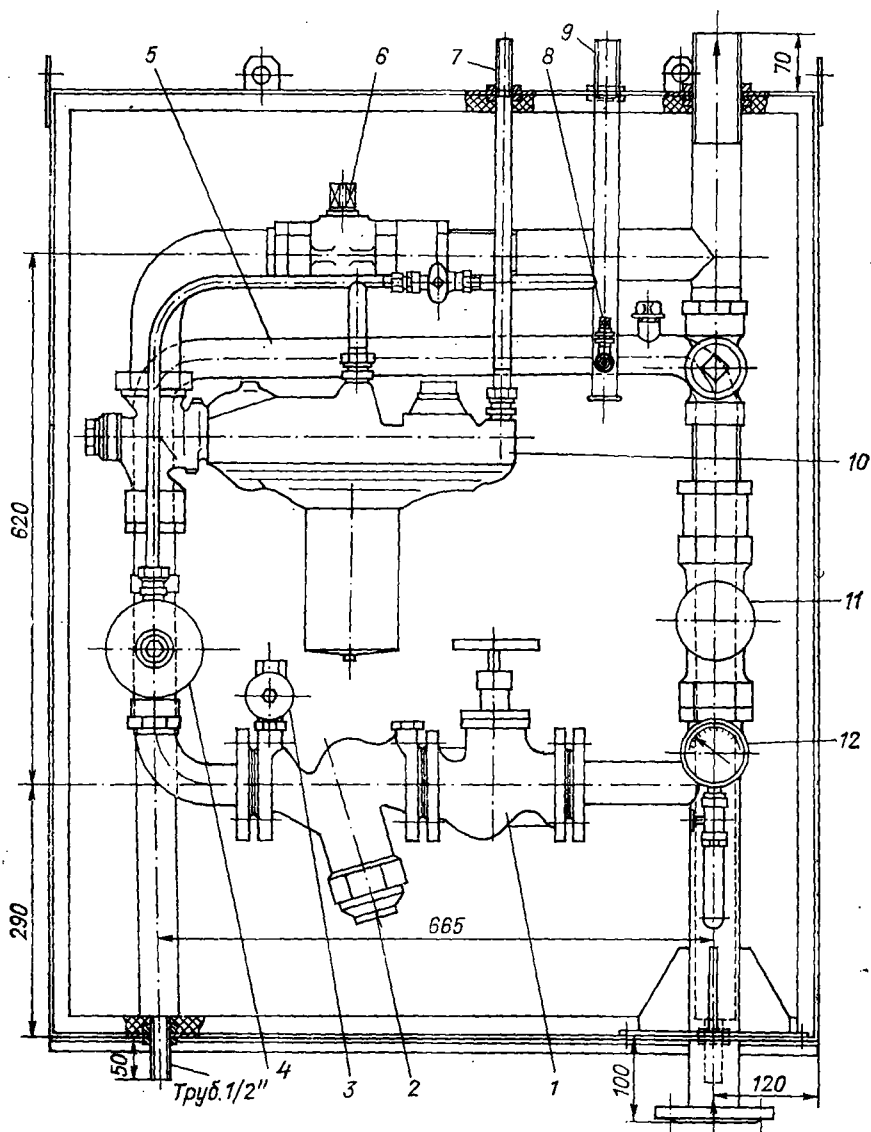


Рис. 9.7. Шкафной ГРП типа ГРПН-600 с регулятором РД-50М и фильтром ФС-40.

Запорное устройство на газопроводе: 1 — входном; 6 — выходном; 2 — фильтр ФС-40; 3 — штуцер с краном для манометра; 4 — ПКК-40МН; 5 — отопительный коллектор; 7 — сбросной трубопровод; 8 — штуцер с краном для манометра выходного давления; 9 — импульсный трубопровод; 10 — регулятор; 11 — байпас с двумя запорными устройствами; 12 — манометр входного давления.

Для измерения входного давления предусмотрен манометр, выходного давления — штуцер с краном для подсоединения манометра. Установка регулятора РД-50М в модификациях «а» и «б» колонкой вниз приводит к уменьшению выходного давления на 30—40 кгс/м², и при необходимости поддержания его в пределах 200—300 кгс/м² следует устанавливать пружину, предназначенную для сжиженного газа (п. 2.4.3). Более целесообразно располагать регуляторы РД-50М колонкой вверх.

Расположение входных и выходных газопроводов у модификаций «а» и «б» не совпадает с модификацией «в», что не обеспечивает взаимозаменяемости их и унификации установочных чертежей. Диаметры выходных газопроводов у ГРПН-600 и -1200, выпускаемых в настоящее время, занижены, из-за чего скорость газа в них при пропускной способности, близкой к паспортной, достигает недопустимых значений 140—280 м/с (см. прим. 3 к табл. 9.2).

9.5.2. ГРП типа ГРПС-100

ГРПС-100 имеют две модификации: ГРПС-100Л (с литым волосным фильтром ФВ-100) и ГРПС-100С (со сварным фильтром ФГ15-100-6). Остальное оборудование идентично в обеих модификациях: регулятор РДУК2Н-100 или РДБК1-100, предохранительный запорный клапан ПКП-100, сбросной клапан ПСК-50. Оборудование в шкафу крепится на металлической раме, имеющей в нижней части четыре опорные стойки, которыми ГРП опирается на заранее подготовленные бетонные опоры.

В ГРПС-100С (рис. 9.8, а) основное технологическое оборудование расположено в одну горизонтальную линию 1 (вход газа справа, выход — слева). Байпас 3 с двумя задвижками D_{y80}

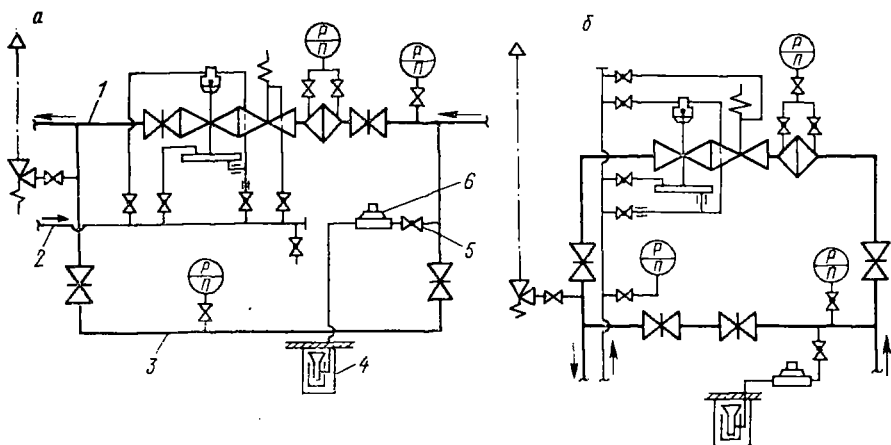


Рис. 9.8. Схема шкафного ГРП типа ГРПС-100С (а) и ГРПС-100Л (б).

расположен несколько ниже и в другой плоскости относительно основной линии. Импульсный трубопровод 2 вводится в шкаф через левую стенку. Внутри шкафа от этой импульсной линии сделаны отводы с кранами к регулятору и ПЗК, а также к тягонапоромеру для измерения выходного давления. Для измерения давления на входе, на участке между запорными устройствами байпаса и перепада давления на фильтре служат манометры. Подача газа к теплогенератору 4 предусмотрена от входного газопровода через регулятор 6 типа РДСГ-1,2, перед которым имеется кран 5.

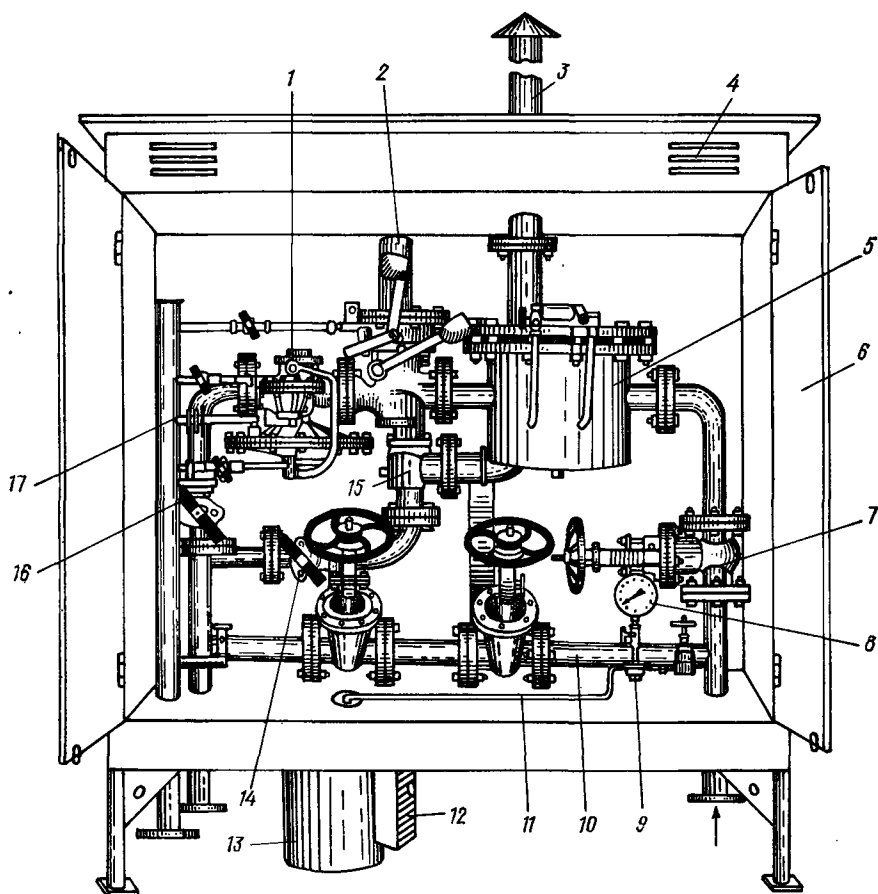


Рис. 9.9. Шкафной ГРП типа ГРПВ-50С.

1 — регулятор давления; 2 — ПЗК; 3 — сбросной трубопровод от ПСУ; 4 — жалюзийная решетка; 5 — фильтр сварной; 6 — дверки шкафа; запорное устройство на трубопроводе; 7 — входном; 16 — выходном; 8 — манометр для измерения входного давления; 9 — регулятор для питания газом теплогенератора; 10 — байпас с двумя запорными устройствами; 11 — газопровод к теплогенератору; 12 — дверка для обслуживания теплогенератора; 13 — теплогенератор; 14 — кран на трубопроводе к ПСУ; 15 — ПСУ; 17 — импульсный трубопровод.

В ГРПС-100Л (рис. 9.8, б) основная технологическая и обводная линии (обе $D_y=100$ мм) расположены в одной плоскости. Входной и выходной газопроводы, а также импульсный трубопровод вводятся в шкаф снизу через его днище. Такая компоновка оборудования и использование малогабаритного фильтра ФВ-100 позволили уменьшить длину ГРП с одновременным снижением пропускной способности по сравнению с ГРПС-100С. Диаметр обводной линии ($D_y=100$ мм) завышен и вполне может быть уменьшен до $D_y=50\div 65$ мм. На участке байпаса между запорными устройствами отсутствует штуцер с краном и манометром. В остальном схема ГРПС-100Л не отличается от схемы ГРПС-100С.

9.5.3. ГРП типа ГРПВ

ГРПВ изготавливают трех модификаций, предназначенных для работы при входном давлении до 12 и выходном от 3 до 6 кгс/см². Основное технологическое оборудование в шкафу располагается в одной плоскости (рис. 9.9). Шкаф имеет опорные стойки для установки на объекте, подогрев осуществляется (в зависимости от размеров) одним или двумя теплогенераторами. Схема газопроводов и работа ГРПВ аналогичны с ГРПС и поэтому дополнительных объяснений не требуют.

9.6. ВЫБОР ШКАФНОГО ГРП

Выбор шкафного ГРП для конкретного объекта отличается от процесса проектирования обычного ГРП (ГРУ), когда для заданных параметров, характеризующих объект (входное и выходное давление, пропускная способность, режим работы), подбирается по отдельности каждый вид оборудования, отвечающий требуемым условиям. Шкафной ГРП поступает для монтажа в готовом виде с определенным набором оборудования и КИП и конкретной схемой их расположения. Поэтому следует рассмотреть наиболее характерные особенности поставляемых промышленностью шкафных ГРП, которые необходимо учитывать при их выборе.

1. Схема шкафного ГРП. По этому признаку шкафные ГРП можно разделить на две группы. Первая — ГРП, состоящие из двух одинаковых технологических линий, одна из которых рабочая, другая — резервная. Вторая — ГРП, имеющие одну технологическую линию и обводный газопровод (байпас).

В первую группу входят ШП-2, -3, ГСГО-0, включающие в себя резервную линию, укомплектованную фильтром, ПЗК и регулятором давления. Это повышает надежность газоснабжения и позволяет при осмотре или ремонте действующей линии перейти на резервную и осуществлять снабжение газом потребителей в автоматическом режиме. Во вторую группу входят все остальные шкафные ГРП, при использовании которых и воз-

никновении необходимости ремонта оборудования технологической линии приходится или отключать потребителей или питать их газом через байпас. В последнем случае требуется постоянное присутствие у шкафного ГРП обслуживающего лица для наблюдения за выходным давлением и поддержания его на заданном уровне. Так как дежурство у ГРП при неблагоприятных атмосферных условиях, например в зимнее время, под дождем и т. п., затруднительно, то для потребителей, не допускающих перерыва в подаче газа (например, бытовых), более целесообразно применять первую группу шкафных ГРП, а для коммунальных и большинства промышленных — вторую.

2. Расположение контролируемой точки. По месту расположения контролируемой точки газопровода, в которой поддерживается заданное давление газа, шкафные ГРП подразделяются на две группы. У первой контролируемая точка находится на участке газопровода, расположенном внутри шкафа, обычно на байпасе; у второй — на газопроводе вне шкафа, как правило на расстоянии не менее $5 \div 10 D_y$ газопровода после его первого поворота.

В первую группу входят ГРП типа ШРУ и ПШГР. Их характерной особенностью является наличие двух контролируемых точек, одна из которых служит только во время пуска ГРП, позволяя производить настройку оборудования без включения потребителей.

Во вторую группу входят все остальные ГРП, для настройки оборудования которых на объекте требуется предварительное подключение хотя бы одного из потребителей газа или сброс газа через продувочный газопровод объекта.

Возможность настройки оборудования в ГРП первой группы до подачи газа потребителям, а также перенастройки этого оборудования без отключения потребителей при питании их по байпасу позволяет считать предпочтительным применение этих ГРП на объектах, требующих периодического изменения режимов выходного давления, а также при монтаже этих ГРП на объекте до готовности потребителей к приему газа.

3. Предохранительный запорный клапан. Номенклатура изготавливаемых в настоящее время ПЗК (гл. 3) и применяемых в шкафных ГРП, фактически ограничена всего двумя типами: ПКК-40М и ПКН (ПКВ). Первый из них прекращает подачу газа при превышении выходного давления сверх заданных пределов и уменьшении перепада давления на клапане ниже $0,1—0,15$ кгс/см². Второй перекрывает проход газа при превышении и уменьшении выходного давления сверх заданных пределов. Клапан ПКК-40М, укомплектованный импульсным реле конструкции Промэнергогаза (п.3.2.3), можно отнести ко второму типу. Отсюда следует, что по обеспечению защиты газопроводов после ГРП от чрезмерного повышения или понижения давления шкафные ГРП можно разделить на две группы. Первая — это ГРП, укомплектованные ПКК-40М и не

прекращающие подачу газа потребителям при чрезмерном повышении выходного давления (если входное давление и перепад давления на клапане не оказываются менее $0,1-0,15 \text{ кгс/см}^2$). К этой группе относятся ШП-1, -2, -3, ГСГО-0, -1, ГРПН-600, а также ГРПН-1200 при установке в последнем ПКК-40МН. Вторая — это все остальные ГРП, укомплектованные клапанами ПКН, ПКВ или ПКК-40М с импульсным реле и прекращающими подачу газа потребителям как при повышении, так и при понижении выходного давления сверх заданных значений.

Первую группу ГРП целесообразно использовать при газоснабжении потребителей, которые способны работать при минимальных давлениях газа и отключение которых может вызвать аварийные ситуации. Для газоснабжения потребителей, которые должны иметь защиту от повышения и от понижения давления газа, следует применять ГРП второй группы.

4. Пропускная способность. Пропускная способность шкафного ГРП является основной характеристикой, определяющей возможность его применения на данном конкретном объекте. Обычно она несколько меньше пропускной способности регулятора за счет повышенных сопротивлений в трубопроводах ГРП. Однако практически пропускная способность шкафного ГРП (как и любого другого) определяется соответствующей характеристикой не только регулятора, но и последовательно установленного с ним фильтра, допустимый перепад давления на котором (в зависимости от конструкции) установлен СНиП II—37—76 (гл. 5). К сожалению, в паспортных данных некоторых шкафных ГРП указывается их пропускная способность без учета характеристики фильтра. Так, например, максимальная пропускная способность ШП-1 и ГСГО-1, указанная в табл. 9.1 по паспорту изделия, составляет 450, 1200 и 2000 $\text{м}^3/\text{ч}$ при входном давлении соответственно 1, 3 и 6 кгс/см^2 , а допустимый расход газа через фильтр ФС-40 составляет при перепаде 250 кгс/м^2 и тех же входных давлениях 305, 430 и 570 $\text{м}^3/\text{ч}$. Как видно, паспортная пропускная способность ШП-1 и ГСГО-1 превышает допустимую для установленных в них фильтров в зависимости от входного давления в 1,5; 2,8 и 3,5 раза. Следовательно, при выборе шкафного ГРП нужно ориентироваться на пропускную способность того из приборов (регулятора и фильтра), которая меньше. Следует, однако, иметь в виду, что если шкафной ГРП подобрать по пропускной способности фильтра, которая значительно меньше пропускной способности регулятора, то последний будет работать в нижней части своего диапазона регулирования. При отключении части потребителей или уменьшении ими расхода газа нагрузка регулятора может оказаться меньше 10 %, и нарушится устойчивость регулирования.

Вернемся к рассмотренному выше примеру с ШП-1 и ГСГО-1. Если он выбран в соответствии с пропускной способностью фильтра, то при входном давлении 6 кгс/см^2 и макси-

мальном расчетном расходе газа потребителями регулятор окажется загруженным всего на $\sim 30\%$, а при входном давлении 1 кгс/см^2 — уже на $\sim 78\%$. Для упрощения выбора шкафного ГРП в табл. 9.1 приведена пропускная способность не только по паспорту изделия, но и входящих в него регулятора и фильтра.

5. Входное давление. В п. 4 было рассмотрено влияние входного давления на соотношение пропускных способностей регуляторов и фильтров, которыми укомплектованы шкафные ГРП. Поэтому укажем только на еще одно обстоятельство, связанное при выборе ГРП с входным давлением.

Некоторые шкафные ГРП (например, ШП-2, -3, ГСГО-0, а также одна из модификаций ГРПН-600) укомплектованы регуляторами РД-50М и -32М, имеющими сменные седла (п. 2.4.3). Согласно техническим характеристикам этих регуляторов (табл. 2.2) увеличение диаметра седла ведет к ограничению допустимого входного давления. В частности, у регулятора РД-50М входное давление, кгс/см^2 , ограничено: 1 — для седла 25 мм, 3 — для седла 20 мм и только для седел 8, 11 и 15 мм можно допускать 6 кгс/см^2 в соответствии с паспортной характеристикой ШП-2. У регулятора РД-32М входное давление ограничено 3 кгс/см^2 только для седла 10 мм, а при седлах 4 и 6 мм оно может достигать 6 кгс/см^2 , соответствующих характеристике ШП-3 и ГСГО-0. Все это относится и к ШРУ-2н и -3н, в которых использованы соответственно регуляторы низкого давления D_{y50} и 32, конструктивно аналогичные регуляторам РД-50М и -32М и в которых также могут быть использованы сменные седла указанных выше диаметров.

Таким образом, при использовании ШП-2, -3, ШРУ-2н, -3н, ГСГО-0, а также модификации «а» и «б» ГРПН-600 входное давление в шкафных ГРП этих типов не всегда может быть принято 6 кгс/см^2 , как указано в их технических характеристиках, а должно соответствовать допустимому давлению для данного регулятора, укомплектованного конкретным седлом.

6. Выходное давление. Шкафные ГРП в настоящее время изготавливают на выходное низкое, среднее и высокое давление (табл. 9.1).

ГРП с выходным низким давлением подразделяются на две группы: с давлением, кгс/см^2 , до 200 (ШП-2, -3, ГСГО-0) и до 350 (ШП-1, ГСГО-1, ШРУ-2н, -3н, ГРПН-600, -1200, ГРПС-100С, -100Л). Ограничение выходного давления до 200 кгс/м^2 у первой группы ГРП обусловлено расположением в них регуляторов РД-50М и -32М с пружинами низкого давления колонками вниз. В ГРП второй группы (ШРУ-2н и -3н) выходное давление увеличено до 350 кгс/м^2 за счет расположения аналогичных регуляторов колонкой вверх и применения в них пружин повышенного давления. Такая же пружина должна быть установлена в регуляторе РД-50М шкафного ГРП типа ГРПН-600. При необходимости увеличения выходного давления до 500 кгс/м^2

следует заводскую пружину повышенного давления заменить более жесткой, изготовленной на месте. В остальных ГРП второй группы установлены регуляторы РДУК2Н или РДБК1, которые могут поддерживать после себя давление в пределах от 50—100 до 6000 кгс/м², и, следовательно, ограниченное паспортными данными этих ГРП выходное давление до 300—350 кгс/м² может быть при необходимости поднято до 500 кгс/м² без всяких конструктивных переделок, только путем перенастройки регулятора, ПЗК и ПСУ.

ГРП с выходным средним давлением можно разделить на две группы с выходным давлением, кгс/см², до: 1,0—1,1 (ШРУ-2с, -3с, ПШГР-2) и 3,0 (ГРПВ-50С, ГРПС-100С, ГРПВ-200С). При необходимости ГРПС-100Л, ГРПС-100С и ГРПН-1200, оборудованные регуляторами РДУК2 или РДБК1 с диапазоном регулирования от 0,005—0,01 до 0,6 кгс/см², могут быть использованы как ГРП с выходным средним давлением в диапазоне от 0,05 до 0,6 кгс/см². При этом кроме указаний о настройке ПКН и сбросного устройства должно проверяться соответствие шкалы манометра расчетному выходному давлению.

Шкафные ГРП типа ГРПВ, отнесенные ко второй группе, предназначены в основном для работы с выходным давлением в пределах 3—6 кгс/см². Однако так как регуляторы РДУК2В, использованные в этих ГРП, могут поддерживать после себя давление в диапазоне 0,6—6,0 кгс/см², то и шкафные ГРП с этими регуляторами возможно применять для выходных средних давлений в пределах 0,6—3,0 кгс/см². При этом следует произвести перенастройку ПКВ и СППК4Р (у последнего при необходимости следует заменить пружину), а также заменить манометр выходного давления.

7. Предохранительное сбросное устройство. Согласно п. 5.17 СНиП II—37—76, предохранительное сбросное устройство (ПСУ) входит в перечень оборудования ГРП и ГРУ, включая шкафные ГРП, а п. 5.19 этого же СНиП регламентирует расположение ПСУ за регуляторами давления после расходомеров. Выпускаемые отечественной промышленностью шкафные ГРП, как правило, не имеют расходомеров, которые размещаются в специальных помещениях—пунктах измерения расхода газа или в помещениях цехов и котельных и, следовательно, удалены от шкафных ГРП.

Во многих шкафных ГРП установлены ПСУ, не удовлетворяющие требованиям действующего СНиП по пропускной способности, а также не обеспечивающие своевременного и плотного перекрытия седла ПСУ после снижения давления газа в контролируемой точке до заданного значения (например, мембранные клапаны D_{y15} в ШРУ, ПСК-50, а также встроенные в регуляторы РД-32М и -50М).

Учитывая это, а также рациональность подключения ПСУ к газопроводу после расходомера, можно рекомендовать следующее:

1) если в шкафном ГРП установлено ПСУ, не удовлетворяющее требованиям СНиП по конструктивным особенностям или по пропускной способности, то после расходомера следует установить дополнительно ПСУ, обеспечивающее защиту системы газопроводов без учета пропускной способности ПСУ, расположенного в шкафном ГРП. При невозможности обеспечить герметичность перекрытия затвора ПСУ, установленного в шкафном ГРП, после снижения давления в газопроводе до расчетного это ПСУ должно быть отключено или демонтировано;

2) если в шкафном ГРП установлено ПСУ, удовлетворяющее требованиям СНиП, то возможность его сохранения в шкафном ГРП или необходимость переноса к точке газопровода после расходомера должна решаться проектной или эксплуатационной организацией с органами Госгазнадзора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бальян С. В. Техническая термодинамика и тепловые двигатели. Л., Машиностроение, 1973. 304 с.
2. Башта Т. М. Расчеты и конструкции самолетных гидравлических устройств. М., Оборонгиз, 1961. 475 с.
3. Газовое оборудование, приборы и арматура. Справ. руководство. 2-е изд./ Под ред. Н. И. Рябцева. М., Недра, 1972. 520 с.
4. Дубовкин Н. Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания. М.—Л., Госэнергоиздат, 1962. 288 с.
5. Ионин А. А. Газоснабжение. М., Стройиздат, 1975. 439 с.
6. Кондратьева Т. Ф. Предохранительные клапаны. Л., Машиностроение, 1976. 232 с.
7. Миронов К. А., Шипетин Л. И. Автоматические регуляторы. М., Машгиз, 1961. 552 с.
8. Млодек Б. И. Устройство, монтаж и эксплуатация газорегуляторных пунктов. Л., Недра, 1975. 168 с.
9. Определение минимально допустимых давлений на выходе районных ГРП/ Л. М. Фастов, С. И. Щербинина, В. П. Коваленко, М. Ф. Матвеев. — В кн.: Использование газа в народном хозяйстве. Сб. статей. Изд-во Саратов. ун-та, 1982, вып. 15, с. 38—42.
10. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами. РД 50—213—80. М., Изд-во стандартов, 1982. 319 с.
11. Правила безопасности в газовом хозяйстве. М., Недра, 1983. 128 с.
12. Промышленная трубопроводная арматура. Каталог. М., ЦИНТИхимнефтемаш, 1984, ч. IV. 132 с.; ч. V. 152 с.
13. Стаскевич Н. Л. Справочное руководство по газоснабжению. Л., Гостоптехиздат, 1960. 875 с.
14. Чепель В. М., Шур И. А. Сжигание газов в топках котлов и печей и обслуживание газового хозяйства предприятий. 7-е изд., перераб. и доп. Л., Недра, 1980. 591 с.
15. Шур И. А. Средства повышения безопасности работы газифицированных котельных. Л., Недра, 1978. 188 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Назначение и размещение ГРП и ГРУ	4
1.1. Общие положения	—
1.2. ГРП (ГРУ) в автоматизированной системе управления газоснабжением	6
Глава 2. Регуляторы давления	9
2.1. Назначение, термины, классификация	—
2.1.1. Назначение регуляторов давления и взаимодействие их с объектом регулирования	—
2.1.2. Термины, характеризующие регуляторы давления и объекты регулирования	12
2.1.3. Астатические и статические регуляторы прямого действия	15
2.1.4. Регуляторы прямого действия с нагрузкой давлением	22
2.1.5. Регуляторы давления непрямого действия. Термины, характеризующие работу клапанов регулирующих	—
2.2. Мембранный привод регулирующего органа	25
2.3. Регулирующие органы регуляторов давления. Пропускная и расходная характеристики	26
2.4. Устройство регуляторов давления	32
2.4.1. Регуляторы РДСГ и РДГ	—
2.4.2. Регулятор РДГД-20	35
2.4.3. Регуляторы низкого давления РД-32М и РД-50М, D_y32 и D_y50	38
2.4.4. Регуляторы РНД	43
2.4.5. Регуляторы среднего давления D_y32 и D_y50	46
2.4.6. Регуляторы РДУК2	50
2.4.7. Регуляторы РДБК	59
2.4.8. Регуляторы РДС	70
2.4.9. Регуляторы РД-64	75
2.4.10. Двухступенчатый редуктор ДР-2	81
2.4.11. Клапаны регулирующие	83
2.4.12. Манометр трубчатый МТ-711Р (МТ-712Р)	87
2.4.13. Стабилизатор давления воздуха СДВ-1,6М и фильтр ФВ-1,6	92
2.4.14. Пилот ДПМ, редуктор и фильтр	95
2.5. Пропускная способность регуляторов давления	98
2.5.1. Истечение газов	—
2.5.2. Определение пропускной способности регуляторов давления	100
2.6. Основные принципы выбора регуляторов давления	105
2.6.1. Выбор типа регулятора	—

2.6.2. Выбор пропускной характеристики регулирующего органа	110
2.6.3. Выбор регулятора по пропускной способности	—
Глава 3. Предохранительные запорные клапаны	114
3.1. Общие сведения. Назначение и размещение	—
3.2. Устройство предохранительных запорных клапанов	117
3.2.1. Клапаны ПК	—
3.2.2. Клапаны ПКН и ПКВ	120
3.2.3. Клапан ПКК-40М и импульсное реле	123
3.2.4. Клапаны КРН и КРВ	128
3.3. Выбор и параметры настройки ПЗК	132
Глава 4. Предохранительные сбросные устройства	136
4.1. Назначение и размещение. Требуемая пропускная способность	—
4.2. Конструкция предохранительных сбросных устройств	143
4.2.1. Классификация ПСУ	—
4.2.2. Клапаны пружинные	144
4.2.3. Клапаны мембранные	154
4.2.4. Гидравлические предохранители	162
4.3. Пропускная способность ПСУ	169
4.3.1. Общая методика расчета системы сбросных трубопроводов и ПСУ	—
4.3.2. Пропускная способность клапанов пружинных	174
4.3.3. Пропускная способность клапанов мембранных	181
4.3.4. Пропускная способность гидравлических предохранителей	—
4.4. Выбор и параметры настройки ПСУ	196
Глава 5. Фильтры газовые	199
5.1. Назначение. Требования к фильтрам	—
5.2. Фильтры сетчатые	201
5.3. Фильтры кассетные волосяные чугунные	205
5.4. Фильтры кассетные сварные	208
5.5. Пылеуловители висциновые	211
Глава 6. Измерение расхода и количества газа	213
6.1. Измерение расхода по перепаду давления	—
6.2. Ротационные счетчики РГ	222
6.3. Турбинные расходомеры-счетчики ТУРГАС	231
Глава 7. Технологические схемы ГРП и ГРУ	238
Глава 8. Помещения ГРП (ГРУ), монтаж и испытание оборудования	251
Глава 9. Шкафные газорегуляторные пункты	256
9.1. Общие сведения	—
9.2. ГРП типа ШП	265
9.3. ГРП типа ГСГО	267
9.4. ГРП типа ШРУ и ПШГР	272
9.5. ГРП типа ГРПН, ГРПС и ГРПВ	276
9.5.1. ГРП типа ГРПН	—
9.5.2. ГРП типа ГРПС-100	278
9.5.3. ГРП типа ГРПВ	280
9.6. Выбор шкафного ГРП	—
Список литературы	286