

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

В.В. Артихович
Е.А. Волчек

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Методическое пособие
по лабораторным работам
для студентов специальности 1-70 04 02
«Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»

Минск
БНТУ
2012

УДК 696.2(075.8)

ББК 38.763я7

Г 13

Рецензенты:

П.И. Дячек, Е.Н. Тишковец

Артихович, В.В.

Г 13 Газоснабжение: методическое пособие по лабораторным работам для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / В.В. Артихович, Е.А. Волчек. – Минск: БНТУ, 2012. – 83 с.

ISBN 978-985-525-854-5.

Издание предназначено для студентов специальности 1-70 04 02, выполняющим лабораторные работы по курсу «Газоснабжение». В нем содержится 4 лабораторных работы из перечня, рекомендованного программой дисциплины «Газоснабжение», утвержденной Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области строительства и архитектуры. Работы являются дополнением к методическим указаниям от 2005 года.

УДК 696.2(075.8)

ББК 38.763я7

ISBN 978-985-525-854-5

© Артихович, В.В.

Волчек Е.А., 2012

© БНТУ, 2012

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

К выполнению лабораторных работ по газоснабжению студент допускается после ознакомления с инструкцией по технике безопасности и правилами поведения в лаборатории.

Перед началом проведения лабораторных работ студент знакомится с их полным перечнем и календарным планом выполнения.

Для успешного выполнения каждой работы необходимо предварительно изучить ее описание, содержащееся в методических указаниях, использовать необходимые материалы из учебника и лекционных записей.

Приступая к выполнению лабораторных работ, студент должен зарисовать схему установки и приготовить таблицы (протоколы) для внесения данных измерений и результатов их обработки.

По каждой выполненной лабораторной работе студент составляет отчет, в котором должно быть отражено следующее:

- цель лабораторной работы, краткая методика ее выполнения, основные расчетные формулы;

- схема установки (стенда) и краткое ее описание с указанием используемых измерительных приборов;

- протокол проведенного испытания, содержащий результаты измерений и их обработку;

- анализ результатов, выводы, пояснения.

Отчет оформляется по СТП 10-02.01–87.

Лабораторная работа № 1

БЫТОВЫЕ ГАЗОВЫЕ ПРИБОРЫ

Бытовая газовая аппаратура предназначена для приготовления пищи, нагрева воды и отопления помещений. Основными приборами, применяемыми для газоснабжения зданий, являются плиты, водонагреватели и отопительные аппараты.

Работа газовых приборов характеризуется следующими показателями:

- 1) тепловой нагрузкой – количеством теплоты в газе, которая расходуется прибором, кВт;
- 2) производительностью – количеством полезно используемой теплоты, которая передается нагреваемому телу, кВт;
- 3) КПД – отношением производительности к тепловой нагрузке прибора.

Различают номинальные и предельные значения указанных показателей. *Номинальной* называют такую нагрузку, при которой прибор работает наиболее эффективно, т. е. с наибольшей теплотой сгорания газа при наиболее высоком КПД; при этом в конструктивных элементах приборов не должно возникать опасных тепловых напряжений, сокращающих срок их службы. Номинальная производительность, являющаяся паспортной характеристикой прибора, определяется при номинальной нагрузке.

Предельной (максимальной) тепловой нагрузкой считается нагрузка, превышающая номинальную на 20 %. При этой нагрузке не должны ощутимо ухудшаться показатели работы прибора. Предельная теплопроизводительность устанавливается при предельной тепловой нагрузке опытным путем.

Газовые приборы, устанавливаемые в жилых и общественных зданиях, работают на низком давлении газа и оборудуются инжекционными горелками атмосферного типа.

Газовые плиты

Газовые бытовые плиты изготавливаются стационарными напольными с двумя, тремя и четырьмя горелками и духовым шкафом. Выпускаются также настольные плиты, которые являются переносными и оборудуются, в основном, двумя горелками.

Газовые плиты состоят из следующих основных частей: корпуса, стола с решеткой, газовых горелок (верхних и духового шкафа), панели управления с ручками кранов горелок и дополнительными индикаторами и устройствами, духового шкафа. Детали плит изготавливаются из материалов, обеспечивающих коррозионную устойчивость, термическую стойкость, долговечность и надежность в эксплуатации. Газопроводы и арматура плит должны быть герметичны. Высота рабочего стола стационарных плит – 850–900 мм, ширина – не менее 500 мм.

Плиты изготавливаются для работы на природном газе с номинальным давлением 1275 Па или сжиженном с $P_{\text{ном}} = 2940$ Па.

На рис. 1.1 показано устройство бытовой газовой плиты «Гефест-1100» ОАО «Брестгазоаппарат». Для нее характерны высокий технический уровень конструктивного исполнения и хорошие эксплуатационные качества. Вследствие невысокой температуры стекловидной массы ее можно встраивать в кухонные гарнитуры.

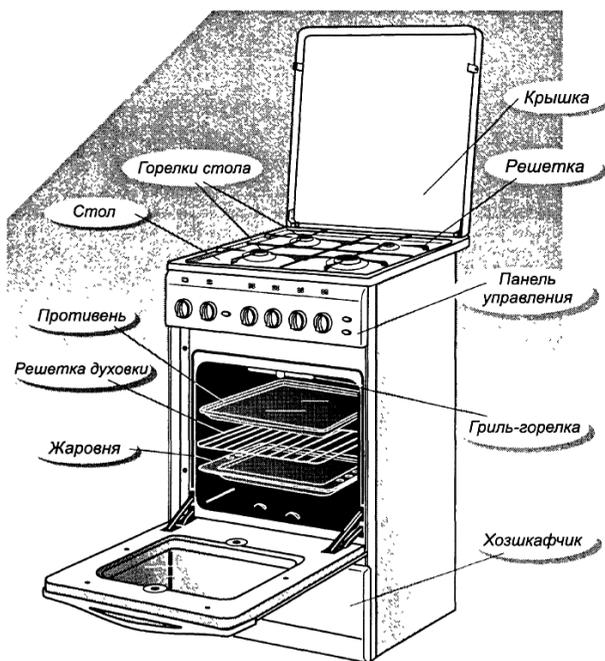


Рис. 1.1. Устройство плиты «Гефест-1100»

На каркасе плиты из эмалированной стали закреплено и размещено все оборудование.

Конфорки плит – одинарные, представляют собой смеситель со шляпкой и крышечкой, свободно пропускают вторичный воздух к пламени, и не мешают отдаче теплоты при горении газа (рис. 1.2). Верхние горелки имеют одинаковое устройство и стандартные габариты. Положение горелок на столе схематично изображено возле каждого крана. Все краны имеют фиксированное положение «малое пламя», обеспечивающее устойчивое горение в экономичном режиме. Им также удобно пользоваться при необходимости резко убавить огонь, не выключая горелку. В плитах, оснащенных электро-розжигом, горелки стола зажигаются от искры высоковольтного разряда. Если нажать и отпустить кнопку электро-розжига, между разрядником и горелкой на всех конфорках проскакивает искра, разжигается горелка, на которую подается газ.

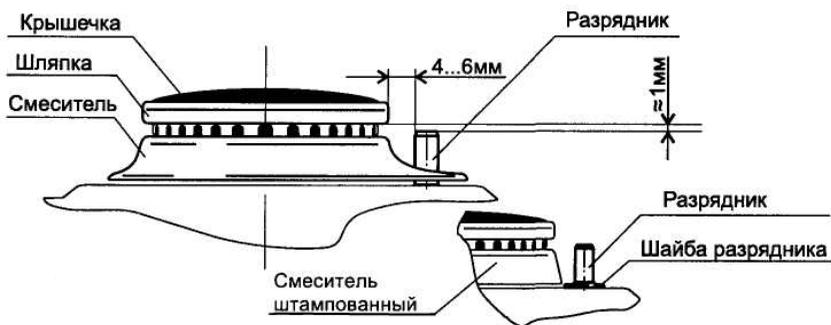


Рис.1.2. Устройство конфорок газовой плиты

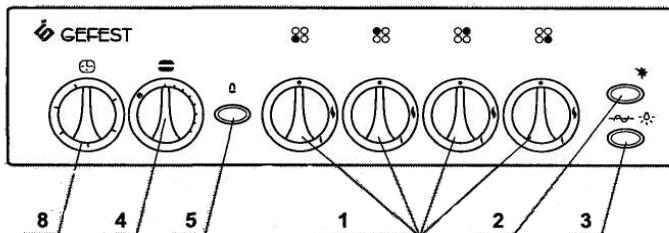
Для обогрева духового шкафа используется основная инжекционная горелка, расположенная под дном духовки. Воздух к горелке поступает через специальные отверстия, расположенные с боков и снизу шкафа. В духовке также имеется дополнительная гриль-горелка. Поддержание заданного режима работы осуществляется с помощью специальных автоматических устройств.

В плитах некоторых моделей вместо газовой гриль-горелки установлен электрогриль, который включается кнопкой со световой индикацией. Для дополнительной безопасности в духовке встроен термодатчик, который отключает электрогриль при ее перегреве.

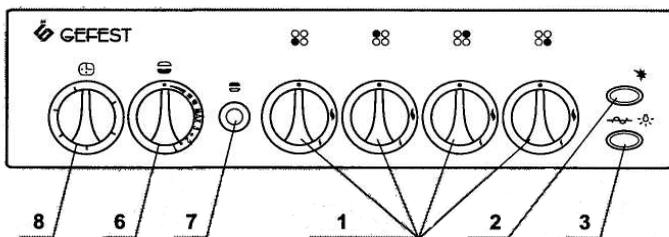
В комплект духового шкафа входят противень, жаровня и решетка. Шкаф защищен термоизоляционным слоем.

Панель управления плиты с ручками кранов горелок стола может быть с обычным краном духовки и с терморегулятором и устройством предохранительным (ТУП) духовки (рис. 1.3).

Панель плиты с терморегулятором и устройством предохранительным (ТУПом) духовки



Панель плиты с обычным краном духовки



1. Ручка крана горелки стола.
2. Кнопка электророзжига.
3. Кнопка включения подсветки духовки и электровертела.
4. Ручка ТУПа горелок духовки.
5. Кнопка предохранительного устройства ТУПа.
6. Ручка крана горелки духовки.
7. Кнопка включения электрогриля.
8. Ручка таймера механического.

Рис. 1.3. Панели управления газовых плит

ТУП – это кран, который позволяет выбирать необходимые функции, автоматически поддерживает заданную температуру при работе основной горелки и прекращает подачу газа в случае погасания горелок духовки. Кран имеет символы: «Кран закрыт», «Включение гриль-горелки», шкалу установки температур духовки от 1 до 9, а также кнопку включения предохранительного устройства. Каждому

делению шкалы соответствует определенная температура, поддерживаемая в духовке (допускаемое отклонение температуры от номинальной ± 15 °С).

Для розжига основной горелки необходимо повернуть ручку ТУП в положение «9», поднести спичку к запальнику и одновременно нажать до упора кнопку предохранительного устройства. Для срабатывания системы кнопку необходимо удерживать в течение 10 секунд. Розжиг гриль-горелки выполняется аналогично, повернув ручку в положение «Гриль».

Для розжига горелки плиты с обычным краном духовки необходимо поднести зажженную спичку к запальнику и повернуть ручку в положение «тах». Температура в духовке регулируется поворотом ручки в диапазоне от 1 до тах и выставляется в процессе приготовления, ориентируясь на термоуказатель на стекле дверцы духовки. Шкала с цифрами на панели управления нанесена для удобства запоминания выбранного режима.

Кнопка подсветки включает лампочку в духовке. Это дает возможность наблюдать за приготовлением пищи, не открывая дверцу. В плитах, оборудованных электровертелом, одновременно со светом включается мотор вертела.

Хозшкаф размещается под духовым и выпускается в двух исполнениях: с выдвижным ящиком и с откидной дверцей.

Первые модели унифицированных газовых плит выполнялись с конфорочными горелками с центральным каналом и штампованной или спиральной горелками духового шкафа. Современные модели плит оборудуются вертикальными, регулируемыми и дисковыми горелками духового шкафа.

ОАО «Брестгазоаппарат» также выпускает одно- и двухконфорочные газовые плиты различного исполнения с электрическими и газовыми духовыми шкафами.

Плита газовая напольная отдельно стоящая ОАО «Электроаппаратура» ПНО 4 Дэ 1000 представлена на рис. 1.4.

Плита оснащена четырьмя газовыми горелками и электрической духовкой. Она состоит из стола, на который установлены четыре горелки и решетка; панели управления с ручками кранов горелок, ручкой регулятора мощности духовки и световым индикатором работы духовки; духовки, оснащенной двумя противнями и решеткой; дверцы духовки; отделения для хранения посуды; крышки плиты.

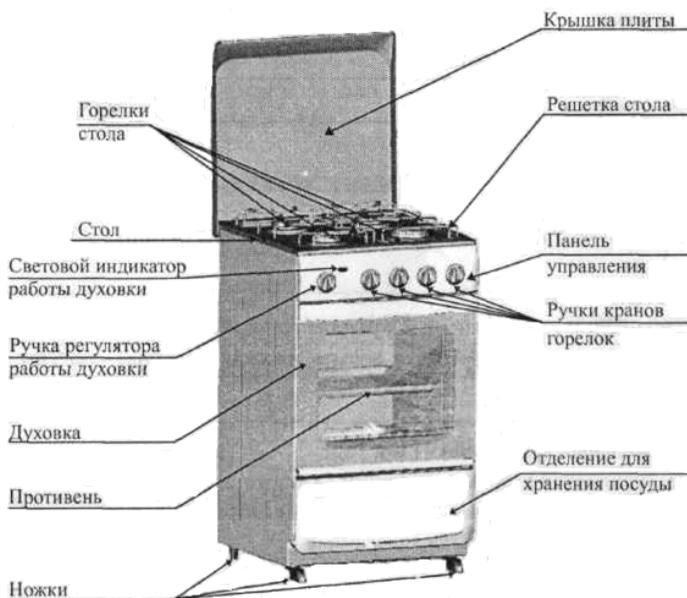


Рис. 1.4. Устройство газовой плиты ПНО 4 Дз 1000

Управление работой горелок осуществляется с помощью рукояток кранов. Краны обеспечивают плавную регулировку пламени, а также работу горелок в режимах «большое пламя» и «малое пламя».

Регулятором мощности духовки, который имеет крайние положения «min» и «max», соответствующие температуре 155 и 255 °С, осуществляется бесступенчатое увеличение мощности до выбранного или максимального значения. Для ускоренного разогрева духовки ручка регулятора мощности устанавливается в положение «max», при этом слышен характерный щелчок, световой индикатор горит постоянно. После прогрева в течение 10 минут ручка регулятора устанавливается в необходимое рабочее положение.

Одним из важнейших элементов газовых плит являются горелки. Бытовые газовые плиты оборудуются атмосферными горелками с отводом продуктов сгорания непосредственно в помещение. В этих горелках часть воздуха, необходимого для горения (первичный воздух), инжeksiруется газом, вытекающим из сопел горелок, остальное количество воздуха (вторичный воздух) поступает непосред-

ственно из окружающей среды. Продукты сгорания конфорочных горелок омывают дно и стенки посуды, обогревая их, и поступают в окружающую атмосферу. Продукты сгорания горелок духового шкафа обогревают его и направляются в помещение через отверстия в боковых или задней стенках плиты. Поскольку они попадают непосредственно в помещение, горелки должны обеспечивать полное сгорание газа. Содержание окиси углерода при работе горелок с номинальной нагрузкой не должно превышать 0,01 % (по объему).

Конфорочные горелки могут быть нормальной тепловой (1,7 кВт – полубыстрого действия), повышенной (2,6 кВт – быстрого действия) и пониженной (0,6 кВт – вспомогательная горелка) мощности. Четырехконфорочные плиты могут иметь одну горелку повышенной и одну пониженной мощности. КПД конфорочных горелок при номинальном режиме должен быть не менее 56 %. Тепловая мощность основной горелки духового шкафа должна быть не более 0,09 кВт на единицу объема (дм^3) шкафа, а жарочной гриль-горелки – не более 3,5 кВт. При номинальной нагрузке горелок должен обеспечиваться равномерный разогрев духового шкафа до 285–300 °С не более чем через 25 мин.

Плиты могут работать на газообразном топливе с различной теплотой сгорания. Перевод плиты с природного на сжиженный газ производится заменой сопел горелок и винтов малого расхода кранов на другие с диаметрами, соответствующими теплоте сгорания газа и номинальному давлению.

Широкое распространение получили конфорочные горелки, показанные на рис. 1.5. Для горелок с центральным каналом (см. рис. 1.5, *а*) характерен двухсторонний подвод вторичного воздуха – центральный и периферийный. Они имеют торцевой шибер для регулирования подачи первичного воздуха, раструб конфузора и вставной распределитель с центральным каналом для подвода вторичного воздуха. Торцевое размещение шибера является недостатком горелок данного вида, так как для его поворота горелку надо снимать с плиты. Этот недостаток устранен в горелках с цилиндрическим шибером для регулирования количества первичного воздуха (см. рис. 1.5, *б*). Шибер размещается на корпусе сопла.

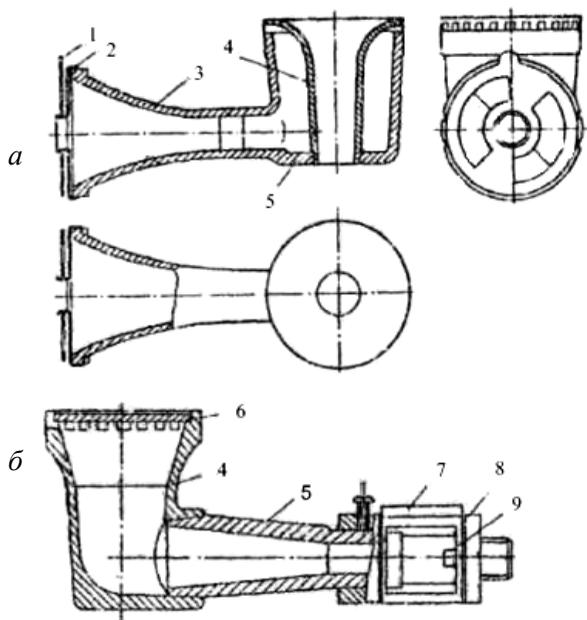


Рис. 1.5. Газовые конфорочные горелки:

а – с центральным каналом; *б* – горелки завода газовой аппаратуры;

1 – подвижная часть шибера; 2 – неподвижная часть шибера; 3 – конфузор смесителя;

4 – распределитель (огневой насадок); 5 – корпус смесителя; 6 – колпачок;

7 – цилиндрический шибер; 8 – корпус сопла; 9 – ниппель сопла

В некоторых газовых плитах использованы вертикальные горелки (рис. 1.6), у которых колпачок, диффузор и сопло размещены по одной вертикальной оси. Горелка, вставляемая в цилиндрическую выточку корпуса, снимается через круглое отверстие в столе. Для обеспечения полноты сжигания газа изменена конструкция огневого насадка, что значительно улучшает подвод вторичного воздуха. Отверстия в головке имеют выходные размеры и шаг, предотвращающие слияние язычков пламени. Стальная штампованная крышка имеет отбортовку, располагающуюся над факелами горелки. Она создает кольцевание пламени, что обеспечивает зажигание соседних факелов и исключает отрыв пламени. Уменьшение ширины щелей снижает вероятность проскока пламени.

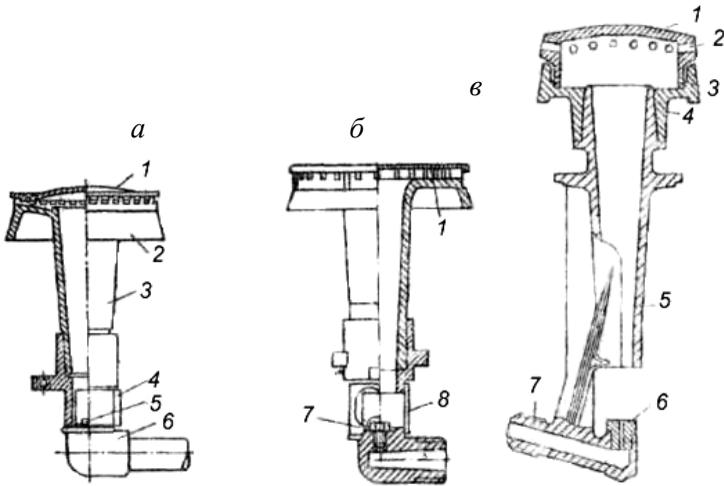


Рис. 1.6. Вертикальные горелки:

а – вертикальная; *б* – вертикальная с верхним пилотным пламенем:

1 – колпачок; *2* – огневой насадок; *3* – диффузор; *4* – шибер; *5* – ниппель сопла;

б – корпус сопла; *7* – сопло; *8* – заслонка первичного воздуха;

в – верхняя горелка плиты Гефест (Брест):

1 – крышка; *2* – отверстия в крышке; *3* – вспомогательные отверстия стабилизирующего пламени; *4* – огневой насадок; *5* – смеситель (корпус горелки); *6* – сопло;

7 – присоединительная резьба для внутреннего газопровода плиты

На базе огневой насадки вертикальных горелок разработаны регулируемые горелки с горизонтальным трубчатым смесителем (рис. 1.7, *а*). Для них характерны развитый по длине трубчатый смеситель и регулирование подсоса первичного воздуха с помощью мундштука-диффузора. Поэтому нет необходимости в регуляторе первичного воздуха как самостоятельном узле.

На горелках без регулятора первичного воздуха (рис. 1.7, *б*) взамен шибера на входном конце трубки-смесителя имеется два отверстия, которые обеспечивают инжектирование необходимого количества первичного воздуха. Это исключает возможность появления удлиненного коптящего пламени. Из-за отсутствия шибера отпадает необходимость в поднятии стола плиты при регулировании количества первичного воздуха.

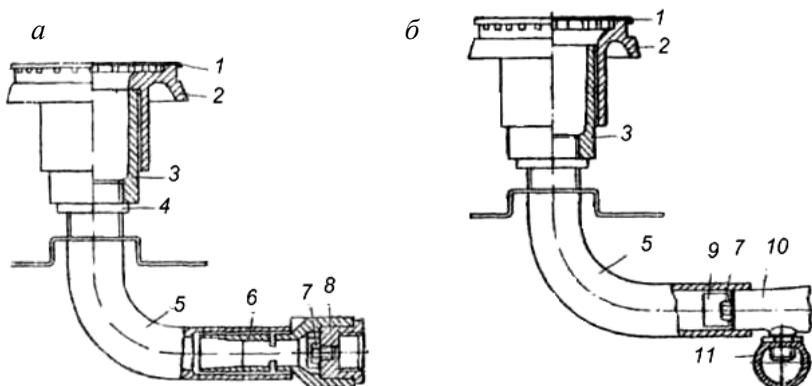


Рис. 1.7. Регулируемые горелки:

а – с горизонтальным смесителем; *б* – без регулятора первичного воздуха:

1 – колпачок; 2 – огневой насадок; 3 – резьбовая втулка; 4 – контргайка; 5 – труба-смеситель; 6 – мундштук-смеситель; 7 – ниппель; 8 – корпус сопла; 9 – окно для подсоса воздуха; 10 – кран; 11 – коллектор

Наиболее распространенные конструкции горелок духовых шкафов представлены на рис. 1.8. На современных газовых плитах устанавливаются дисковые штампованные горелки с пилотным пламенем.

Выпечка различных изделий, жарение и подогрев пищи в духовом шкафу осуществляется за счет конвективной передачи теплоты потоком циркулирующих в нем горячих продуктов сгорания и воздуха. Для обеспечения нагрева изделия потоком циркулирующих газов со всех сторон горелочное устройство устанавливается под съемным дном духового шкафа. В современных плитах в верхней части духового шкафа дополнительно размещается жарочная гриль-горелка, оборудованная излучателем и экраном излучателя. В результате пища подвергается обработке лучистым тепловым потоком, направленным на нее сверху.

Основная горелка духового шкафа устанавливается в полу шкафа. Она оборудована термопарой и запальником. Жарочная горелка представляет собой трубу с рядами просверленных в ней отверстий: внутренними и внешними. Пламя внешних рядов направлено на излучатель, а внутренних – на объем духового шкафа.

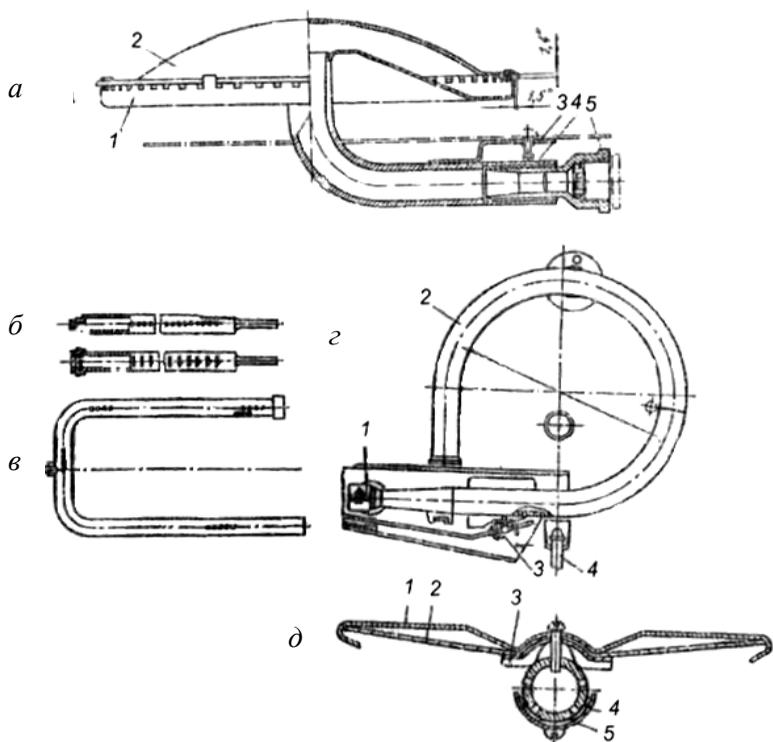


Рис. 1.8. Горелки духового шкафа газовых плит:

- а* – дисковая горелка духового шкафа с верхним пилотным пламенем:
 1 – огневая насадка; 2 – отбуртованная крышка; 3 – кронштейн; 4 – труба смесителя;
 5 – мундштук-смеситель;
- б* – трубчатые с щелевыми и круглыми отверстиями;
в – трубчатая *n*-образная;
г – трубчатая спиральная;
- 1 – шибер; 2 – кольцевая трубка; 3 – термopара; 4 – трубка розжига;
д – дополнительная верхняя жарочная горелка духового шкафа:
 1 – экран излучателя; 2 – излучатель; 3 – опора; 4 – желоб; 5 – трубка горелки

Устройство автоматики терморегулирования и безопасности работы горелок духового шкафа плит повышенной комфортности показано на рис. 1.9. Оно включает в себя терморегулятор и термоэлектромагнитный клапан. Терморегулятор обеспечивает поддержание температуры в духовом шкафу на заданном уровне, а термоэлектромагнитный клапан контролирует наличие пламени на основной и жарочной горелках духового шкафа и прекращает подачу газа при их погасании.

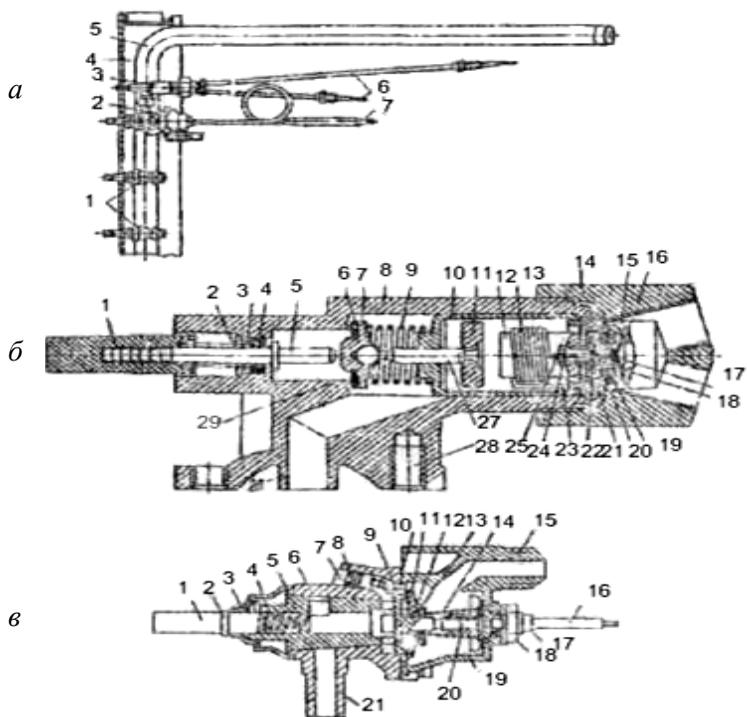


Рис. 1.9. Внутренние автоматические устройства газовой плиты.

a – коллектор плиты:

1 – краники верхних горелок; 2 – терморегулятор манометрический; 3 – термоэлектрический клапан; 4 – распределительный щиток; 5 – трубка коллектора; 6 – термопары; 7 – термосистема;

б – термоэлектромагнитный клапан:

1 – пусковая кнопка; 2 – пружина; 3 – шайба; 4, 20 – уплотнительные кольца; 5 – толкатель; 6 – прокладка; 7 – клапан; 8 – корпус; 9 – пружина клапана; 10 – стакан; 11 – якорь; 12 – сердечник; 13 – обмотка; 14 – соединительная гайка; 15, 19, 22 – изоляционные шайбы; 16 – клеммы; 17 – припой; 18 – контакт; 21 – коколь; 23 – конец обмотки; 24 – заклепка; 25 – провод обмотки; 26 – резьбовое углубление; 27 – ось якоря; 28 – прилив; 29 – седло клапана;

в – терморегулятор манометрический:

1 – стержень ручки; 2 – кольцо; 3 – фланец; 4 – пружина; 5 – латунная пробка; 6 – корпус; 7 – винт малого пламени; 8, 12 – кольца; 9 – винт; 10 – резиновая прокладка; 11 – клапан; 13, 18 – шайбы; 14 – коническая пружина; 15 – крышка; 16 – термосистема; 17 – гайка; 19 – блок мембран; 20 – втулка; 21 – прилив корпуса

Газ из газопровода поступает в электромагнитный клапан, а потом, при наличии прохода – в терморегулятор. Проход газа возможен только после розжига основной или жарочной горелки. Одновременная работа обеих горелок исключается из-за блокировки термостатическим краном (терморегулятором) духовки.

Термоэлектромагнитный клапан (см. рис. 1.9, б) работает следующим образом. При нажатии на пусковую кнопку 1 она сжимает пружину 2 и через толкатель 5 действует на клапан 7. Последний отходит от седла 29 и открывает проход газа к терморегулятору. Одновременно клапан через ось 27 прижимает якорь 11 к сердечнику 12 электромагнита, обеспечивая необходимый контакт.

После воспламенения газа в одной из горелок духового шкафа нагревается конец одной из термопар и возникает ЭДС в цепи. Ток через клеммы 16, контакт 18, припой 17 и проводник 25 проходит на обмотку 13 якоря и создает электромагнитное поле, удерживающее якорь у сердечника. Если пламя на горелках не загорится или погаснет, электромагнит утратит свои магнитные свойства, и пружина 9 плотно прижмет клапан 7 к своему седлу 29. Прекращается проход газа к терморегулятору и на горелки, и тем самым предотвращается загазованность внутреннего объема духового шкафа.

К термоэлектромагнитному клапану крепится манометрический терморегулятор (см. рис. 1.9, а). Он обеспечивает раздельную подачу газа на основную и жарочную горелки и поддерживает заданную температуру в духовом шкафу при работе основной горелки.

Левая часть терморегулятора похожа на обычный кран, а правая состоит из клапана, блока мембран и термосистемы. В терморегуляторе имеется два выхода: первый – через крышку 15 на основную горелку, а второй – на жарочную. В терморегулятор газ поступает из клапана через прилив 21. На рис. 1.9, в пробка 5 показана в закрытом положении, проход газа перекрыт. При повороте пробки по часовой стрелке на 60° с помощью стержня ручки 1 фигурный паз на пробке совмещается своим концом со свободным пространством прилива 21, и газ идет на выход к штуцеру и далее по соединительной трубке к жарочной горелке.

Чтобы поступить к основной горелке, газ должен войти внутрь пробки 5 через поперечное сверление, пройти вдоль ее оси, миновать клапан 11 и далее попасть к штуцеру крышки 15. На основную горелку газ может пройти и вспомогательным путем через винт ма-

лого пламени 7. При повороте пробки против часовой стрелки на $65\text{--}80^\circ$ поперечное отверстие, просверленное с помощью полукольцевого паза, совмещается с отверстием прилива 21, и газ попадает внутрь пробки 5. Пройдя вдоль оси пробки, газ через отверстие в стенке корпуса попадает внутрь винта малого пламени 7 и далее через штуцер крышки 15 и соединительную трубку направляется к основной горелке.

Подача газа через винт малого пламени происходит постоянно, что обеспечивает наличие гарантированного минимально допустимого пламени на основной горелке независимо от качества работы системы терморегулирования. подача газа через клапан 11 дополняет постоянную малую подачу через винт 7 и обеспечивает заданную интенсивность работы основной горелки.

Поддержание заданной температуры в духовом шкафу обеспечивает термосистема 7 (см. рис. 19. а), которая состоит из замкнутой полости гофрированных мембран, капилляра и баллона, заполненного специальной жидкостью.

Клапан 11 терморегулятора (см. рис. 1.9, в) плотно прижимается к своему седлу конической пружиной 14, упирающейся противоположным концом в основание втулки 20 блока мембран 19. Клапан может свободно двигаться вдоль оси четырехлепесткового винта 9. Пробка 5 терморегулятора своим нижним крестообразным концом входит захватом в верхнюю часть лепесткового винта.

При повороте пробки против часовой стрелки четырехлепестковый винт вкручивается внутрь втулки 20 блока мембран и смещается вдоль оси направо. При полном повороте пробки клапан максимально отходит от своего седла под действием упорных лепестков винта 9 независимо от того, нагрета жидкость в термосистеме или нет. В результате открывается свободный проход газа в основную горелку с нагревом до максимальной температуры. Если требуется температура ниже указанной максимальной, то поворотом ручки указатель устанавливается на соответствующее деление, смещая при этом четырехлепестковый винт 9. При этом клапан прикрывается под действием пружины 14, зазор между клапаном и седлом уменьшается, снижается подача газа на горелку и температура в духовом шкафу падает до заданного уровня.

Газовые проточные водонагреватели

Водонагреватели представляют собой теплообменные аппараты, служащие для местного горячего водоснабжения в квартирах, котеджах, дачных домиках. Наибольшее распространение получили газовые проточные водонагреватели, позволяющие нагревать воду, поступающую из водопровода, до 50–60 °С за 1–2 мин. В настоящее время выпускаются автоматические аппараты с многоточечным разбором воды: НЕВА-3208, НЕВА 3208-02, НЕВА-4510, НЕВА-4511, НЕВА-4513 (ВПП-18-2₂₃-В11-УХЛ4.2, ВПП-22-2₂₃-В11-УХЛ4.2, ВПП-23-В1-2₂₃-П-Р2) с номинальной тепловой нагрузкой от 20 до 29 кВт и КПД не менее 83 %. Могут работать на природном или сжиженном газе.

Устройство водонагревателя показано на рис. 1.10. Он состоит из камеры сгорания 6, в состав которой входят задняя стенка 9, газоотводящее устройство 10 и теплообменник 8, блока водогазогорелочного 11, состоящего из горелки основной 12, горелки запальной 13, крана газового 15, регулятора воды 16, клапана электромагнитного 17 и трубки 14, предназначенной для отключения водонагревателя при отсутствии тяги в дымоходе. Все основные элементы аппарата смонтированы на задней стенке за съемной облицовкой 4. На передней панели расположены: ручка 2 управления газовым краном, кнопка 3 включения электромагнитного клапана, смотровое окно 5 для наблюдения за пламенем запальной и основной горелок. Вверху размещена труба газоотводящая для направления продуктов сгорания в дымоход, внизу – патрубки для подключения аппарата к газовой и водяной сетям.

Принцип работы водонагревателя следующий. Газ низкого давления подается в основную инжекционную горелку 12 и сгорает. Продукты сгорания газа проходят через теплообменник 8, нагревают циркулирующую в змеевике воду и отводятся в дымоход. Далее они движутся через водонагреватель под действием тяги, создаваемой самим прибором, что обеспечивает стабильную работу газовой горелки.

Водонагреватель оборудован горелкой атмосферного типа с двумя инжекторами, присоединенными к общей смесительной коробке. Количество первичного воздуха в такой горелке достигает 60–70 %, что обеспечивает полное сгорание газа в коротких факелах.

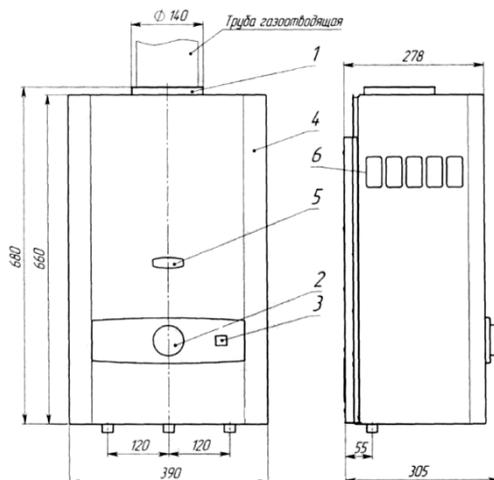
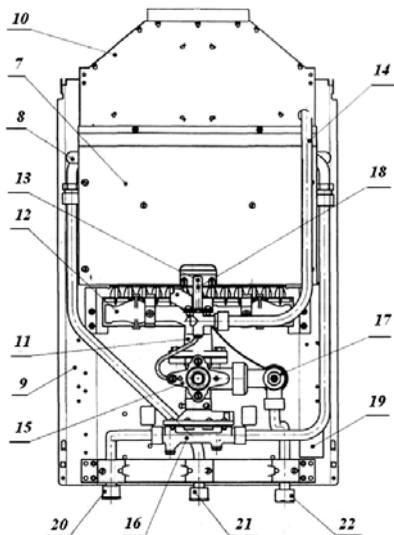


Рис. 1.10. Устройство аппарата водонагревательного проточного газового бытового НЕВА:
 1 – патрубок; 2 – ручка; 3 – кнопка; 4 – облицовка; 5 – окно смотровое;
 6 – окна вентиляционные;



7 – камера сгорания; 8 – теплообменник; 9 – задняя стенка; 10 – газоотводящее устройство; 11 – блок водогорелочный; 12 – горелка основная; 13 – горелка запальная; 14 – трубка датчика тяги; 15 – кран газовый; 16 – регулятор воды; 17 – клапан электромагнитный; 18 – термопара; 19 – табличка; 20 – труба подвода холодной воды; 21 – труба отвода горячей воды; 22 – труба подвода газа

Газ поступает к горелкам через газовый блокировочный кран 15 водогазогорелочного блока 11. Он обеспечивает подачу газа сначала к запальной горелке 13, потом к основной 12. Ручка 2 управления газовым краном поворачивается по часовой стрелке и фиксируется в трех положениях. При крайнем левом положении кран полностью закрыт и газ не поступает ни к запальной, ни к основной горелке; при среднем – только на запальник; при крайнем правом – на запальник и основную горелку.

Кроме ручной блокировки подачи газа в основную горелку предусматриваются автоматические блокировочные устройства. Они отключают газовый тракт в случае погасания запальной горелки, прекращения протока воды, отсутствия тяги в дымоходе.

Поступление газа в основную горелку при работе запальной обеспечивает электромагнитный клапан 17, устанавливаемый на вводе газа перед газовым краном, кнопка 3 включения которого расположена справа от ручки 2 включения газового крана. При нажатии на кнопку электромагнита клапана и открытом положении газового крана на запальник газ через электромагнитный клапан поступает в газовый кран и далее через тройник по газопроводу к запальной горелке. Питание электромагнитного клапана обеспечивает хромель-копелевая термопара, расположенная в зоне пламени запальной горелки. При нагревании термопары возникает ЭДС, ток поступает на обмотку сердечника электромагнита, который удерживает связанный с якорем клапан в открытом положении, автоматически открывая доступ газа к газовому крану. Кран осуществляет подачу газа к основной горелке в крайнем правом положении и регулирует количество газа, поступающего на основную горелку, в пределах положений «большое пламя»–«малое пламя» для получения желаемой температуры воды. При погасании пламени неудерживаемый электромагнитом подпружиненный клапан перекрывает доступ газа к горелкам.

Автоматика безопасности по тяге также работает на основе электромагнитного клапана. Датчиком тяги служит биметаллическая пластина 1 с клапаном, установленная в газоотводящем устройстве в зоне обратного потока продуктов сгорания, возникающего при прекращении тяги. При отсутствии тяги горячие газы омывают пластину, она нагревается и открывает клапан сброса газа из трубки датчика тяги, которая соединена с запальной горелкой. Горелка гас-

нет, термopара охлаждается, электромагнитный клапан перекрывает подачу газа на горелки.

Основная горелка загорается только при протопе воды через аппарат. Автоматика для отключения подачи газа при отсутствии расхода воды состоит из водяной камеры 4, разделенной чашечной мембраной 5 на две полости, и газового клапана 10 (рис. 1.11). Мембрана связана с клапаном через тарелку 6 штоком 7. При отсутствии водоразбора давление воды в верхней и нижней частях камеры одинаковое (за счет наличия перепускного канала) и мембрана занимает нижнее положение. При включении подачи воды она протекает через трубку Вентури 12 и инжектирует воду из верхней полости камеры через канал 11 с размещенным в нем шариковым замедлителем. В результате давление в надмембранной зоне камеры падает, мембрана поднимается и через шток 7 открывает газовый клапан 10. Для обеспечения плавного зажигания основной горелки в регуляторе воды предусмотрен замедлитель зажигания, работающий, как дроссель, при вытекании воды из надмембранной полости и замедляющий движение мембраны вверх, а следовательно, и скорость зажигания основной горелки. При прекращении водоразбора мембрана опускается и газовый клапан под действием пружины 14 закрывается, отсекая доступ газа к основной горелке.

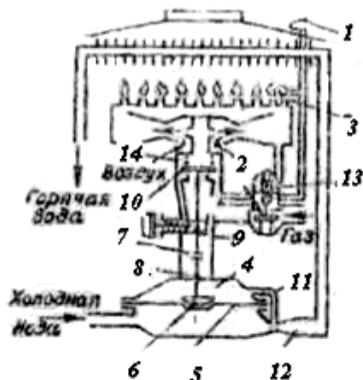


Рис. 1.11. Схема автоматики безопасности газовых бытовых проточных водонагревателей с устройством для отключения газа при отсутствии тяги:
1 – биметаллическая пластина; 2 – клапан; 3 – основная горелка; 4 – водяная камера; 5 – чашечная мембрана; 6 – тарелка; 7 – шток; 8, 9 – уплотнительные сальники; 10 – газовый клапан; 11 – соединяющий канал; 12 – трубка Вентури; 13 – пробковый блокировочный кран; 14 – пружина

Для перевода аппарата на другой тип газа необходимо заменить сопла коллектора основной и запальной горелок на сопла с диаметрами отверстий для типа газа, на котором будет работать аппарат.

Газовые отопительные аппараты

Для отопления жилых домов с использованием газового топлива применяются камины, в которых теплота передается конвекцией и излучением, и аппараты с теплоносителем – водой.

Наибольшее распространение получили аппараты отопительные газовые бытовые с водяным контуром (АОГВ). Они изготавливаются следующих типов: работающие на природном газе, сжиженном, природном и сжиженном газе в следующих климатических исполнениях: У – для эксплуатации в районах с умеренным климатом, ХЛ – с холодным. Выпускаются различные типоразмеры аппаратов: АОГВ-7, АОГВ-10, АОГВ-11, АОГВ-15, АОГВ-20, АОГВ-23, АОГВ-29 с номинальной тепловой мощностью от 7,0 до 29,08 кВт и КПД не менее 80 %. Площадь отапливаемых помещений – от 60 до 200 м².

На рис. 1.12 показан АОГВ-11,6-3-У. Аппарат представляет собой вертикально-цилиндрическую тумбу с белым эмалированным покрытием. Основные узлы: котел-теплообменник с баком, зонт с обтекателем, облицовочный кожух, газогорелочное устройство, автоматика регулирования и безопасности. Котел-теплообменник заключен внутри теплоизолированного кожуха. Он выполнен в виде пакета труб, по которым движутся продукты сгорания, снаружи омываемых водой, заполняющих котел. Горячая вода отводится из верхней части аппарата, а обратная – подается в нижнюю. Регулировочная заслонка, установленная в дымоотводящем патрубке, обеспечивает автоматическую регулировку величины разряжения в топке аппарата в зависимости от величины тяги в дымоходе.

В аппарате установлена основная радиальная инжекционная горелка низкого давления. Газ через фильтр поступает в клапан магнитный газовый 8. Из него попадает в терморегулятор 9 и через заслонку 11 в коллектор основной горелки. Далее он подается в конфузор основной горелки 4, смешивается с первичным воздухом и направляется в топочное пространство.

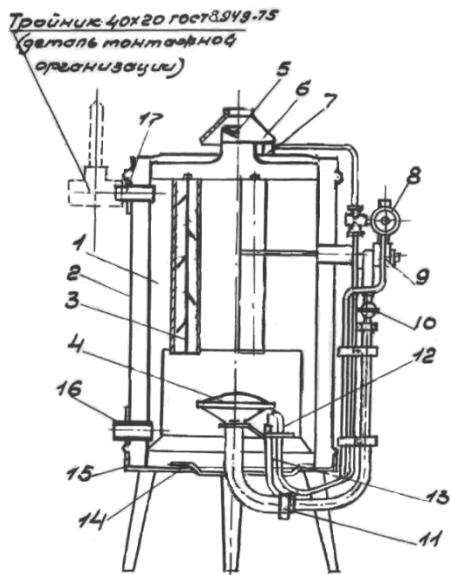


Рис. 1.12. Схема аппарата отопительного газового бытового с водяным контуром: 1 – теплообменник; 2 – кожух; 3 – турбулизатор; 4 – устройство топочное с основной горелкой; 5 – обтекатель; 6 – зонт; 7 – датчик тяги; 8 – магнитный газовый клапан; 9 – терморегулятор; 10 – кран газовый; 11 – заслонка; 12 – горелка запальная; 13 – термopара; 14 – поддон; 15 – основание; 16 – патрубок трубопровода обратного; 17 – патрубок главного стояка

Основным элементом автоматики безопасности является магнитный газовый клапан, прекращающий подачу газа на основную и запальную горелки при погасании пламени на запальнике, недостаточной тяге или отсутствии ее и аварийном падении давления газа.

Перед розжигом горелок аппарата проверяется заполнение системы отопления водой, тяга в дымоходе, работа вентиляции, проветривается помещение и топочное пространство. После этого открывается кран 10 на опуске подводящего газопровода.

До розжига запальной горелки газ поступает на клапан магнитный газовый (рис. 1.13) с подключенными к нему датчиками тяги и погасания пламени. Затем к запальной горелке подносится зажженный бумажный жгут и нажимается пусковая кнопка 7. Газ поступает на запальник и воспламеняется. Пусковую кнопку 7 необходимо удерживать в течение минуты, чтобы газовый клапан оказался в рабочем

положении. При зажженной запальной горелке пламя ее нагревает расположенную рядом термопару. При нагревании термопара вырабатывает ЭДС, которая намагничивает сердечник 5. Сердечник 5 притягивает якорь 6, связанный через стержень и шток с клапанами 1 и 2. Клапаны 1 и 2 удерживаются якорем 6 в промежуточном положении и открывают доступ газа к основной и запальной горелкам. При погасании пламени на запальнике термопара охладится, электромагнит утратит свои магнитные свойства, клапан 1 прижмется к нижнему седлу под действием пружины и закроет доступ газа к горелкам.

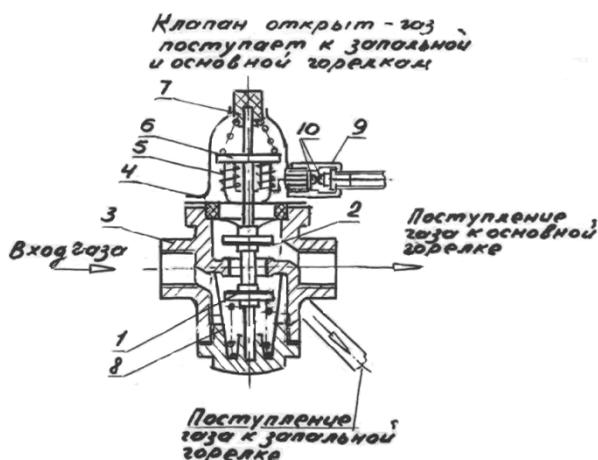


Рис. 1.13. Схема магнитного газового клапана:

- 1, 2 – клапан; 3 – корпус; 4 – колпак; 5 – сердечник; 6 – якорь 7 – кнопка;
8 – сетка фильтра; 9 – гайка накидная; 10 – шайба контактная

Автоматика по тяге (рис. 1.14) состоит из датчика тяги 5, укрепленного под зонтом на крышке аппарата, и шайбы дроссельной 8, осуществляющей распределение газа от магнитного газового клапана 4 на сопло датчика тяги 5 и запальную горелку 2. При работе аппарата сопло датчика тяги закрыто клапаном и газ от магнитного газового клапана поступает на запальную и основную горелки. При отсутствии тяги в дымоходе продукты сгорания проходят под зонт аппарата, где повышается температура. Биметаллическая пластина, служащая для создания герметичности клапана, нагреваясь, откры-

вает его, отчего давление газа падает. Пламя запальной горелки 2, не получая достаточного питания, гаснет, вследствие чего термopара 3 охлаждается и перестает намагничивать сердечник магнитного газового клапана 4. Якорь отходит от сердечника, и нижний клапан под действием пружины полностью перекрывает доступ газа к горелкам.

В качестве автоматики регулирования используется регулятор температуры, устанавливаемый после газового крана и магнитного газового клапана.

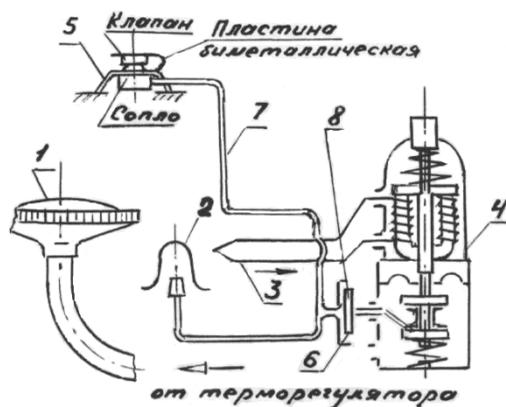


Рис. 1.14. Схема подключения автоматики безопасности по тяге к магнитному газовому клапану, запальной горелке, термopаре:
1 – горелка основная; 2 – горелка запальная; 3 – термopара; 4 – магнитный газовый клапан; 5 – датчик тяги; 6 – тройник; 7 – трубка датчика; 8 – шайба дроссельная

Терморегулятор – прибор двухпозиционного действия («открыт»–«закрыт»), предназначен для автоматического регулирования температуры воды в теплообменнике в заданных пределах, прекращая подачу газа на основную горелку при повышении температуры воды сверх заданного предела (рис. 1.15).

При изменении температуры воды в теплообменнике клапан 3 терморегулятора открывается и закрывается автоматически за счет удлинения или укорачивания латунной трубки 7 терморегулятора. Трубка находится внутри теплообменника в воде и обладает высоким коэффициентом линейного расширения при изменении темпера-

туры. Внутри трубки 7 во втулке 8 на резьбе закреплен стержень 6 из прецизионного сплава железа с никелем, обладающий очень малым коэффициентом линейного расширения при изменении температуры. Стержень 6 свободным концом нажимает на систему рычагов 1 с пружиной, связанных с клапаном 3 терморегулятора. Терморегулятор имеет специальную шкалу и ручку-указатель, перемещая которую можно настраивать терморегулятор на температуру от 50 до 90 °С. Настройка выше 90 °С не допускается.

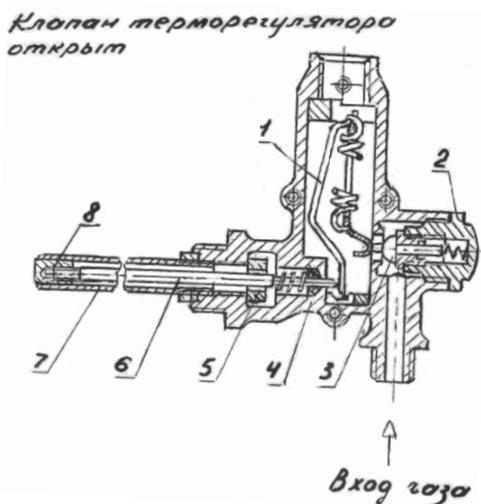


Рис. 1.15. Схема терморегулятора:
1 – рычаг; 2 – стакан; 3 – клапан; 4 – корпус; 5 – ручка-указатель;
6 – стержень; 7 – трубка; 8 – втулка

Терморегулятор при срабатывании (клапан закрыт) переводит работу основной горелки на режим пониженной тепловой мощности, что обеспечивает бесшумное переключение горелки, уменьшает число циклов регулирования и снижает тепловое напряжение газогорелочного элемента.

На рис. 1.16 показано строение и конструкция аппарата Вулкан-7 ВМ2Е (АОГВ-7 ВМ2Е).

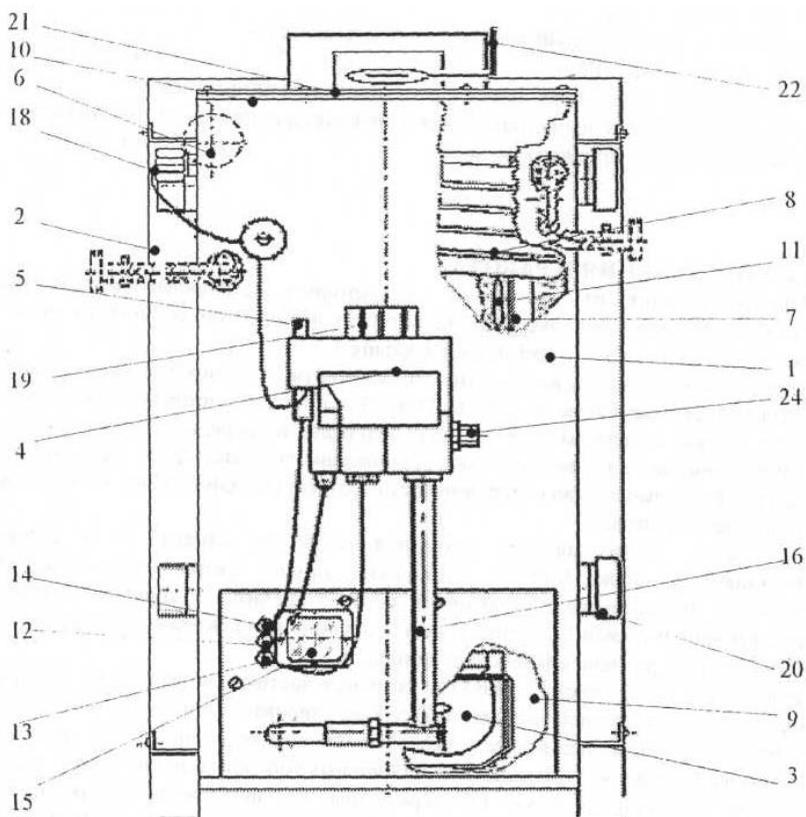


Рис. 1.16. Конструкция аппарата Вулкан-7:

1 – корпус; 2 – облицовочный кожух; 3 – блок горелок; 4 – автоматика; 5 – пьезо-зажигалка; 6 – термометр; 7 – теплообменник; 8 – водонагреватель; 9 – топочная камера; 10 – прокладка; 11 – турбулизатор; 12 – пилотная горелка; 13 – терморпара; 14 – искровой разряд; 15 – смотровое окно; 16 – газопровод; 18 – термобаллон; 19 – ручка управления; 20 – заглушка; 21 – карман для сбора конденсата; 22 – ручка регулирования заслонки; 24 – переходник

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ФИЛЬТРА

Газовые фильтры предназначены для очистки транспортируемого по газопроводам газа от пыли, ржавчины и других механических примесей, которые приводят к преждевременному износу газопроводов, запорной и регулирующей арматуры, нарушают работу контрольно-измерительных и регулирующих приборов.

Фильтры устанавливаются в газорегуляторных пунктах (ГРП), шкафных регуляторных пунктах (ШРП), газорегуляторных установках (ГРУ) перед регуляторами давления газа, а также на газопроводах сжиженных углеводородных газов (СУГ) газонаполнительных станций.

В настоящее время в системах газоснабжения широко используются сварные газовые фильтры типа ФГ (рис. 2.1). Фильтр ФГ состоит из корпуса 1, фильтрующего элемента 2, крышек 3 и 4. Корпус 1 представляет собой сварную конструкцию из труб различного диаметра. Выходной патрубок 5 представляет собой сварной отвод на 90°. Напротив входного патрубка 6 на отводе 5 установлен отбойный лист 7, предназначенный для улавливания крупных механических частиц и защиты отвода от эрозии. На обоих патрубках установлены штуцера 8 для подсоединения дифманометра или индикатора загрязненности фильтра.

Фильтрующий элемент представляет собой сборно-разборную конструкцию и служит непосредственно для очистки газа от механических примесей. Он состоит из катушки 9, фильтрующего материала 10, наружной съемной обечайки 11 и крышек 12. Фильтрующий элемент устанавливается на отвод выходного патрубка.

Крышка 3 предназначена для удаления из корпуса фильтрующего элемента для его очистки или замены, а крышка 4 – для удаления крупных механических частиц.

В процессе эксплуатации фильтра при прохождении газа через фильтрующий элемент механические примеси оседают на фильтрующем материале и происходит засорение фильтрующего элемента. Степень загрязнения определяется дифманометром по падению давления на фильтрующем элементе. Допустимое падение давления – 10 кПа.

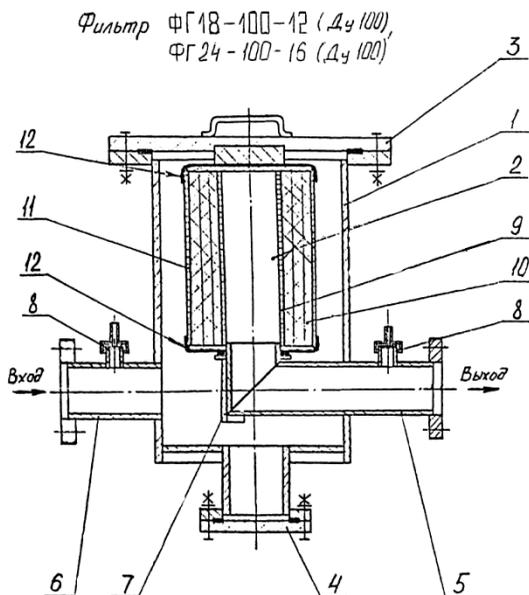


Рис. 2.1. Газовый фильтр ФГ

Фильтры ФГ изготавливаются шести калибров с условным проходом 25, 50, 80, 100, 150 и 200 мм.

При первоначальной установке оборудования ГРП или ГРУ фильтр подбирается таким образом, чтобы его сопротивление для заданного расчетного расхода газа не превышало 40 % от максимально допустимого в процессе эксплуатации, т. е. не более 4 кПа.

Падение давления в газовом фильтре ΔP_{ϕ} (Па) при рабочих параметрах газа и расчетном расходе V_p ($\text{м}^3/\text{ч}$) рассчитывается по формуле

$$\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\phi_0} \left(\frac{V_p}{V_{\phi_0}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_{\phi_0}} \cdot \frac{D_{\phi_0}}{\rho_{\phi_0}}, \quad (2.1)$$

где ΔP_{ϕ} – сопротивление фильтра (МПа) при расходе газа V_{ϕ} ($\text{м}^3/\text{ч}$), давлении газа перед фильтром P_{ϕ} (МПа) и плотности газа $\rho_{\phi} = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$ (принимается по паспортным данным прил. 1);

P_{ϕ} – давление газа перед фильтром, МПа;

ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³.

Задачей лабораторной работы является экспериментальное и расчетное определение сопротивления фильтра при движении через него потока газа.

Предварительно необходимо ознакомиться с конструктивным устройством, назначением и местоположением всего рабочего оборудования газорегуляторной установки (рис. 2.2): фильтром, регулятором давления, газовым счетчиком, предохранительно-сбросным клапаном (ПСК), обратить внимание на размещение запорных устройств, присоединение импульсных и продувочных газопроводов. Устройство регулятора давления рассматривается в лабораторной работе № 3, газового счетчика – лабораторной работе № 4, а предохранительного сбросного клапана показано на рис. 2.3.

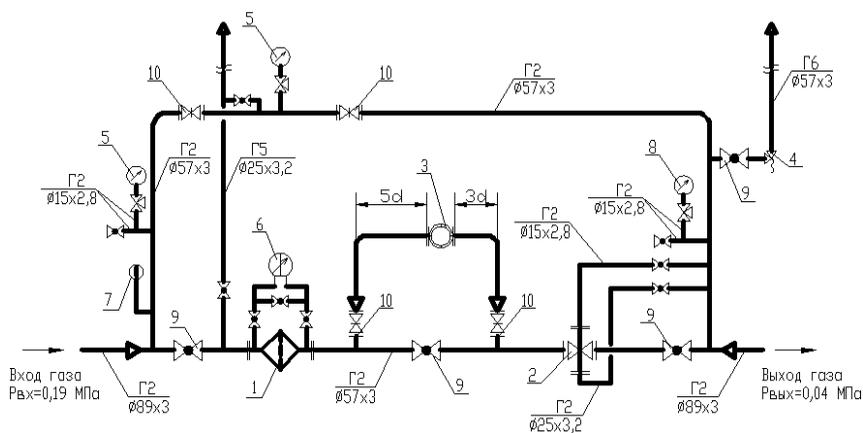


Рис. 2.2. Схема газорегуляторной установки.

1 – фильтр газовый ФГ-50; 2 – регулятор давления РГК-50; 3 – счетчик газовый СГ-80-160-1,0; 4 – предохранительный сбросной клапан КПС-50С2; 5 – манометр показывающий МП100П-0,6 МПа; 6 – дифманометр показывающий ДМП100П-0,05 МПа; 7 – термометр технический ТТП-2Мк 124066 (-35+50); 8 – напормер показывающий НП100М-60 кПа; 9 – кран шаровой КШ-50; 10 – задвижка клиновья с не подвижным шпинделем чугуная 30ч476к4 Ду50

Клапан предохранительный сбросной КПС-50 предназначен для сброса в атмосферу газа при выходе контролируемого давления за установленные пределы.

Корпус 1 КПС-50 выполнен в виде усеченного конуса с фланцем, седлом 2 и двумя отверстиями: входным 3 и выходным 4. Клапан 5 жестко соединен с мембраной 6, которая, в свою очередь, закреплена между фланцем корпуса 1 и крышкой 7. Регулировочный винт 8 обеспечивает перемещение тарелки 9, которая сжимает пружину 10, усилие которой определяет настройку клапана на давление срабатывания. Рычаг 11 предназначен для принудительного открытия клапана 5 и используется для продувки при техническом обслуживании.

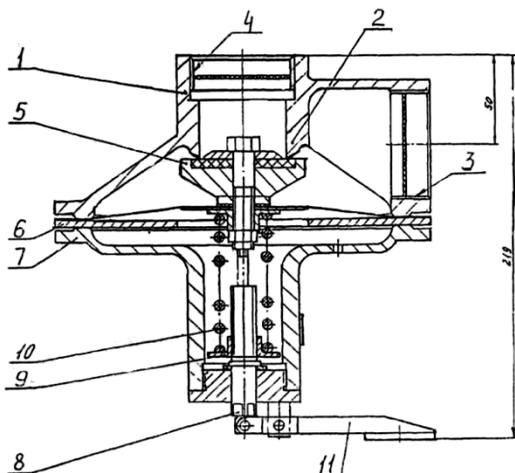


Рис. 2.3. Клапан предохранительный сбросной КПС-50

Работа клапана происходит следующим образом. Газ из сети через входное отверстие корпуса попадает на мембрану. Если давление газа в сети ниже контролируемого давления, то выходное отверстие закрыто клапаном 5 от усилия пружины. Когда давление газа в сети превышает установленное значение давления срабатывания, мембрана, преодолевая усилие пружины, отрывает клапан 5 от седла 2, открывая при этом выход газа в атмосферу через выходное отверстие. Сброс газа будет происходить до снижения давления газа в сети ниже установленного, после чего, под действием пружины клапан закроется.

Технические характеристики клапана КПС-50 приведены в прил. 2.

После ознакомления с оборудованием ГРУ приступают к выполнению лабораторной работы. Производят измерение полного да-

ления на входном участке газопровода среднего давления с помощью манометра 5, перепада давления в фильтре по дифманометру 6, температуры газа термометром 7, расхода газа по счетчику 3.

Измеренный расход газа приводится к нормальным условиям по выражению

$$V_p = V_{\text{нр}} \frac{273 \cdot (P_{\text{а}} + D_{\text{а}})}{(273 + t) \cdot 101325}, \quad (2.2)$$

где $P_{\text{г}}$ – давление газа в газопроводе, Па;

$P_{\text{б}}$ – барометрическое давление, Па;

t – температура газа, °С;

$V_{\text{сч}}$ – расход газа по счетчику, м³/ч;

101325 – нормальное барометрическое давление, Па.

Сопротивление газового фильтра следует измерить для переменных значений расхода газа. Опыты повторяются по 2–3 раза.

Данные всех измерений и конечные результаты заносят в таблицу.

№ опыта	Барометрическое давление $P_{\text{б}}$, Па	Входное давление газа P , МПа	Температура газа t , °С	Перепад давления в фильтре $\Delta P_{\text{ф}}$, Па	Расход газа по счетчику $V_{\text{сч}}$, м ³ /ч	Расчетный расход газа $V_{\text{р}}$, м ³ /ч	Расчетный перепад давления в фильтре $\Delta P_{\text{ф}}$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8

Замеренное в процессе выполнения лабораторной работы сопротивление (перепад давления) газового фильтра следует сопоставить

со значением сопротивления, определенным расчетным путем по замеренному давлению газа перед фильтром и расходу.

По результатам определения ΔP_{ϕ} строится кривая зависимости сопротивления фильтра от расхода газа через него. Характер кривой показан на рис. 2.4.

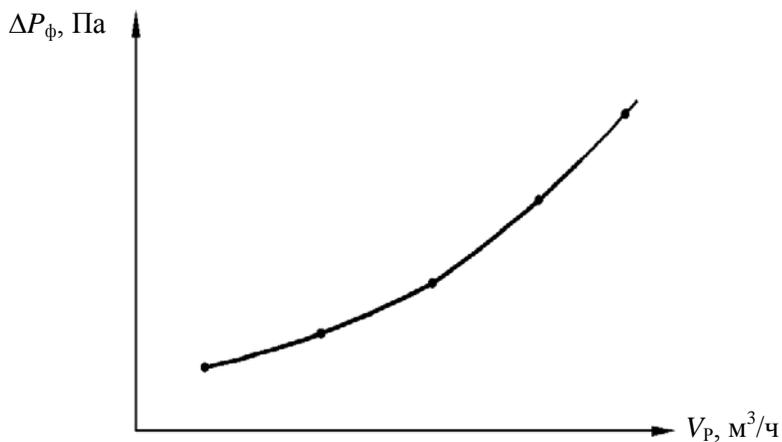


Рис. 2.4. График зависимости сопротивления фильтра от расхода газа через него

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Регуляторы давления являются важными элементами газорегуляторных пунктов и установок, осуществляющих снижение давления газа и поддержание его на заданном уровне. Без постоянного давления газа перед горелками, соответствующего их техническим характеристикам, нельзя безопасно и эффективно сжигать газ в топках котлов, печей и других установок.

В лабораторной работе предусматривается определение производительности комбинированного регулятора давления прямого действия, так как такими регуляторами оснащается подавляющее большинство ГРП и ГРУ бытовых, промышленных и коммунальных потребителей. В состав регуляторов газа комбинированных входят предохранительные устройства (ПЗК, а иногда и ПСК). Такие регуляторы давления предназначены для понижения входного давления газа, автоматического поддержания выходного давления на заданном уровне, автоматического отключения подачи газа при выходе контролируемого давления (выходного) за установленные верхний и нижний пределы, а некоторые и при понижении входного давления сверх установленных пределов.

Регуляторы газа комбинированные РГК (рис. 3.1) состоят из корпуса с двумя крышками, регулятора управления (пилота), двух дросселей, импульсных трубок к пилоту, регулятору и ПЗК. В корпусе регулятора 1 установлена направляющая втулка 2, нижняя часть которой является седлом регулятора 1б, а верхняя – седлом клапана ПЗК 4. Клапан регулятора представляет собой поршень, движущийся в направляющей 5 вместе со штоком 6. Отверстия в клапане служат для выравнивания усилий, действующих на открытие и закрытие клапана. Пружина 7 предназначена для закрытия клапана до поступления управляющего сигнала. Шток жестко связан с тарелками и мембраной. В верхнюю полость А поступает управляющий сигнал от пилота, а в нижнюю Б – импульс выходного давления. Импульс входного давления поступает через отверстия в штоке регулятора в полость В, где возникают усилия, компенсирующие колебания входного давления. Клапан ПЗК 4 установлен на втулке 12, перемещающейся по

штоку регулятора *б* от крайнего нижнего положения (закрыто) до крайнего верхнего положения (открыто). Клапан *4* закрывается автоматически (см. устройство клапана ПКН (В)-50А), а открывается вручную поворотом рукоятки *13* до горизонтального положения. При этом предварительно открывается перепускной клапан, встроенный в клапан ПЗК, и газ с входным давлением поступает на клапан *16* регулятора давления и через отверстия в нем под клапан, разгружает его от одностороннего воздействия входного давления газа. По импульсной трубке входного давления газ поступает на клапан пилота. Для пуска регулятора в работу и настройки его на рабочее выходное давление следует сжать пружину пилота вворачиванием его винта. При этом пружина прогибает мембрану пилота вверх, через толкатель откроет клапан пилота и газ через него по импульсной трубке регулятора управления поступит в надмембранную область *А* регулятора, мембрана *9* опустится вниз и через шток откроет клапан *16*. Газ с понизившимся давлением поступает в газопровод за регулятором. Винт пилота вворачивается до тех пор, пока не установится рабочее давление на выходе (контролируется по манометру).

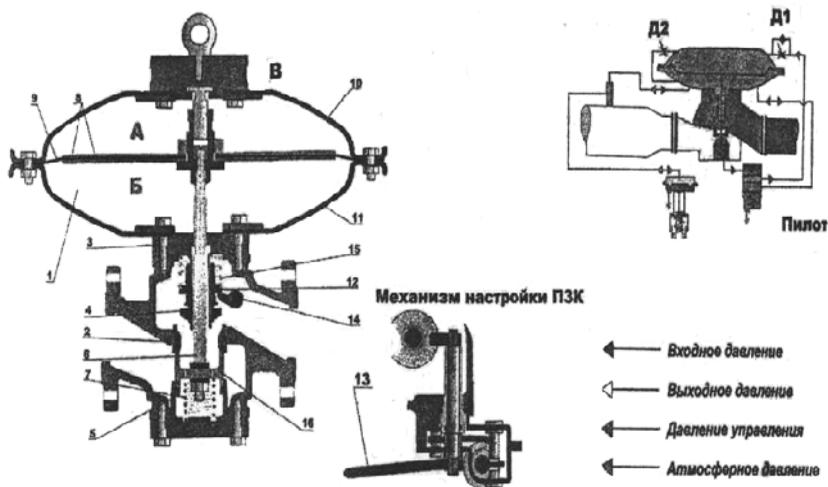


Рис. 3.1. Схема регулятора газа комбинированного РГК-50:

1 – корпус регулятора; *2* – втулка (седло клапана регулятора давления (РД) и предохранительного запорного клапана (ПЗК)); *3* – регулятор; *4* – клапан ПЗК; *5* – направляющая; *6* – шток клапана РД; *7* – пружина клапана РД; *8* – тарелки; *9* – мембрана; *10, 11* – крышки; *12* – втулка клапана ПЗК; *13* – рукоятка ПЗК; *14* – рычаг ПЗК; *15* – пружина клапана ПЗК; *16* – клапан РД

При изменении расхода газа регулятор давления работает следующим образом. При увеличении расхода газа давление за регулятором начнет уменьшаться. Это пониженное давление газа через импульсные трубки выходного давления поступит под мембрану регулятора и в надмембранное пространство пилота. Под действием пружины мембрана пилота поднимется выше и через толкатель больше откроет клапан пилота, в результате чего по импульсной трубке управления большее количество газа поступит в надмембранную полость регулятора давления. Мембрана 9 опустится больше вниз, через шток 6 откроет больше клапан 16 регулятора давления – большее количество газа поступит в газопровод за регулятором и восстановится рабочее давление.

При уменьшении расхода давление газа за регулятором начнет повышаться. Под действием этого давления мембрана пилота прогнется вниз, клапан пилота приоткроется, меньше газа поступит в надмембранное пространство регулятора давления, мембрана 9 прогнется вверх, клапан 16 регулятора прикроется – меньшее количество газа поступит в газопровод за регулятором и давление восстановится до рабочего.

Регуляторы РГК выпускаются с номинальным диаметром входного и выходного патрубка 50, 100, 150 и 200 мм (РГК-50, -100, -150, -200).

Задачей настоящей работы является определение пропускной способности регулятора РГК-50 лабораторным путем и сопоставление ее со значением, вычисленным по расчетным зависимостям. Работа выполняется на установке, схема которой представлена на рис. 2.2.

Для лабораторного определения производительности регулятора давления количество газа, проходящего через него, измеряется с помощью газового счетчика 3.

При определении пропускной способности регуляторов давления расчетным путем исходят из того, что условия протекания газа через регулирующий орган аналогичны условиям протекания газа через сужающееся отверстие; поэтому расчет дроссельных органов производится по формулам, в основе которых лежит теория истечения из отверстий и сопел.

Определение пропускной способности производится в предположении адиабатического истечения газа через седельные отверстия и для полностью открытого клапана. При этом следует учитывать,

что режим работы регулятора зависит от перепада давления в дроссельном органе, т. е. от величины отношения давления после регулятора P_2 к давлению до регулятора P_1 (МПа). При малых перепадах давления происходит докритическое истечение газа, а при определенном перепаде наступает критическое, когда скорость газа равна скорости звука в газовой среде. Критическое отношение давлений для природного газа составляет 0,5. Таким образом, регулятор будет работать в докритическом режиме, когда $P_2/P_1 \geq 0,5$, и в критическом, когда $P_2/P_1 < 0,5$.

Основные технические характеристики регуляторов РГК приведены в прил. 3. Если табличные данные не совпадают с расчетными параметрами, то с достаточной для технических целей точностью для определения пропускной способности регулятора можно использовать следующие зависимости:

при $P_2/P_1 \geq 0,5$

$$V = 0,855 \cdot V_{\delta} \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P_2}{\Delta P_{\delta} \cdot \rho \cdot D_{2\delta}}}, \quad (3.1)$$

при $P_2/P_1 < 0,5$

$$V = 0,855 \cdot \frac{V_{\delta} \cdot P_1}{P_{1\delta} \cdot \sqrt{\rho}}, \quad (3.2)$$

где t – табличное значение параметра;

V и V_T – пропускная способность регулятора, м³/ч;

ρ и ρ_T – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

ΔP и ΔP_T – перепад давления в регуляторе, МПа;

P_1 и P_{1T} – абсолютное давление газа на входе в регуляторе, МПа;

P_2 и P_{2T} – абсолютное давление газа на выходе из регулятора, МПа.

При определении пропускной способности регулятора давления по формулам (3.1) и (3.2) необходимо знать полное давление газа до регулятора и после него.

В газорегуляторной установке (см. рис. 2.2) давление на входном участке газопровода замеряется манометром показывающим 5. До

регулятора давления установлены газовый фильтр 1 и газовый счетчик 3, в которых происходит потеря давления. Следовательно, давление газа на входе в регулятор

$$P_1 = P_{\text{ао}} - P_0 - \Delta P_{\text{н.г}}, \quad (3.3)$$

где $P_{\text{вх}}$ – абсолютное давление газа на входе в ГРУ, равное измеренному по манометру 5 плюс атмосферное P_0 , МПа;

$\Delta P_{\text{ф}}$ – перепад давления в фильтре, замеренный дифманометром 6 или подсчитанный по формуле (2.1), МПа;

$\Delta P_{\text{сч}}$ – потери давления в счетчике, МПа.

Потери давления в счетчике СГ (Па) определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{н.г}} = \Delta P_{\text{н.г}}^{\text{а}} \cdot \frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{а}}}, \quad (3.4)$$

где $\Delta P_{\text{н.г}}^{\text{а}}$ – сопротивление счетчика по воздуху, определяемое по графику (прил. 4) в зависимости от типа счетчика и его загрузки, Па;

ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м³.

Основные технические характеристики счетчиков приведены в прил. 5.

При известном расчетном расходе газа необходимо знать расход газа при рабочих условиях $V_{\text{д}}$ (м³/ч), который измеряется по счетчику или определяется по формуле

$$V_{\text{д}} = \frac{V_{\text{р}} \cdot (273 + t_{\text{г}}) \cdot P_0}{293 \cdot P_{\text{н.г}}}, \quad (3.5)$$

где $t_{\text{д}}$ – среднее значение рабочей температуры газа, °С;

$P_0 = 0,101$ МПа – нормальное атмосферное давление;

$P_{\text{сч}}$ – рабочее давление газа перед счетчиком, МПа

$$P_{\text{сч}} = P_{\text{вх}} - \Delta P_{\text{ф}}. \quad (3.6)$$

Давление газа после регулятора давления определяется напором 8.

Данные измерений и результаты их обработки сводят в следующую таблицу.

№ опыта	Входное давление $P_{вх}$, Па	Перепад давления в фильтре $\Delta P_{ф}$, МПа	Перепад давления в счетчике $\Delta P_{сч}$, МПа	Давление перед регулятором P_1 , МПа	Давление после регулятора P_2 , МПа	Давление газа перед счетчиком $P_{сч}$, МПа	Температура газа t , °С	Расход газа по счетчику V_p , м ³ /ч	Расход газа при рабочих условиях $V_{д}$, м ³ /ч	Пропускная способность регулятора давления V , м ³ /ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

После определения пропускной способности регулятора давления следует проверить устойчивость работы регулятора при данных условиях. Регулятор работает устойчиво, если расчетный расход газа V_p находится в пределах от 20 до 80 % от пропускной способности регулятора.

Лабораторная работа № 4

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ГАЗОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Приборы для измерения давления и разрежения

Жидкостные манометры

Принцип действия данных приборов основан на индикации уровня жидкости в двух сообщающихся сосудах, изменяющегося при изменении давления на поверхности жидкости.

Двухтрубный манометр предназначен для измерения избыточного давления или разрежения газа. Представляет собой U-образную стеклянную трубку, заполненную до половины высоты водой и закрепленную на деревянной панели со шкалой, градуированной в мм. Выпускаются с пределами измерений от 0 до 100; 300 и 600 мм вод. ст.

Дифференциальный тягонапоромер типа ТДЖ. Предназначен для измерения давления, разрежения и разности давлений газов. Состоит из цилиндрического сосуда с водой и сообщающейся с ним измерительной стеклянной трубки. При измерении давления импульсная трубка подключается к бачку, а измерительная соединяется с атмосферой, при измерении разрежения – наоборот. В случае замера разности давлений к сосуду подключается линия с большим давлением. Различные модификации прибора имеют пределы измерений от 0 до 160; 250; 400 и 630 мм вод. ст.

Тягонапоромер жидкостный с наклонной трубкой типа ТНЖ. Предназначен для измерения давления, разрежения или разности давлений газа при статическом давлении до 0,02 МПа. Рабочей жидкостью является этиловый спирт с плотностью 0,85 г/см³ при 20 °С. При замере давления импульсная трубка подключается к штуцеру прибора со знаком «+», при измерении разрежения – к штуцеру со знаком «-». Пределы измерений от 0 до 40; 63; 100 и 163 мм вод. ст.

Чашечный многопредельный манометр предназначен для точных измерений давлений, разрежений и перепада давлений при испытаниях и проверке других манометров. Заполняется этиловым спиртом. Пределы измерений – от 0 до 240 мм вод. ст.

Кольцевой дифманометр типа ДК. Используется для измерений малых величин вакуумметрического и избыточного давления газа. Представляют собой замкнутое полое кольцо с герметической перегородкой в верхней части и разделительной жидкостью (дисциллированная вода или трансформаторное масло) в нижней части, подвешенное на неподвижной оси. Подвод давления в полости кольца осуществляется с помощью гибких трубок. Пределы измерений от 0 до 630; 1000 и 1600 Па.

Выпускаются следующих модификаций: показывающий, самопишущий с электроприводом и самопишущий с часовым механизмом.

Приборы с упругими чувствительными элементами

Действие данных приборов основано на измерении деформации чувствительного элемента (пружина, сильфон, мембрана, мембранная коробка) под действием контролируемого давления.

Трубчато-пружинные манометры. В качестве чувствительного элемента используются трубчатые пружины. Чаще всего применяется трубчатая одновитковая пружина овального сечения (пружина Бурдона). Один ее конец закреплен в держателе, присоединенном к источнику давления при помощи штуцера, другой конец заглушен и через наконечник соединен с секторным передаточным механизмом, состоящим из поводка, сектора и трубки, на ось которой насажена показывающая стрелка манометра. Рассчитаны для измерения плавно изменяющегося давления (разрежения).

Наиболее часто в газовых хозяйствах применяются манометры (МП), нановакуумметры (МВП) показывающие общетехнические с диапазоном измерений от 0 до 2,5 МПа и диаметром корпуса 44; 50; 53; 100 и 163 мм. Класс точности 2,5 или 1,5.

Для измерения и записи избыточного давления газа используются показывающие самопишущие манометры типа МТС. Привод дисковых диаграмм самописцев осуществляется либо от синхронного электродвигателя, либо от часового механизма. Чувствительным элементом является многовитковая манометрическая пружина. Имеют верхний предел измерения 0,025; 0,04; 0,06; 0,1; 0,16; 0,25 и 0,4 МПа.

Сильфонные манометры типа МСС, ВСС. В данных приборах используются сильфонные чувствительные элементы, представляющие собой тонкостенную трубку с поперечной гофрировкой. Изме-

ряемое давление (разрежение) через штуцер и капилляр подводится в полость сильфона, который, расширяясь (сжимаясь), через передаточный механизм поворачивает ось стрелки (пера). Привод дисковых диаграмм самопишущих приборов может быть от синхронного электродвигателя или от часового механизма. Манометры имеют верхний предел до 0,4 МПа.

Напоромеры (НП), тягонапоромеры (ТНП), тягомеры (ТП) предназначены для измерения малых величин соответственно избыточного, нановакуумметрического и вакуумметрического давления различных газов. Мембранные стрелочные приборы широко используются в промышленных котельных и печах для измерения давления газа и тяги в топках. Чувствительный элемент прибора представляет собой герметичную мембранную коробку, состоящую из двух мембран из бронзы, сваренных между собой. Измеряемое давление подводится к штуцеру, соединенному с внутренней полостью мембраны. Приборы выпускаются на различные пределы измерений в диапазоне от 0 до 100 кПа (-100 кПа). Класс точности – 1,5; диаметр корпуса – 63, 100 и 160 мм.

Приборы для измерения температуры

Термометры жидкостные стеклянные

В таких термометрах для определения температуры используется тепловое расширение специальной термометрической жидкости (ртуть, этиловый спирт, толуол и др.).

Они получили широкое распространение благодаря простоте отсчета температуры, большому диапазону и достаточной точности измерений, дешевизне.

Термометры технические жидкостные (ТТ) предназначены для измерения температуры рабочей среды в трубопроводах и на различном оборудовании. В качестве термометрической жидкости используется органическая жидкость. Диапазон измерений – от -35 до $+50$ °С, цена деления шкалы – $1,0$ °С. Применяются в защитных оправах.

Манометрические термометры

Принцип действия данных термометров основан на зависимости давления манометрического вещества в герметически замкнутом

объеме от измеряемой температуры. Давление из термобаллона передается через капилляры различной длины в упругий чувствительный элемент (пружину), связанный со стрелкой-указателем.

Манометрические термометры применяют для непрерывного дистанционного измерения температуры газов, жидкостей и паров в диапазоне от -200 до $+1000$ °С. Могут быть показывающими, самопишущими и комбинированными.

Показывающие термометры могут выпускаться с электрическим и пневматическим выходными сигналами. Сигнализирующие электроконтактные термометры предназначены не только для измерения температуры среды, но и для сигнализации при отклонении ее от заданного диапазона. Самопишущие термометры с дисковой диаграммой имеют привод диаграммы от микроэлектродвигателя или от часового механизма.

Термометры сопротивления

Принцип действия основан на способности различных материалов менять электрическое сопротивление с изменением температуры. В зависимости от материала чувствительного элемента они подразделяются на платиновые (ТСП) и медные (ТСМ). Широко используются в качестве датчиков при измерении температуры жидких и газообразных сред, для дистанционного измерения температуры в трубопроводах. Термометр сопротивления работает в комплекте с вторичными электроизмерительными приборами, измеряющими его сопротивление и показывающими соответствующую температуру среды. Используются в приборах измерительных ПИ-002. ТСП предназначены для работы в диапазоне температур от -200 до $+750$ °С, ТСМ – от -50 до $+180$ °С.

Термоэлектрические приборы

Термоэлектрический метод измерения температуры основан на возникновении термоэлектрической силы в результате нагрева спая двух электродов различных сплавов. Величина термоЭДС зависит от материалов электродов и температуры горячего и холодного спаев термопары. Термопары, так же как и термометры сопротивления, являются датчиками и работают со вторичными электроизмерительными приборами – милливольтметрами и потенциометрами, изме-

ряющими ЭДС термопары и показывающими соответствующую ей температуру. Применяются также в приборах измерительных ПИ-002.

Термометры биметаллические

Термометры биметаллические (ТБП) показывающие предназначены для измерения температуры различных неагрессивных сред. В качестве измерительного инструмента используется спираль биметаллическая. Выпускаются с диаметром корпуса 63 и 100 мм, длиной гильзы – 50, 100 и 160 мм. Класс точности – 2,5; предел измерений от 0 до 200 °С.

Приборы для измерения расхода газа

Для измерения расхода газа используется большое количество типов расходомеров. Они предназначены для измерения и учета объемного расхода при рабочих и стандартных условиях в системах газоснабжения. К наиболее распространенным расходомерам относятся: расходомеры переменного перепада давления при помощи стандартных сужающих устройств (диафрагмы, сопла, трубы и сопла Вентури) или осредняющими напорными трубками, устанавливаемые поперек трубопровода, и вихревые тахометрические (ротационные, турбинные), ультразвуковые, электромагнитные.

Газовый счетчик барабанный с жидкостным затвором типа ГСБ-400

Данный счетчик является прибором лабораторного типа и используется для измерения небольших расходов газа (до 0,4 м³/ч).

Схема счетчика представлена на рис. 4.1. Газ под давлением через входной патрубок 1 поступает по центральному каналу в секцию I вращающегося внутреннего барабана 3. Из секций II и III газ вытесняется водой в кольцевой зазор и выходной патрубок 2. Объем газа, проходящего через счетчик, пропорционален числу оборотов барабана, регистрирующихся счетным устройством.

Счетчики газа мембранные (диафрагменные)

Счетчики газа мембранные СГМ, СГМН-1, «Берестье», СГБ, СГБТ и диафрагменные СГД предназначены для измерения объемного расхода газа низкого давления (природного или паров сжиженного

углеводородного газа), прошедшего через счетчик, в жилых домах и объектах социального назначения.

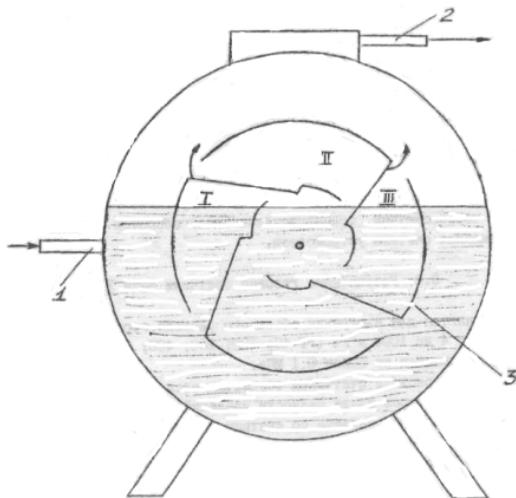


Рис. 4.1. Газовый счетчик ГСБ-400

Счетчики выпускаются типоразмеров G1,6; G2,5; G4; G6 с номинальным расходом соответственно 1,6; 2,5; 4,0 и 6,0 м³/ч. Рабочий диапазон расхода газа – 0,016–10,0 м³/ч, максимальное рабочее избыточное давление – 10 кПа. Потери давления на счетчике от 60 до 200 Па.

Счетчик состоит из двух камер объемом 1,2 или 2 дм³, внутренние полости которых разделены газопроницаемыми мембранами (диафрагмами). Объем протекающего газа измеряется мембранами, изменяющими форму и перемещающимися за счет разности давлений на входе и выходе счетчика. Возвратное движение мембран через рычажный механизм и золотниковую систему передается на отсчетное устройство. Число оборотов кривошипного механизма прямо пропорционально числу сдвигов мембран и тем самым объему протекающего газа. Контрольный элемент отсчетного устройства выполнен в виде шкалы с ценой деления 0,2 дм³. Обратному ходу измерительного механизма препятствует предохранительный штифт, который находится в кривошипном механизме.

Корпус счетчиков изготавливается из алюминиевого сплава высокой прочности и коррозионной устойчивости. Измерительные мембраны изготавливаются из синтетических материалов.

Счетчики выпускаются двух исполнений в зависимости от направления потока газа через счетчик (слева направо и справа налево). Направление потока газа указывается стрелкой на корпусе счетчика.

Счетчик газа СБГТ имеет механический температурный компенсатор, основным элементом которого является биметаллическая спираль, влияющая на изменение измерительного объема счетчика в зависимости от температуры газа.

На рис. 4.2. показан газовый счетчик «Берестье» типоразмеров G4 и G6.

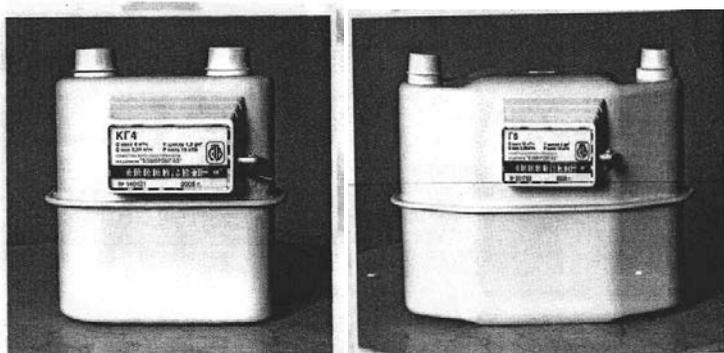


Рис. 4.2. Счетчик газовый «Берестье»

Тахометрические расходомеры газа

Тахометрическими называются расходомеры, основанные на использовании зависимости скорости движения (вращательного, колебательного, нутационного или иного) тела, помещенного в поток движущейся среды, от расхода измеренной среды. Наиболее распространены турбинные и ротационные (камерные) конструкции тахометрических расходомеров.

Турбинные счетчики газа СГ-16(75)М применяются для измерения объема и расхода природного газа в напорных трубопроводах газораспределительных пунктов и станций (ГРП, ГРС), теплоэнергетических установок и других технологических объектов в газовой и других областях промышленности в условиях среднего и высокого давлений. В них используется косвенный метод измерения. Газ, проходящий через счетчик, приводит во вращение находящуюся в его потоке турбину. Число оборотов турбины прямо пропорциональ-

но объему протекающего газа. Вращательное движение турбины посредством многоступенчатого редуктора передается на счетный механизм, регистрирующий рабочий объем прошедшего газа.

Турбинные счетчики обладают высокой точностью и широкими пределами измерения, имеют низкие потери давления при относительно несложной конструкции. Для счетчиков газа СГ-16М (СГ-75М) диапазон измерений составляет от 2,0 до 2500 м³/ч, максимальное рабочее давление 1,6 МПа (7,5 МПа для СГ-75М), размер трубопровода D_y – от 50 до 200 мм, диапазон температуры окружающей среды – от –30 до +70 °С, потери давления в зависимости от загрузки счетчика – от 30 до 500 Па, допустимая относительная погрешность не превышает $\pm 2\%$ в диапазоне расходов от 10 до 20 % V_{\max} и $\pm 1\%$ в диапазоне расходов от 20 до 100 % V_{\max} . Следует отметить, что точность измерения зависит от характера потока газа. Требуемая точность измерения для турбинного счетчика обеспечивается только в условиях ламинарного (равномерного и безвихревого) потока газа в измеряемом трубопроводе. Для формирования требуемого характера потока газа для турбинных счетчиков СГ-16М необходимы прямолинейные участки до и после счетчика величиной от $5D_y$ и $3D_y$ соответственно.

Схема установки счетчика газа СГ-16М представлена на рис. 4.3.

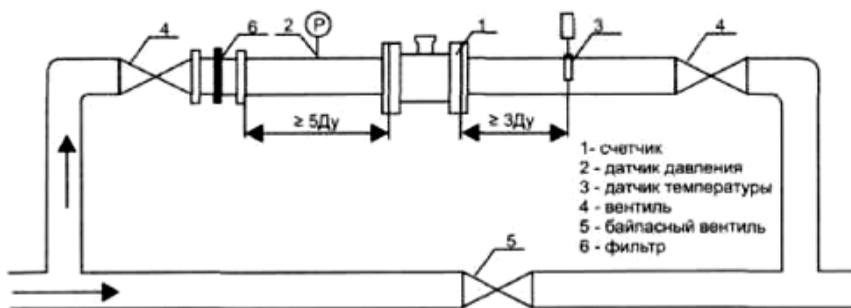


Рис. 4.3. Схема монтажа счетчика газа СГ-16М

Для измерения объема стационарных потоков газа в ГРС, ГРП, котельных и т. д. в пределах от 8 до 1600 м³/ч при давлении до 1,6 МПа могут быть использованы турбинные счетчики газа СТГ. Данные счетчики выпускаются калибром 50, 80, 100 и 150 мм, турбина изготавливается с «вечным» подшипником (не требует смазки), длина прямого участка трубопровода перед счетчиком $2D_y$.

В отличие от турбинных в ротационных счетчиках газа используется прямой метод измерения, что и обуславливает их преимущества. Принцип работы счетчика RVG основан на вытеснении газа роторами. При поступлении газа в счетчик увеличивается перепад давления между входом и выходом из него, что вызывает вращение роторов, которые соединены с помощью высокоточных синхронизированных зубчатых колес. Роторы вращаются во взаимно противоположных направлениях. Контакт металла с металлом между роторами и корпусом счетчика нет. При работе счетчика измерительная камера, образованная пространством между ротором и корпусом, периодически наполняется газом и опорожняется. Вращение роторов с помощью редукторов передается на счетную головку, которая регистрирует объем газа при рабочих условиях.

Ротационные счетчики газа, как и турбинные, имеют широкий диапазон измерения, высокую точность и малое сопротивление. Для счетчиков газа RVG диапазон измерений составляет от 0,8 до 400 м³/ч, максимальное рабочее давление – до 1,6 МПа, размер трубопровода D_y – от 50 до 100 мм, диапазон температуры окружающей среды – от –30 до +70 °С, измеряемой среды от –20 до +60 °С, относительная погрешность не превышает $\pm 2\%$ в диапазоне расходов от $V_{\text{порог}}$ до $0,1V_{\text{max}}$ и $\pm 1\%$ в диапазоне расходов от $0,1V_{\text{max}}$ до V_{max} . При установке данных счетчиков не требуется прямых участков газопровода и монтаж может производиться как на горизонтальном, так и вертикальном участке трубопровода. К достоинствам счетчика RVG следует также отнести малую инерционность механической системы и, следовательно, низкую погрешность измерения объема газа в прерывистом режиме работы счетчика, что особенно важно при использовании в автономных газовых котельных. Данный счетчик характеризуется пониженным уровнем шума по отношению к другим типам счетчиков. К недостаткам ротационного счетчика необходимо отнести ограниченный верхний диапазон расхода – до 400 м³/ч. Кроме того при эксплуатации рекомендуется применять фильтры или коническое сито для улавливания частиц размером более 0,25 мм. При сильно загрязненном газе следует применять добавочный фильтр, который улавливает частицы размером более 0,05 мм.

Схема установки счетчика RVG показана на рис. 4.4.

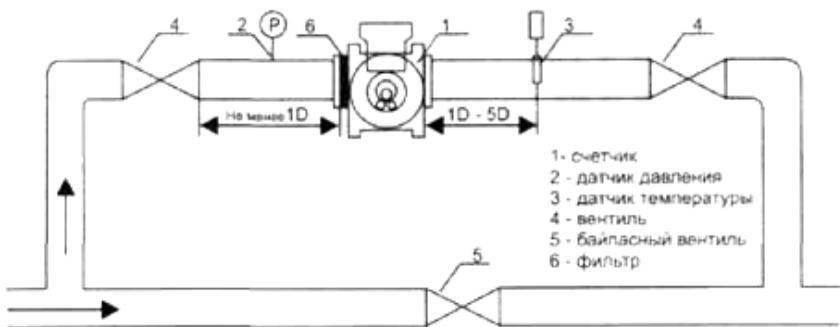


Рис. 4.4. Схема установки счетчика газа RVG

Ротационные и турбинные счетчики газа измеряют объемные расходы в реальных (рабочих) объемных единицах. Для приведения рабочего объемного расхода V_d к нормализованным условиям необходимо знать температуру T , давление P и коэффициент сжимаемости измеряемой газовой среды $K_{сж}$. Для этого перед счетчиком устанавливается датчик давления, а после – датчик температуры, выходные измерительные каналы которых подключаются к вычислительному устройству. В вычислителе расход газа при стандартных условиях V_n определяется из уравнения

$$V_i = \frac{V_{\dot{a}} \cdot P \cdot 293,15}{101,325 \cdot (173,15 + t) \cdot K_{\text{газ}}}, \quad (4.1)$$

В настоящее время в системах газоснабжения широко используются измерительные комплексы учета газа СГ-ЭК, КИ-СТГ и системы измерительные ИСТОК (СИ ИСТОК) (рис. 4.5). Они включают в себя турбинный счетчик газа типа СГ-16М, СТГ или ротационный типа RVG с импульсным выходным сигналом; электронный корректор объема газа со встроенным в корпус датчиком абсолютного давления; датчик температуры (термометр сопротивления Pt-500), вмонтированный в корпус счетчика газа. Принцип действия измерительного комплекса и системы основан на одновременном измерении объемного расхода, давления и температуры газа с последующим вычислением, обработкой и архивированием приведенного к стандартным условиям объема газа с учетом коэффициента его сжимаемости. Возможны дистанционная передача с помощью модема

всех вычисленных, введенных и хранящихся в памяти электронного корректора параметров по запросу или заданной программе.

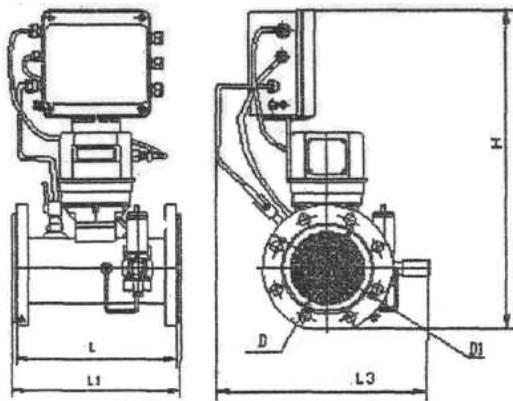


Рис. 4.5. Измерительный комплекс учета газа СГ-ЭК

Вихревые расходомеры газа

В вихревых расходомерах используется явление, названное «испускание вихря», которое наблюдается при встрече потока газа с необтекаемым препятствием (вихреобразующим телом). Периферийные слои потока не могут обтекать определенные контуры вихреобразующего тела и отделяются от его поверхности, формируя вихри, которые движутся по направлению потока (так называемая «вихревая дорожка Кармана»). Частота образования вихрей (при $Re > 3800$) прямо пропорциональна значению скорости потока газа, а следовательно, объемному расходу. Чередующиеся перепады давления, вызванные возникновением вихрей, воспринимаются DSC-сенсором, который преобразует пульсации давления в электрические сигналы.

Точное измерение расхода газа вихревыми расходомерами достигается при соблюдении достаточных длин входных и выходных участков газопровода ($15-50D_y$ до расходомера и до $5D_y$ после). При наличии нескольких препятствий, нарушающих поток, прямые участки должны быть увеличены. При ограниченном пространстве и большом диаметре газопровода не всегда возможно выполнение указанных выше рекомендаций. В этом случае следует применять специальный выпрямитель потока (например, перфорированный), позволяющий уменьшить длину выходного участка до $10D_y$. Струе-

выпрямитель потока устанавливается между двумя фланцами и центрируется фланцевыми болтами. Он эффективно выпрямляет профиль потока и имеет незначительное сопротивление. Потеря давления на выпрямителе потока Δp , мбар, рассчитывается по формуле

$$\Delta \delta = 0,0085 \cdot \rho \cdot w, \quad (4.2)$$

где ρ – плотность газа, кг/м³;

w – скорость газового потока, м/с.

Вихревые расходомеры монтируются на газопроводе в любом положении и в любой ориентации. Датчики температуры и давления устанавливаются ниже расходомера по направлению потока (на расстоянии 5D_y и 6D_y соответственно), чтобы не оказывать влияние на вихреобразование.

Наибольшее распространение получили вихревые расходомеры газа PROWIRL и «ИРГА-РВ» (рис. 4.6). Для данных расходомеров характерны универсальность (могут быть использованы для измерения любых газов в широком диапазоне температур и давлений); широкий динамический диапазон измерения (V_{\max} / V_{\min} от 15 до 50); высокая точность (1,0–1,5 %) и долговременная стабильность (межповерочный интервал четыре года), низкие потери давления и низкая стоимость установки; минимальные эксплуатационные затраты. К недостаткам вихревых расходомеров следует отнести уменьшение точности измерения при числе Рейнольдса $Re < 20000$ и ограниченный диаметр условного прохода (применяются для $D_y < 400$ мм).

Технические характеристики расходомеров PROWIRL («ИРГА-РВ»): номинальный диаметр – 15–400 мм (32–300 мм); диапазон измерений – 1,3–20000 м³/ч (4–16000 м³/ч); рабочее давление – 0–1,2 МПа, вариант 4,0 МПа (0–1,6 МПа); температура газа – –200–+400 °С (–12–+65 °С); точность измерений – 1,0–1,5 %; потери давления при номинальном расходе и низком давлении газа – не более 1,5 кПа.

Измерительные комплексы в комплекте с вихревыми расходомерами газа (PROWIRL GAS, СИ ИСТОК-ГАЗ-03, «ИРГА») предназначены для коммерческого и технологического измерения и учета с приведением к стандартным условиям объема потоков газа. В состав комплекса входят вычислитель, вихревой расходомер газа, датчики давления и температуры. Счетчик выполняет преобразование мгновенных значений расхода, давления, температуры в значения

физических величин, вычисляет и ведет учет расхода и количества газа при рабочих и стандартных условиях. Счетчик архивирует и хранит результаты измерений, параметры газоснабжения, время работы счетчика, время возникновения нештатных ситуаций и всех санкционированных вмешательств оператора в работу счетчика, а также обеспечивает вывод данных из вычислителя на печатное устройство и (или) на удаленный компьютер (рис. 4.6).

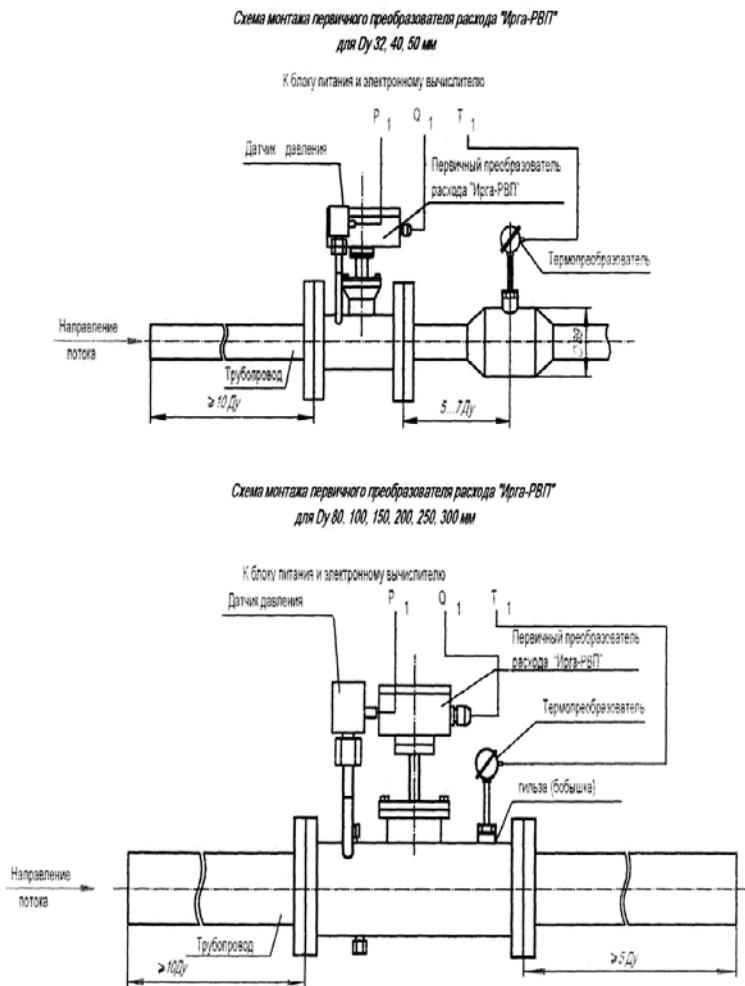


Рис. 4.6. Измерительный комплекс с вихревым расходомером газа «ИРГА-РВ»

Расходомеры с сужающими устройствами

В основу метода измерения расхода по перепаду давления положено использование (для получения измерительной информации) зависимости перепада давления транспортируемого вещества на неподвижном сужающем устройстве, установленном в трубопроводе, от расхода измеряемой среды.

Принцип действия расходомеров с сужающими устройствами (рис. 4.7) основывается на том, что при протекании потока через сужающее устройство скорость потока повышается по сравнению со скоростью до сужения, а статическое давление падает. По измеренному перепаду давления ΔP в соответствии с градуировочной характеристикой $\Delta P = f(V)$ определяется расход вещества.

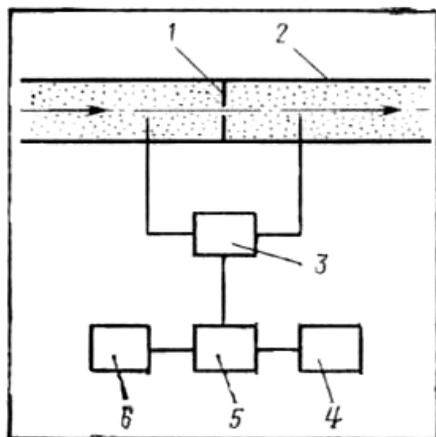


Рис. 4.7. Принципиальная схема расходомера с сужающими устройствами.
1 – сужающее устройство; 2 – трубопровод; 3 – приемник перепада давления;
4 – регистрирующее устройство; 5 – преобразователь;
6 – показывающее устройство

В данных расходомерах используются стандартные сужающие устройства, геометрические размеры и условия применения которых регламентированы в соответствии с ГОСТ 8.586.(1-5)–2005. Используются следующие сужающие устройства: диафрагмы, сопла, трубы Вентури, которые схематично показаны на рис. 4.8.

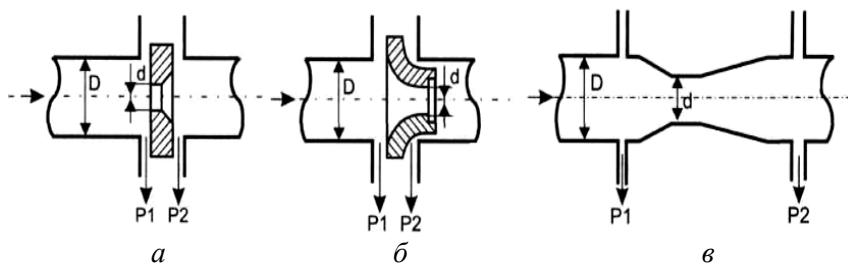


Рис. 4.8. Стандартные сужающие устройства:
a – диафрагма; *б* – сопло; *в* – труба Вентури

Диафрагма представляет относительно тонкий диск с центральным круглым отверстием, ось которого, должна совпадать с осью трубы. Передняя (верхняя) часть отверстия имеет цилиндрическую форму, переходящую в коническое расширение. Стандартные диафрагмы устанавливаются на газопроводах диаметром не менее 50 мм. Сопло имеет профилированную входную часть, которая плавно переходит в цилиндрический участок диаметром d . Выходная цилиндрическая часть сопла имеет цилиндрическую выточку диаметром несколько большим d , сужающую для предохранения измерительной части сопла от повреждений. Стандартные сопла также устанавливаются на газопроводах диаметром не менее 50 мм. Труба Вентури состоит из входного цилиндрического участка, сходящейся конической части (конфузора), горловины и расходящейся конической части (диффузора).

На рис. 4.8 обозначения P_1 и P_2 соответствуют точкам отбора давления и подключения к дифманометру, причем $P_1 > P_2$.

При использовании рассматриваемого метода измерения расхода газа необходимо выполнить следующие условия:

1) характер движения потока до и после сужающего устройства должен быть турбулентным и стационарным. При наличии нарушающих поток сужений, расширений, изгибов труб, регулирующих или управляющих устройств длина входного участка газопровода до сужающего устройства может составлять $80-100 D_v$ и $10 D_v$ после;

2) на поверхности сужающего устройства не должны образовываться отложения, изменяющие его геометрию;

3) если в процессе эксплуатации происходит загрязнение трубопровода, отложение осадков перед сужающим устройством, то мо-

жет возникнуть значительная погрешность измерения. При загрязнении или зарастании газопровода уменьшается его сечение, что увеличивает коэффициент скорости входа и возрастание шероховатости. Это приводит к появлению отрицательной ошибки, которая может достигнуть значительной величины.

Расходомеры с сужающими устройствами используются на газопроводах диаметром 50–1000 мм, давление измеряемой среды – 0,1–10,0 МПа, температура природного газа – от –40 до +80 °С, динамический диапазон расхода – 5–100 %, предел относительной погрешности измерения – $\pm 1,5$ %.

Расходомеры данного типа получили широкое применение вследствие простоты изготовления и универсальности применения. Рассматриваемый метод является самым надежным, апробированным и распространенным. Для него характерны точность при правильной установке; стабильная повторяемость результатов измерения; прямая установка в процесс; простота калибровки, поверки и обнаружения неисправностей устройства; распространенные во всем мире промышленные стандарты.

К недостаткам метода можно отнести небольшой (1:3,5) диапазон измерения расхода; высокие потери давления у диафрагм; индивидуальное изготовление для конкретных параметров среды и потока.

Рассматриваемые расходомеры используются в измерительных комплексах СИ ИСТОК-ГАЗ-01 и ROC-FloBass.

Расходомеры с осредняющими напорными трубками

Напорные устройства создают перепад давления (ΔP), зависящий от динамического давления потока, т. е. от скорости потока в месте их установки. Создаваемый в них перепад давления пропорционален квадрату скорости газа в трубопроводе. Объемный расход газа при применении осредняющих напорных трубок определяется по формуле

$$V = K \sqrt{\Delta P}, \quad (4.3)$$

где K – коэффициент расхода трубки.

Осредняющая напорная трубка встраивается по диаметру трубы в протекающий поток газа. Падение давления на ней минимально,

так как она очень мало ограничивает поток. Сенсорные отверстия расположены на двух сторонах трубки: как против течения, так и по нему (рис. 4.9). Отверстия соединены со сдвоенными усредняющими камерами, а число их пропорционально диаметру газопровода. Отверстия, направленные против течения, и соответствующая камера воспроизводят среднее давление скоростного напора. Отверстия, направленные по течению, и соответствующая камера воспроизводят среднее опорное давление. Их разность дает точный и стабильный сигнал перепада давления, который пропорционален расходу газа. Осредняющая напорная трубка обеспечивает точность $\pm 1\%$ от значения расхода при изменении потока 10:1.

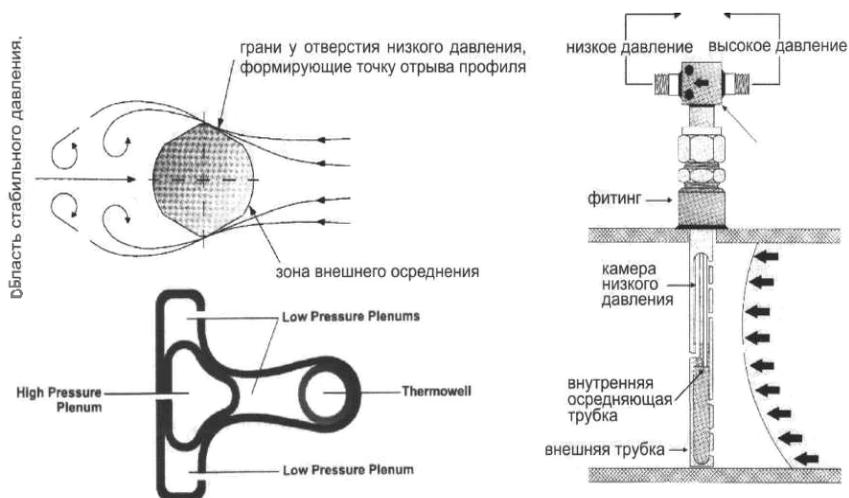


Рис. 4.9. Структура и принцип действия осредняющей напорной трубки

Для получения от передающих напорных трубок точных и воспроизводимых измерений расхода газа дифференциальное давление должно превышать 5 мм водяного столба (49,05 Па) при минимальном расходе. Данные расходомеры устанавливаются на трубопроводах диаметром 50–1800 мм; длина измерительного участка до трубки – $8-30 D_y$ (со струевыпрямителем $8 D_y$), после нее – $4 D_y$; динамический диапазон расхода 10–100 %; максимальная потеря давления – 0,01 МПа.

К достоинствам рассматриваемых расходомеров следует отнести: широкий динамический диапазон измерения ($V_{\max}/V_{\min} > 8$); высокая точность и долговременная стабильность; возможность установки и замены без остановки потока; простая методика поверки трубок; низкие потери давления; простая и низкая стоимость установки (особенно на газопроводах $D_y \geq 200$ мм).

К недостаткам осредняющих напорных трубок необходимо отнести уменьшение точности измерения при $Re < 20000$ ($Re < 15000$ для больших диаметров); индивидуальное исполнение для конкретных параметров среды и потока.

Рассматриваемые расходомеры используются в измерительных комплексах СИ ИСТОК-ГАЗ-02 и ROC-FluBoss.

Ультразвуковые расходомеры

Принцип действия этих расходомеров основан на зависимости скорости распространения ультразвука относительно трубы от скорости потока. При движении среды происходит снос ультразвуковой волны, который приводит к изменению полного времени распространения ультразвукового сигнала между электроакустическими преобразователями: по потоку время распространения уменьшается, а против потока возрастает. Таким образом, ультразвуковые преобразователи осуществляют измерение разности времени распространения ультразвукового сигнала по потоку и против него. Данная величина пропорциональна скорости потока и, следовательно, расходу.

Следует отметить, что ультразвуковые расходомеры чаще всего используются для измерения расходов жидких сред, так как в газовой среде коэффициент поглощения ультразвука велик, а интенсивность распространения ультразвуковой волны мала.

Счетчик газа ультразвуковой промышленного применения СПП-1 (рис. 4.10) предназначен для измерения объема потребляемого природного газа с приведением к стандартным условиям. Устанавливается в промышленных установках и узлах учета газа, в том числе во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок. Используется на газопроводах D_y 50 и 80 мм при абсолютном давлении газа от 0,1023 до 0,7 МПа; расход газа – от 2 до 250 м³/ч (номинальный расход 65, 100 и 160 м³/ч); температура измеряемого газа от –40 до +50 °С; допустимая относительная погрешность – ± 1 %; поте-

ри давления при наибольшем расходе – не более 800 Па. Может устанавливаться на горизонтальных и вертикальных участках газопровода. Прямолинейный участок газопровода до счетчика $\geq 10 D_y$, после счетчика $\geq 5 D_y$ (при установке струевыпрямителя $\geq 5 D_y$ и $\geq 3 D_y$ соответственно).



Рис. 4.10. Счетчик газа ультразвуковой СГП-1

К достоинствам счетчика следует отнести высокую точность измерения, защиту от несанкционированного сброса показаний, сохранение информации при обесточивании, низкие потери давления.

Недостатками счетчика является зависимость показаний расходомера от профиля скоростей в потоке, формирующегося и изменяющегося по мере изменения (увеличения или уменьшения) расхода, и от температуры и давления газа, оказывающих влияние на скорость ультразвука.

Приборы для контроля загазованности

При эксплуатации систем газоснабжения необходим контроль плотности подземных и наземных газопроводов, загазованности помещений и сооружений и концентрации горючего газа в трубопроводах и емкостях после продувки их воздухом для выполнения ремонтных работ. Для этого используются специальные приборы – газоиндикаторы. Наиболее широкое применение в газовых хозяйствах

получили индикаторы газов, искатели утечек горючих газов, газоанализаторы, сигнализаторы загазованности, шахтные интерферометры.

Индикаторы газов

Индикаторы и искатели утечек горючих газов предназначены для поиска мест утечки углеводородных газов из газовой аппаратуры, оборудования и газопроводов. Состоят из пластмассового или алюминиевого корпуса с размещенными внутри него блоком сигнализации, аккумуляторной батареи и зонда. Внутри зонда размещается датчик электронного или термокатолитического типа, защищенный противоударной арматурой.

Принцип работы данных приборов основан на регистрации изменения сопротивления активного элемента датчика при воздействии на него газа. Это изменение преобразуется в электрический сигнал, увеличивается усилителем и включаются блоки световой и звуковой сигнализации.

Диапазон работы приборов по метану в месте утечки – 0,01–100 об. %; время срабатывания сигнализации – не более 3 секунд.

При подготовке прибора к работе необходимо установить в отсек блока питания комплект заряженных аккумуляторов и подсоединить к нему зонд.

Для проверки работоспособности индикаторов газа зонд включенного прибора можно поместить на расстоянии 5–10 см от горелки газовой плиты и открыть кран горелки на 1–1,5 секунды – должна сработать сигнализация.

При работе зонд прибора необходимо перемещать вдоль проверяемого газопровода, арматуры или оборудования на расстоянии не более 10 мм от мест возможных утечек.

Индикатор газов ИГ-11 показан на рис. 4.11. Прибор состоит из алюминиевого корпуса с двумя крышками – верхней и нижней. На передней панели находятся органы управления и индикации: кнопки включения и установки нуля; светодиодные индикаторы уровня загазованности и состояния аккумуляторов; отверстие звукового излучателя для звуковой сигнализации. На верхней крышке прибора расположен съемный датчик (преобразователь полупроводниковый), защищенный от механических повреждений колпачком. При обследовании труднодоступных мест датчик располагается на удлинителе.

На нижней крышке имеется разъем для зарядки аккумуляторной батареи блока питания и светодиод для индикации зарядки.

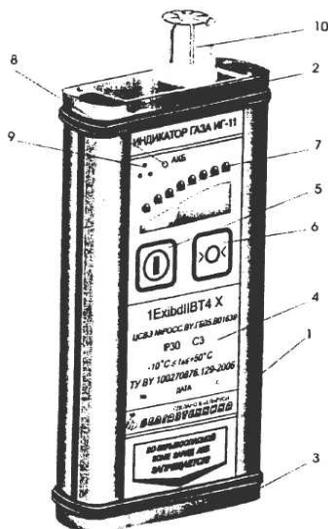


Рис. 4.11. Индикатор газов ИГ-11:

1 – корпус; 2 – верхняя крышка; 3 – нижняя крышка; 4 – передняя панель; 5 – кнопка включения; 6 – кнопка установки нуля; 7 – светодиодные индикаторы уровня загазованности; 8 – светодиодный индикатор состояния аккумуляторов; 9 – отверстие звукового излучателя для звуковой сигнализации; 10 – защитный колпачок съемного датчика

В приборе используется преобразователь полупроводниковый ПП-1 (рис. 4.12), предназначенный для преобразования содержания горючих газов в воздухе в выходной электрический сигнал. Принцип действия ПП-1 основан на увеличении проводимости полупроводниковой керамики, находящейся при температуре 400–450 °С в присутствии восстановительных газов. При питании преобразователя стабилизационным током выходной сигнал ($U_{\text{ВЫХ}}$) образуется за счет разницы падения напряжения на чувствительном элементе в чистом воздухе ($U_{\text{В}}$) и газовой среде ($U_{\text{Г}}$):

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{В}} - U_{\text{Г}}$$

Схема датчика

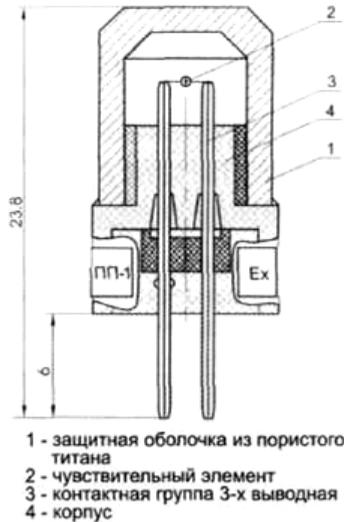


Рис. 4.12. Схема датчика преобразователя полупроводникового ПП-1

При поступлении на датчик включенного прибора пробы воздуха, в которой присутствуют горючие газы, происходит изменение сопротивления полупроводникового преобразователя. Это изменение преобразуется в электрический сигнал, обрабатываемый и регистрируемый в микроконтроллере индикатора. На линейке светодиодных индикаторов перемещается светящаяся точка и изменяется частота выдачи звуковых сигналов в зависимости от концентрации газа. При увеличении или уменьшении концентрации газа в воздухе эта точка на светодиодной шкале перемещается вправо или влево (увеличение или уменьшение показаний). При этом увеличивается или уменьшается частота выдачи звуковых сигналов. Когда светящийся светодиод достигает левого или правого края шкалы, частота выдачи звуковых сигналов для привлечения внимания становится максимальной.

Широкое применение в газовой и других отраслях народного хозяйства, где эксплуатируется газовое оборудование, находит искатель утечек горючих газов ИГ-10. Он предназначен для определения мест утечек природного и сжиженного углеводородного газов

из подземных газопроводов непосредственно с поверхности грунта или дорожного покрытия над газопроводом, а также для обнаружения неплотности фланцевых и сварных соединений наружных газопроводов и газовой арматуры. Искатель ИГ-10 представляет собой переносной взрывозащищенный высокочувствительный прибор с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией, встроенным микропроцессором. Он комплектуется сетевым адаптором и двумя пробоотборниками – для отбора проб с поверхности земли и отбора проб из атмосферы и обследования оборудования и газопроводов. Наличие зонда длиной до 4 м дает возможность отбора проб из удаленных или труднодоступных мест. Диапазон контроля горючих газов (по объемной доле метана в воздухе) – 0,001–100 %.

Индикаторы газа и давления ИГД-1, ИГД-1К предназначены для обнаружения мест утечки горючих газов и индикации избыточного давления в бытовых газовых приборах. Это переносные взрывозащищенные высокочувствительные приборы. Наличие газа в воздухе и изменение его концентрации при поиске утечки газа отображается в виде перемещающейся светящейся точки на линейной светодиодной шкале и сопровождается звуковой сигнализацией с изменяющимся тоном. Подача давления на штуцер прибора осуществляется с помощью силиконовой трубки и наконечника. Диапазон определения избыточного давления – 1–6,0 кПа.

Течеискатель газа для подземных газопроводов ТПГ-94М используется для обнаружения мест утечек горючих и токсичных газов при техническом обслуживании подземных газопроводов высокого, среднего и низкого давления и продуктопроводов, а также газового оборудования. Представляет собой портативный высокочувствительный прибор со встроенным микронасосом. Имеет восемь диапазонов чувствительности. С увеличением номера диапазона происходит увеличение чувствительности прибора. Минимальная регистрируемая объемная доля метана – 0,001 %.

Принцип работы течеискателя основан на регистрации изменения сопротивления полупроводникового датчика при воздействии на него газа. Для отыскания мест утечек удлинительный шланг с заборным колоколом следует перемещать вдоль проверяемого газопровода или оборудования. С приближением к месту утечки концентрация газа возрастает, указатель индикатора начинает отклоняться вправо и, когда она достигает 75 % длины шкалы, течеискатель

начинает вырабатывать прерывистые световой и звуковой сигналы. Место утечки определяется по максимальному отклонению шкалы индикатора на одном из диапазонов.

Индикатор утечки газа ФТ-02В2 предназначен для обнаружения мест утечки природного или сжиженного газа из газового оборудования и выдачи световой или звуковой сигнализации при превышении установленных пороговых значений объемной доли газов. Относится к индикаторам утечки диффузионного типа. Применяется при обследовании распределительных газопроводов любого давления, запорной арматуры, бытовых газовых приборов, автомобильных газобаллонных установок и т. п.

Течеискатель-сигнализатор ФП-12 представляет собой взрывозащищенный высокочувствительный портативный прибор, оснащенный пробозаборным насосом. Он предназначен для обнаружения утечек природного или сжиженного газа из газового оборудования или газопроводов под закрытым грунтом, оценки уровня загазованности, выдачи световой и звуковой сигнализации при превышении установленного порогового значения концентрации газа. Используется при обследовании производственных помещений (ГРП, ГНС, котельные и т. д.), подвалов, колодцев и других газовых объектов, а также распределительных газопроводов любого давления, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов при проведении регламентных и ремонтно-восстановительных работ.

Газоанализаторы

Газоанализаторы предназначены для измерения объемной доли горючих газов (метана и пропана) в воздухе и выдачи звуковой и световой сигнализации о превышении установленных концентраций контролируемых газов во взрывоопасных зонах.

Применяется для контроля загазованности воздуха в жилых, бытовых, административных, общественных и производственных помещениях, котельных и т. п., оборудованных газогорелочными устройствами, работающими на природном или сжиженном газе, а также в колодцах, подвалах, скважинах и других объектах, где возможно образование взрывоопасных концентраций газов.

Принцип работы данных приборов также основан на регистрации изменения сопротивления датчика при воздействии на него горючего газа.

Газоанализаторы ИГ-7, ИГ-9, ИГ-12, ФП21 представляют собой малогабаритные взрывозащищенные приборы с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией. Состоят из каталитического датчика, измерительного блока, представляющего собой электронную плату в корпусе, и блока аккумуляторов.

Рассматриваемые газоанализаторы обеспечивают прерывистую световую и звуковую сигнализацию при достижении объемной доли горючих газов в воздухе выше установленного уровня (метан – 2,5 % и более, пропан – 1,0 % и более) и при обрыве чувствительного элемента датчика горючего газа, а также непрерывную световую и звуковую сигнализацию при снижении напряжения питания до значения $(4,1 \pm 0,1)$ В и ниже. Обеспечивают цифровую индикацию выходных показаний с точностью до 0,01 % объемной доли горючего газа в воздухе.

Данные приборы используются при температурах воздуха от -10 до +50 °С. Метод подачи проб у них диффузионный. Для измерения объемной доли горючих газов в труднодоступных местах следует применять измерительный зонд, состоящий из удлинителя и съемного датчика.

В качестве датчиков в газоанализаторах используются преобразователи каталитические ПК-1, ПК-2, детектор термохимический ДТ-1, датчик каталитический ДМ-1. Они предназначены для преобразования концентраций горючих газов в воздухе в выходной электрический сигнал. Состоят из двух элементов – чувствительного и опорного – установленных в одном корпусе и разделенных экраном (рис. 4.13). Элементы представляют собой платиновые терморезисторы, покрытые керамикой оксида алюминия; чувствительный элемент активирован Pt-Pd катализатором. Принцип действия датчиков (преобразователей) основан на каталитическом сгорании углеводородных газов на чувствительном элементе. Выходной сигнал датчика обусловлен разностью температур чувствительного и опорного элементов в присутствии горючих газов.

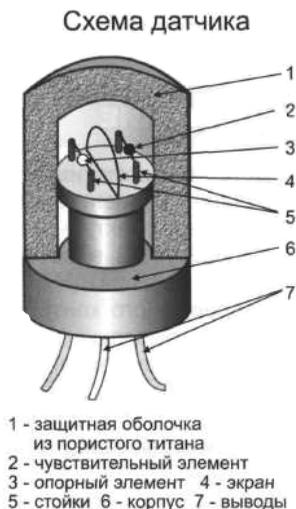


Рис. 4.13. Схема датчика каталитического ДМ-1

Газоанализаторы ФП 11.2К, ФП 33 оснащены пробозаборным насосом.

Многоканальные стационарные газоанализаторы ФСТ-03М, ФСТ-03В предназначены для непрерывного автоматического измерения объемной доли метана и пропана, массовой концентрации угарного газа в воздушной атмосфере различных зданий, сооружений и наружных установок и выдачи сигнализации о превышении установленных концентраций контролируемых газов. В основном предназначены для использования в составе системы безопасности автономных котельных.

Для измерения концентрации горючих и угарных газов и сигнализации при превышении установленных порогов могут использоваться также сигнализаторы загазованности «Дозор», СТМ-10, СТМ-30, СГГ6М, СГГ-1, малогабаритные бытовые СЗМБ-1 и СГГ10-Б. Принцип работы этих сигнализаторов – термохимический.

Шахтные интерферометры (ШИ-10, ШИ-11)

Приборы представляют собой переносные оптические интерферометры, предназначенные для определения содержания метана и углекислого газа в рудничном воздухе.

В газовых хозяйствах интерферометры используются для определения концентрации природного газа в колодцах, подвалах, трубопроводах после продувки и скважинах, пробуриваемых для обнаружения мест утечки из подземных газопроводов.

Принцип действия приборов основан на измерении смещения интерференционной картины, происходящего вследствие изменения состава исследуемой пробы воздуха, находящейся на пути одного из двух лучей, способных интерферировать. Величина смещения относительно нулевого положения пропорциональна разности между показателями преломления света исследуемой газовой смеси и атмосферного воздуха.

Интерференционная картина имеет одну белую ахроматическую полосу, ограниченную двумя черными полосами с симметрично окрашенными краями. Если воздушная и газовая камеры заполнены чистым атмосферным воздухом, то смещения интерференционной картины не происходит, так как оба интерферирующих луча проходят через однородную сферу. Это исходное (нулевое) положение интерференционной картины фиксируется путем совмещения середины левой черной полосы с нулевой отметкой неподвижной шкалы. Шкала прибора градуирована в процентах (по объему) концентрации метана от 0 до 6. Цена деления шкалы – 0,2 % CH_4 .

ШИ-11 имеет литой силуминовый корпус, в котором смонтированы все детали прибора. Он разделен перегородками на три отделения. В первом находятся оптические детали прибора, во втором – лабиринт, представляющий катушку с намотанной на ней трубкой из полихлорвинила, в третьем – поглотительный патрон и штуцер, на который надевается трубка резиновой груши при заполнении воздушной линии чистым атмосферным воздухом.

Газовоздушная схема прибора (рис. 4.14) состоит из двух обособленных друг от друга линий – газовой и воздушной.

Газовая линия включает: газовую полость 2 газовой камеры, распределительный кран 4, предназначенный для изменения направления движения газовой смеси в зависимости от определяемого газа (CH_4 или CO_2); поглотительный патрон 5; соединительные резиновые трубки 8.

Поглотительный патрон разделен на две части. Одна заполняется химическим поглотителем извести (ХПИ) для поглощения CO_2 из газовой смеси, другая – гранулированным силикагелем КСК, КСМ

для поглощения паров воды. Обе части имеют фильтры для улавливания пыли и разделены клапаном.

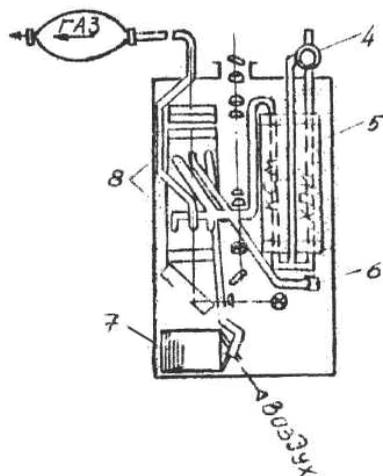


Рис. 4.14. Схема шахтного интерферометра ШИ-11

Воздушная линия включает: воздушные полости 1 и 3 газовой камеры; штуцер 6; лабиринт 7, предназначенный для поддержания в воздушной линии давления, равного атмосферному, и сохранения чистого атмосферного воздуха; соединительные резиновые трубки 8.

При определении содержания метана исследуемый воздух через распределительный кран попадает в отделение патрона, заполненное ХПИ, и затем, очищенный от CO_2 , поступает во вторую часть поглотительного патрона, заполненную силикагелем. Далее исследуемый воздух, очищенный от углекислого газа, паров воды и пыли, попадает в полость 2 газовой камеры, откуда через резиновую грушу выходит в атмосферу.

На корпусе прибора размещены: штуцер для засасывания исследуемого газа; распределительный кран; окуляр; штуцер с фильтром, на который надевается трубка резиновой груши; винт для перемещения интерференционной картины в нулевое положение; кнопка «К» для перемещения газовой камеры в положение контроля; кнопка «И» включения лампы измерения; крышка отделения с поглотительным патроном.

Перед работой с прибором проводится проверка нулевого положения интерференционной картины. Для этого нажимаются кнопки «И» и «К» одновременно, и через окуляр определяется положение интерференционной картины. Если она не сместилась относительно нулевой отметки шкалы, то прибор готов к работе.

При определении содержания метана в исследуемом воздухе распределительный кран ставится в положение «СН₄». Путем трех сжатий резиновой груши проба воздуха через приемный штуцер или резиновую трубку, надетую на этот штуцер, прокачивается через прибор. Если исследуемый воздух содержит метан, то интерференционная картина сместится вправо вдоль шкалы. По смещенному положению левой черной полосы картины производится отсчет делений шкалы и результат выражается с точностью до 0,1 %.

При определении содержания газов показания прибора следует приводить к нормальным условиям по формуле

$$i_{\text{пр}} = i \cdot \frac{101,3}{P} \cdot \frac{273+t}{293}, \quad (4.3)$$

где $P_{\text{пр}}$ – приведенное показание прибора;

P – показание прибора;

P – атмосферное давление, кПа;

t – температура воздуха, °С.

Приборы для проверки качества изоляции газопроводов

При определении состояния изоляционных покрытий подземных металлических газопроводов в газовых хозяйствах используются искатели повреждений изоляции трубопроводов, дефектоскопы для контроля качества изоляции, устройства контроля толщины изоляции.

Искатели повреждений изоляции трубопровода

Искатели повреждений изоляции трубопроводов ИПИТ-2, ИПИТ-3М предназначены для обнаружения мест сквозных повреждений в изоляционном покрытии, поиска трассы и определения глубины залегания металлических трубопроводов без вскрытия грунта.

Принцип работы искателей основан на обнаружении изменения электромагнитного поля, создаваемого вокруг исследуемого металлического трубопровода протекающим по нему током от генератора.

Прибор состоит из генератора низкой частоты, заземлителя, адаптера зарядки, антенного и приемного устройств с наушниками и соединительных кабелей (рис. 4.15).

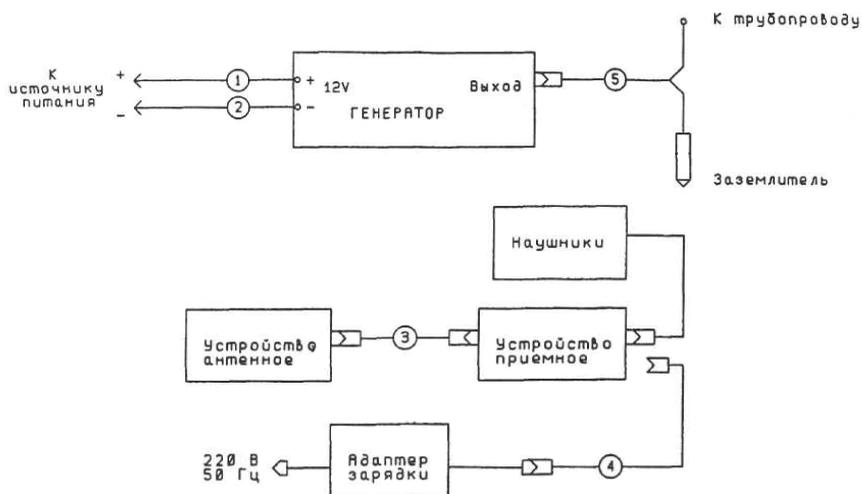


Рис. 4.15. Схема электрическая соединения блоков питания

Генератор располагается в металлическом корпусе и включает в себя печатную плату, выходной разделительный трансформатор и органы управления. Питание осуществляется от внешнего источника с выходным напряжением (11–13) В и максимальным током 5 А.

Приемное устройство – прямоугольная конструкция из металла, внутри которой размещены печатная плата основного усиления, блок питания и органы управления. Снизу корпуса размещены крышка отсека для размещения аккумуляторных батарей и розетки для подключения антенного устройства, наушников или адаптера сетевого.

Антенное устройство (рис. 4.16) – Т-образная конструкция с закрепленными на ее плечах емкостными антеннами 1 и 8, которые фиксируются винтами 7. В металлическом корпусе 6 размещена плата антенных усилителей. Положение магнитной антенны 4 отно-

сительно плоскости антенного устройства фиксируется винтом 5. Ручка 2, изготовленная из изоляционного материала, предназначена для переноски антенного устройства. Подключение его к приемному устройству производится кабелем через розетку 3.

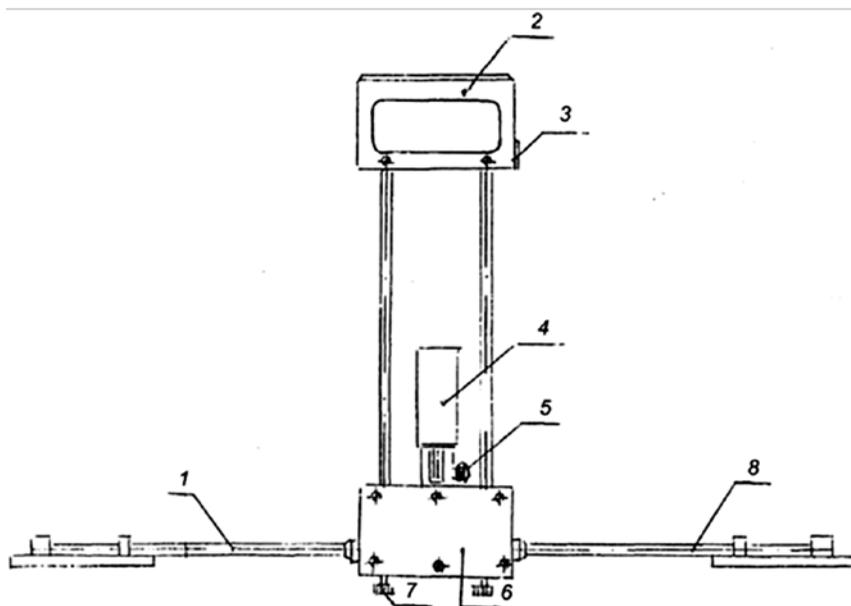


Рис. 4.16. Антенное устройство

При работе с прибором выход генератора подключается к трубе газопровода и штырю заземления. При работающем генераторе по трубопроводу протекает переменный ток, а вокруг него создается электромагнитное поле. На поверхности земли при растекании тока с газопровода появляется потенциал. Величина стекающего с трубы тока увеличивается в местах повреждения изоляции, вызывает повышение потенциала на поверхности земли над поврежденным местом. Эта разность потенциалов преобразуется антенным устройством с помощью двух емкостных антенн в электрическое напряжение переменного тока. С помощью антенных усилителей производится усиление полезного сигнала и подавление помех. Для уточнения положения антенного устройства относительно оси тру-

бопровода служит магнитная антенна. Выделенный полезный сигнал поступает по кабелю в приемное устройство, где производится его дальнейшее усиление и фильтрация помех. Индикатор приемного устройства регистрирует изменение разности потенциалов между емкостными антеннами. Для слухового контроля используются наушники.

При включении прибора в работу один из проводов выходного кабеля генератора присоединяется к заземлителю, второй – к газопроводу, подключается к генератору блок питания, устанавливаются емкостные антенны в корпус антенного устройства, подключаются антенна и наушники к приемному устройству и включается приемник и генератор. При работе оператор переносит приемное устройство на ремне на груди, а антенное – в руке. При работе с прибором расстояние от емкостных антенн до поверхности земли принимается минимальным. Двигаться по трассе газопровода следует со скоростью не более 0,5 м/с при отсутствии продольных колебаний антенного устройства.

Определение местоположения оси газопровода производится по минимуму сигнала при перемещении антенного устройства перпендикулярно предполагаемому направлению трассы.

Место повреждения изоляции определяется по минимуму сигнала на выходе из приемного устройства, следующему за резким предыдущим нарастанием, т. е. при расположении емкостных антенн последовательно, одна за другой по ходу движения параллельно оси газопровода, и находится под вертикальной штангой антенного устройства (рис. 4.17) или по максимуму сигнала, т. е. при ориентации антенного устройства таким образом, чтобы одна из емкостных антенн находилась над осью газопровода, а горизонтальная ось антенного устройства была перпендикулярна оси газопровода (рис. 4.18).

Глубина залегания газопровода определяется по минимальному отклонению указателя индикатора приемного устройства (по минимуму звукового сигнала) при перемещении антенного устройства, с зафиксированной над ним под углом 45° к вертикальной оси магнитной антенной, перпендикулярно трассе в сторону наклона магнитной антенны на поверхности грунта отмечаются две точки по минимальному сигналу (рис. 4.19). Глубина залегания газопровода

ориентировочно равняется половине расстояния между двумя отмеченными точками.

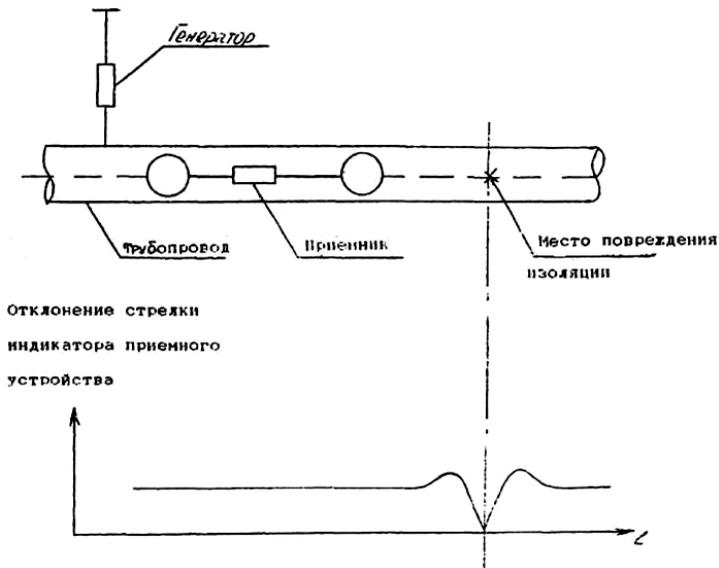


Рис. 4.17. Схема поиска повреждения изоляции при параллельном расположении антенного устройства

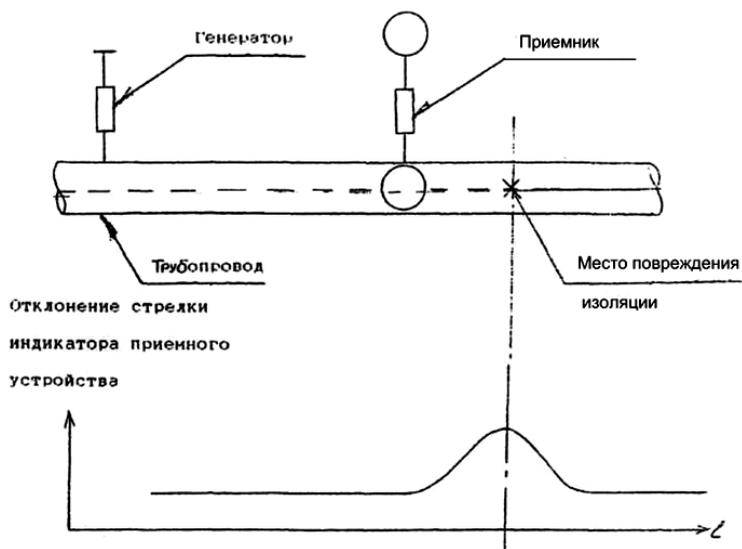


Рис. 4.18. Схема поиска повреждения изоляции при перпендикулярном расположении антенного устройства

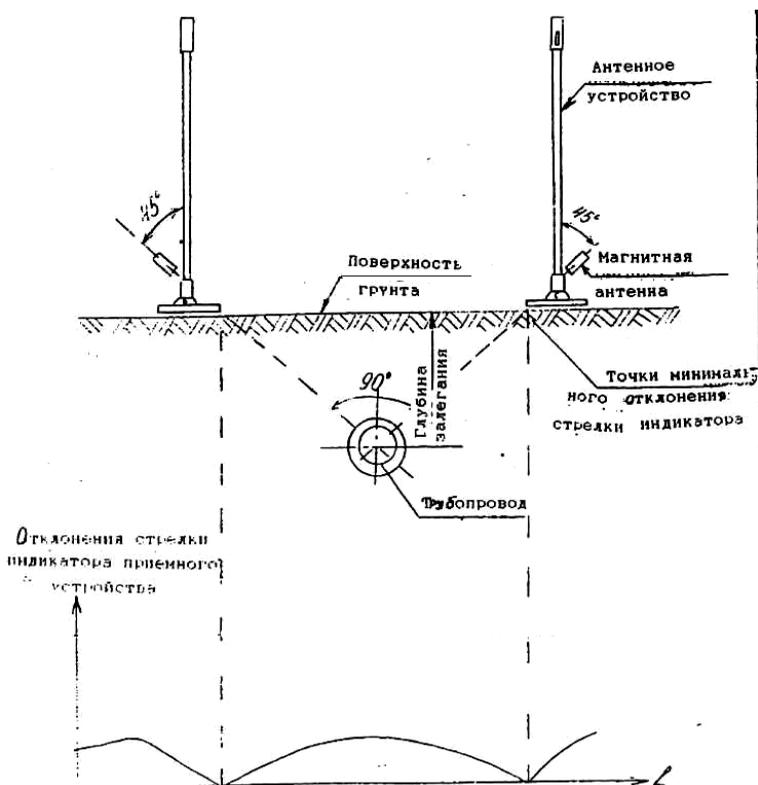


Рис. 4.19. Определение глубины залегания газопровода

Радиус действия искателей при проверке изоляционного покрытия трубопровода от точки подключения генератора (при глубине залегания не более 5 м) составляет не менее 1000 м. Площадь обнаруживаемого поврежденного изоляционного покрытия трубопровода – не менее 10 мм². Максимальный радиус локализации места повреждения изоляционного покрытия составляет не более 0,5 м.

Дефектоскопы для контроля качества изоляции

Дефектоскопы ДКИ-3, ДКИ-4 предназначены для проверки сплошности полиэтиленовых и битумных изоляционных покрытий строящихся и эксплуатируемых металлических газопроводов с целью

повышения эффективности противокоррозионной защиты. Используются при температурах от -25 до $+40$ °С. Применяются на предприятиях газовой, химической и нефтехимической промышленности, энергетики и коммунального хозяйства.

Принцип действия дефектоскопов основан на высоковольтном электроискровом пробое воздуха в месте дефекта сплошности изоляции газопровода и регистрации дефекта путем срабатывания звуковой и световой сигнализации.

Рассматриваемые дефектоскопы представляют переносные приборы, состоящие из блока контроля и штанги со сменными электродами (рис. 4.20).



Рис. 4.20. Дефектоскоп ДКИ-3

Штанга выполняется сборной из пластмассовых труб с расположенными внутри печатными платами, на которых размещены радиоэлементы. С одной стороны она подключается к блоку питания, а с другой крепится электрод, перемещающийся по контролируемой поверхности изоляционного покрытия трубы. В ДКИ-4 используется кольцевой электрод, охватывающий весь диаметр трубы, что позволяет сократить время поисков дефектов изоляции и обеспечивает повышенную надежность. Посреди штанги расположен кольцевой ограничитель перемещения руки оператора и кнопка включения высокого напряжения. Регулятор высокого напряжения расположен внутри ограничителя.

При подготовке прибора к работе переключатель регулятора выхода устанавливается в положение, соответствующее толщине проверяемого изоляционного покрытия, исходя из расчета, что на 1 мм толщины изоляции необходимо приложить 4 кВ напряжения. Диапазон толщины контролируемых покрытий до 9 мм.

При работе с дефектоскопом электрод должен плотно прилегать к изоляционному покрытию по всей своей длине. Скорость перемещения его во избежание пропуска дефектов допускается до 0,3 м/с. В местах нарушения сплошности изоляции газопровода возникает электрический пробой воздуха между электродом и газопроводом, который сопровождается звуковым и световым сигналом. При эксплуатации дефектоскопа необходимо использование диэлектрических перчаток и бот.

Дефектоскоп ДКИ-3 используется для труб диаметром 89, 108, 159, 219,325 мм, а ДКИ-4 – до 1000 мм. Расстояние между двумя дефектами, фиксируемыми как отдельные, составляет не менее 25 мм.

Устройство контроля толщины изоляции.

Устройство контроля толщины изоляции УКТ-2 предназначено для измерения толщины битумных и полиэтиленовых изоляционных покрытий стальных трубопроводов контактным неразрушающим методом. Диапазон измеряемой толщины изоляции составляет от 1 до 10 мм, диаметр контролируемых труб – 32, 57, 89, 108, 183, 159 мм.

Устройство представляет собой переносной малогабаритный прибор с цифровой индикацией. Выполнен в виде моноблока, содержащего измерительный датчик, микропроцессорную схему обработки, органы управления и индикации. Питание осуществляется от аккумуляторной батареи.

Список источников

1. Газоснабжение / А.А. Ионин [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 2011 – 472 с.
2. Газоснабжение: СНБ 4.03.01–98. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 1999. – 94 с.
3. Стаскевич, Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец, Д.Я. Вигдорчик. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.
4. Газовое оборудование, приборы и арматура: справочное пособие / под ред. Н.И. Рябцева – М.: Недра, 1985. – 527 с.
5. Столпнер, Е.Б. Справочное пособие для персонала газифицированных котельных / Е.Б. Столпнер, З.Ф. Панюшева. – Л.: Недра, 1990. – 397 с.
6. Измерение параметров газообразных и жидких сред при эксплуатации инженерного оборудования зданий: справочное пособие / А.А. Поляков [и др.]. – М.: Стройиздат, 1987. – 352 с.
7. Эстеркин, Р.И. Методы теплотехнических испытаний при сжигании газа / Р.И. Эстеркин, А.С. Иссерлин, М.И. Певзнер. – М.: Недра, 1981. – 424 с.
8. Кязимов, К.Г. Справочник молодого газовика / К.Г. Кязимов. – М.: Высшая школа, 1992. – 304 с.
9. Юренко, В.В. Городское газовое хозяйство: справочное пособие / В.В. Юренко. – М.: Недра, 1991. – 207 с.
10. Шур, И.А. Газорегуляторные пункты и установки / И.А. Шур. – Л.: Недра, 1985. – 288 с.
11. Порядок выбора и расчета регуляторов давления газа, предохранительных устройств, фильтров для ГРП (ГРУ): руководящий документ. – Саратов: ГИПРОНИИГАЗ, 1986. – 189 с.
12. Отчет о лабораторной работе. Общие требования и правила оформления: СТП 10-02.01–87. – Минск: БПИ, 1987. – 17 с.
13. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин: ГОСТ 8.417–2002. – Минск: БелГИСС, 2003. – 27 с.

Приложения

Приложение 1

Технические характеристики фильтров газовых ФГ

Наименование параметра		ФГ 1,1-25- 12	ФГ 3,2-50- 12	ФГ 12-80- 12	ФГ 18-100- 12г	ФГ 25- 150-12	ФГ 37- 200-12
Номинальный диаметр		25	50	80	100	150	200
Давление рабочее, МПа, не более		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Рабочая площадь фильтрующего элемента, м ²		0,067	0,067	0,18	0,18	0,24	0,24
Максимальный расход газа, м ³ /ч, не более, при входном давлении	0,3МПа	500	1600	5000	9000	14000	26000
	0,6 МПа	800	2300	8000	13000	20000	32000
	1,2 МПа	1100	3200	12000	18000	25000	37000
Максимальный перепад давления на фильтрующем элементе, кПа		10	10	10	10	10	10
Эффективность фильтрации, %, не менее, для частиц 50 мкм		98	98	98	98	98	98
Габаритные размеры, мм, не более							
– длина		440	440	575	575	690	690
– ширина		255	255	405	405	520	520
– высота		595	595	743	743	1605	1605
Масса, кг, не более		33	35	97	100	190	210

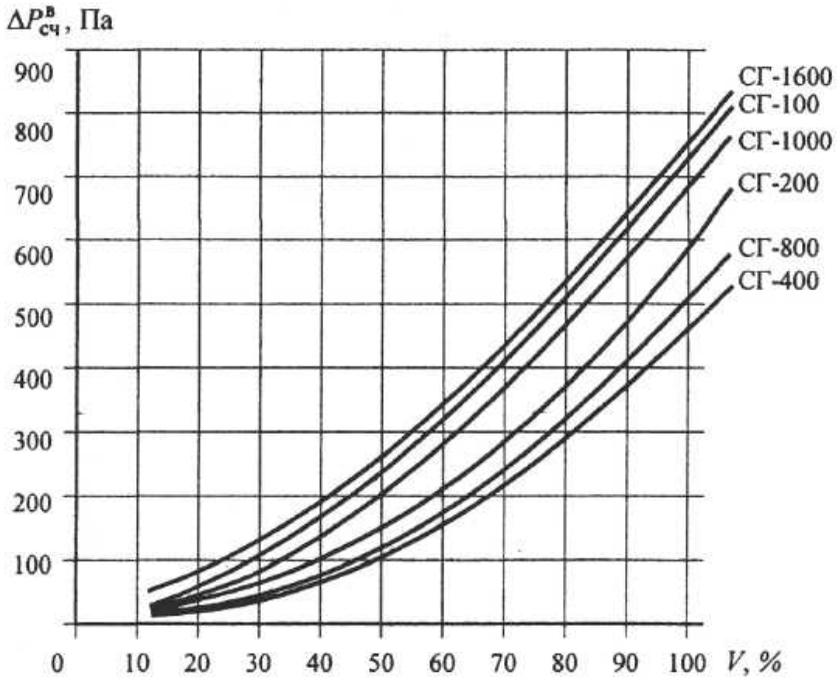
Технические характеристики клапана предохранительного сбросного КПС-50

Наименование параметра	КПС-50Н	КПС-50С1	КПС-50С2	КПС-50С3	КПС-50С4	КПС-50В
Номинальное давление, не более, МПа	0,005	0,02	0,05	0,125	0,3	0,6
Диапазон настройки давления срабатывания, МПа	0,00345-0,0058	0,005-0,023	0,02-0,058	0,05-0,144	0,125-0,345	0,6-0,69
Диаметр условного прохода, мм	50					
Точность срабатывания, %	±5					
Присоединительная внутренняя резьба	G2-B					
Габаритные размеры, мм						
– длина	215					
– ширина	215					
– высота	219					
Масса, кг, не более						
– алюминиевый корпус	6,3					
– чугунный корпус	7,5					

Технические характеристики регуляторов газа
комбинированных РГК

Наименование параметра	РГК-50	РГК-100	РГК-150	РГК-200
Номинальный диаметр входного и выходного патрубка, мм	50	100	150	200
Диаметр седла клапана, мм	50	80	105	105
Диапазон входного давления, МПа	0,05–1,2	0,05–1,2	0,05–1,2	0,05–1,2
Диапазон настройки выходного давления, МПа				
– исполнение 00	0,01–0,024	0,01–0,05	0,005–0,024	0,005–0,024
– исполнение 01	0,01–0,024	0,01–0,05	0,024–0,3	0,024–0,3
– исполнение 02	0,024–0,3	0,05–0,3	0,3–0,6	0,3–0,6
– исполнение 03	0,024–0,3	0,05–0,3	–	–
– исполнение 04	0,3–0,6	0,3–0,6	–	–
– исполнение 05	0,3–0,6	0,3–0,6	–	–
Пределы настройки автоматического перекрытия подачи газа при изменении выходного давления ($P_{\text{вых}}$)				
– нижний $P_{\text{нп}}$	$P_{\text{нп}} \leq 0,5 P_{\text{вых}}$		$P_{\text{нп}} \leq 0,5 P_{\text{вых}}$	
– верхний $P_{\text{вп}}$	$P_{\text{вп}} \leq 1,25 P_{\text{вых}}$		$P_{\text{вп}} \leq 1,25 P_{\text{вых}}$	
Максимальная пропускная способность при входном давлении 1,2 МПа, м ³ /ч, не более	7200	20350	30000	38000
Габаритные размеры, мм, не более				
– строительная длина	254	350	600	600
– ширина	510	580	650	650
– высота	500	610	970	970
Масса, кг, не более	55	90	250	260

График зависимости перепада давления на счетчике от загрузки счетчика



Технические характеристики счетчиков газа СГ

Условное обозначение счетчика	D _y , мм	Расход при рабочих условиях, м ³ /ч			P _{макс} , МПа	L, мм	Масса, кг, не более
		V _{ном}	V _{мин}	V _{макс}			
СГ 16-100	50		10	100	1,6	150	5
СГ 16-160	80		8	160	1,6	243	15
СГ 16-200	80		10	200	1,6	243	15
СГ 16-250	80		12,5	250	1,6	243	15
СГ 80-100-1,0	80	100	16	160	1,0	240	20
СГ 80-100-1,6	80	100	16	160	1,6	240	20
СГ 80-160-1,0	80	160	13	250	1,0	240	20
СГ 80-160-1,6	80	160	13	250	1,6	240	20
СГ 100-160-1,0	100	160	12,5	250	1,0	300	28
СГ 100-160-1,6	100	160	12,5	250	1,6	300	28
СГ 16-400	100		20	400	1,6	303	20
СГ 100-250-1,0	100	250	20	400	1,0	300	28
СГ 100-250-1,6	100	250	20	400	1,6	300	28
СГ 16-650	150		32,5	650	1,6	453	35
СГ 150-400-1,0	150	400	32,5	650	1,0	450	50
СГ 150-400-1,6	150	400	32,5	650	1,6	450	50
СГ 16-800	150		40	800	1,6	453	35
СГ 16-1000	150		50	1000	1,6	453	35
СГ 150-650-1,0	150	650	50	1000	1,0	450	50
СГ 150-650-1,6	150	650	50	1000	1,6	450	50
СГ 16-1600	200		80	1600	1,6	450	46
СГ 200-1000-1,0	200	1000	80	1600	1,0	600	70
СГ 200-1000-1,6	200	1000	80	1600	1,6	600	70
СГ 16-2500	200		125	2500	1,6	450	46
СГ 200-1600-1,0	200	1600	125	2500	1,0	600	70
СГ 200-1600-1,6	200	1600	125	2500	1,6	600	70

Содержание

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ	3
Лабораторная работа № 1 БЫТОВЫЕ ГАЗОВЫЕ ПРИБОРЫ	4
Лабораторная работа № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ФИЛЬТРА.....	28
Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ГАЗА.....	34
Лабораторная работа № 4 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ГАЗОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ	40
Литература	77
Приложения	78

Учебное издание

АРТИХОВИЧ Валерий Васильевич
ВОЛЧЕК Елена Александровна

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Методическое пособие
по лабораторным работам
для студентов специальности 1-70 04 02
«Теплогасоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»

Редактор Т.В. Кипель
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 28.03.2012.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 4,82. Уч.-изд. л. 3,77. Тираж 200. Заказ 79.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.