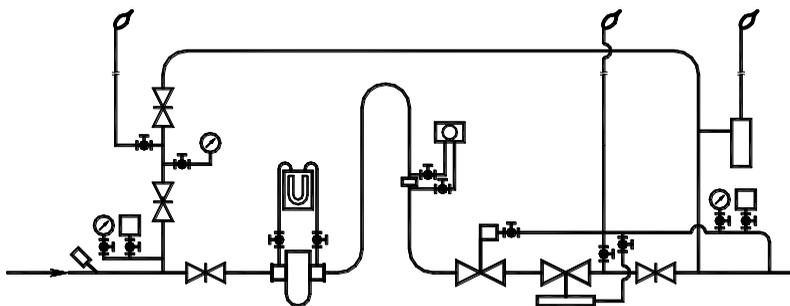


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский инженерно-экономический институт

А. В. Губарев

ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Лабораторный практикум



Белгород
2007

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский инженерно-экономический институт

А. В. Губарев

**ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ
И ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
И ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ**

*Утверждено советом института
в качестве лабораторного практикума
для студентов специальности
140102 – Теплоснабжение и теплотехническое оборудование*

Белгород
2007

УДК 696(075)
ББК 31.38я7
Г93

Рецензенты:

Доктор технических наук, доцент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова *П.А. Трубаев*
Начальник цеха помола ОАО “Белгородский цемент”,
кандидат технических наук *П.В. Журавлев*

Губарев, А.В.

Г93 Испытания и эксплуатация систем газоснабжения и газового оборудования производственных и отопительных котельных: лабораторный практикум. – Белгород: Изд-во БИЭИ, 2007. – 43 с.

В данном издании освещены вопросы эксплуатации, наладки и испытаний систем газоснабжения, газорегуляторных пунктов и установок, их газопроводов, газового оборудования и арматуры. Рассмотрены методы проведения анализа проб газа и воздуха газоанализаторами. Приведены основные сведения о типах, принципе действия и эксплуатации используемых в настоящее время газовых горелок, а также об устройстве, назначении и обслуживании обвязочных газопроводов котельных установок и их основного оборудования.

Лабораторный практикум предназначен для студентов специальности 140102 – Теплоснабжение и теплотехническое оборудование по дисциплине «Топливоснабжение».

УДК
696(075)
ББК
31.38я7

© А.В. Губарев, 2007
© Белгородский инженерно-экономический институт, 2007

Введение

В настоящее время около 90% всей энергии, потребляемой в промышленности и коммунально-бытовом секторе для получения тепла, обеспечивается процессами сжигания органического топлива. Одним из самых высокоэффективных энергоносителей является природный газ. Обеспечение различных потребителей газом осуществляется через системы газоснабжения и газораспределения, эффективность работы которых во многом зависит от правильной и безопасной их эксплуатации.

В связи с этим существует необходимость в подготовке технических работников, обладающих необходимыми теоретическими знаниями и практическими навыками для осуществления организации и выполнения работ по технической эксплуатации, испытаниям и наладке объектов газораспределительных систем в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, регламентирующих вышеуказанные мероприятия.

Для наиболее эффективной подготовки персонала, занимающегося эксплуатацией объектов газораспределительных систем, целесообразно включение в программу его обучения лабораторного практикума. В ходе выполнения лабораторных работ обучаемые не только получают теоретические сведения о типах, назначении, принципе действия и эксплуатации оборудования систем газоснабжения и газораспределения, но и имеют возможность осуществить мероприятия по обслуживанию, наладке и испытаниям этого оборудования на практике.

Настоящее издание содержит необходимые теоретические сведения для выполнения лабораторных работ, требования по оформлению, порядок выполнения, методики обработки экспериментальных данных и контрольные вопросы к шести лабораторным работам.

Цель выполнения лабораторных работ:

- получение навыков эксплуатации, наладки и испытаний оборудования систем газоснабжения и газового оборудования производственных и отопительных котельных;
- знакомство с назначением, классификацией, устройством и работой оборудования газового хозяйства.

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- сведения о студенте, ее выполняющем: фамилия, инициалы, группа;
- заголовок работы;
- краткие теоретические сведения (по необходимости);

- принципиальную схему лабораторной установки и ее описание;
- методику выполнения работы;
- таблицы экспериментальных данных;
- необходимые расчеты.

Допуск к выполнению лабораторной работы получают при предъявлении преподавателю оформленного отчета (без заполнения таблиц экспериментальных данных и без расчетов).

По окончании лабораторной работы необходимо получить отметку о ее выполнении.

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом ответов на контрольные вопросы, порядка выполнения работы и способность анализировать результаты, полученные в ходе ее выполнения.

Работа № 1. Испытание газопроводов и арматуры газорегуляторной установки (пункта)

Цель работы: изучить методику проведения работ, осуществляемых при вводе в эксплуатацию газорегуляторной установки (пункта): испытания на прочность и плотность (герметичность), продувки газом труб и арматуры, наладки оборудования газорегуляторной установки.

Основные понятия

При вводе в эксплуатацию газорегуляторных установок (ГРУ) или пунктов (ГРП) производится, в первую очередь, их внешний осмотр. После внешнего осмотра ГРУ (ГРП) испытывают на прочность и плотность (герметичность).

Проверку на прочность газопроводов и оборудования производит строительско-монтажная организация в присутствии представителя заказчика. Испытание на прочность необходимо для выявления дефектов в оборудовании, трубах и их соединениях. Под испытательным давлением на прочность газопроводы и оборудование ГРУ (ГРП) выдерживают в течение 1 ч, после чего давление снижают до норм, установленных для испытаний на плотность.

Величины давления при проведении испытаний на прочность и плотность приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Нормы давления при испытаниях ГРУ (ГРП)

Давление газа в ГРУ, МПа	Испытательное давление, МПа	
	на прочность	на плотность
До 0,005	0,1	0,1
Более 0,005 до 0,3	0,45	0,3
Более 0,3 до 0,6	0,75	0,6
Более 0,6 до 1,2	1,5	1,2

Испытание газопроводов и оборудования ГРУ (ГРП) на плотность в зависимости от конструкций регуляторов и арматуры может проводиться в целом или по частям (до регулятора и после него). Если испытание проводится в целом, то нормы испытательных давлений принимают по давлению газа до регулятора. При испытании по частям

нормы испытательных давлений устанавливают отдельно до и после регулятора давления.

Испытывают ГРУ (ГРП) на плотность после испытания на прочность. Время испытания 12 ч. При этом падение давления не должно превышать 1% начального давления.

После испытаний ГРУ (ГРП) принимают в эксплуатацию. Проверяют наличие давления газа перед ГРУ (ГРП), достаточного для работы. Проверяют ослабление пружины, создающей нагрузку на мембрану регулятора давления или регулятора управления (регулирующий винт должен быть выкручен). Открывают предохранительный запорный клапан (ПЗК): при помощи рычага с грузом поднимают клапан и сцепляют его с анкерным рычагом, при этом ударный молоточек в рабочее состояние не устанавливается, так как зацепление его с коромыслом мембраны без давления газа под ней невозможно, проверяют закрытие крана на импульсной трубке к ПЗК.

До ввода в эксплуатацию ГРУ (ГРП) необходимо трубы и арматуру продувать газом. Продувку производят с соблюдением всех мероприятий, указанных в наряде на газоопасные работы. Воздух вытесняется под давлением газа 1000–1500 Па путем сброса газозвушной смеси в атмосферу. Сброс осуществляется через продувочные свечи, незаполненный гидравлический затвор или сбросной клапан.

Сначала производят продувку байпаса, медленно открывая задвижку на нем. После продувки байпаса производится продувка оборудования. Для этого открывают кран импульсной линии регулятора и выходную задвижку за регулятором. После этого приоткрывают входную задвижку и подвертыванием регулировочного винта регулятора давления или регулятора управления устанавливается необходимое для продувки избыточное давление газа. Продолжительность продувки должна быть не менее 3–5 мин. Конец продувки определяется отбором пробы газа и проверкой этой пробы при помощи газоанализаторов или огнем на отсутствие в газе воздуха, содержание которого должно быть не более 1%. Для отбора проб на продувочных свечах предусмотрены специальные штуцеры (пробоотборники). Проверка огнем осуществляется следующим образом. Берут ведро с мыльной эмульсией и резиновый шланг. Один конец шланга опускается в ведро с эмульсией, а другой присоединяют к пробоотборнику. Открывают кран на пробоотборнике и пускают газозвушную смесь в течение 5–10 мин. Закрывают кран, выносят ведро на улицу на расстояние не ближе 5 м от котельной и поджигают. Если проба не загорается, значит из газопровода идет воздух; если она воспламенится синеватым пламенем с хлопком –

из газопровода взята взрывоопасная газовоздушная смесь. Горение пробы спокойным светящимся желтым пламенем указывает, что в газопроводе чистый газ и продувку можно считать законченной.

В процессе продувки, после того как регулятор придет в равновесие, медленно, наблюдая за показаниями манометра после регулятора, открывают входную задвижку, регулятор настраивают на требуемое давление, постепенно заворачивая нажимной винт пилота (у регуляторов непрямого действия) либо регулировочную гайку регулятора (у регуляторов прямого действия). Убедившись в устойчивой работе регулятора, поднимают ударный молоточек ПЗК, производят зацепление его с коромыслом мембраны, после чего открывают кран на импульсной трубке ПЗК.

Далее производится настройка предохранительных клапанов. Для настройки ПЗК на минимум сжимают малую пружину либо кладут груз на шток мембраны (в зависимости от типа ПЗК), с помощью пилота регулятора снижают давление газа и по манометру определяют то давление, при котором клапан срабатывает. Если молоток клапана опускается при давлении, более высоком, чем положено, то ослабляют малую пружину или уменьшают груз. Настройку ПЗК на максимум производят аналогичным способом, повышая давление газа за регулятором и регулируя степень натяжения пружины.

Настройка предохранительного сбросного клапана (ПСК) производится сжатием или ослаблением пружины при помощи регулировочного винта.

Предохранительные сбросные клапаны, в том числе встроенные в регуляторы давления, должны обеспечить сброс газа при превышении номинального рабочего давления после регулятора не более чем на 15%; верхний предел срабатывания предохранительных запорных клапанов не должен превышать номинальное рабочее давление газа после регулятора более чем на 25%.

При выключении регулятора необходимо: проверить входное и выходное давления; вывернуть нажимной винт пилота; закрыть предохранительный клапан и входную и выходную задвижки; открыть продувочную свечу.

Для повышения выходного давления газа необходимо: проверить выходное и входное давления газа; постепенным ввертыванием нажимного винта пилота установить требуемое давление газа.

Для снижения выходного давления нажимной винт пилота необходимо вывернуть до достижения заданной величины давления газа.

Описание установки

ГРП шкафной (ГРПШН-А-01-У ПС) состоит из металлического шкафа и размещенного в нем технологического оборудования. Под днищем металлического шкафа установлен обогреватель, предназначенный для обогрева ГРП шкафного в холодное время. Для удобства обслуживания в шкафу имеются двери.

Для подвода газа от ГРП шкафного к обогревателю имеется газопровод. Работу обогревателя обеспечивают регулятор давления *РД2* и вентиль *ВН1* в соответствии с рис. 1.1.

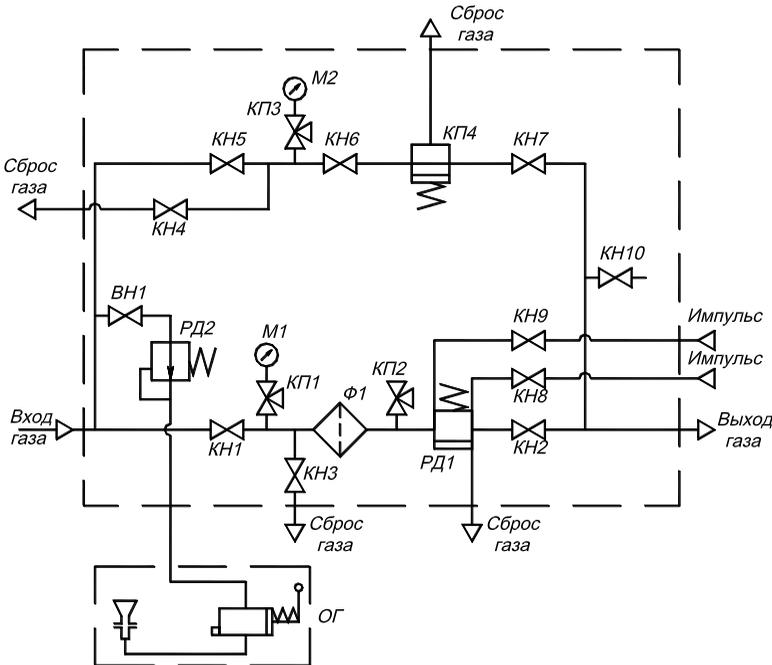


Рис. 1.1. Принципиальная схема ГРП шкафного:

РД1 – регулятор давления газа РДНК; *РД2* – регулятор давления газа РДСГ1-1,2;
КП1, КП2, КП3 – клапаны трехлинейные; *КП4* – клапан пружинный сбросной;
КН1 ... КН10, ВН1 – трубопроводная арматура; *ОГ* – обогреватель; *М1, М2* – манометры;
Ф1 – фильтр ФС-50Л

Технологическое оборудование ГРП шкафного состоит из рабочей линии редуцирования и байпаса (рис. 1.1). Газ через кран *КН1* подводится к фильтру *Ф1*, очищается от механических примесей и поступает

к регулятору давления *РД1*, предназначенному для снижения давления газа и поддержания его на заданном уровне, отключения подачи газа при повышении или понижении выходного давления сверх допустимых пределов.

От регулятора *РД1* газ поступает к потребителю через кран *КН2*. Для измерения входного давления газа предназначен манометр *М1*, присоединяемый к входному газопроводу через трехлинейный клапан *КП1*. Для определения перепада давления до и после фильтра *Ф1* предусмотрены трехлинейные клапаны *КП1*, *КП2*, служащие для присоединения дифманометра. Через краны *КН3* и *КН4* рабочая линия редуцирования и байпас соединены с продувочным газопроводом. На импульсных линиях установлены краны *КН8* и *КН9*. Для подключения мановакуумметра с целью определения давления на выходе служит кран *КН10* с ввернутым в него ниппелем. Байпасная линия имеет два крана *КН5* и *КН6*, между которыми подсоединен манометр *М2* через трехлинейный клапан *КП3*. Сбросной клапан *КП4* предназначен для аварийного сброса газа при работе на байпасе. При работающей линии редуцирования кран *КН7* перекрыт.

Методика проведения работы

Для проведения работы необходимо произвести пуск в работу ГРП шкафного (см. рис. 1.1):

- закрыть кран на магистрали за ГРП шкафным, открыть краны *КН2*, *КН8*, *КН9*;
- медленно открыть кран *КН1*;
- проверить давление на входе по манометру *М1*, на выходе по мановакуумметру, подключаемому через кран *КН10*;
- открыть кран на магистрали за ГРП шкафным;
- проверить рабочее давление на выходе, при необходимости произвести его корректировку.

При работе на байпасе выходное давление регулируют краном *КН6*, а кран *КН5* открывают настолько, чтобы обеспечить давление по манометру *М2*, которое должно быть не более 0,2 МПа.

Далее производится измерение давления газа за регулятором. Выходное давление определяется при помощи мановакуумметра. Снятие показаний мановакуумметра осуществляется каждую минуту в течение 10 мин.

Обработка результатов

Показания мановакуумметра заносятся в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Результаты измерений

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Давление за регулятором p_i , МПа										

Определяется среднеарифметическое значение давления газа на выходе из ГРП шкафного

$$p_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}, \quad (1.1)$$

где n – количество замеров выходного давления газа.

При вычисленном выходном давлении газа определяются пределы настройки предохранительного запорного клапана и предохранительного сбросного клапана:

давление, при котором начинает срабатывать предохранительный сбросной клапан

$$p_{\text{ПСК}}^{\text{min}} = 1,05 \cdot p_{\text{ср}}; \quad (1.2)$$

давление, при котором предохранительный сбросной клапан открыт полностью

$$p_{\text{ПСК}}^{\text{max}} = 1,15 \cdot p_{\text{ср}}; \quad (1.3)$$

давление, при котором срабатывает предохранительный запорный клапан

$$p_{\text{ПЗК}} = 1,25 \cdot p_{\text{ср}}. \quad (1.4)$$

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют испытания газорегуляторной установки на прочность и плотность?
2. Последовательность мероприятий при вводе ГРУ в эксплуатацию.

3. С какой целью производится продувка газом труб и арматуры ГРУ?

4. Каким образом определяется конец продувки газопроводов ГРУ?

5. Каким образом производится настройка регулятора на необходимое давление?

6. Каким образом осуществляется настройка предохранительных устройств?

7. Каковы пределы срабатывания предохранительных запорных клапанов?

8. При каком давлении должен начать срабатывать предохранительный сбросной клапан и при каком давлении он должен полностью открыться?

Работа № 2. Анализ проб газа и воздуха газоанализаторами

Цель работы: изучить методику проведения газового анализа для определения состава газообразного топлива и характеристик его теплоценности, а также для контроля за содержанием газа в воздухе.

Основные понятия

Регулярный контроль за содержанием газа в воздухе и своевременное обнаружение мест утечек газа необходимы для обеспечения безопасности использования газового топлива.

Наиболее распространенный и простой способ определения наличия газа в воздухе – контроль по запаху. Однако более надежно определение газа с помощью газоанализаторов и газоиндикаторов.

Газоиндикаторы – позволяют определить содержание в воздухе одного или общей суммы нескольких газов. Действие этих приборов основано на изменении физических и химических свойств воздуха при появлении в нем примеси определенного газа.

Газоанализаторы позволяют определить количество каждого компонента, входящего в состав газа. При помощи газоанализаторов определяют не только наличие и содержание тех или иных компонентов газообразного топлива в воздухе помещения, но и состав самого топлива. По данным анализа газообразного топлива можно вычислить его теплоту сгорания, скорость распространения пламени, объем продуктов сгорания, количество воздуха, необходимого для горения и др.

В настоящее время для определения состава газа широко применяются два метода: волюмометрический и газовая хроматография.

Волюмометрический метод определения содержания компонентов в газе заключается в измерении убыли объема пробы газа после обработки ее химическими поглотителями, избирательно извлекающими из газовой смеси отдельные компоненты (иногда этот метод называют также *химическим*).

Анализ газа волюмометрическим методом требует значительного времени (до 4 ч, не считая подготовки газоанализатора к работе), абсолютная погрешность определения концентрации компонентов составляет около 0,1%. Для тех компонентов, концентрации которых малы, относительная погрешность получается слишком высокой.

Из волюмометрических газоанализаторов чаще всего применяются приборы типа Орса (марки ГХП), рассчитанные на определение трех компонентов: RO_2 , CO , O_2 . Для более детального анализа газовых смесей применяют газоанализаторы марки ВТИ-2.

Наилучшим методом для определения состава газообразного топлива является газовая хроматография. *Хроматографический* метод определения компонентного состава газовых смесей выгодно отличается от волюмометрического метода быстротой, высокой точностью при определении как больших, так и малых концентраций компонентов, незначительным объемом подаваемого на анализ газа. Хроматографические методы анализа могут быть применены для всех газов и для веществ, которые могут быть превращены в летучие продукты. Приборы, в которых реализуется этот метод, называют *хроматографами*.

Сущность газохроматографического анализа заключается в разделении газовой смеси на компоненты и последующей регистрации количества каждого компонента (см. рис. 2.1).

Разделение компонентов происходит в разделительной колонке 1–3, которая представляет собой металлическую или пластиковую трубку диаметром 2–3 мм, заполненную специально подобранным материалом – сорбентом. Через колонку непрерывно протекает (с расходом до $100 \text{ см}^3/\text{мин}$) газ-носитель, не взаимодействующий с сорбентом (воздух, гелий и т.п.).

В определенный момент времени в поток газа-носителя перед входом его в колонку через дозатор 4–6 вводят небольшую порцию ($1\text{--}3 \text{ см}^3$) анализируемой газовой смеси, которая с этого момента движется по колонке вместе с газом-носителем. Компоненты смеси, способные удерживаться на поверхности сорбента, перемещаются вдоль

колонки с меньшей скоростью, чем газ-носитель, так как каждая молекула таких компонентов часть времени находится в неподвижном (адсорбированном) состоянии.

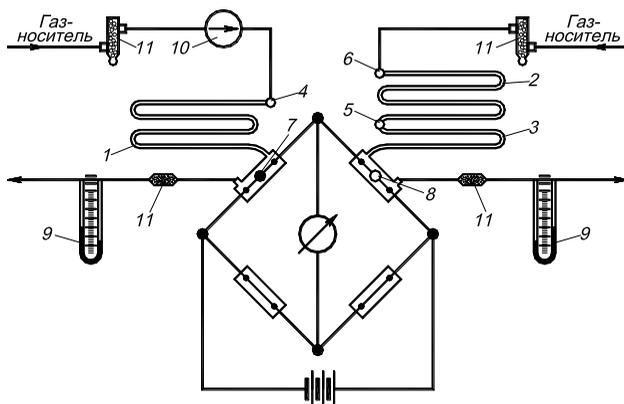


Рис. 2.1. Принципиальная схема хроматографа «Газохром-3101» («Союз»):
 1–3 – разделительные колонки; 4–6 – дозаторы; 7, 8 – чувствительные элементы;
 9 – реометры; 10 – микрокомпрессор; 11 – фильтры-осушители

Разные компоненты обладают различной сорбируемостью, поэтому скорость перемещения их вдоль колонки также различается. Таким образом, войдя в колонку одновременно (в виде смеси), но двигаясь через нее с разной скоростью, компоненты анализируемого газа выходят из колонки в разные моменты времени.

Сигналы о выходе компонентов из колонки и количестве каждого из них получают с помощью специального электрического датчика, называемого детектором 7, 8. Сигнал детектора регистрируется самопишущим прибором, включенным в измерительную схему. Кривая зависимости сигнала детектора от времени или от объема газ-носителя, пропущенного через колонку, называется *хроматограммой*. Выход компонентов фиксируется в ней в виде пиков, расположенных на основной (нулевой) линии, представляющей собой регистрацию сигнала детектора во время выхода из колонки чистого газ-носителя (рис. 2.2).

Такая хроматограмма является источником качественной и количественной информации об анализируемой смеси.

Качественный анализ основан на постоянстве времени выхода каждого компонента из разделительной колонки. На хроматограмме –

это расстояние от момента ввода пробы до максимума пика (время или объем удерживания), выраженное в минутах или кубических сантиметрах. При данных условиях анализа каждому компоненту смеси соответствует свое время удерживания. *Количественный* анализ основан на измерении высот (или площадей) пиков. По площади S_i или (менее точно) по высоте пиков H_i определяют объем соответствующих компонентов V_i , содержащихся во введенной в колонку пробе. Для этой цели обычно пригоден закон прямой пропорциональности: $V_i = k_{1i} S_i$ или $V_i = k_{2i} H_i$.

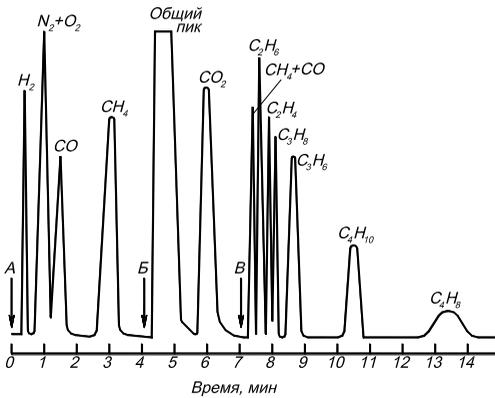


Рис. 2.2. Газовая хроматограмма

Коэффициенты пропорциональности k_{1i} или k_{2i} находят по результатам калибровочных опытов, проводимых по искусственно приготовленным контрольным смесям или по чистым газам.

При известном объеме пробы $V_{пр}$, введенной в колонку, рассчитывают процентное содержание в ней каждого из компонентов, %

$$[i] = \frac{V_i}{V_{пр}} \cdot 100. \quad (2.1)$$

Описание установки

Для выполнения работы используется лабораторный переносный хроматограф «Газохром-3101» («Союз»). Принципиальная схема хроматографа показана на рис. 2.1. Газ-носитель (воздух) подается в хроматограф микрокомпрессором мембранного типа 10, проходит через разделительную колонку 1 и попадает в рабочую камеру детектора 7 с

расположенным в ней чувствительным элементом. Другой газ-носитель омывает соединенные последовательно разделительные колонки 2 и 3 и попадает в рабочую камеру детектора 8, в которой также расположен чувствительный элемент. Расход газов-носителей, поступающих в прибор одновременно, контролируют реометрами 9. Чувствительные элементы детектора включены в схему измерительного моста, питаемую от стабилизатора постоянного тока.

Хроматограф выполнен в виде одного корпуса, который по функциональному назначению разделен на три секции: блок питания (задняя секция); газозвоздушная (хроматографическая) секция, расположенная в передней части прибора слева; панель регулировки режима (правая передняя часть прибора). Реометры смонтированы на крышке хроматографа. Газозвоздушная секция прикрыта легкой подвижной крышкой, что облегчает ее периодический осмотр.

Техническая характеристика хроматографа:

- определяемые компоненты: O_2 , CO_2 , N_2 , H_2 , CO , CH_4 и другие углеводороды до C_4 включительно;
- пороговая чувствительность, %: по H_2 – $5 \cdot 10^{-4}$, по CO и CH_4 – 10^{-3} , по O_2 и N_2 – 10^{-2} , по CO_2 – 10^{-1} ;
- относительная погрешность ± 5 %;
- продолжительность одного полного цикла анализа 10–15 мин;
- максимальный объем пробы 10 см^3 ;
- питание прибора – переменный ток 220 В ± 10 % частотой 50 Гц;
- потребляемая мощность 25 Вт;
- габариты 360×360×100 мм, масса 8 кг.

В качестве вторичного прибора используют самопишущий потенциометр КСП-4 со шкалой 1 мВ. Температурный режим колонок – комнатный. Хроматограф устанавливается в помещениях с температурой воздуха 5...50 °С при относительной влажности не более 80 %.

Методика проведения работы

При анализе газообразного топлива для определения H_2 , CO , CO_2 , предельных и непредельных углеводородов до C_4 включительно собирается параллельная схема (рис. 2.3), состоящая из трех разделительных колонок 1–3. В качестве газа-носителя используется воздух. Газ-носитель от микрокомпрессора через тройник подается в обе линии потока. Разделительные колонки 1 и 2 заполнены углем АГ-3 и служат для определения H_2 , CO , CH_4 и CO_2 . При введении пробы через дозатор А эффективной длиной является суммарная длина обеих колонок.

Для ускорения анализа CO_2 из пробы удаляют. При введении пробы, содержащей CO_2 , через дозатор Б в процессе разделения участвует только колонка 2. Другая линия с дозатором В и колонкой 3, заполненной силикагелем ШСК, служит для разделения предельных и непредельных углеводородов до C_4 включительно. Пример получаемой при этом хроматограммы приведен на рис. 2.2. Время анализа 15 мин.

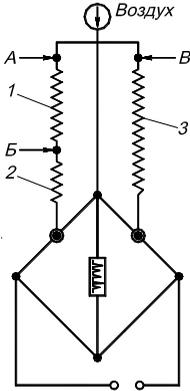


Рис. 2.3. Схема проведения анализа на хроматографе «Газохром-3101» при определении H_2 , CO , CO_2 и углеводородов до C_4 включительно:
1–3 – разделительные колонки;
А, Б, В – дозаторы

Обработка результатов

По площади S_i или по высоте пиков H_i определяют объем соответствующих компонентов V_i , содержащихся во введенной в колонку пробе по формулам $V_i = k_{1i} S_i$ или $V_i = k_{2i} H_i$.

При известном объеме пробы $V_{\text{пр}}$, введенной в колонку, по формуле (2.1) рассчитывают процентное содержание в ней каждого из компонентов, %.

Определяют высшую и низшую теплоту сгорания анализируемого газа

$$Q^c = 0,01(Q_{\text{CO}} \cdot \text{CO} + Q_{\text{H}_2} \cdot \text{H}_2 + \sum(Q_{\text{C}_m\text{H}_n} \cdot \text{C}_m\text{H}_n)), \quad (2.2)$$

где Q_{CO} , Q_{H_2} , $Q_{\text{C}_m\text{H}_n}$ – теплота сгорания каждого компонента, входящего в состав топлива, МДж/м³; CO , H_2 , C_mH_n – содержание отдельных газов в топливе, об. %.

Значения теплоты сгорания каждого компонента, входящего в состав топлива при стандартных условиях, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Высшая и низшая теплота сгорания компонентов сухого
природного газа при 20 °С и 101,325 кПа**

Наименование компонента	Формула	Теплота сгорания, МДж/м ³	
		высшая	низшая
Метан	CH ₄	37,10	33,41
Этан	C ₂ H ₆	65,38	59,85
Пропан	C ₃ H ₈	93,98	86,53
<i>n</i> -бутан	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	123,72	114,27
<i>i</i> -бутан	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	123,25	113,81
Водород	H ₂	11,87	10,05
Оксид углерода	CO	11,78	11,78

Контрольные вопросы

1. С какой целью в помещениях, где находится газоиспользующее оборудование или проложены газопроводы, необходимо осуществлять контроль за содержанием газа в воздухе?
2. С какой целью производят анализ газообразного топлива?
3. Для чего применяются газоиндикаторы? На чем основан их принцип действия?
4. Какие существуют основные методы газового анализа? Какие типы газоанализаторов наиболее часто используются при различных методах газового анализа?
5. Сущность волнометрического метода газового анализа?
6. Принцип работы газового хроматографа.
7. Что собой представляет газовая хроматограмма?
8. Каким образом по результатам газового анализа можно определить теплоту сгорания газообразного топлива?

**Работа № 3. Обслуживание газорегуляторной установки
(пункта)**

Цель работы: ознакомиться с мероприятиями, осуществляемыми при обслуживании газорегуляторной установки (пункта) во время работы, при переводе ГРУ (ГРП) на работу через байпасную линию или на работу через регулятор, при выключении ГРУ (ГРП).

Основные понятия

Принимая смену, оператор (или другой работник, который обслуживает ГРУ) должен:

- убедиться, что в помещении ГРП (ГРУ) нет запаха газа, хорошо его проветрить и проверить работу вентиляционных устройств и отопления помещения (температура зимой в помещении ГРП должна быть не ниже значений, указанных в паспортах оборудования);

- проверить состояние и положение задвижек и кранов. Задвижки и краны не должны пропускать газ в сальниках и фланцах и должны находиться в положении, которое отвечает режиму работы ГРУ (ГРП);

- проверить состояние и работу фильтра, предохранительного запорного клапана, регулятора, сбросного устройства, счетчика. Убедиться, что в соединениях приборов и оборудования нет утечки газа;

- проверить давление газа по манометру на входе и на выходе из ГРУ (ГРП) – давление должно соответствовать значениям, указанным в инструкции;

- о всех замеченных недостатках немедленно сообщить ответственному за газовое хозяйство котельной.

В помещение ГРП (ГРУ) нельзя входить с огнем или зажженной сигаретой, а также допускать посторонних. На протяжении всего срока обслуживания необходимо вести учет работы ГРУ (ГРП), своевременно записывать в сменный журнал замеченные неисправности и перебои в работе, время пуска и останова.

Наличие утечек газа в сальниках и фланцах запорной арматуры, а также в соединениях приборов и оборудования определяется по запаху или обмыливанием – обработкой мыльной эмульсией оборудования и участков газопроводов ГРУ (ГРП), в которых возможны утечки. Образование пузырьков (пены) покажет наличие утечки газа в данном элементе газопровода или оборудования.

При переводе ГРУ (ГРП) на работу через байпасную линию (обводной газопровод) следует:

- предупредить о переходе на байпасную линию дежурных операторов;

- проверить установку на «0» стрелки манометра, показывающего выходное давление, открыть кран на его импульсной линии;

- проверить герметичность запорной арматуры обводного газопровода по манометру, закрыв кран на свечу;

- проверить ход и герметичность закрытия второго по ходу газа отключающего устройства на байпасе, после чего перекрыть это отклю-

чающее устройство. Если оно герметично, проверить ход и герметичность закрытия первого по ходу газа отключающего устройства на байпасе, после чего его перекрыть;

- отключить предохранительный запорный клапан (ПЗК) в открытом положении, зафиксировав его ударный механизм;

- следя за давлением газа на выходе по манометру, медленно и осторожно открыть на байпасе отключающее устройство, первое по ходу газа;

- произвести продувку обводного газопровода. По окончании продувки закрыть кран на свечу на байпасе;

- если на ГРУ (ГРП) установлен регулятор давления РДУК-2, то медленно выворачивая против часовой стрелки регулировочный винт блока управления регулятором (пилота), снизить выходное давление газа на 10 %, при этом плавно открывая второе по ходу газа отключающее устройство на байпасе поднять выходное давление за регулятором до рабочего, контролируя его по манометру на выходе. Операции производить до полной остановки регулятора давления газа;

- постоянно следить за величиной рабочего давления и поддерживать его с помощью задвижки на байпасе в пределах допустимых норм, по показаниям манометра на выходе;

- закрыть отключающие устройства на входе и на выходе основной линии редуцирования, закрыть краны на импульсных линиях ПЗК и регулятора;

- сбросить газ из газопровода через свечу между запорными устройствами основной линии редуцирования;

- проверить герметичность закрытых задвижек на входе и на выходе основной линии редуцирования ГРУ (ГРП) в следующей последовательности: закрыть продувочные свечи и наблюдать в течение 10 мин за показаниями манометра, установленного на обвязке фильтра;

- установить заглушки на внутренних фланцах отключающих устройств на входе и на выходе основной линии редуцирования. Если давление по манометру не повышается, то задвижки обеспечивают герметичность перекрытия газа, в этом случае заглушки на входе и на выходе основной линии редуцирования могут не устанавливаться.

Перевод ГРУ (ГРП) на работу через регулятор (с байпаса на основную линию редуцирования) производится в следующей последовательности:

- предупредить дежурных операторов о переводе ГРУ (ГРП) на работу через регулятор;

- проверить, вывернут ли регулировочный винт регулятора управления (пилота), открыть краны на импульсных линиях;
 - снять заглушки, установленные на входе и на выходе основной линии редуцирования, если они устанавливались, и собрать разъемные соединения;
 - отключить предохранительный запорный клапан в открытом положении, зафиксировав его ударный механизм;
 - открыть запорное устройство за регулятором, и, по окончании продувки основной линии редуцирования (при вытеснении всего воздуха из основной линии через продувочную свечу), закрыть кран на продувочную свечу между запорными устройствами основной линии редуцирования;
 - плавно прикрывая отключающее устройство на байпасе, снизить давление газа на выходе из ГРП на 10 % от рабочего, медленно открыть запорное устройство перед регулятором, наблюдая за показаниями манометра, и, медленно ввертывая регулировочный винт регулятора (пилота), восстановить давление газа до рабочего. Операции проводить до полного закрытия отключающего устройства на байпасе;
 - закрыть первое отключающее устройство по ходу газа на байпасе и сбросить газ между отключающими устройствами через продувочную свечу;
 - проверить герметичность запорной арматуры обводной линии по манометру, закрыв кран на свечу;
 - убедившись по показанию манометра на выходе ГРУ (ГРП) в устойчивой работе регулятора, перевести ударник ПЗК в рабочее положение;
 - произвести проверку и настройку ПЗК и ПСК.
- При выключении ГРУ (ГРП) следует:
- отключить ПЗК в открытом положении, зафиксировав его ударный механизм;
 - закрыть запорное устройство на вводе в ГРУ (ГРП) и убедиться в понижении давления газа на выходе до нуля;
 - закрыть запорные устройства перед и за регулятором, выкрутить до конца регулировочный винт пилота;
 - опустить тарелку клапана ПЗК;
 - выключить манометры и открыть краны на продувочных свечах;
 - при работе на байпасе закрыть запорные устройства на вводе и затем на байпасной линии.

Описание установки

ГРП шкафной (ГРПШН-А-01-У ПС) состоит из металлического шкафа и размещенного в нем технологического оборудования. Под днищем металлического шкафа установлен обогреватель, предназначенный для обогрева ГРП шкафного в холодное время. Для удобства обслуживания в шкафу имеются двери.

Технологическое оборудование ГРП шкафного состоит из рабочей линии редуцирования и байпаса (см. рис. 1.1). Газ через кран *КН1* подводится к фильтру *Ф1*, очищается от механических примесей и поступает к регулятору давления *РД1*, предназначенному для снижения давления газа и поддержания его на заданном уровне, отключения подачи газа при повышении или понижении выходного давления сверх допустимых пределов.

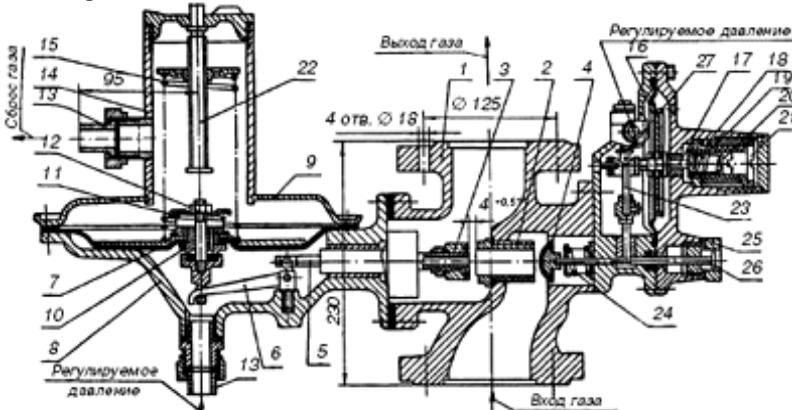


Рис. 3.1. Регулятор давления газа комбинированный РДНК-50:

1 — крестовина; 2 — седло; 3 — клапан; 4 — клапан отсекающий; 5, 23, 26 — шток; 6 — рычаг; 7 — мембрана регулятора; 8 — корпус; 9 — крышка; 10 — клапан предохранительный; 11, 15, 18, 19, 24, 27 — пружина; 12 — гайка; 13 — ниппель; 14 — стакан; 16 — мембрана; 17 — толкатель; 20 — пробка; 21 — втулка; 22 — винт регулировочный; 25 — пробка

Регулятор давления РД1 (рис. 3.1) состоит из крестовины 1 с седлом 2 и корпуса с мембранной камерой. Клапан 3 через шток 5 и рычаг 6 соединен с мембраной регулятора 7, закрепленной в корпусе 8 крышкой 9. На мембране 7 находится предохранительный клапан 10 с пружиной 11 и гайкой 12. В крышке 9 мембранной камеры имеется ниппель 13 для сброса газа в атмосферу и стакан 14, в котором располагаются пружина 15 и винт регулировочный 22, предназначенные для

настройки выходного давления. Отключающее устройство (предохранительный запорный клапан) имеет мембрану 16, связанную с толкателем 17, к которому пружиной 27 поджат шток 23, фиксирующий открытое положение отсечного клапана 4. Настройка отключающего устройства осуществляется пружинами 18 и 19, вращением пробки 20 и втулки 21.

От регулятора *РД1* газ поступает к потребителю через кран *КН2*. Для измерения входного давления газа предназначен манометр *М1*, присоединяемый к входному газопроводу через трехлинейный клапан *КП1*. Для определения перепада давления до и после фильтра *Ф1* предусмотрены трехлинейные клапаны *КП1*, *КП2*, служащие для присоединения дифманометра. Через краны *КН3* и *КН4* рабочая линия редуцирования и байпас соединены с продувочным газопроводом. На импульсных линиях установлены краны *КН8* и *КН9*. Для подключения мановакуумметра с целью определения давления на выходе служит кран *КН10* с ввернутым в него ниппелем. Байпасная линия имеет два крана *КН5* и *КН6*, между которыми подсоединен манометр *М2* через трехлинейный клапан *КП3*. Сбросной клапан *КП4* предназначен для аварийного сброса газа при работе на байпасе. При работающей линии редуцирования кран *КН7* перекрыт.

Методика проведения работы

Для проведения работы необходимо перевести ГРП шкафной (перед началом занятий переведенный на работу через байпас) на работу через регулятор. Для этого необходимо:

- проверить, вывернут ли регулировочный винт регулятора давления *РД1*– *РДНК-50* (поз. 22, рис. 3.1); регулировочный винт выкручивается против часовой стрелки, открыть кран *КН8*;

- отключить предохранительный запорный клапан в открытом положении: вывернуть пробку 25, оттянуть шток 26, в результате чего клапан должен перемещаться до тех пор, пока шток 23 под действием пружины 27 не переместится и не западет за выступ штока 26, удерживая клапан 4 в открытом положении, зафиксировать шток 26, оставив клапан 4 в открытом положении, кран *КН9* должен быть закрыт;

- открыть кран *КН2*, и, по окончании продувки основной линии редуцирования, закрыть кран *КН3*;

- плавно прикрывая отключающее устройство *КН6*, снизить давление на выходе из ГРП на 0,2 кПа, медленно открыть кран *КН1*, наблюдая за показаниями манометра, и, медленно ввертывая регулировоч-

ный винт 22 (см. рис. 3.1), восстановить давление газа до рабочего. Операции проводить до полного закрытия отключающего устройства *КН6*;

- закрыть кран *КН5* и открыть кран *КН4*;
- убедившись по мановакуумметру в устойчивой работе регулятора, перевести шток 26 в рабочее положение, вернуть до упора пробку 25.

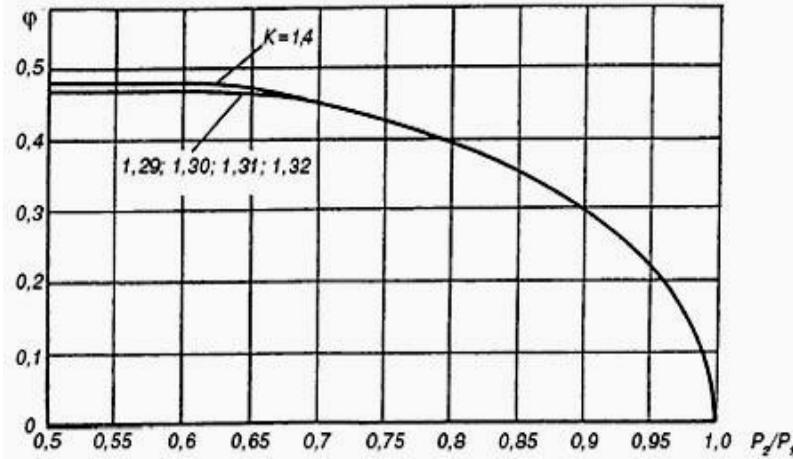


Рис. 3.2. Зависимость коэффициента φ от P_2/P_1

После этого следует измерить температуру окружающей среды t_1 , снять показания манометра *М1* и мановакуумметра (входное и выходное давление, соответственно, p_1 и p_2).

Обработка результатов

Определить коэффициент расхода регулятора по формуле

$$\alpha = \frac{V_d \cdot \sqrt{\rho(273 + t_1)}}{26354 \cdot F \cdot \varphi \cdot p_1}, \quad (3.1)$$

где V_d – действительный расход газа (пропускная способность) через регулятор, м³/ч (для различных значений входного давления газа приведены в табл. 3.1); φ – коэффициент, зависящий для данного газа от p_2/p_1 (определяется по рис. 3.2, линия $K = 1,29; 1,30; 1,31; 1,32$); F – площадь седла, см² (для регуляторов РДНК-50 $F = 0,95$ см²); ρ – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³ (принять $\rho = 0,73$ кг/м³).

Таблица 3.1

**Пропускная способность регуляторов в зависимости
от входного давления**

Входное давление, МПа	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Пропускная способность, м ³ /ч	120	300	500	600	700	800	800	800	800	900	900	900

Контрольные вопросы

1. Мероприятия, проводимые при обслуживании ГРУ (ГРП) во время работы.
2. Каким образом определяется наличие утечек газа в соединениях приборов, оборудования и арматуры?
3. Что такое байпас, его назначение?
4. Последовательность операций при переводе ГРУ (ГРП) на работу через байпас.
5. С какой целью необходимо проверять на герметичность отключающие устройства на входе и на выходе отключаемого участка газопровода и устанавливать на их внутренних фланцах заглушки?
6. Последовательность операций при переводе ГРУ (ГРП) с байпаса на основную линию редуцирования.
7. Последовательность операций при выключении ГРУ (ГРП).
8. Каким образом можно экспериментально определить коэффициент расхода регулятора давления?

Работа № 4. Обслуживание газопроводов и газового оборудования

Цель работы: ознакомиться с мероприятиями, осуществляемыми при плановой проверке оборудования газорегуляторной установки (пункта).

Основные понятия

Плановую проверку оборудования производят 2 раза в год с целью выявить и устранить неисправности, а также произвести настройку

оборудования на заданный режим. Работы выполняются по наряду на газоопасные работы бригадой слесарей под руководством мастера. При этом производят: осмотр и очистку фильтра; проверку хода и плотности закрытия задвижек и предохранительного запорного клапана; проверку плотности всех соединений и арматуры мыльной эмульсией; смазку трущихся частей и перенабивку сальников; продувку импульсных трубок к контрольно-измерительным приборам и предохранительному запорному клапану; проверку плотности закрытия клапана регулятора; определение плотности и чувствительности мембраны регулятора давления и пилота; проверку настройки и работы предохранительного запорного клапана; проверку настройки и работы предохранительных сбросных клапанов.

Последовательность операций при плановой проверке оборудования следующая.

Производят обход и внешний осмотр оборудования, после чего переводят газорегуляторную установку (ГРУ) на работу через обводную линию (байпас).

Производят осмотр и очистку фильтра. Состояние фильтра определяют путем замера перепада давления газа на нем. Если перепад давления приближается к предельному, указанному в паспорте, то фильтр необходимо прочистить. Предварительно следует плотно закрыть и затянуть затворы входного и выходного запорного устройства и сбросить имеющийся в основной линии газ через свечу. После сброса газа закрывают кран на свечу и по манометру контролируют отсутствие газа в отключенном участке. Если давление газа будет повышаться, необходимо установить металлическую заглушку. Убедившись в герметичности отключения приступают к вскрытию фильтра. После того как отпущены все гайки на крышке фильтра необходимо с помощью отвертки приподнять крышку и еще раз убедиться в отсутствии притока газа. Затем снимают болты и крышку, осторожно извлекают кассету, не допуская стряхивания пыли на пол помещения, и выносят ее за пределы помещения на расстояние 15–20 м. Пыль и грязь из кассеты вытряхивают в приямок, который потом засыпают землей. Промывку фильтра производят бензолом и бензином (при соблюдении соответствующих мер безопасности). Внутреннюю часть корпуса фильтра протирают тряпкой, смоченной в керосине. Кассету фильтра очищают в ведре с бензином, подсушивают, а наполнитель смачивают турбинным или висциновым маслом. Затем кассету устанавливают в корпусе фильтра и герметично затягивают гайки на крышке фильтра.

При проверке настройки предохранительных запорного и сбросного клапанов достаточно повысить давление газа и определить, при каком давлении они срабатывают. Настройку предохранительного сбросного клапана (ПСК) производят на давление, превышающее рабочее на 5%. При давлении на 15% выше рабочего ПСК должен открыться полностью. Предохранительный запорный клапан (ПЗК) должен сработать при давлении на 25% выше рабочего. Нижний предел настройки ПЗК определяется паспортными данными горелок, а также конструктивными характеристиками самого ПЗК.

Важной задачей является проверка плотности прилегания клапана регулятора давления к седлу. Для проверки достаточно закрыть клапан, уменьшив нагрузку на мембрану, и проследить за регулятором. Если клапан плотно закрыт, то шум не прослушивается. Существуют и другие способы проверки плотности закрытия: по картограммам регистрирующих приборов, выходному давлению газа, с помощью листа чистой бумаги, вложенного между клапаном и седлом. При обнаружении неплотности закрытия клапана его необходимо отремонтировать или заменить.

Плотность мембран проверяют внешним осмотром или с помощью мыльной эмульсии, а чувствительность мембран – путем изменения нагрузки на мембрану и наблюдением за давлением. Мембраны регуляторов низкого давления должны быть чувствительны к изменению нагрузки, соответствующей изменению давления до 30 Па. Колебание выходного давления газа за регулятором должно быть не более $\pm 10\%$.

Важное значение имеет также состояние импульсных трубок. Их проверяют на способность свободно пропускать газ и при необходимости продувают воздухом с помощью насоса. Все трехходовые краны перед манометрами подлежат продувке газом.

Описание установки

ГРП шкафной (ГРПШН-А-01-У ПС) в соответствии с рис. 4.1 состоит из металлического шкафа 1 и размещенного в нем технологического оборудования 3. Под днищем металлического шкафа установлен обогреватель 2, предназначенный для обогрева ГРП шкафного в холодное время. Для удобства обслуживания в шкафу имеются двери 4, 5.

Технологическое оборудование ГРП шкафного состоит из рабочей линии редуцирования и байпаса. Газ очищается в фильтре от механических примесей и поступает к регулятору давления, предназначенно-

му для снижения давления газа и поддержания его на заданном уровне, отключения подачи газа при повышении или понижении выходного давления сверх допустимых пределов.

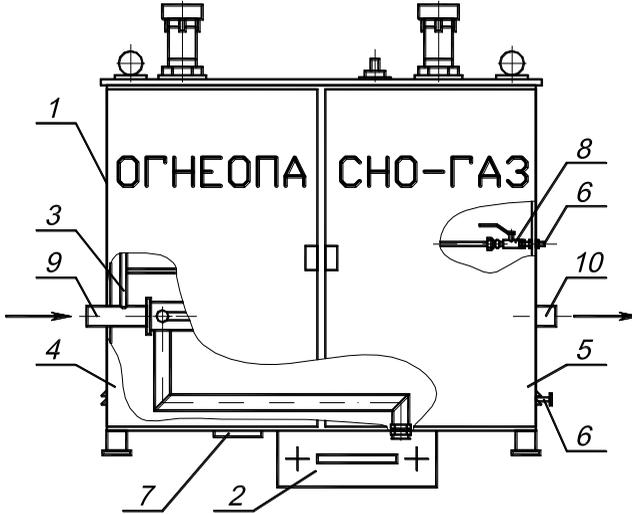


Рис. 4.1. ГРП шкафной с газовым обогревом ГРПШН-А-01-У:

1 – шкаф металлический; 2 – обогреватель; 3 – оборудование технологическое; 4, 5 – двери; 6 – импульсный газопровод; 7 – крышка люка; 8 – кран; 9 – вход газа; 10 – выход газа

Регулятор давления (см. рис. 3.1) состоит из крестовины 1 с седлом 2 и корпуса с мембранной камерой. Клапан 3 через шток 5 и рычаг 6 соединен с мембраной регулятора 7, закрепленной в корпусе 8 крышкой 9. На мембране 7 находится предохранительный клапан 10 с пружиной 11 и гайкой 12. В крышке 9 мембранной камеры имеется ниппель 13 для сброса газа в атмосферу и стакан 14, в котором располагаются пружина 15 и винт регулировочный 22, предназначенные для настройки выходного давления. Отключающее устройство (предохранительный запорный клапан) имеет мембрану 16, связанную с толкателем 17, к которому пружиной 27 поджат шток 23, фиксирующий открытое положение отсечного клапана 4. Настройка отключающего устройства осуществляется пружинами 18 и 19, вращением пробки 20 и втулки 21.

От регулятора газ поступает к потребителю. Для определения перепада давления до и после фильтра предусмотрены трехлинейные клапаны, служащие для присоединения дифманометра.

Методика проведения работы

Для проведения работы необходимо на предварительно переведенном на работу через байпас ГРП произвести очистку фильтра и проверку плотности мембраны регулятора.

Для очистки фильтра необходимо: отпустить все гайки на крышке люка 7 (см. рис. 4.1), с помощью отвертки слегка опустить крышку люка, убедиться в отсутствии притока газа. Затем следует снять болты и крышку, осторожно извлечь кассету, не допуская стряхивания пыли на пол помещения, вынести ее за пределы помещения на расстояние 15–20 м, вытряхнуть пыль и грязь из кассеты в приемок, который потом необходимо засыпать землей. Далее необходимо очистить кассету фильтра в ведре с бензином, после чего подсушить ее и смочить наполнитель турбинным или висциновым маслом. Затем установить кассету в корпусе фильтра и герметично затянуть гайки на крышке люка.

Для проверки плотности мембраны регулятора давления к ниппелю 13 (см. рис. 3.1) необходимо присоединить специальное приспособление для опрессовки и снять крышку регулятора 9 для того, чтобы следить за движением мембраны. Затем в подмембранном пространстве требуется создать давление воздуха 2,5 кПа, после чего выдержать подмембранное пространство под давлением 5 мин, чтобы убедиться в отсутствии падения давления в нем. Давление под мембраной фиксируется по манометру приспособления для опрессовки.

Обработка результатов

Показания манометра приспособления для опрессовки занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты измерений

Время, прошедшее после начала опрессовки τ , мин	1	2	3	4	5
Показания манометра p_i , МПа					

По данным табл. 4.1 в системе координат τ , p построить график, на основании которого можно судить о плотности мембраны регулятора давления.

Контрольные вопросы

1. Кем проводится плановая проверка газового оборудования?
Сроки проверки.
2. Какие мероприятия проводятся при плановой проверке газового оборудования?
3. В каком порядке осуществляют осмотр и очистку фильтра?
4. Меры безопасности при осмотре и очистке фильтра.
5. Каковы пределы настройки предохранительных запорного и сбросного клапанов?
6. Каким образом производится проверка плотности прилегания клапана регулятора давления к седлу?
7. Каким образом проверяют плотность мембран газового оборудования?
8. Каким образом проверяют чувствительность мембран газового оборудования?

Работа № 5. Исследование принципа действия газовых горелок

Цель работы: ознакомиться с принципом действия газовых горелок различных типов; изучить последовательность операций при розжиге, регулировании работы и выключении газовых горелок, методику определения мощности газовых горелок.

Основные понятия

Газовая горелка – устройство, предназначенное для подачи газа к месту смешения его с воздухом и сжигания, обеспечения стабильного сжигания и регулирования горения.

По способу подачи в топочную камеру газа и воздуха и условий их смешения все газовые горелки разделяются на горелки без предварительного смешения (диффузионные), горелки с полным предварительным смешением (кинетические), горелки с неполным предварительным смешением (диффузионно-кинетические).

Широко распространена классификация газовых горелок по способу подачи воздуха. По этому признаку горелки подразделяются на бездутьевые (воздух поступает в топку за счет разрежения в ней), инжек-

ционные (воздух засасывается за счет энергии газовой струи), с принудительной подачей воздуха (воздух подается в горелку или в топку с помощью дутьевого вентилятора).

Горелки классифицируют также по давлению газа, характеру движения воздуха и топлива на выходе из горелки, возможности регулировать избыток воздуха, температуре воздуха, степени автоматизации, регулированию мощности.

В диффузионных горелках газ смешивается с воздухом в топке вследствие взаимной диффузии газа и воздуха на границах вытекающего потока.

В инжекционных горелках воздух подсасывается за счет инжекции газовой струей, выходящей из сопла с большой скоростью. Такие горелки могут быть как с полным предварительным смешением газа с воздухом (инжекционные горелки среднего давления), так и с неполной инжекцией воздуха (инжекционные горелки низкого давления).

В горелках с принудительной подачей воздуха процесс образования газозоудной смеси начинается в самой горелке и завершается в топке. Такие горелки называются двухпроводными и смешительными (газ и воздух подаются по двум трубам и смешиваются в горелке). Газ для лучшего перемешивания выходит через многочисленные отверстия, направленные под углом к потоку воздуха. В зависимости от направления газового потока различают горелки с центральной подачей газа, если поток направлен от центра к периферии, и горелки с периферийной подачей газа, если поток газа направлен от периферии к центру горелки. В большинстве таких горелок воздуху придается вращательное движение с помощью завихрителей, либо придавая горелке улиткообразную форму или вводя воздух в цилиндрическую горелку тангенциально.

При эксплуатации горелок следует руководствоваться “Правилами безопасности в газовом хозяйстве”, утвержденными Ростехнадзором.

До включения горелок необходимо проверить, закрыты ли запорные устройства газопроводов котла, кроме крана трубопровода безопасности, затем продуть газом газопроводы котла, постепенно открывая главное запорное устройство. Топку и газоходы необходимо провентилировать в течение 10–15 мин (разрежение в топке должно быть $1,5\text{--}2 \text{ кгс/м}^2$ (15–20 Па)). После вентиляции необходимо провести с помощью газоиндикатора анализ проб воздуха, отобранных в верхней части топки. Загазованность должна отсутствовать.

После проведения всех необходимых подготовительных работ пуск газовых горелок производят в следующем порядке:

- закрыть воздушный шибер на растапливаемую горелку (в инжекционных горелках закрыть воздушную шайбу поворотом вправо до отказа);

- открыть кран подачи газа на стационарное запальное устройство;
- подать искру на запальное устройство, убедиться, что запальник устойчиво работает (при использовании переносного запальника вместо пунктов 2 и 3 следует ввести в топку (через лючок) к газовыпускным отверстиям горелки зажженный запальник);
- открыть полностью первую задвижку по ходу газа;
- медленно открывать вторую задвижку, следя за тем, чтобы газ сразу загорался от пламени запальника;
- установить давление (подачу) газа на горелку (30% по режимной карте);
- отрегулировать горение (подачей воздуха и регулируя разрежение) по цвету и характеру пламени;
- переносной запальник после получения устойчивого факела удалить из топки (при использовании стационарного запального устройства этот пункт исключается).

Если до розжига горелки пламя запальника погасло, необходимо немедленно прекратить подачу газа на горелку и провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин. Только после этого можно приступать к розжигу горелки.

Если при растопке погаснут все или часть разожженных горелок, следует немедленно прекратить подачу газа к ним и провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин. Только после этого, устранив неисправности, можно повторно разжигать горелки.

Разжигая горелки, не следует стоять против отверстия гляделок, чтобы не пострадать от случайно выброшенного из топки пламени.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- зажигать в топке погасший огонь без предварительной вентиляции топки и газоходов;
- зажигать газовый факел от соседней горелки.

Судить о полноте сгорания топлива можно по цвету пламени, по прозрачности выходящих из дымовой трубы продуктов сгорания, а также по показаниям газоанализаторов. При недостатке воздуха пламя вытянутое, имеет темно-желтую окраску, наблюдается синее пламя в области пароперегревателя; при большом избытке воздуха факел короткий, не заполняющий топку, имеет ослепительно белую окраску, отверстия гляделок не обволакиваются пламенем.

При полном сгорании выходящие из дымовой трубы продукты сгорания будут не видны или иметь белый цвет (при низкой температуре и высокой влажности окружающего воздуха). При неполном сгорании столб газов, выходящих из дымовой трубы, будет иметь темный цвет.

При увеличении нагрузки необходимо постепенно увеличить сначала подачу газа, затем – воздуха и отрегулировать разрежение, а для уменьшения – уменьшить подачу воздуха, газа, после чего отрегулировать разрежение.

Для выключения горелок ручного обслуживания уменьшают их тепловую мощность до минимальной в несколько этапов (100, 75, 50, 30 %), добиваясь постепенного охлаждения котла и топки. После этого в горелках с принудительной подачей воздуха закрывают последовательно рабочее и контрольное запорные устройства, открывают кран трубопровода безопасности, затем закрывают шибер на воздуховоде перед горелкой. Если воздух поступает от индивидуального дутьевого вентилятора, то после отключения всех горелок его останавливают.

Для выключения инжекционных горелок после снижения их тепловой мощности до минимальной закрывают воздушно-регулирующую заслонку, а затем действуют в указанной выше последовательности. В горелках типа ИГК воздушно регулировочную заслонку необходимо оставлять открытой, чтобы через горелку проходил воздух и охлаждал пластины стабилизатора, так как воздействие нагретой футеровки может вызвать их коробление.

После выключения горелок закрывают общее на котел запорное устройство. Индивидуальный дымосос остается в работе 10–15 мин. В случае остановки всех котлов закрывают запорное устройство на вводе газа в котельную.

Описание установки

В процессе выполнения лабораторной работы исследуется принцип действия и особенности эксплуатации горелки блочной газовой, тип ГБГ 8/21 (рис. 5.1).

Корпус горелки *1* является основным силовым элементом, представляет собой цельную конструкцию. К корпусу крепится электродвигатель *8*, на вал которого установлено рабочее колесо вентилятора *9*. Внутри корпуса расположен стабилизатор пламени *5*, который через переходной штуцер и газопровод связан с электромагнитным клапаном подачи газа *11*. Внутри жаровой трубы *3* расположено регулировочное кольцо. На корпусе воздушной заслонки *4* уста-

новлен датчик-реле контроля минимального давления воздуха 10. Подвод газа осуществляется через резьбовое соединение $G1''$ универсального газового блока подачи газа. С помощью фланца 13 горелка крепится к газоиспользующему тепловому агрегату.

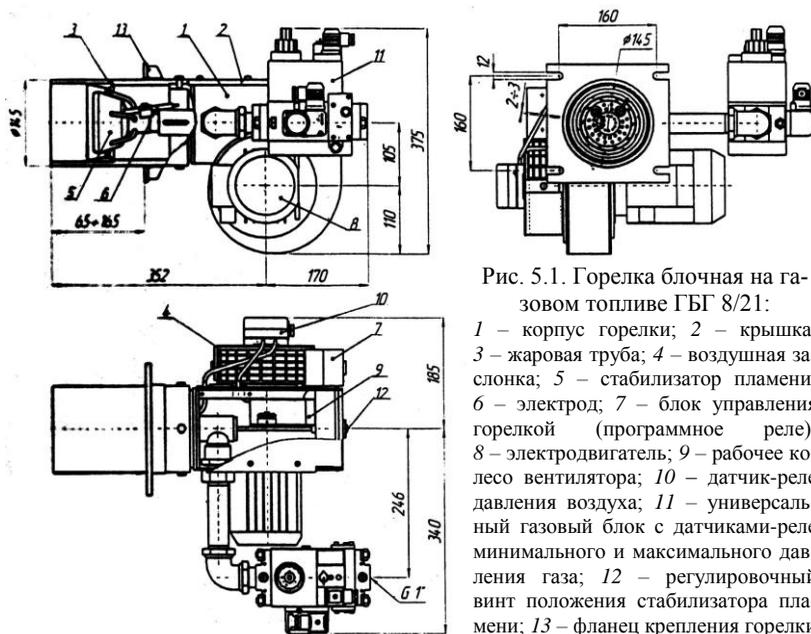


Рис. 5.1. Горелка блочная на газовом топливе ГБГ 8/21:

1 – корпус горелки; 2 – крышка; 3 – жаровая труба; 4 – воздушная заслонка; 5 – стабилизатор пламени; 6 – электрод; 7 – блок управления горелкой (программное реле); 8 – электродвигатель; 9 – рабочее колесо вентилятора; 10 – датчик-реле давления воздуха; 11 – универсальный газовый блок с датчиками-реле минимального и максимального давления газа; 12 – регулировочный винт положения стабилизатора пламени; 13 – фланец крепления горелки

Управление работой горелки осуществляет блок управления горелкой (программное реле) 7, который закреплен на корпусе горелки. На крышке горелки 2 расположен трансформатор розжига.

Воздух для создания газовой среды подается вентилятором, рабочее колесо 9 которого вращается электродвигателем 8. Газ через универсальный газовый блок поступает по газопроводу и через стабилизатор пламени 5 попадает в горелочную трубу корпуса, где он смешивается с потоком воздуха, закрученным завихрителем. Образовавшаяся газозвушная смесь поджигается искрой, возникающей между электродами 6 при подаче высокого напряжения от трансформатора розжига. Количество воздуха и газа, поступающего в зону горения, регулируются воздушной заслонкой 4 и электромагнитным клапаном 11.

Контроль за давлением подающегося воздуха осуществляется датчиком-реле давления воздуха 10. Настройка датчика-реле контроля давления воздуха в горелке осуществляется при повороте регулировочной шкалы. При уменьшении давления воздуха ниже заданного произойдет отключение горелки.

Давление газа перед горелкой контролируется датчиками-реле минимального и максимального давления газа, расположенными на универсальном газовом блоке подачи газа 11. Регулировка датчика-реле контроля давления газа производится с помощью регулировочной шкалы. При уменьшении или увеличении давления газа произойдет отключение горелки.

Регулировка количества воздуха, подаваемого в зону горения, производится поворотом воздушной регулировочной заслонки, добываясь полноты сгорания топлива. Положение заслонки фиксируется болтом.

Качество смешивания воздуха с газом определяется положением стабилизатора пламени 5 относительно кольца, расположенного в жаровой трубе 3. Регулировка положения стабилизатора пламени относительно регулировочного кольца производится с помощью винта 12. Вращением винта “по часовой стрелке” перемещают стабилизатор пламени к кольцу, уменьшая зазор и увеличивая сжатие газовой смеси; вращением “против часовой стрелки” отодвигают стабилизатор пламени от кольца, увеличивая зазор, уменьшая сжатие газовой смеси. При работе горелки на минимальной мощности зазор между стабилизатором пламени 5 и кольцом должен быть минимальным. При работе горелки на максимальной мощности стабилизатор пламени отодвигают от кольца.

В случае “аварийной” ситуации, т.е. сбоя в работе горелки, универсальный газовый блок 11 “отсекает” подачу газа. Универсальный газовый блок 11 имеет в своем составе грязеуловитель (фильтр тонкой очистки), регулятор давления, один быстро и один медленно открывающиеся клапаны и обеспечивает регулировку количества подаваемого газа в зону горения. Для устранения хлопка при розжиге медленно открывающийся клапан позволяет регулировать скорость подъема штока (время открытия) и, соответственно, скорость подачи газа. Для этого клапан оснащен гидравлическим тормозом. Регулирование скорости открытия производится винтом, а регулировка расхода газа большим колпачком.

Контроль наличия пламени производится устройством контроля пламени, получающим сигнал от ионизационного электрода.

Методика проведения работы

Перед пуском горелки необходимо подготовить ее к работе:

- проверить газоподводящую систему на герметичность пенообразующим составом (мыльной эмульсией). Утечка газа не допускается;
- заземлить горелку согласно требованиям ПУЭ;
- произвести визуальный контроль электропроводки горелки. Дефекты не допускаются.

Для розжига горелки необходимо:

- подать на горелку электропитание;
- проконтролировать процесс розжига и убедиться, что система нормально вошла в режим эксплуатации;
- при возникновении аварийной ситуации при пуске необходимо обесточить горелку. Найти причину аварии и устранить ее. Повторить розжиг.

Обработка результатов

По газовому счетчику определить расход газа на горелку.

Определить мощность горелки по формуле, кВт

$$Q_{\text{гор}} = \frac{V_{\text{г}}}{3600} Q_{\text{н}}, \quad (5.1)$$

где $V_{\text{г}}$ – расход природного газа на горелку, м³/ч; $Q_{\text{н}}$ – низшая теплота сгорания природного газа, кДж/м³.

Определить тепловую мощность теплогенератора, на котором установлена горелка, кВт

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{гор}} \cdot \eta_{\text{т}}, \quad (5.2)$$

где $\eta_{\text{т}}$ – КПД теплогенератора (принять $\eta_{\text{т}} = 0,96$).

Контрольные вопросы

1. Что называется газовой горелкой?
2. По каким признакам классифицируют газовые горелки?
3. Каким образом классифицируются газовые горелки в зависимости от способа подачи в топочную камеру газа и воздуха и условий их смешения?
4. Каким образом классифицируются газовые горелки в зависимости от способа подачи воздуха?
5. Где и за счет чего происходит смешение газа с воздухом при использовании диффузионных горелок?

6. Где происходит смешение газа с воздухом при использовании инжекционных горелок низкого и среднего давления?

7. Какие мероприятия необходимо провести при подготовке газовой горелки к розжигу?

8. Порядок пуска газовых горелок.

9. По каким признакам можно судить о полноте сгорания газообразного топлива?

10. В какой последовательности производятся увеличение и уменьшение нагрузки газовых горелок?

11. Порядок выключения газовых горелок.

Работа № 6. Исследование работы газового оборудования котельной

Цель работы: ознакомиться с назначением и принципом действия оборудования обвязочных газопроводов котельных установок; изучить последовательность операций при подготовке газового оборудования котельной к работе.

Основные понятия

Подача газа к отдельным котлам осуществляется от газопровода, называемого газовым коллектором. На ответвлении от коллектора к котлу устанавливают общее на котел запорное устройство. Перед запорным устройством на газопроводе должны быть установлены изолирующие фланцы для защиты от блуждающих токов. К наиболее удаленному участку коллектора присоединяют продувочный трубопровод, диаметром не менее 20 мм для вытеснения из газопровода воздуха перед пуском котельной и для удаления газа воздухом при длительной ее остановке. От газопровода каждого котла также предусмотрен продувочный трубопровод. Для отбора проб на продувочном трубопроводе имеется штуцер с пробкой.

Схема газопроводов котла зависит от количества и расположения горелок, способа подачи воздуха в горелки, степени их автоматизации и мощности. Перед горелкой с номинальной мощностью 0,3 Гкал/ч (~0,35 МВт) должен быть один газовый автоматический запорный орган, перед горелкой мощностью более 0,3 Гкал/ч до 1,7 Гкал/ч (~1,98 МВт) – два автоматических запорных органа, мощностью более

1,7 Гкал/ч – два автоматических запорных органа с автоматическим запорным органом утечки газа между ними. Орган утечки включает трубопровод безопасности при выключении запорных органов и выключает трубопровод безопасности при их включении. Трубопроводы безопасности и продувочные свечи с отключающими устройствами, которые у неработающих котлов должны быть открыты, необходимы для предотвращения попадания газа в топку котла при неисправных отключающих устройствах.

На ранее смонтированных газопроводах котлов с ручным обслуживанием горелок также имеются газопроводы безопасности, присоединенные между двумя запорными устройствами перед горелкой. Штуцер с заглушкой на трубопроводе безопасности используют для периодической проверки плотности запорных устройств.

Трубопроводы продувочный и безопасности выводят на высоту не менее 1 м выше карниза крыши, в места, где обеспечено безопасное рассеивание газа. Для предохранения от попадания в них атмосферных осадков концы этих трубопроводов загибают вниз. Допускается объединение продувочных трубопроводов с одинаковым давлением газа в общий продувочный трубопровод.

Кроме арматуры и контрольно-измерительных приборов на газопроводе перед каждым котлом обязательно должно быть установлено автоматическое устройство, обеспечивающее безопасную работу котла. Таким устройством является клапан-отсекатель. Клапан-отсекатель по конструкции и принципу действия аналогичен предохранительному запорному клапану и отличается тем, что в верхней его части вместо пружины установлен электромагнит. При возникновении аварийной ситуации по любому параметру защиты сигнал от первичного датчика поступает на щит управления. На щите управления размыкается электрическая цепь, электромагнит обесточивается, сердечник электромагнита падает, и при этом клапан садится в седло, перекрывая проход газа.

Газопроводы котельных низкого давления окрашивают в желтый цвет, а среднего – в желтый с красными кольцами.

Перед розжигом котла, работающего на газовом топливе, после его осмотра, заполнения водой и вентилирования топки и газоходов необходимо:

- проверить исправность газопровода и установленной на нем арматуры (вся запорная арматура на газопроводах должна быть закрыта, а продувочные свечи – открыты);

- продуть газопровод через продувочную свечу (либо через трубопровод безопасности), постепенно открывая запорное устройство на отводном газопроводе к котлу, после продувки свечу закрыть;
 - убедиться в отсутствии утечки газа из газопроводов, газового оборудования и арматуры путем обмыливания их;
 - проверить по манометру отсутствие давления газа и воздуха перед горелкой;
 - отрегулировать тягу разжигаемого котла, установив минимальное разрежение вверху топки в пределах 10–15 Па.
- После этого производится розжиг (пуск) газовых горелок в порядке, приведенном в лабораторной работе № 5.

Описание установки

Схема обвязочного газопровода котла представлена на рис. 6.1.

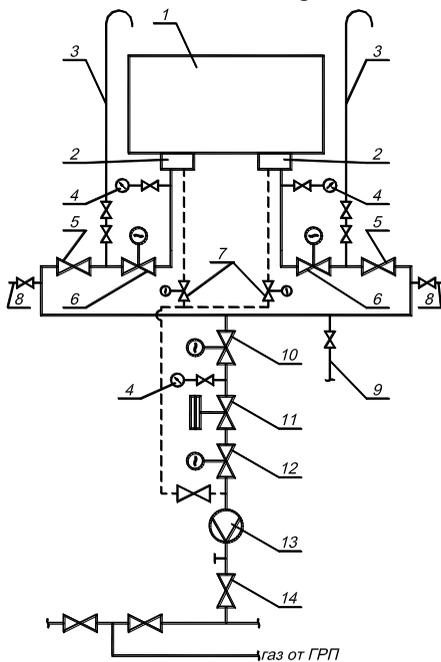


Рис. 6.1. Схема обвязочного газопровода котла:

- 1 – котел; 2 – горелка; 3 – трубопровод безопасности;
- 4 – манометр; 5 – первое по ходу газа запорное устройство на горелку; 6 – второе по ходу газа запорное устройство на горелку; 7 – электромагнитный клапан на запальник; 8 – пробоотборники; 9 – импульсный трубопровод на защиту;
- 10 – регулирующая заслонка; 11 – газовый отсечной клапан; 12 – второе по ходу газа запорное устройство на котел; 13 – расходомерная шайба; 14 – первое по ходу газа запорное устройство на котел

Природный газ от ГРП поступает в газовый коллектор котельной, откуда подается на котел. На обвязочном газопроводе котла имеются два запорных устройства, причем первое по ходу газа запорное уст-

ройство 14 – с ручным приводом, а второе 12 – с электрическим. На прямом участке газопровода между запорными устройствами установлена расходомерная шайба (диафрагма) 13 для измерения расхода газа на котел.

От обвязочного газопровода котла за диафрагмой отходит трубопровод подачи газа на запальные устройства горелок. На этом газопроводе с целью обеспечения подачи газа на запальники или отключения их имеется кран, а, кроме того, перед каждой горелкой на нем установлены электромагнитные клапаны 7.

Быстродействующее устройство (клапан-отсекатель) 11 обеспечивает отсечку газа при отклонении контролируемых параметров от заданных значений. Устройство, регулирующее расход газа (различного типа заслонки) 10, обеспечивает подачу газа в соответствии с требуемым режимом работы горелок.

От обвязочного газопровода котла за регулирующей заслонкой отходит импульсный трубопровод 9 на защиту по давлению газа перед горелками. На газопроводе также имеются пробоотборники для возможности проведения анализа поступающего на горелки газа газоанализаторами.

Перед каждой горелкой также установлено по два запорных устройства 5 и 6, между которыми предусмотрен трубопровод (свеча) безопасности 3. Кроме того, перед каждой горелкой (за последним по ходу газа запорным устройством) предусмотрена установка манометров 4 для измерения давления газа.

Методика проведения работы

После осмотра котла и проверки исправности вспомогательного оборудования, заполнения котла водой и вентиляции топки и газоходов необходимо взять анализ воздуха в топке котла газоиндикатором и убедиться в отсутствии загазованности в топке котла.

После этого необходимо проверить исправность газопроводов и установленных на них задвижек (вся запорная арматура 5, 6, 12, 14 должна быть закрыта, а краны на продувочных газопроводах 3 – открыты).

Затем следует продуть газопровод через продувочные свечи, постепенно открывая задвижку на ответвлении газопровода к котлу и последующие запорные устройства по ходу газа кроме последнего 6. Конец продувки газопровода определяется по анализу газа газоанализатором на содержание кислорода, количество которого в продувочных

газах не должно превышать 1 %, или по характеру воспламенения газа, зажженного в мыльной эмульсии. Если газ загорается с легким треском – газоздушная смесь взрывоопасна, если газ горит спокойно – в пробе отсутствует воздух. Эта операция производится вне помещения котельной на расстоянии не менее 5 м от нее.

После продувки газопровода до запорного устройства 6 плотно перекрыть запорное устройство 5 и краны на трубопроводе безопасности 3. Каждую минуту в течение 10 мин снимать показания манометра, установленного на газопроводе между запорными устройствами 5 и 6 (на рис. 6.1 не показан).

Требуется убедиться в отсутствии утечек газа из газопроводов и арматуры путем обмыливания их. Определять утечки газа открытым огнем **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ**.

Далее необходимо проверить по манометру соответствие давления газа и соответствие давления воздуха у горелок при работающем дутьевом вентиляторе, после чего отрегулировать тягу растапливаемого котла, установив разрежение в топке 30–40 Па.

После этого переходят к розжигу горелок.

Обработка результатов

Показания манометра, установленного на газопроводе между запорными устройствами 5 и 6, занести в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Результаты измерений

Время, прошедшее после начала опрессовки t , мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показания манометра p_i , МПа										

По данным табл. 6.1 в системе координат t, p построить график, характеризующий изменение давления на участке газопровода между запорными устройствами 5 и 6, на основании которого можно судить о плотности закрытия каждого из этих запорных устройств.

Контрольные вопросы

1. С какой целью перед общим на котел запорным устройством устанавливаются изолирующие фланцы?

2. Для чего предназначены трубопроводы безопасности и продувочные свечи на обвязочном газопроводе котлов?
3. На какую высоту по нормам требуется выводить трубопроводы продувочный и безопасности и с какой целью это делается?
4. Для чего предназначен клапан-отсекатель и каков принцип его работы?
5. Последовательность подготовки газового оборудования и обвязочных газопроводов к растопке котла.
6. Для чего предназначена расходомерная шайба?
7. Каким образом определяется конец продувки газопровода?
8. Каким образом необходимо проверять отсутствие утечек из фланцевых соединений газопроводов и из газовой арматуры?
9. Каким образом проверяется плотность закрытия запорных устройств?

Библиографический список

1. *Кязимов, К.Г.* Справочник работника газового хозяйства: справ. пособие / К.Г. Кязимов. – М.: Высш. шк., 2006. – 278 с.
2. *Кязимов, К.Г.* Эксплуатация и ремонт оборудования систем газоснабжения: практ. пособие для слесаря газового хозяйства / К.Г. Кязимов, В.Е. Гусев; под ред. Б.А. Соколова. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 248 с. – (Книжная полка специалиста).
3. *Брюханов, О.Н.* Основы эксплуатации оборудования и систем газоснабжения: учебник / О.Н. Брюханов, А.И. Плужников. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 256 с. – (Среднее профессиональное образование).
4. *Тарасюк, В.М.* Эксплуатация котлов: практ. пособие для оператора котельной / В.М. Тарасюк; под ред. Б.А. Соколова. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 272 с. – (Книжная полка специалиста).
5. *Столпнер, Е.Б.* Справочное пособие для персонала газифицированных котельных / Е.Б. Столпнер, З.Ф. Панюшева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1990. – 397 с.
6. *Белосельский, Б.С.* Технология топлива и энергетических масел: учебник для вузов / Б.С. Белосельский. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 348 с.
7. *Трембовля, В.И.* Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трембовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 416 с.
8. *Млодок, Б.И.* Устройство, монтаж и эксплуатация газорегуляторных пунктов / Б.И. Млодок. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1975. – 168 с. – (Библиотека мастера газового хозяйства).
9. Газорегуляторный пункт шкафной с газовым обогревом ГРПШН-А-01-У (ГРПШН-А-01-У ПС): Паспорт. – Саратов: ОАО “Газаппарат”, 2006. – 12 с.
10. Горелка блочная газовая, тип: ГБГ 8/21: Паспорт. Руководство по эксплуатации. – Шебекино: ЗАО “Белогорье”, 2005.

Содержание

Введение.....	3
Работа № 1. Испытание газопроводов и арматуры газорегуляторной установки (пункта).....	4
Работа № 2. Анализ проб газа и воздуха газоанализаторами.....	10
Работа № 3. Обслуживание газорегуляторной установки (пункта).....	16
Работа № 4. Обслуживание газопроводов и газового оборудования.....	23
Работа № 5. Исследование принципа действия газовых горелок	28
Работа № 6. Исследование работы газового оборудования котельной.....	35
Библиографический список.....	41

Учебное издание

ГУБАРЕВ Артем Викторович

**ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ
И ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
И ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ**

Лабораторный практикум

Редактор В.И. Пустовая

Подписано в печать 15.11.07. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,7.
Тираж 30 экз. Заказ № . Цена р. к.

Отпечатано в ООО ИПЦ «ПОЛИТЕРРА»
г. Белгород, ул. Курская, 4, офис 5
тел.: (4722) 26-26-82, 891-03-60-14-99