

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
 Должность: ректор  
 Дата подписания: 25.09.2022 14:02:32  
 Уникальный программный ключ:  
 9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»  
 (ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения



## ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Методические указания  
 к выполнению лабораторных работ  
 для студентов по направлениям подготовки  
 08.03.01 – Строительство  
 профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника  
 профиль «Энергетика теплотехнологий»

Курск 2016

УДК 696/2/(075/8)

Составители: Г.Г.Щедрина, О.А.Гнездилова

Рецензент

Доктор геолого-минералогических наук, профессор *Хаустов В.В.*

**Газоснабжение:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направлений подготовки 08.03.01 Строительство профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника профиль «Энергетика теплотехнологий» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Г.Г.Щедрина, О.А.Гнездилова. Курск, 2016. 37 с., ил. 9, табл. 8. Библиогр.: с. 37.

Методические указания разработаны в соответствии с утвержденными рабочими программами, содержат необходимый теоретико-методологический материал для проведения лабораторного практикума по дисциплине «Газоснабжение». Нацелены на активизацию научного поиска, прежде всего, в части освоения приемов строительства, реконструкции, испытания и эксплуатация систем газоснабжения.

Предназначены для студентов направлений подготовки 08.03.01 Строительство профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника профиль «Энергетика теплотехнологий» очной и заочной форм обучения. Могут быть использованы в учебном процессе по всем формам обучения магистров, специалистов и бакалавров строительного профиля.

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 1,9. Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

	Стр.
1. Общая часть	4
2. Техника безопасности	5
3. Лабораторная работа № 1	6
4. Лабораторная работа № 2	11
5. Лабораторная работа № 3	13
6. Лабораторная работа № 4	15
7. Лабораторная работа № 5	16
8.Лабораторная работа № 6	24
9.Лабораторная работа № 7	33
10. Библиографический список	37

Лабораторные работы проводятся на действующем объекте, газоиспользующих установках Курской генерирующей компании «Квадра».

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Лабораторные работы по курсу "Газоснабжение" выполняются в соответствии с требованиями учебного плана. Их выполнение помогает закрепить знания по отдельным разделам курса, полученным студентами на лекциях, практических занятиях и при самостоятельной работе с литературой.

До выполнения конкретной работы студент обязан повторить соответствующий материал курса по лекционным записям, а также используя методические указания, тщательно изучить описание лабораторной установки, методику проведения исследований. Разрешение на проведение лабораторной работы дается преподавателем после проверки готовности студента к ее выполнению. Приступая к работе студент зарисовывает установки, готовит таблицы и координатные сетки для графиков. Оформление схем, таблиц и графиков проводится по всем правилам черчения. После выполнения работы и обработки результатов наблюдений составляет отчет о работе. Отчет должен содержать: формулировку цели работы; схему, краткое описание и основные технические характеристики используемой лабораторной установки; перечень используемых контрольно-измерительных приборов с краткой технической характеристикой /тип, класс, точность/; протокол испытаний; результаты обработки данных опытов в виде таблиц, графиков или расчетных зависимостей; оценку погрешности измерений; выводы.

Выполнение работы засчитывается студенту после защиты отчета по работе.

Начиная цикл занятий в лаборатории, каждый студент под руководством преподавателя должен ознакомиться с инструкцией по технике безопасности, о чем должны свидетельствовать записи в журнале по технике безопасности и подпись студента.

## 2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Не разрешается самостоятельное включение установки в работу или переключение без разрешения преподавателя (представителя газового хозяйства).

2. Перед началом проведения замеров следует проверить заземление

лабораторных установок, герметичность газопровода и исправность газового оборудования.

3. При работе на установках не разрешается соприкосновение с токоприемными устройствами.

4. Природный и сжиженный газ взрывоопасны. Запрещено открывать вентиль на газовом баллоне руками, испачканными в масле или братья промасленной ветошью, бумагой и т.п.

5. Во избежание отравления следите за правильным горением газовых горелок. Газ должен сгорать полностью, без образования в продуктах сгорания токсичных окиси углерода СО и окислов азота.

6. Не допускается утечек газа, так как может произойти пожар, взрыв. При обнаружении запаха газа примите все меры к устранению утечки /отключите баллон с газом, проветрите помещение и т.д./. При этом не зажигайте спички, не курите, не включайте электроосвещение.

7. Систематически контролируйте плотность газопроводов, арматуры и газовой аппаратуры, исправность всех запорных и предохранительных устройств.

8. Работа горелок должна поддерживаться на таких режимах, при которых исключается возможность обратного удара пламени.

9. Во избежание несчастных случаев не трогайте оборудование, не относящееся к выполняемой Вами работе.

10. После окончания выполнения замеров, завершения работы, необходимо:

- закрыть газовые краны плиты и вентиль на газовом баллоне;
- отключить установку от электросети;
- сообщить об этом преподавателю.

## **Лабораторная работа № 1**

### **Материалы, арматура и КИП, используемые при сооружении и эксплуатации газовых распределительных сетей**

Цель работы - ознакомить студентов с оборудованием лаборатории газоснабжения, с образцами труб, арматуры и контрольно измерительными приборами, используемыми в газовой технике.

#### **1.1. ТРУБЫ И АРМАТУРА**

При сооружении газопроводов применяются стальные трубы из малоуглеродистой и низколегированной стали, обладающей хорошей свариваемостью. Для распределительных газовых сетей широкое распространение получили пластмассовые и асбоцементные трубы. В системах снабжения сжиженным газом используются резино-тканевые напорные рукава рассчитанные на давление до 2,0 МПа или шланги оплеточной конструкции.

К запорной арматуре относятся краны, задвижки, гидрозатворы.

Краны используют на газопроводах диаметром от 3 до 1420 мм. По величине условного прохода краны бывают малые (до 40 мм), средние (от 50 до 150 мм) и большие (свыше 200 мм); по давлению - краны низкого давления (до 1,0 МПа), среднего (от 1,0 до 4,0 МПа) и высокого (более 4,0 МПа).

Вентили выпускаются с условным проходом Ду от 3 до 200 мм и используются, в основном, для сжиженных газов из-за большого гидравлического сопротивления и малых значений Ду. Вентили, используемые в технике газоснабжения изготавливаются из углеродистой стали или ковкого чугуна.

Задвижки выпускаются с выдвигным и невыдвигным шпинделем. Первые предпочтительны для надземной установки, вторые - для подземной. При давлении до 6 МПа используются чугунные задвижки, при больших давлениях - стальные.

Гидрозатворы применяются на газопроводах низкого давления. Одновременно они могут служить точкой замера разности потенциалов труба-земля.:

## 1.2. КОМПЕНСАТОРЫ И САМОКОМПЕНСИРУЮЩИЕСЯ ТРУБЫ, ГАЗОВЫЕ КОЛОДЦЫ, КОНТРОЛЬНЫЕ ПРОВОДНИКИ, КОНДЕНСАТОСБОРНИКИ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ, КОВЕРЫ, ИЗОЛИРУЮЩИЕ ФЛАНЦЫ, КОНТРОЛЬНЫЕ ТРУБКИ.

### КОМПЕНСАТОРЫ И САМОКОМПЕНСИРУЮЩИЕСЯ ТРУБЫ

При строительстве трубопроводов различного назначения применяются следующие виды компенсации:

- а) компенсация за счет изменения формы трубопровода;
- б) компенсация за счет гибкости трубопровода и изменения рельефа местности;
- в) компенсация за счет использования осевых компенсаторов (односторонних и двухсторонних), рис. 1.
- г) компенсация за счет использования самокомпенсирующихся труб, рис.2.



Рис. 1. Односторонний и двухсторонний компенсаторы



Рис.2. Самокомпенсирующийся трубопровод



В качестве компенсаторов для компенсации трубопроводов, выполненных за счет изменения формы трубопровода используются: П - образные, Z - образные, Г - образные, Ω-образные компенсаторы, компенсаторы в виде змейки - широкое применение получили для строительства магистральных газопроводов.

Компенсация выполняемая за счет гибкости трубопровода применяется на трубопроводах с низкой температурой перекачиваемого продукта (примерно, до 50 - 70°C).

Осевые компенсаторы применяются на тепловых сетях, а также на трубопроводах сжиженного природного газа.

Односторонние компенсаторы применяются на трубопроводах с относительно невысоким перепадом температуры между моментом строительства и началом эксплуатации трубопровода.

Двухсторонние компенсаторы применяются на трубопроводах с большим перепадом температур, а величина увеличения (укорочения) трубопровода превышает 1 м на 1 км трассы. Компенсация за счет использования долевых гофров выполненных непосредственно на трубе - сравнительно новый метод самокомпенсации трубопроводов. Он начал внедряться на тепловых станциях.

ГАЗОВЫЕ КОЛОДЦЫ на подземных газопроводах служат для размещения в них задвижек, кранов и компенсаторов. Они сооружаются из сборного и монолитного ж/бетона, кирпича и камней естественных пород. Колодцы на подземных городских и поселковых сетях сооружают мелкого и глубокого заложения, днище выполняют ж/бетонным с устройством приемка для сбора воды (дренаж). На проходе газопровода через стены колодца устанавливают футляры; зазор между футляром и газопроводом уплотняют промасленным канатом и битумом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ПРОВОДНИКИ /ПУНКТЫ/ служат для систематического контроля за состоянием изоляции газопровода и замера электрического потенциала "труба - земля".

Контрольные выводы (проводники) устанавливаются через 200-250 м.

**КОНДЕНСАТОСБОРНИКИ** устанавливаются на газопроводах низкого, среднего и высокого (до 0,5 МПа) давлений в низших точках для сбора и удаления конденсата (вода, тяжелые углеводороды, пыль и т.д.). Конденсатосборник представляет собой цилиндрическую емкость, которая, снабжена трубкой для удаления конденсата. Конец трубки выведен под ковер и снабжен резьбовой пробкой или краном. Помимо прямого назначения конденсатосборники используются для продувки газопроводов, для замера в них давления газа и электрического потенциала газопровода.

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ** стальные сварные установленные на газовых сетях низкого давления. Гидрозатворы служат для сбора конденсата и одновременно для замера разности потенциалов с контрольным выводом под ковер. -В ГРП гидрозатвор служит для автоматического сброса избыточного давления и газа в атмосферу через продувочную свечу.

**КОВЕРЫ** предназначены для защиты арматуры конденсатоотводных труб, **ВЫВОДНЫХ** устройств, контрольных пунктов к проводников, выходящих на поверхность земли, от механических повреждений. Устанавливают ковер на ж/бетонные опорные подушки с щебеночным основанием толщиной 200 мм. Ковер - это чугунный или стальной колпак с крышкой.

**ИЗОЛИРУЮЩИЕ ФЛАНЦЫ** устанавливаются для электрического секционирования газопроводов, уложенных под и над землей. Собирают фланцы на изоляционных прокладках и втулках так, чтобы, блуждающие токи не могли пройти с одного конца секционного трубопровода (фланца) на другой. После сборки и установки на газопроводе изолирующий фланец обязательно проверяют на отсутствие короткого замыкания.

**КОНТРОЛЬНАЯ ТРУБКА** служит для определения утечки газа из газопроводов, уложенных под землей. Представляет

собой стальную трубку, приваренную к стенке газопровода или футляра, другой ее конец с пробкой или краном выведен под ковер. Чаще всего контрольную трубку устанавливают для контроля и определения плотности (целостности) газопровода, заключенного в футляр (кожух).

### 1.3. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

МАНОМЕТРЫ служат для измерения давления в системе. Для низконапорных систем используются U-образные манометры с наклонной трубкой типа ПР и показывающие мембранные манометры типа НМП-1 с профильной шкалой. Область применения указанных манометров: температура окружающего воздуха 5-50°C, давление - до 0,153 бар. Среднее и высокое давление измеряется техническими манометрами типа М-100 и М-150.

РАСХОДОМЕРЫ на перепады давления от 0,052 до 1,3 бар применяются типа ДП. Самопишущие расходомеры типа ДК применяются на перепадах от 0,0325 до 0,325 бар и имеют привод диаграммы от часового механизма. К расходомерам относятся также газовые счетчики лабораторного и бытового назначения типа ГК (клапанные) и промышленного назначения типа РГ (ротационные) для учета объемного расхода газа до 1000 м<sup>3</sup>/ч. Широко применяются расходомеры газа типов ДМКВ и ДМКК с автоматическим вводом действительных значений давления и температуры с ручным вводом значений его влагосодержания. Давление измеряемого газа находится в пределах от 0,003 до 1,6 МПа. Казанский завод КИП выпускает самопишущий показывающий расходомер с механическим счетно-решающим устройством типа ДСКС восьми модификаций для измерения больших расходов газа среднего и высокого давления.

Счетчики предназначены для учета объемного количества неагрессивных горючих газов при использовании их в установках коммунальных и промышленных предприятий, и могут учитывать газы следующих наименований: природный, сланцевый, генераторный, коксовый, смешанный, сжиженный - пропан-бутан (в газообразном состоянии). Для измерения больших расходов газа по перепаду давления в сужающихся устройствах (более 1000 м<sup>3</sup>/ч) применяются дифманометры, трубные показывающие и

самопишущие, дисковые бескамерные, которые используются для измерения давления и уровня этих сред.

## Лабораторная работа № 2 Определение влагосодержания газа (при атмосферном давлении)

Цель работы - знакомство с существующими методами определения влагосодержания газа и освоение студентами одного из самых распространенных методов - определение точки росы.

Влагосодержание,  $d = G_n / G_r$ , а также весовое содержание,  $G_n$  и  $G_r$ , водяных паров и сухого газа определяется с помощью уравнений состояния для водяных паров и сухого газа, находящегося в объеме  $V$  при температуре  $T$ , К.

$$P_n V = G_n R_n T;$$

$$P_r V = G_r R_r T.$$

Разделив почленно одно уравнение на другое и сделав преобразования, находим

$$d = G_n / G_r = P_n / P_r \times R_n / R_r$$

Учитывая, что газовая постоянная для водяного пара  $R_n = 461,5$  Дж/кг\*К, а парциальное давление сухого газа  $P_r = B - p_n$ , после замены размерности  $d$  (кг/кг на г/кг), получим

$$d = 21,2 R_r \times P_n / (B - p_n), \text{ или сухость газа}$$

$$X = d p_r = 21,2 R_r \times p_r P_n / (B - p_n),$$

где  $X$  - объемное содержание водяных паров и сухого газа во влажном газе, г/м<sup>3</sup>;

$R_r$  - газовая постоянная исследуемого газа, равная  $37,85/p_r$ ;

$B$  - барометрическое давление влажного газа, Па;

$p_r$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>.

Упругость водяных паров  $P_n$  определяется по температуре точки росы,  $t_p$ , с помощью соответствующих таблиц. ..

Определение точки росы влажного газа производится прибором, показанным на рис.3.

Исследуемый газ по трубкам 7 и 8 пропускают через стеклянный сосуд 1 Трубка 2, имеющая полированную внешнюю поверхность, охлаждается при продувании воздуха с помощью резиновой груши 3 через налитую легко испаряющуюся жидкость

9. Температура  $t_p$ , при которой выступает роса на внешней поверхности трубки 2, записывается в таблицу измерений. Затем через сосуд 1 пропускают газ без понижения температуры в трубке 2 и измеряют температуру  $t_u$ , при которой роса испаряется с поверхности.

Замеры температур  $t_u$  и  $t_p$  производят несколько раз. За действительную точку росы принимают среднее арифметическое значение температур  $t_u$  и  $t_p$ , то есть

$$t_p = l/n \sum (t_p + t_u),$$

где  $n$  - число замеров температур  $t_u$  и  $t_p$ .

Данные измерений и результаты их обработки сводят в таблицу.

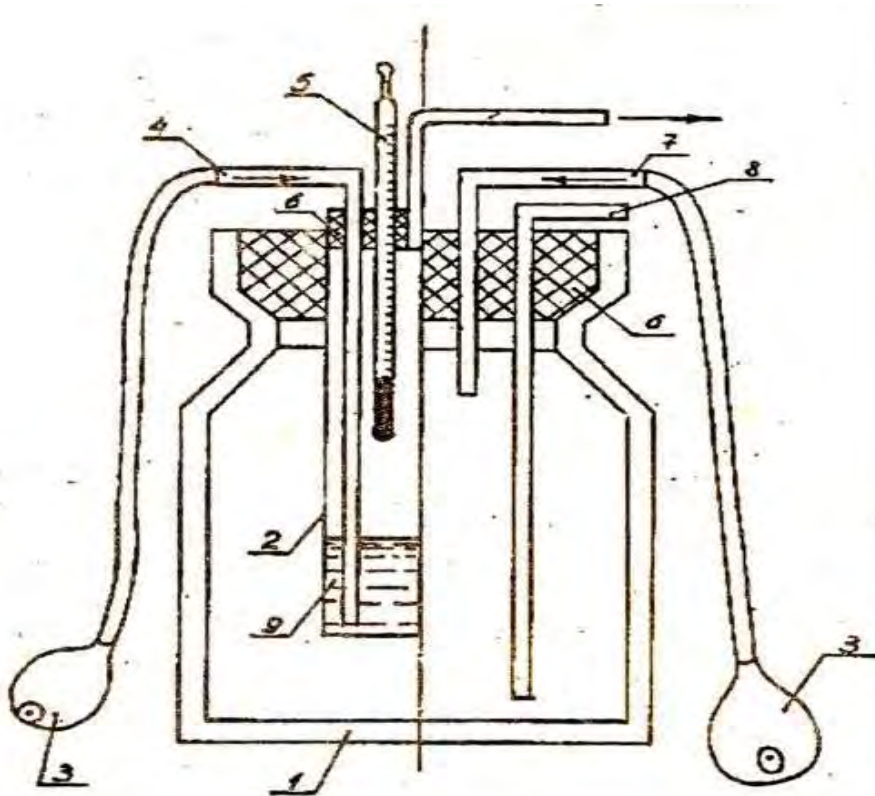


Рис. 3

Таблица 1 - Протокол испытаний № 1

Данные измерений					Результаты обработки данных измерений			
$t_B, ^\circ\text{C}$	$B, \text{H}/\text{M}^2$	$t_u, ^\circ\text{C}$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$\rho_r, \text{кг}/\text{M}^3$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$P_{п}, \text{H}/\text{M}^2$	$d, \text{г}/\text{кг}$	$X, \text{г}/\text{M}^3$

### Лабораторная работа № 3

#### Определение коррозионной активности грунта в зависимости от его удельного электросопротивления

Цель работы - освоение студентами метода определения коррозионной активности грунта по значению его удельного электросопротивления непосредственно в полевых условиях.

Источником тока при проведении измерений служит генератор постоянного тока с ручным приводом, встроенный в прибор.

Удельное сопротивление грунта определяется как  $\rho = 2\pi aR$ , где  $a$  - расстояние между двумя соседними электродами;

$R$  - показание прибора, Ом.

СНиП устанавливает классификацию коррозионной активности грунта в зависимости от его удельного электросопротивления:

Таблица 2 - Протокол испытаний № 2

Удельное электросопротивление грунта, Ом*м	Более 100	От 20 до 100	От 10 до 20	От 5 до 10	Менее 5
Коррозионная активность грунта	низкая	средняя	повышенная	высокая	очень высокая

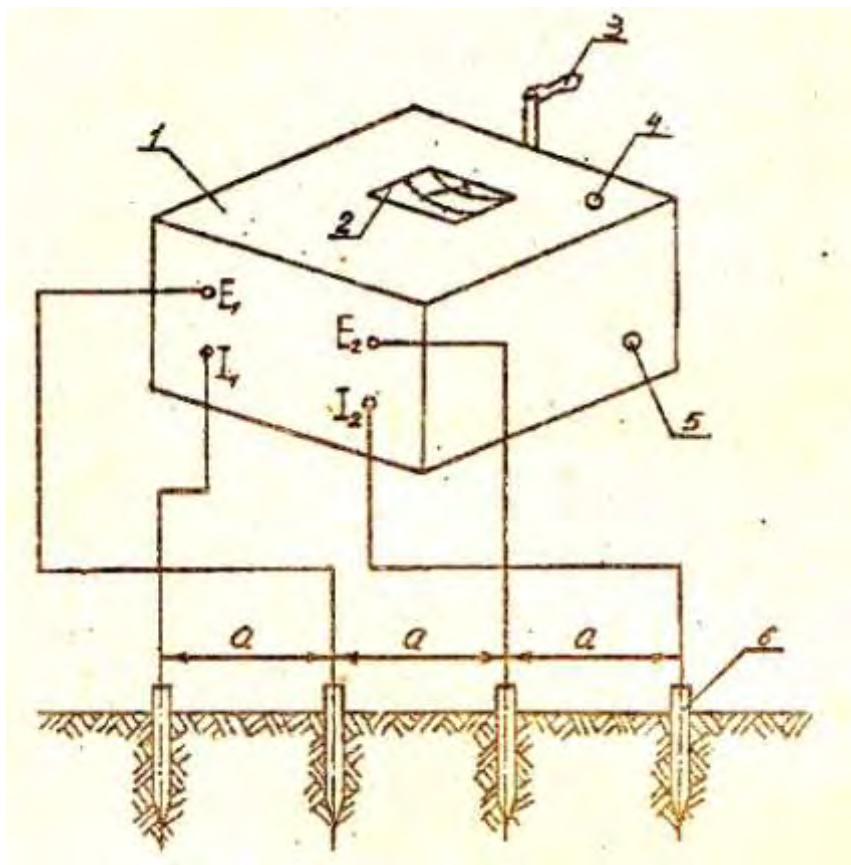


Рис. 4. Схема измерения удельного электросопротивления  
грунта :

- 1 - прибор МС - 08; 2 - шкала прибора; 3 - ручка генератора;  
4 - переключатель пределов измерения; 5 - регулировочный  
реостат;  
6 - электроды

Зная величину удельного электросопротивления грунта, оценивается его коррозионная активность.

## Лабораторная работа № 4

### Определение коррозионной активности грунта по измерению веса образца металлической трубки

Цель работы: ознакомление с методом определения коррозионной активности грунта и его влиянием на металл.

Для определения коррозионной активности грунта используется ячейка, состоящая из стального сосуда диаметром 8 мм, высотой 100 мм, и стальной трубки с внутренним диаметром 19 мм и длиной 100 мм. Общий вид устройства для определения коррозионной активности грунта представлен на рис. 5.

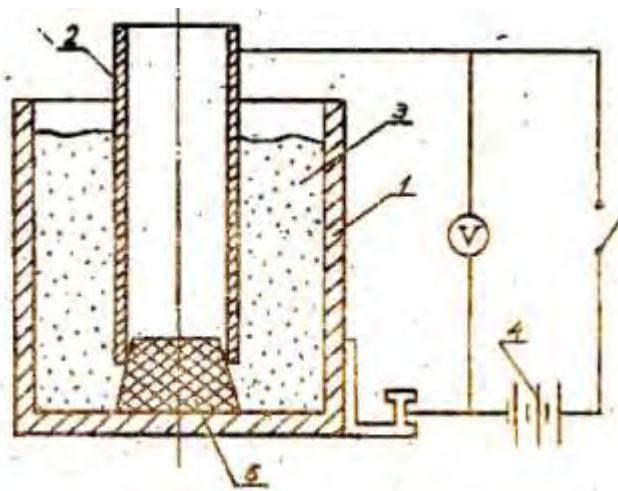


Рис 5. Устройство для определения коррозионной активности

1 - стальной сосуд; 2 - эталонный образец; 3 - исследуемый грунт; 4 - источник постоянного тока; 5 - изолирующая пробка

Работа проводится в два этапа (два дня по два часа). В первый день отбирается проба грунта в количестве 1,5-2 кг.

Грунт, выбранный для пробы подсушивается при температуре около 100°C, измельчается, просеивается через сито с отверстиями 0,5-1 мм и увлажняется до появления на его поверхности непоглощаемой воды. Стальную трубку, предварительно очищенную и взвешенную с точностью до 0,1 г



помещают в сосуд и изолируют от дна пробкой (см.рис.5). Затем сосуд плотно заполняется увлажненным и исследуемым грунтом, после чего к трубке и сосуду подключается источник постоянного тока напряжением 6 В. Поляризация ячейки продолжается 24 часа. На второй день работы (через 24 часа) трубка вынимается, тщательно очищается от продуктов коррозии.

На основании проведенных испытаний составляется протокол испытаний.

Таблица 3 - Протокол испытаний №3

Потеря массы трубки в граммах	До 1	От 1 до 2	От 2 до 3	От 3 до 6	Более 6
Коррозионная активность грунта	низкая	средняя	повышенная	Высокая	очень высокая

### Лабораторная работа №5

#### Испытания газорегуляторного пункта в лабораторных и производственных условиях.

Цель работы - ознакомить студентов с элементами газорегуляторного пункта, а также с работой ГРП в лабораторных и производственных условиях.

#### 5.1. ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ ПУНКТЫ

Для поддержания давления у потребителя на требуемом уровне, используются газорегуляторные пункты (ГРП) и газорегуляторные установки (ГРУ). Схема ГРП, смонтированная в помещении лаборатории, показана на рис.6.

Отдельные элементы ГРП по ходу газа располагаются следующим образом: отключающее устройство, фильтр для очистки газов от механических примесей и пыли, предохранительный запорный клапан для отключения подачи газа потребителям при недопустимом повышении или понижении давления газа после регулятора, регулятор давления для снижения давления газа и поддержания его постоянным после себя, гидравлическое или пружинное сбросное устройство, отключающее устройство. ГРП с регуляторами давления газа РДУК, РД, РДГ предназначены для регулирования газа с высокого или среднего давления, до низкого, а также снабжения газом требуемого давления жилых, общественных, коммунально-бытовых зданий и промышленных объектов, расход газа в которых соответствует пропускной способности данной установки.

Регулятор давления предназначен для снижения давления газа и поддержания его в заданных пределах.

Предохранительный клапан - отсекающий ПКК-40 м (ПКВ) предназначен для автоматического отключения подачи газа при:

а) повышении давления газа после регулятора давления свыше допустимого предела;

б) уменьшении перепада между начальным и установленным контролируемым давлениями газа ниже допустимого давления (значения).

Фильтр предназначен для очистки газа от механических примесей и состоит из чугунного корпуса со вставленным в него стаканом с прорезями, к стенкам стакана припаяны металлические сетки.

На основной линии ГРП и байпаса, предусмотрена возможность определения давления газа через трехходовой кран Ду = 15 и ниппель.

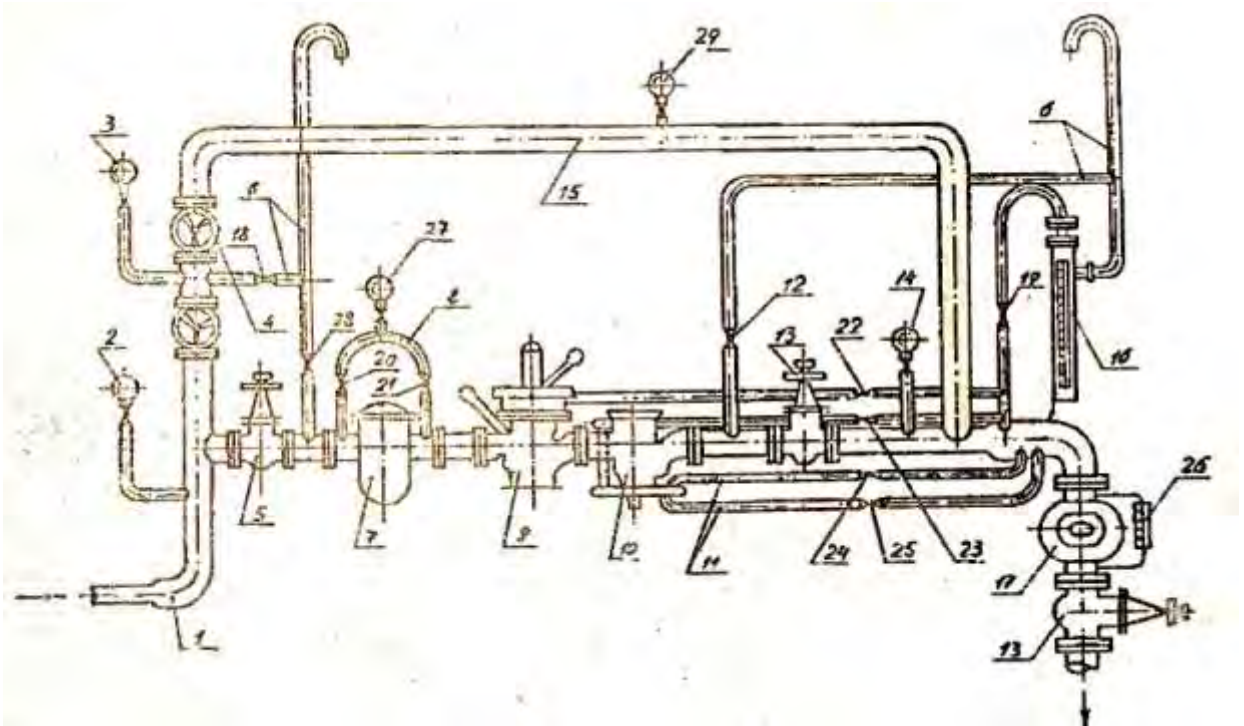


Рис. 6. Схема ГРП:

1 – входной патрубок; 2 – регистрирующий манометр входного давления; 3 – регистрирующий манометр входного давления на байпасе; 4 – основная и регулирующая задвижка на байпасе; 5 – входная задвижка; 6 – продувочная свеча; 7 – фильтр; 8 – импульсные трубки до и после фильтра с манометром; 9 – предохранительный клапан (ИПКН); 10 – регулятор давления РДУК; 11 – импульсные трубки от ПКН и РДУК; 12 – краны газовые; 13 – выходная задвижка; 14 – регистрирующий манометр выходного давления; 15 – байпас; 16 – гидрозатвор; 17 – счетчик газа (расходомер) ротационный типа РГ; 18- 19 – 20- 21- 22 – 22 – 24 – 25 – 28 – пробковые краны; 26 – 27 – 29 – манометры

## 5.2. ИСПЫТАНИЕ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ПУНКТА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Испытание ГРП на прочность, плотность и работоспособность проводится сжатым воздухом при комнатной температуре на стенде, изображенном на рис. 6.

## ОПИСАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГРП

Стенд снабжен регулирующей, предохранительной и запорной арматурой, обеспечивающими проведение испытаний в требуемом объеме с соблюдением необходимых условий охраны труда и техники безопасности.

Все оборудование стенда должно иметь паспорта или сертификаты, а манометры, предохранительная и запорная арматура и соединительные трубопроводы должны быть проверены на герметичность и прочность и запломбированы, причем узлы и детали обвязки линий ГРП до сборки должны быть подвергнуты испытаниям на прочность и плотность согласно указаний на чертежах и паспортных данных СТК завода-изготовителя.

Оборудование, размещенное на стенде, представлено в условном обозначении к рис. 6.

Основное оборудование ГРП:

- фильтр газовый волосяной с чугунным корпусом типа Ю46-ОСА;
- предохранительно-запорный клапан ПНИ-50;
- регулятор давления РДУК 2Н-50/35 с пилотом КН-2;
- давление измеряется манометрами типа ОБМ-100 через краны трехходовые типа 14М1.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ

Испытание ГРП на прочность и плотность проводится частями - до регулятора давления и после него. При этом нормы испытательных давлений принимаются отдельно до и после регулятора. Испытания на прочность и работоспособность проводятся в течение 1 часа, а на плотность - 12 часов. Падение давления в ГРП при этом должно составить не более 1%. Перед испытанием вся арматура установки должна находиться в закрытом положении.

Ознакомившись с описанием стенда и методикой испытаний, студенты проверяют рабочие положения запорно-регулирующей

и предохранительной арматуры, манометров и оборудования (U-образный манометр 26, расходомера газа 17 и гидрозатвор 16 заправлены жидкостью; маховики задвижек 4, 5, 13, пробки кранов импульсных и продувочных (сбросных) линий, регулировочные винты, гайки и стаканы ПКН и РДУК должны плавно, легко и без заеданий поворачиваться).

Получив разрешение преподавателя, студенты запускают установку (предварительно за 5 минут до этого включив компрессор), в присутствии учебного мастера или лаборанта.

Стендовое испытание на прочность и плотность основной технологической нитки ГРП при номинальном выходе давления газа  $P_k = 0,029 \pm 0,002$  бар проводится следующим образом.

К выходному патрубку 1 сначала подводится сжатый воздух из компрессора давлением  $P_1 = 0,3$  МПа, которое регистрируется по манометру входного давления 2 (трехходовые краны у манометров 2, 3, 14, 27, 29 открыты). Затем медленно открываем задвижку 5 на входе (задвижки 4, краны 12, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28 должны быть закрыты). По истечении  $\tau_1 = 5$  мин медленно открываем задвижку 13 на выходе и пробковые краны 22, 23, 24, 25 на импульсных линиях предохранительно-запорной арматуры 9 и регулятора давления 10.

Предохранительно-запорный клапан 9 приводится в рабочее состояние путем зацепления рычага клапана за штифт и анкерный рычаг и установки ударника вертикально. Пределы настройки - верхний:  $P_v = 0,038$  бар, нижний:  $P_n = 0,014$  бар.

ПКН-50 устанавливаются путем сжатия пружин мембранного штока регулировочной гайкой.

Регулятор давления 10 настраивается на заданное конечное давление ( $P_k = 0,029 \pm 0,002$  бар) путем приведения регулятора управления (пилота) в рабочее состояние: опускаем регулировочный винт клапана пилота, а затем перемещением (выкручиванием) регулировочного винта, имеющего резьбу, сжатием или ослаблением регулируем пружину клапана пилота, добиваясь  $P_k = 0,003$  МПа по манометру 14.

Гидравлический затвор 16 настраивается на сбросное давление  $P_{г.з.}=0,034$  бар (проверяется уровень жидкости по отметке мерного стекла, при этом кран 19 открыт).

Затем производится подъем давления на входе в ГРП до  $P_2=0,75$  МПа и это давление выдерживается в течение  $\tau_2 = 10$  мин, после чего давление снижается до  $P_3 = 0,6$  МПа и под этим давлением ГРП выдерживается в течение  $\tau_3 = 20$  мин, причем допустимое падение давления  $P_d$  не должно превышать 1% от 0,6 МПа. На этом основании определяются действительные потери давления в ГРП,  $\Delta P_{грп.}$

При выдержке ГРП давлением 0,6 МПа производится выявление дефектных мест путем внешнего осмотра и, если потери давления превышают 1%, проверкой мыльной эмульсией всех соединений и оборудования.

После нахождения и устранения неплотностей, испытываемую технологическую нитку вновь подвергают проверке на прочность и плотность (каждая последующая за основной технологическая линия ГРП испытывается самостоятельно).

ГРП, проверенный на прочность и плотность, испытывается на работоспособность следующим образом. Давление сжатого воздуха на входе в ГРП снижают до  $P_4 = 0,3$  МПа и при небольшом расходе воздуха, осуществленное частичным перекрытием задвижки 5, следят за работой ГРП. Затем при помощи регулятора давления 10 повышают давление воздуха в выходном газопроводе до  $P_5 = 0,038 \pm 0,002$  бар, при этом гидрозатвор должен сбросить избыток воздуха в атмосферу, а ПКН-50 должен закрыться.

Измеряем потери давления в фильтре 7,  $\Delta P_{ф.}$ , работая с кранами 20, 21, трехходовым краном и манометром 27 (допустимые потери давления на сетке фильтра  $\Delta P_{ф} \leq 0,048$  бар).

Перепад давления в расходомере,  $\Delta P_p$ , берем по U-образному манометру 26 ( $\Delta P_p \leq 0,003$  бар).

Проверяем работу свободной линии (байпаса) открыванием задвижек 4 по манометру 3 и 29 (при этом задвижки 5 и 13 закрыты). После этого компрессор выключается, а сжатый воздух из ГРП сбрасывается в атмосферу через продувочную свечу 6. Полученные данные измерений заносятся в протокол испытаний.

Таблица 4 - Протокол испытаний №. 4

№	Данные измерений								
	$P_1$	$\tau_1$	$P_2$	$\tau_2$	$P_3$	$\tau_3$	$P_d$	$\Delta P_{грп}$	$P_n$
	Н/м <sup>2</sup>	мин	Н/м <sup>2</sup>	мин	Н/м <sup>2</sup>	мин	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>

№	Данные измерений							
	$P_b$	$P_n$	$P_{г.з.}$	$P_4$	$P_5$	$\Delta P_\phi$	Q	$\Delta P_p$
	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /ч	МПа

На проверенную и испытанную установку составляется акт о проведенных испытаниях (на базе испытаний по протоколу 1) и заполняется паспорт ГРП.

#### ПАСПОРТ ГРП:

1. Наименование установки.
2. Завод-изготовитель,
3. Количество ступеней регулирования.

4. Максимальное давление на входе, МПа.
5. Давление на выходе, МПа.
6. Потери давления в ГРП при испытаниях на стенде, МПа.
7. Пропускная способность ГРП при  $P_{\text{вх}} = 0,1$  МПа,  
 $Q_{p1} =$  ;  $Q_{p1} =$  ;  $Q_{p1} =$  , Нм<sup>3</sup>/ч.
8. Пределы настройки ПКН 0,005 бар.
9. Пределы настройки гидрозатвора.
10. Допустимые потери давления на сетке фильтра, бар.
11. Допустимый перепад давления в расходомере, бар.
12. Габариты установки.
13. Вес установки.

Работа проводится в течение 4-х часов.

#### ИСПЫТАНИЯ ГРП В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Работа ГРП на действующем объекте.

Действие ГРП представляет студентам представитель Горгаза, в присутствии преподавателя после прохождения инструктажа по технике безопасности.

Представитель Горгаза рассказывает о действии ГРП в целом, о работе каждого его элемента, параметрах газа на входе и выходе конкретной конструкции ГРП, работе измерительных приборов, количестве профилактических работ, технике безопасности и учета проводимых на ГРП работ с занесением данных в рабочий журнал.



Параметры работы действующей ГРП сводятся в таблицу, в виде паспортных данных.

## **Лабораторная работа №6**

### **Приборы и аппаратура для бытового газоснабжения, измерение расхода газа, сжигаемого горелкой**

Цели работы:

- 1) ознакомление с приборами и аппаратами для бытового газоснабжения, принципом действия каждого прибора, их достоинствами и недостатками;
- 2) знакомство с конструкцией газовых счетчиков, снятие показаний газовых счетчиков и давления газа в них;
- 3) определение часового расхода газа.

#### **ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

#### **6.1. ПРИБОРЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ БЫТОВОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

Бытовыми газовыми приборами называют газовые аппараты, приспособленные для использования выделяемого тепла при горении газа для различных бытовых нужд.

Приборы и аппараты для бытового газоснабжения подразделяются на две группы:

- газовые приборы, устанавливаемые в кухнях жилых квартир;
- газовые приборы, устанавливаемые в общественных зданиях.

Бытовые газовые приборы классифицируются на:

- бытовые газовые плиты;
- ресторанные (большие) газовые плиты;
- водонагреватели (проточного и емкостного типов);
- кипятильники,
- пищеварочные котлы;
- холодильники газовые.

В кухнях жилых домов устанавливаются, в основном, бытовые газовые плиты, водонагреватели (проточного и емкостного типов), газовые холодильники, кипятильники.

В общественных зданиях устанавливаются ресторанные газовые плиты, кипятильники, водоподогреватели емкостные, пищеварочные котлы, газовые холодильники.

Основные требования, предъявляемые к бытовым газовым приборам следующие:

- обеспечение полноты сгорания газа;
- устойчивая работа горелок.

При номинальной тепловой нагрузке приборов содержание окиси углерода (СО) в продуктах сгорания, выходящих непосредственно в помещение (например, кухни), не должно превышать 0,02 объемных процента (ГОСТ 10798-86); а в отводимых в дымоход продуктах сгорания - 0,05 объемных процента (ГОСТ 5507-86).

Полнота сгорания газа и устойчивая работа горелок обеспечивается за счет усовершенствования конструкций газогорелочных устройств, надежной подачи газа и воздуха в горелку, полного смешения газа с воздухом в смесительной камере горелки и в огневой камере бытового прибора.

Работа бытовых газовых приборов характеризуется следующими показателями:

1. тепловой нагрузкой или количеством тепла в газе, которое расходуется прибором, кВт;
2. производительностью или количеством полезно используемого тепла, которое передается нагревательному прибору, кВт;
3. КПД, представляющим собой отношение производительности к тепловой нагрузке прибора.

Различают номинальную, нормальную и предельную (максимальную) тепловую нагрузки.

Бытовые приборы подсоединяются к сетевым газопроводам низкого давления (до 0,048 бар). Все шесть групп приборов снабжены устройством автоматического регулирования и контроля работы. Во всех группах приборов используются, в основном, инжекционные горелки частичного предварительного смешения газа с воздухом. Это атмосферные (конфорочные) и трубчатые горелки с повышенной инжекционной способностью.

Рассмотрим каждую группу приборов.

#### 1. Бытовые газовые плиты.

Устанавливаются в кухнях жилых домов и используются для приготовления пищи - варка, жаренье, выпечка, подогрев и других нужд.

Газовые плиты согласно ГОСТ 10798-86 имеют следующую классификацию:

а) по классности (высший класс "а", высший класс "б", первый класс "а", первый класс "б");

б) по используемому теплу (природный, сетевой или сжиженный);

в) по давлению газа (0,013 бар, 0,019 бар, 0,029 бар);

г) по количеству конфорок (2-х, 3-х, 4-х конфорочные).

Обозначаются: например, плита газовая 4-х конфорочная стационарная, высшего класса "а" - ПГ4 кл. В "а".

В кухнях устанавливаются следующие плиты: "Москва", "Ленинград", "Тула", "Брест", "Волгоград", "Саратов", а также польские плиты "Меща", "Шромель", югославские "Весна", "Алла" и др. Всего более 65 моделей, имеющих свои особенности и отличия.

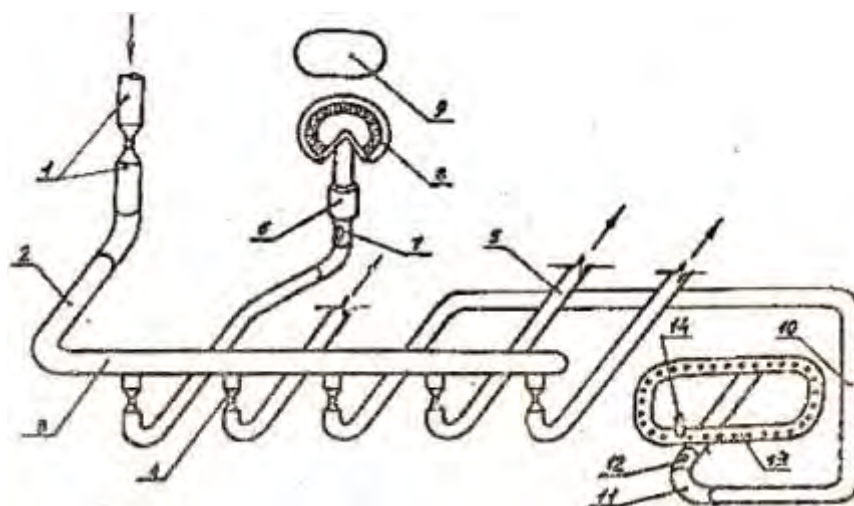


Рис. 1. Схема газопроводов бытовой газовой плиты: 1 - подводка к плите с газовым краном; 2 - подводящий газопровод, 3 - газовый коллектор; 4 - пробковый кран; 5 - газопроводы к конфорочным горелкам; 6 - корпус горелки с соплом; 7 - регулятор подачи первичного воздуха; 8 - головка горелки; 9 - газораспределитель; 10 - газопровод к атмосферной трубчатой горелке духового шкафа; 11 - корпус горелки с соплом; 12 - регулятор подачи первичного воздуха; 13 - атмосферная трубчатая горелка духового шкафа; 14 - запальник

Основными частями стационарных и унифицированных газовых плит являются: варочная часть плиты, духовой шкаф, сушильный шкаф, корпус из штампованных элементов из листовой стали с размещенными на нем рабочими органами - горелочными, запорными устройствами, а также устройствами автоматики и контроля работы.

На рис. 7 представлена схема газопроводов унифицированной бытовой газовой плиты ПГ4 кл. 1 "а"

Газ из магистрального газопровода поступает в разводящую сеть и подходит к плите. Верхние горелки - инжекционные, конфорки представляют ажурную подставку под посуду, которая свободно пропускает вторичный воздух к пламени и не мешает отдаче тепла при горении газа. Рассекатель горелки выполняет две функции: уменьшает высоту факела пламени и облегчает доступ вторичного воздуха внутрь пламени, что способствует полноте сгорания газа.

В корпусе горелки происходит образование газозадушной смеси. Форсунка с соплом выполняет функцию дозатора газа и направляет струю газа в головку горелки для получения инжекции первичного воздуха в ней.

Подводящая газовая трубка позволяет направлять газ от коллектора к горелке. Краник горелки - это устройство для подачи, регулирования расхода и отключения газа.

При применении посуды с широким дном необходимо применять конфорки или подставки с высокими ребрами для обеспечения свободного доступа вторичного воздуха.

Перед включением горелок плиты необходимо убедиться, что они чисты и исправны, а также проветрить кухню. Включить кран на спуске (подводке) перед плитой, открыть краник горелки, зажечь горелку плиты и пользоваться горячей горелкой.

Основные показатели бытовых газовых плит:

1. Номинальная тепловая нагрузка:

- а) конфорочных горелок всех плит - 1,74 - 20 кВт/ч;
- б) горелки духового шкафа - 3,5 - 4,7 кВт/ч.

2. Теплопроизводительность:

- а) конфорочных горелок - 0,96 - 1,4 кВт/ч;
- б) горелки духового шкафа - 1,9 - 2,8 кВт/ч.

3. КПД горелок плиты - не менее 55%.

Достоинства газовых плит:

дешевизна простота применяемых деталей, удобство и надежность в работе, сравнительная чистота воздуха в помещении, экономичнее и долговечнее электрических.

Недостатки:

утечки газа могут вызывать взрывы, а при больших концентрациях - отравления людей, кроме того КПД недостаточно велик.

Ресторанные газовые плиты, водонагреватели, кипятильники, пищеварочные котлы, газовые холодильники рассматриваются самостоятельно.

## 6.2. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ГАЗА, СЖИГАЕМОГО ГОРЕЛКОЙ

Измерение часового расхода газа горелкой, приведенного к нормальным условиям, производится на газобаллонной установке, изображенной на рис.8.

Описание экспериментальной установки:

Установка состоит из баллона 1 с сжиженным газом (пропан  $C_3H_8$ ) емкостью 5 л (12 л), редуктора для снижения давления газа в газопроводах и у горелок, гибкого участка (резино-тканевый напорный рукав) длиной 0,3 м, соединяющий баллон и регулятор с газовым счетчиком 4, определяющим расход сжигаемого газа.

Ртутный термометр 5 измеряет температуру газа, ртутный термометр 6 измеряет температуру воды. U-образный водяной манометр 7 с соединительной трубкой служит для измерения давления газа в счетчике 4. Газопровод 8 из стальной водогазопроводной трубы  $d = 15$  мм длиной 1 м соединяет счетчик газа 4 с плитой 9 типа ПГ4 кл. 1 "а". На горелке плиты 10 установлен сосуд 13 с водой. Сосуд герметично закрыт крышкой, имеющей специальное гнездо, в которое вставлен ртутный термометр 14 для измерения температуры воды соответственно в начале и в конце опыта. U-образный водяной манометр 12 служит для измерения давления газа у устья горелки, материал сосуда 13 - алюминий. Размеры сосуда: диаметр - 150 мм, высота - 150 мм.

Включение горелок в работу производится поворотом газовых кранов 11 плиты.

При наличии природного газа, сжигаемого в Горелке, исключается необходимость в баллоне 1 с сжиженным газом.

Расход газа, сжигаемого в горелке газовой плиты, измеряется газовым счетчиком (газовыми часами).

Газовый счетчик (рис.9) ставится на ровную горизонтальную поверхность и с помощью регулировочных винтов 13 устанавливается по уровню 3. В штуцерах 4, 5, 10 посредством резиновых прокладок и накидных гаек плотно закрепляются термометры 5 и 6, а также подсоединительная трубка манометра 7. Газовый счетчик заполняется водой при закрытом кране 12 и открытом кране водомерного устройства 11 через воронку 6 до момента вытекания воды из сливной трубки водомерного устройства 11. Наименьшая цена деления циферблата -  $0,02 \text{ дм}^3$ , погрешность показаний не более  $\pm 1\%$ .

### Методика проведения работы

Работу выполняют студенты в количестве 5-6 человек на газобаллонной установке, представленной на рис.8. Ознакомившись с описанием установки и счетчика, проверяют заправку O - образных манометров 7 и 12, счетчика 4 и сосуда 13 с водой, а также правильность установки термометров 5, 6, 14 и манометров 7, 12 в штуцерах. Готовят к работе часы с секундной стрелкой и протокол испытаний № 6.

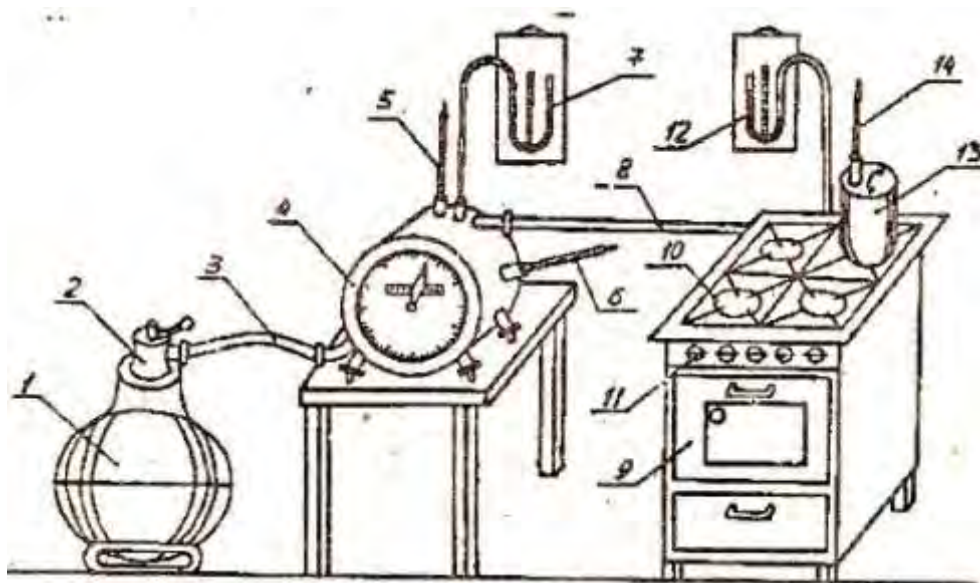


Рис. 8. Газобаллонная установка.

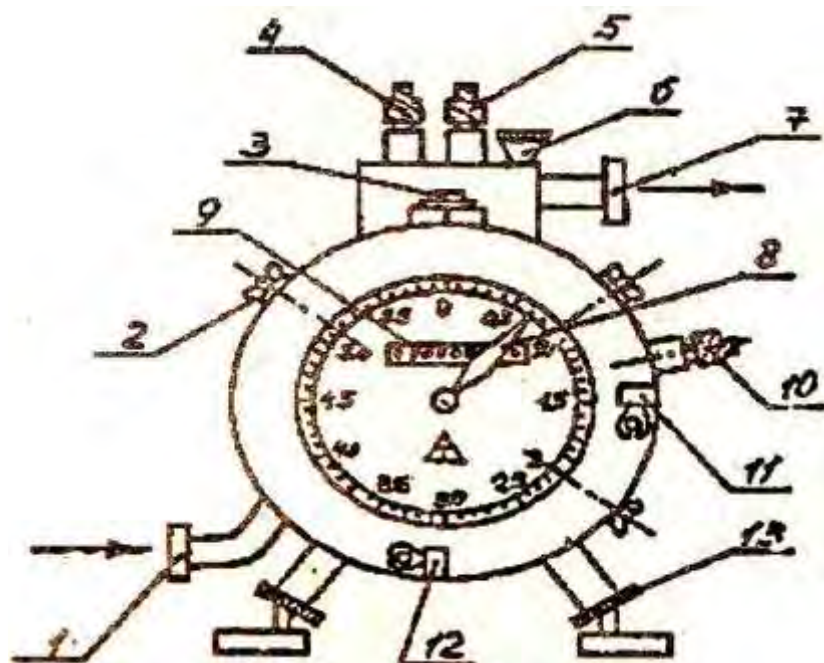


Рис. 9. Счётчик газовой.

Получив разрешение преподавателя, запускают установку в присутствии лаборанта (на действующем объекте - представителя Горгаза). Для пуска газа к потребителю необходимо перебросить рукоятку регулятора слева - направо, открыть кран газовой плиты, зажечь горелку и пользоваться ею. В момент зажигания горелки засекают время начала опыта  $\tau_1$  (нагрева воды в сосуде) и измеряют начальную температуру воды  $t_H$  в сосуде, массу воды, нагреваемой в сосуде,  $G_B$ , и массу сосуда  $G_C$ . Затем производят измерения, атмосферного давления  $P_6$  (бар), давления газа в счетчике  $P_{сч}$  (бар), температуру газа в счетчике  $t_T$  ( $^{\circ}C$ ), давления газа перед соплом горелки  $P_{гор}$  (бар), продолжительность опыта  $\tau$  (мин), определяемую как  $\tau = \tau_2 - \tau_1$  отсчет показаний газового счетчика (объемный расход) в начале опыта  $V_1$  и в конце опыта  $V_2$ , температуру воды в конце опыта  $t_K$  через  $10^{\circ}C$  после  $30^{\circ}C$  и до  $70^{\circ}C$ . В эти же моменты измеряют давление газа перед соплом горелки  $P_{гор}$ ,  $P_6$ ,  $V_2$ ,  $P_{сч}$ ,  $\tau_2$ ,  $t_T$ ,  $T_2$  воздуха.

Результаты измерений вносят в соответствующую графу протокола испытаний № 6.

#### Обработка опытных данных

На основании данных измерений определяют: давление газа в счетчике  $P_{сч}^{сч}$ , давление насыщенных паров воды  $P_B$ , объем газа  $V$  за  $\tau$  мин по счетчику, измеренный объем газа горелкой,

приведенной к нормальным условиям  $V_n$ , часовой расход газа, приведенный к нормальным условиям  $V_g$ .

Результаты обработки данных вносят соответственно в графы протокола испытаний №5.

Таблица 5 - Протокол испытаний №5

№№ опыта	Данные измерений												
	$G_B$ , кг	$G_C$ , кг	$t_{и}$ , °C	$P_6$ , бар	$P_{сч}$ , бар	$t_g$ , °C	$\tau_1$ , мин	$\tau_2$ , мин	$V_1$ , м <sup>3</sup>	$V_2$ , м <sup>3</sup>	$P_{гор}$ , бар	$t_k$ , °C	$T_2$ , °C
1													
2													
3													
4													
5													

Таблица 6 – Результаты расчета

№№ опыта	Результаты обработки опытных данных						
	$P_{сч}^{сч}$ , бар	$P_6^{ср}$ , бар	$P_B$ , бар	$\tau$ , мин	$V$ , м <sup>3</sup>	$V_k$ , Нм <sup>3</sup>	$V_g$ , Нм <sup>3</sup> /ч
1							
2							
3							
4							
5							

Объем газа  $V$  (м<sup>3</sup>), измеренный за время  $\tau$  (мин), определяется по разности показаний отсчетного устройства в начале ( $V_1$ ) и в конце ( $V_2$ ) опыта  $V = V_2 - V_1$ .

Измеренный объем газа приводится к нормальным условиям по выражению



$$V_H = V * \frac{273}{273 - t_r}$$

где  $V_H$  - объем газа, израсходованный за время опыта  $\tau$  (мин) приведенный к нормальным условиям,  $\text{Нм}^3$ ;

$V$  - объем газа, израсходованный за время опыта  $x$ ,  $\text{м}^3$ ;

$P_6^{\text{cp}}$  - среднее барометрическое давление за период испытания,  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_c^{\text{cp}}$  - давление газа в счетчике,  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_B$  - давление насыщенных паров воды при средней температуре газа  $t_r^{\text{cp}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) за время испытания  $\tau$  (мин),  $\text{Н/м}^2$ .

Часовой расход газа горелкой, приведенный к нормальным условиям, составит  $V_{\Gamma} = V_H * 60/\tau$ .

По полученным часовым расходам газа  $V_{\Gamma}$  и времени горения газа в горелке  $\tau_{\text{гор}}$  строится график зависимости  $V_{\Gamma} = f/(\tau_{\text{гор}})$ .

Работа проводится в течение 4-х часов.

Отчет должен содержать:

1. Приборы и аппараты для бытового газоснабжения:
  - а) схема прибора или его газовой части ( всего 7 схем);
  - б) название всех основных частей, из которых состоят приборы;
  - в) описание газогорелочных устройств в данном приборе;
  - г) основные показатели приборов (конкретно).
2. Измерение расхода газа, сжигаемого горелкой:
  - а) схема и описание лабораторной установки;
  - б) протокол испытаний;
  - в) обработка результатов испытаний;
  - г) перечень контрольно-измерительных приборов с краткой технической характеристикой (тип, класс, точность), оценка погрешности измерений;
  - д) выводы.

## Лабораторная работа №7

### Определение тепловой нагрузки, производительности и коэффициента полезного действия горелки бытовой газовой плиты

Цель работы:

1. Определение экспериментальным и расчетным путем 3-х основных показателей горелки: тепловой нагрузки, производительности и КПД.

2. Определение низшей теплотворной способности природного или сжиженного газов.

3. Построение графика зависимости  $\eta = f(P_{гор})$ .

Определение тепловой нагрузки, производительности и КПД горелки, а также часовой расход газа горелкой, приведенный к нормальным условиям, производится на газобаллонной установке, изображенной на рис.6 (см. лабораторную работу № 6).

Описание экспериментальной установки и методику проведения работы см. в лабораторной работе № 6. Кроме этого, настраивают клапан регулятора давления на три различных давления у газовой горелки ( $P_{гор} = 130, 300, 200$  мм вод. ст.), Для трех различных давлений у устья горелки производят измерения и обработку их данных, получая при этом КПД горелки плиты.

#### Общие теоретические положения

Важнейшей характеристикой газовой горелки является ее тепловая нагрузка - все затраченное газовой горелкой количество тепла, равное произведению теплотворной способности газа  $Q_H^P$  на часовой расход газа  $V_G$ :

$$Q_{TH} = Q_H^P * V_G,$$

где  $V_G$  - часовой расход газа горелкой,  $Нм^3/ч$ ; определение его производится по методике лабораторной работы №6, а значения берутся из протокола № 6,  $Нм^3/ч$ ;

$Q_H^P$  - низшая теплотворная способность газообразного топлива при известном составе его в объемных процентах достаточно точно определяется по выражению

$Q_H^P = 85,5 CH_4 + 152 C_2H_6 + 218 C_3H_8 + 284 C_4H_{10} + 350 C_5H_{12} + 141 C_2H_4 + 205 C_3H_6 + 271 C_4H_8 + 25,8 H_2 + 30,2 CO$ , ккал/ $Нм^3$   
или умноженное на 4,18 в кДж/ $Нм^3$ , где  $CH_4, C_2H_6, C_3H_8 \dots C_4H_8, H_2, CO$  - содержание в газообразном топливе метана, этана, пропана, этилена, пропилена, окиси углерода и проч. в процентах по объему;

85,5; 152 - низшие теплотворные способности метана, этана и др., пересчитанные на 1% горючего компонента, содержащегося в газообразном топливе

Теплотворная способность природного и сжиженного газа при известном составе его в объемных процентах может быть также определена по выражению

$$Q_H^P = 4,18(6600n + 1950), \text{ кДж/нм}^3,$$

где  $n$  - углеродное число для смеси метанового ряда и балласта.

$B = CO_2 + N_2$ , определяемое по выражению

$$n = (CH_4 + 2 C_2H_6 + 3 C_3H_8 + \dots) / (100 - B).$$

В случае, если состав газа неизвестен,  $Q_H^P$  определяется экспериментально на автоматическом калориметре или другим хроматографическим методом.

Сосуд с водой, установленный на газовой плите, воспринимает тепло горелки при сжигании газообразного топлива. Это полезно использованное тепло горелки  $Q_{\Pi}$  (производительность горелки) расходуется на нагрев воды за время опыта  $Q_B$ , сосуда  $Q_C$  и отдачу тепла сосудом в окружающую среду  $Q_0$  (кДж/ч), то есть

$$Q_{\Pi} = (Q_B + Q_C + Q_0) \times 60 / \tau .$$

Тепло на нагрев воды  $Q_B$  подсчитывается по зависимости (кДж):

$$Q_B = G_B * C * (t_K - t_H),$$

где  $G_B$  - масса воды, нагреваемой в сосуде, кг;

$C$  - теплоемкость воды, кДж/(кг К);

$t_K, t_H$  - температура воды соответственно в начале и конце опыта, К.

Тепло на нагрев сосуда составит (кДж):

$$Q_C = G_C * C_C * (t_K - t_H),$$

где  $C_C$  - теплоемкость материала сосуда, кДж/кг К

$t_H$  - начальная температура материала сосуда, которая может быть принята равной начальной температуре воды, К;

$t_K$  - конечная температура сосуда, равная температуре воды в конце опыта (в момент снятия опытных данных), К.

Тепло, отдаваемое поверхностью сосуда в окружающую среду составит (кДж):

$$Q_0 = Q_0^K + Q_0^P$$



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													303
2													313
3													323
4													333
5													343

Таблица 8 – Результаты расчета

№ пп	Результаты обработки опытных данных												
	$T_2$	$G_B$	$G_C$	$t_H$	$P_6$	$P_c$	$T_r$	$\tau_1$	$\tau_2$	$V_1$	$V_2$	$P_{гор}$	$t_k$
	К	кг	кг	К	Па	Па	К	мин.	мин.	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	Па	К
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													303
2													313
3													323
4													333
5													343

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Газоснабжение [Текст] : учебное пособие / О.Н.Брюханов, В.А.Жила, А.И.Плужников. – М.: Академия, 2008. -448с.
2. Основы эксплуатации оборудования и систем газоснабжения [Текст] : учебник / О.Н.Брюханов, А.И.Плужников. –М.: Инфра-М, 2006. – 256 с.
3. Основы технологии ремонта газового оборудования и трубопроводных систем [Текст] : учебное пособие / В.В.Масловский, И.И.Капцов, И.В.Сокруто. –М.: Высшая школа, 2004.-319 с.

4. Промышленное газовое оборудование : Справочник / Под ред. Е.А.Карякина. – 2-у изд. Перераб и доп. – Саратов: Газоик, 2002. – 624 с.

5. СНиП 2.04.08-87\*. Газоснабжение / Госстрой России. – Изд. Офиц. – М.: Гос. Унитарное пред-тие Центр продукции в стр-ве, 1997. – 68 с.

6. СНиП 3.05.02-88\*. Газоснабжение /Госстрой России. – Изд. Офиц. –М.: Гос. Унитарное пред-тие-Центр продукции в стр-ве, 1998. -56 с.

7. Газоснабжение: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 270109.65 – Теплогазоснабжение и вентиляция / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Г.Г.Щедрина, О.А.Гнездилова. Курск, 2012. 37 с., ил. 9, табл. 8. Библиогр.: с. 37.