

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический»

# Инженерно-техническое оборудование

*Курс лекций*

для слушателей  
специальности переподготовки 1-27 01 71  
«Экономика и организация  
производства в жилищно-коммунальном  
хозяйстве»

ВИТЕБСК  
2015

УДК 628  
ББК 38. 76  
И 62

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «ВГТУ» Кириллов А.Г.;

доцент кафедры «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «ВГТУ» Буевич А.Э.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 5 от 16 июня 2014 г.

**Инженерно-техническое оборудование** : курс лекций / сост.: Ю. В. Новиков. - Витебск : УО «ВГТУ», 2014. - 113 с.

ISBN 978-985-481-310-3

В курсе лекций, подготовленном в соответствии с типовой учебной программой, представлены конструкции различных видов технического оборудования систем отопления и водоснабжения зданий и сооружений. Излагается теоретический материал, необходимый для изучения арматуры систем инженерного оборудования зданий и сооружений. Предложенные для изучения темы соответствуют всем разделам дисциплины.

Адресовано слушателям, преподавателям в аудитории, интересующимися инженерным оборудованием зданий и сооружений.

**УДК 628**  
**ББК 38.76**

ISBN 978-985-481-310-3

© Новиков Ю. В., 2015  
© УО «ВГТУ», 2015

## Содержание

ТЕМА 1.	Измерения технологических параметров Государственная система приборов (ГСП)	5
ТЕМА 2.	Точность преобразования информации	5
ТЕМА 3.	Классификация КИП	6
ТЕМА 4.	Виды первичных преобразователей	6
ТЕМА 5.	Методы и приборы для измерения температуры	7
5.1	Классификация термометров	7
5.2	Термометры расширения. Жидкостные стеклянные	7
5.3	Термометры, основанные на расширении твердых тел	8
5.4	Газовые манометрические термометры	8
5.5	Жидкостные манометрические термометры	9
5.6	Конденсационные манометрические термометры	9
5.7	Электрические термометры	9
5.8	Термометры сопротивления	11
ТЕМА 6.	Вторичные приборы для измерения разности потенциалов	12
6.1	Пирометрические милливольтметры	12
6.2	Потенциометры	13
6.3	Автоматические электрические потенциометры	13
ТЕМА 7.	Методы измерения сопротивления	14
ТЕМА 8.	Методы и приборы для измерения давления и разряжения	15
8.1	Классификация приборов для измерения давления.	15
8.2	Жидкостные манометры	16
8.3	Чашечные манометры и дифманометры	16
8.4	Микроманометры	17
8.5	Пружинные манометры	18
8.6	Электрические манометры	18
	Преобразователи давления типа "Сапфир"	18
ТЕМА 9.	Методы и приборы для измерения расхода пара, газа и жидкости	19
9.1	Классификация	19
9.2	Метод переменного перепада давления	20
9.3	Расходомеры постоянного перепада давления	21
9.4	Расходомеры переменного уровня	22
9.5	Расходомеры скоростного напора	22
ТЕМА 10.	Методы и приборы для измерения уровня	23
10.1	Методы измерения уровня	23

10.2	Поплавковый метод измерения уровня	23
10.3	Буйковые уровнемеры	23
10.4	Гидростатические уровнемеры	24
10.5	Электрические методы измерения уровня	24
ТЕМА 11.	Приборы для обнаружения утечек газа	25
11.1	Чувствительные элементы приборов для определения утечек газа	25
11.2	Приборы выпускаемые РУП "Белгазтехника"	28
11.3	Приборы выпускаемые НПП "Фармэк"	31
ТЕМА 12.	Общие понятия о котельной установке	47
ТЕМА 13.	Арматура, КИП, предохранительные устройства, указатели уровня воды, приборы безопасности котлов	57
ТЕМА 14.	Состав оборудования ГРП и его назначение	86

## ТЕМА 1. Измерения технологических параметров. Государственная система приборов (ГСП)

ГСП объединяет в себе все средства контроля и регулирования технологических процессов. Характерной особенностью ГСП является:

- 1) блочно-модульный принцип, лежащий в основе конструкций устройств;
- 2) унификация входных-выходных сигналов и сигналов питания.

Содержит три ветви: 1) гидравлическую, 2) пневматическую и 3) электрическую.

Блочно-модульный принцип характеризуется наличием отдельных модулей или блоков, выполняющих достаточно простую функцию. Этот принцип позволяет уменьшить номенклатуру средств автоматизации, упрощает ремонт и замену, уменьшает стоимость, позволяет реализовать принцип взаимозаменяемости.

Унифицированные сигналы:

- 1) пневматические – сигналы давления сжатого воздуха:  
диапазон изменения сигнала: 0,2 – 1 кгс/см<sup>2</sup> или 0,02 – 0,1 МПа;  
сигнал питания: 1,4 кгс/см<sup>2</sup>;  
расстояние передачи сигнала: до 300 м.
- 2) электрические сигналы имеют много диапазонов, которые можно разделить на две группы:

а) токовые (сигналы постоянного тока), например:

0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20 мА и др.;

б) сигналы напряжения постоянного тока, например: 0 – 1 В, 0 – 10 В и др.

Первичные приборы (датчики) могут преобразовывать измеряемый параметр в какой-либо унифицированный сигнал. Если же датчик выдает не унифицированный сигнал, то для приведения его к стандартному диапазону должен быть установлен соответствующий преобразователь.

## ТЕМА 2. Точность преобразования информации

Любые измерения сопровождаются погрешностями:

- 1) случайные погрешности имеют случайную природу и причина их неизвестна;
- 2) промахи вызваны неправильными отсчетами по прибору;
- 3) систематические обусловлены несовершенством методов определения, конструкции прибора.

Виды погрешностей:

- 1) абсолютные:  $\Delta X = X - X_0$ ,

где  $X$  – измеренное значение параметра,  $X_0$  – истинное значение;

- 2) относительные:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} 100\%$$

(выраженные в %-х);

3) приведенные:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_{max} - X_{min}} 100\%,$$

где  $X_{min}$  и  $X_{max}$  – минимальное и максимальное значения измеряемой величины.

Максимальная приведенная погрешность называется **классом точности**:

$$\gamma = \frac{\Delta X_{max}}{X_{max} - X_{min}} 100\%.$$

В зависимости от класса точности приборы делятся на эталонные (образцовые) и рабочие.

### ТЕМА 3. Классификация КИП

В системах тепло- и газоснабжения наиболее часто измеряемыми величинами являются температура, давление, расход, уровень и загазованность. На них приходится около 95 % всех измерений. Остальную часть занимают электрические, оптические и другие измерения.

При измерениях используются различные измерительные приборы, которые классифицируются по ряду признаков. Общей градацией является разделение их на приборы для измерения: механических, электрических, магнитных, тепловых и других физических величин.

Классификация по роду измеряемой величины указывает, какую физическую величину измеряет прибор (давление  $P$ , температуру  $T$ , расход  $G$ , уровень  $H$ , количество вещества  $C$  и т. д.).

Исходя из признака преобразования измеряемой величины, измерительные приборы разделяют на приборы:

- а) непосредственной оценки;
- б) сравнения.

По характеру изменения: стационарные и переносные.

По способу отсчета измеряемой величины: показывающие, регистрирующие, суммирующие.

### ТЕМА 4. Виды первичных преобразователей

**Первичные приборы**, или **первичные преобразователи**, предназначены для непосредственного преобразования измеряемой величины в другую величину, удобную для измерения или использования. Различают генераторные, параметрические и механические преобразователи:

1. **Генераторные** осуществляют преобразование различных видов энергии в электрическую, то есть они генерируют электрическую энергию (термоэлектрические, пьезоэлектрические, электростатические, гальванические и др. датчики).
2. К **параметрическим** относятся реостатные, тензодатчики, термосопротивления и т. п. Им для работы необходим источник энергии.
3. Выходным сигналом **механических** первичных преобразователей является усилие, развиваемое чувствительным элементом под действием измеряемой величины.

## ТЕМА 5. Методы и приборы для измерения температуры

### 5.1 Классификация термометров

**Температура вещества** – величина, характеризующая степень нагретости, которая определяется внутренней кинетической энергией теплового движения молекул. Измерение температуры практически возможно только методом сравнения степени нагретости двух тел.

Для сравнения нагретости этих тел используют изменения каких-либо физических свойств, зависящих от температуры и легко поддающихся измерению.

По свойству термодинамического тела, используемого для измерения температуры, можно выделить следующие типы термометров:

- термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения жидких тел;
- термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения твердых тел;
- термометры газовые манометрические;
- термометры жидкостные манометрические;
- конденсационные;
- электрические;
- термометры сопротивления;
- оптические монохроматические пирометры;
- оптические цветные пирометры;
- радиационные пирометры.

### 5.2 Термометры расширения. Жидкостные стеклянные

Тепловое расширение жидкости характеризуется сравнительным **коэффициентом объемного расширения**, значение которого определяется как

$$\beta_{t_1, t_2} = \frac{V_{t_1} - V_{t_2}}{V_0(t_2 - t_1)}, \text{ 1/град,}$$

где  $V_{t_1}$ ,  $V_{t_2}$ ,  $V_0$  – объемы жидкости при  $0^\circ\text{C}$ , температурах  $t_1$  и  $t_2$  соответственно.

Чувствительность термометра зависит от разности коэффициентов объемного расширения термометрической жидкости и стекла, от объема резервуара и диаметра капилляра. Чувствительность термометра обычно лежит в пределах  $0,4 \dots 5 \text{ мм/}^\circ\text{C}$  (для некоторых специальных термометров  $100 \dots 200 \text{ мм/}^\circ\text{C}$ ).

Для защиты от повреждений технические термометры монтируются в металлической оправе, а нижняя погружная часть закрывается металлической гильзой.

### 5.3 Термометры, основанные на расширении твердых тел

К этой группе приборов относятся дилатометрические и биметаллические термометры, основанные на изменении линейных размеров твердых тел с изменением температуры.

1. Конструктивное исполнение дилатометрических термометров основано на преобразовании измеряемой температуры в разность абсолютных значений удлинений двух стержней, изготовленных из материалов с существенно различными термическими коэффициентами линейного расширения:

$$\beta_{t_1, t_2} = \frac{l_{t_1} - l_{t_2}}{l_0(t_2 - t_1)}, \text{ 1/град,}$$

где  $l_{t_1}$ ,  $l_{t_2}$ ,  $l_0$  – линейные размеры тела при  $0^\circ\text{C}$ , температурах  $t_1$  и  $t_2$  соответственно.

В силу того, что  $\beta$  мала, дилатометрические термометры применяются в качестве различного рода тепловых реле в устройствах сигнализации и регулирования температуры.

2. Биметаллические термометры основаны на деформации биметаллической ленты при изменении температуры. Обычно применяются биметаллические ленты, согнутые в виде плоской или винтовой спирали. Один конец спирали укреплен неподвижно, второй – на оси стрелки. Угол поворота стрелки равен углу закручивания спирали, который пропорционален изменению температуры.

Биметаллические термометры обеспечивают изменение температуры с относительными погрешностями  $1 - 1,5 \%$ .

### 5.4 Газовые манометрические термометры

В основу принципа действия манометрического термометра положена зависимость между температурой и давлением термометрического (рабочего) вещества, лишенного возможности свободно расширяться при нагревании.

Манометрические термометры обычно включают в себя термобаллон, капиллярную трубку и трубчатую пружину с поводком, зубчатым сектором и стрелкой. Вся система заполняется рабочим веществом. При нагревании термобаллона, установленного в зоне измеряемой температуры, давление рабочего вещества внутри замкнутой системы увеличивается. Увеличение давления воспринимается манометрической пружиной, которая воздействует через передаточный механизм на стрелку или перо прибора.

Газовые манометрические термометры основаны на зависимости температуры и давления газа, заключенного в герметически замкнутой термосистеме.

Достоинства: шкала прибора практически равномерна.

Недостатки: сравнительно большая инерционность и большие размеры термобаллона.

### 5.5 Жидкостные манометрические термометры

В качестве манометрической жидкости в приборах этого типа применяется метиловый спирт, ксилол, толуол, ртуть и т. д.

Жидкостные манометрические термометры имеют равномерную шкалу.

### 5.6 Конденсационные манометрические термометры

Конденсационные манометрические термометры реализуют зависимость упругости насыщенных паров низкокипящей жидкости от температуры. Поскольку эти зависимости для используемых жидкостей (хлористый метил, этиловый эфир, хлористый этил, ацетон и др.) нелинейны, следовательно, и шкалы термометров неравномерны. Эти приборы обладают более высокой чувствительностью, чем газовые жидкостные.

### 5.7 Электрические термометры

Принцип действия этого типа термометров основан на зависимости термо-ЭДС (ТЭДС) цепи от изменения температуры.

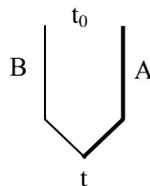


Рисунок 1

В термоэлектрической цепи, состоящей из двух проводников А и В, возникают 4 различные ТЭДС: 2 ТЭДС в местах спаев проводников А и В, ТЭДС на конце проводника А и ТЭДС на конце проводника В. Суммарная ТЭДС, возникающая при нагреве спаев проводников до температур  $t$  и  $t_0$ :

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0),$$

где  $e_{BA}$  и  $e_{AB}$  – ТЭДС, обусловленная контактной разностью потенциалов и разностью температур концов А и В.

ТЭДС  $E_{AB}(t, t_0)$  является функцией от температуры горячего спая  $t$  при условии постоянства температуры холодного спая  $t_0$ .

Термопары градуируются при определенной постоянной температуре  $t_0$  (обычно  $t_0 = 0$  °С или 20 °С). При измерениях температура  $t_0$  может отличаться от градуировочного значения. В этом случае вводится соответствующая поправка в результат измерения:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0') + E_{AB}(t_0', t_0).$$

Поправка  $E_{AB}(t_0', t_0)$  равна ТЭДС, которую развивает данная термопара при температуре горячего спая  $t_0'$  и градуировочном значении температуры холодных спаев. Поправка берется положительной, если  $t_0' > t_0$  и отрицательной, если  $t_0' < t_0$ .

Величина поправки может быть взята из градуировочной таблицы.

Конструктивное исполнение термопар разнообразно и зависит главным образом от условий их применения. При необходимости измерения небольшой разницы температур или получения большой ТЭДС применяются дифференциальные термопары и термобатарей, представляющие собой несколько последовательно соединенных термопар.

Компенсация изменения температуры холодных спаев термопар. Правильное измерение температуры возможно лишь при постоянстве температур свободных спаев  $t_0$ . Оно обеспечивается с помощью соединительных проводов и специальных термостатирующих устройств. Соединительные провода в данном случае предназначены для переноса свободных концов термопары в зону с известной постоянной температурой, а также для подсоединения свободного конца термопары к зажимам измерительных приборов. Соединительные провода должны быть термоэлектрически подобны термоэлектродам термопары.

Как правило, соединительные провода для термопар, изготовленных из неблагородных металлов, выполняются из тех же самых материалов, что и термоэлектроды. Исключение составляет хромель-алюмелевая термопара, для которой с целью уменьшения сопротивления линии в качестве соединительных проводов применяется медь в паре с константаном.

Градуировки термопар: **ХА** – хромель-алюмелевые; **ХК** – хромель-копелевые; **ПП** – платинородий-платиновые и т. д.

Требования к термопарам:

- 1) воспроизводимость,
- 2) высокая чувствительность,
- 3) надежность,
- 4) стабильность,
- 5) достаточный температурный диапазон.

Таблица 1 – Материалы, используемые для изготовления термопар

Название	Состав	ТЭДС, мВ (при $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ и $t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$ )	Максимальный температурный предел, $^\circ\text{C}$
Хромель	10% Cr + 90 % Ni	+2,95	1000
Платинородий	90 % Pt + 10 % Rh	+0,86	1300
Педь	Cu	+0,76	350
Платина	Pt	0	1300
Алюмель	95 % Ni + 5 % Al	-1,2	1000
Копель	56 % Cu + 44 % Ni	-4	600
Константан	60 % Cu + 40 % Ni	-3,4	600

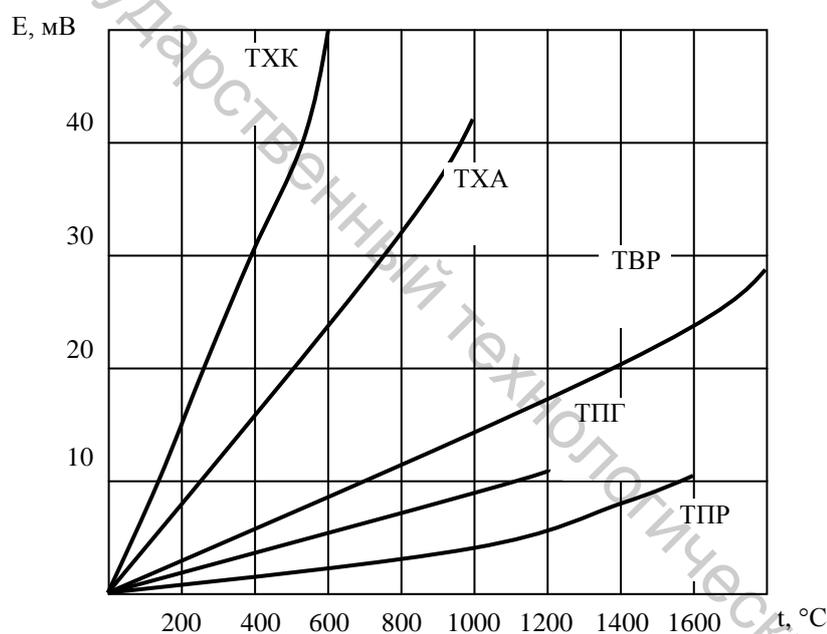


Рисунок 2 – Градуировочные зависимости термопар

Методы и средства для измерения ТЭДС:

- 1) метод непосредственной оценки (с помощью милливольтметра);
- 2) компенсационный метод (с помощью потенциометров).

### 5.8 Термометры сопротивления

Измерение температуры термосопротивлениями основано на свойстве проводников и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры.

Вид функции  $R = f(t)$  зависит от природы материала. Для изготовления чувствительных элементов серийных термосопротивлений применяются чистые металлы, к которым предъявляются следующие требования:

- а) металл не должен окисляться или вступать в химические реакции с измеряемой средой;
- б) температурный коэффициент электрического сопротивления металла  $\alpha$  должен быть достаточно большим и неизменным;
- в) функция  $R = f(t)$  должна быть однозначна;
- г) удельное электрическое сопротивление металла должно быть достаточно большим.

Наиболее полно указанным требованиям отвечают: платина, медь, никель, железо и др.

Основной недостаток термосопротивлений: большая инерционность (до 10 мин.).

Для измерения температуры наиболее часто применяются термосопротивления типов ММТ-1, ММТ-4, ММТ-6 (медно-марганцевые); КМТ-1, КМТ-4 (кобальто-марганцевые).

## ТЕМА 6. Вторичные приборы для измерения разности потенциалов

Для измерения ТЭДС в комплектах термоэлектрических термометров применяются термометрические милливольтметры и потенциометры.

### 6.1 Пирометрические милливольтметры

Пирометрические милливольтметры являются электро-измерительными приборами магнито-электрической системы.

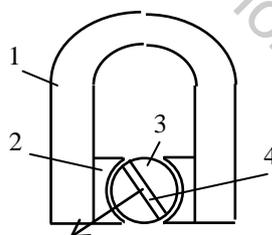


Рисунок 3

В конструкции пирометрических милливольтметров можно выделить магнитную и подвижную системы. Первая состоит из подковообразного магнита 1, полюсных наконечников 2 и цилиндрического сердечника 3. Кольцевой зазор между сердечником и полюсными наконечниками характеризуется наличием практически равномерного электромагнитного поля.

В этом зазоре соосно с сердечником размещается рамка 4, которая монтируется на кернах, опирающихся на подпятники, либо на натянутых нитях. Момент сил, противодействующий вращению рамки, создается специальными пружинами.

Взаимодействие тока, протекающего по рамке с полем постоянного магнита 2 вызывает появление вращающего момента, который, будучи уравновешен противодействующим моментом пружин, поворачивает рамку на опреде-

ленный угол. Этот угол пропорционален величине протекающего по рамке тока.

## 6.2 Потенциометры

Потенциометры в отличие от милливольтметров работают по компенсационному (нулевому) методу измерения.

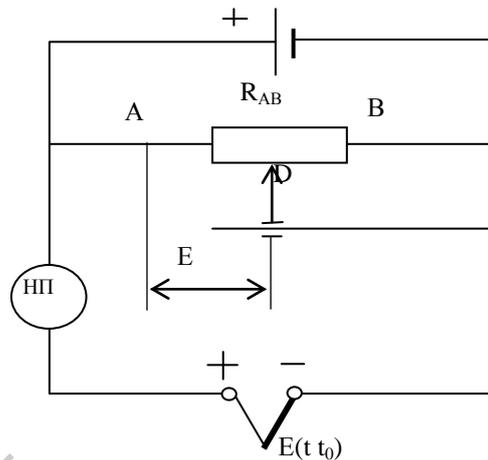


Рисунок 4

Принцип компенсации при измерении ТЭДС заключается в уравнивании ее известным напряжением  $\Delta U$  на калибровочном резисторе  $R$ , созданным вспомогательным источником тока. Ток от вспомогательного источника проходит через реохорд  $R_{AB}$ .  $U_{AB}$  пропорционально  $R_{AB}$  (в точке  $D$  находится движок реохорда).

Последовательно с термопарой, генерирующей ТЭДС, включен милливольтметр НП (нуль-прибор) с нулем в середине шкалы. Передвигая движок  $D$ , добиваются уравнивания  $U_{AB}$  и  $E(t_0)$ .

## 6.3 Автоматические электрические потенциометры

Потенциометр состоит из моста сопротивлений  $ABCD$ , в одну из диагоналей которого включен источник питания ИПС, а в другую (измерительную диагональ) – термопара с ТЭДС  $E$  и электродвигатель ЭД. В вершине  $A$  моста находится реохорд  $R_p$ , к движку которого прикреплена стрелка, движущаяся вдоль шкалы. Перемещением движка в свою очередь управляет электродвигатель.

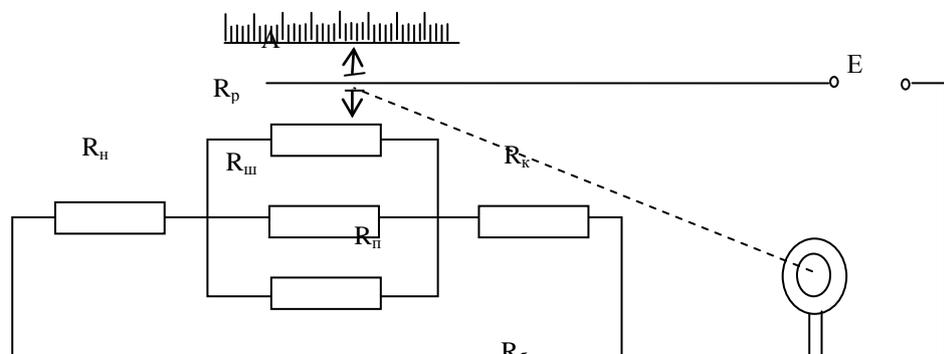


Рисунок 5

$R_p$  – сопротивление реохорда,  $R_{ш}$  – шунта,  $R_n$  – для задания пределов измерения,  $R_n$  и  $R_k$  – для задания начала и конца шкалы,  $R_b$  – балластное,  $R_c$  – для проверки рабочего тока,  $R_m$  – медное сопротивление для компенсации влияния температуры холодных спаев. ИПС – источник питания стабилизированный.

Когда мост находится в равновесии, то напряжение между его вершинами  $A$  и  $D$  равно напряжению между вершинами  $B$  и  $C$ , электродвигатель ЭД не работает и движок реохорда  $A$  не движется. Если по каким-либо причинам термо-ЭДС  $E$  изменится, то напряжение  $U_{AD}$  перестанет быть равно  $U_{BC}$  и на входе усилителя УЭД появится напряжение. Усилитель, усилив напряжение, подает его на ЭД, который, вращаясь, перемещает движок реохорда. Перемещение движка продолжается до тех пор, пока мост снова не придет в равновесие и напряжение на ЭД снова не станет равно нулю.

В этих потенциометрах процесс компенсации осуществляется автоматически, непрерывно и с большой скоростью. Эти приборы имеют устройства для автоматического внесения поправки на температуру холодных спаев термопары.

## ТЕМА 7. Методы измерения сопротивления

Для измерения сопротивлений термоэлектрических сопротивлений (ТС) часто используют автоматические электронные мосты, включенные по двухпроводной, трехпроводной или четырехпроводной схемам.

Двухпроводная схема подключения моста к ТС.

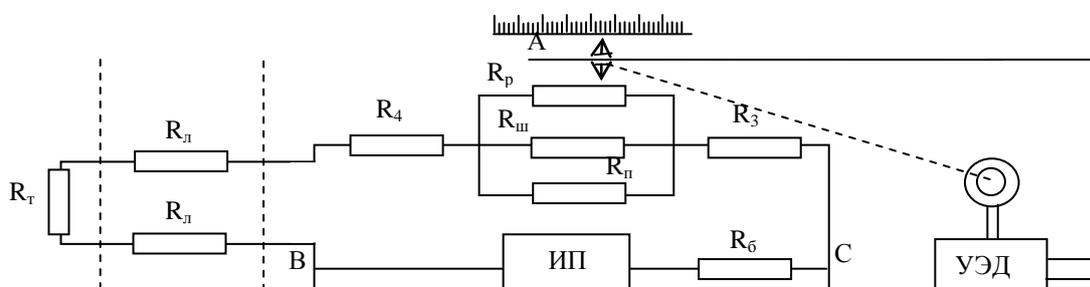


Рисунок 6

На схеме обозначены:  $R_1, R_2, R_3, R_4$  – сопротивления моста;  $R_6$  – балластное сопротивление для ограничения рабочего тока;  $R_m$  – сопротивление ТС;  $R_l$  – сопротивление линии (соединительных проводов).

Мост может находиться в двух состояниях: уравновешенном и неуравновешенном. Условием равновесия является равенство произведений противолежащих плечей, то есть в данном случае:

$$R_1 \cdot R_3 \approx R_2 \cdot (R_4 + R_m + 2 \cdot R_l).$$

Когда мост уравновешен, напряжение на диагонали  $U_{AD} = 0$  и, следовательно, ЭД не работает. При изменении температуры объекта изменяется  $R_m$  и  $U_{AD}$  перестает быть нулевым. Это напряжение усиливается УЭД и подается на ЭД, который, вращаясь, перемещает движок реохорда.

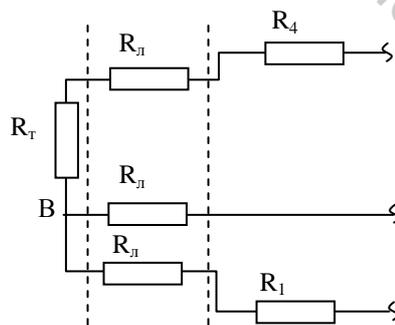


Рисунок 7

Недостатком такой схемы является то, что сопротивления линии входят в одно плечо с  $R_m$ , следовательно, изменение  $R_l$  может вызывать изменение показаний моста. Для компенсации  $R_l$  применяются трехпроводная или четырехпроводная схемы.

Трехпроводная схема подключения моста.

В этом случае уравнение равновесия имеет вид:

$$(R_1 + R_l)R_3 \approx R_2(R_4 + R_m + R_l).$$

То есть сопротивление линии  $R_l$  входит в обе части уравнения и частично компенсируется.

## ТЕМА 8. Методы и приборы для измерения давления и разряжения

### 8.1 Классификация приборов для измерения давления

Под давлением в общем случае понимают предел отношения нормальной составляющей усилия к площади, на которую действует усилие.

В зависимости от природы контролируемого процесса нас интересует абсолютное давление  $P_a$  или избыточное  $P_u$ . При измерении  $P_a$  за начало отсчета принимается нулевое давление, которое можно себе представить как давление внутри сосуда после полной откачки воздуха. Естественно, достигнуть  $P_a = 0$  невозможно.

**Абсолютное** давление атмосферы – давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы.

**Избыточное** давление представляет собой разность между абсолютным и барометрическим давлениями:  $P_u = P_a - P_{бар}$

Если  $P_{абс} < P_{бар}$ , то  $P_u$  называется давлением разряжения.

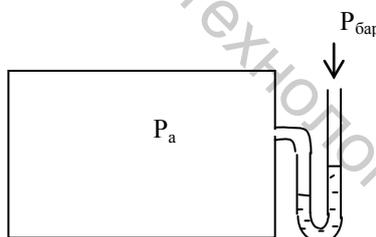


Рисунок 8

### Классификация приборов для измерения давления:

#### I. По принципу действия:

- 1) жидкостные (основанные на уравнивании давления столбом жидкости);
- 2) поршневые (измеряемое давление уравнивается внешней силой, действующей на поршень);
- 3) пружинные (давление измеряется по величине деформации упругого элемента);
- 4) электрические (основанные на преобразовании давления в какую-либо электрическую величину).

#### II. По роду измеряемой величины:

- 1) манометры (измерение избыточного давления);
- 2) вакуумметры (измерение давления разряжения);

- 3) мановакуумметры (измерение как избыточного давления, так и давления разряжения);
- 4) напорометры (для измерения малых избыточных давлений);
- 5) тягомеры (для измерения малых давлений разряжения);
- 6) тягонапорометры;
- 7) дифманометры (для измерения разности давлений);
- 8) барометры (для измерения барометрического давления).

### 8.2 Жидкостные манометры

Широко применяются в качестве образцовых приборов для лабораторных и технических измерений. В качестве рабочей жидкости используется спирт, вода, ртуть, масла.

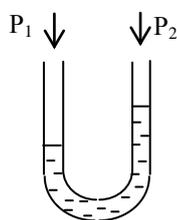


Рисунок 9

Двухтрубный манометр представляет из себя U-образную трубку, заполненную затворной жидкостью.

### 8.3 Чашечные манометры и дифманометры

Чашечный (однотрубный) манометр является разновидностью U-образного трубного манометра, у которого одна из трубок заменена сосудом большого диаметра (чашкой).

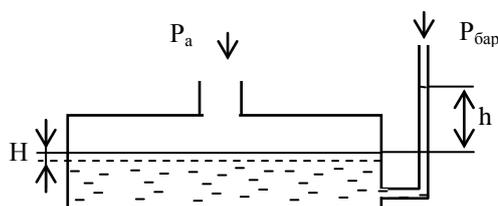


Рисунок 10

Измеряется давление  $P_a$ , действующее на жидкость в широком сосуде, а открытый конец трубки совмещен с атмосферой.

$$\text{Уравнение равновесия: } P = \rho g (h + H).$$

Чашечные и трубные манометры применяются для тарировки и поверки рабочих приборов, реже – в качестве рабочих приборов.

### 8.4 Микроманометры

Применяются для измерения давлений, меньших 100 – 200 мм водяного столба. Представляют жидкостной манометр с наклоненной под углом  $20 \dots 50^\circ$  трубкой.

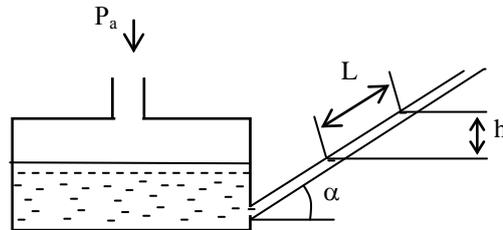


Рисунок 11

$h = L \sin(\alpha)$  – высота поднятия уровня жидкости в узкой трубке,

$P = \rho g h$  – измеренное давление.

Погрешность:  $\pm 1,5 \%$ .

### 8.5 Пружинные манометры

Состоят из трубчатой пружины 1 с поводком, зубчатого сектора 3 и шестерни 4 с прикрепленной к ней стрелкой 2. При увеличении давления трубчатая пружина стремится разогнуться, в результате чего она через поводок начинает взаимодействовать на зубчатый сектор, отклоняя стрелку.

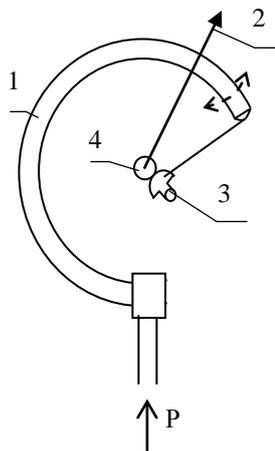


Рисунок 12

### 8.6 Электрические манометры

Преобразователи давления типа "Сапфир".

Эти манометры обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра (давления избыточного, абсолютного, разрежения, разности давлений нейтральных и агрессивных сред) в унифицированный токовый сигнал для дистанционной передачи (0 – 5 мА, 0 – 20 мА и др.). Преобразователи

разности давлений могут использоваться для преобразования значений уровня жидкости или расхода в унифицированный сигнал.

Тензопреобразователь 4 мембранно-рычажного типа размещен внутри основания 9 в замкнутой полости 11, заполненной кремний-органической жидкостью, и отделен от измеряемой среды металлическими гофрированными мембранами 8. Мембраны 8 приварены по наружному контуру к основанию 9 и соединены между собой центральным штоком 6, который связан с концом рычага тензопреобразователя 4 с помощью тяги 5. Фланцы 10 уплотнены прокладками 3.

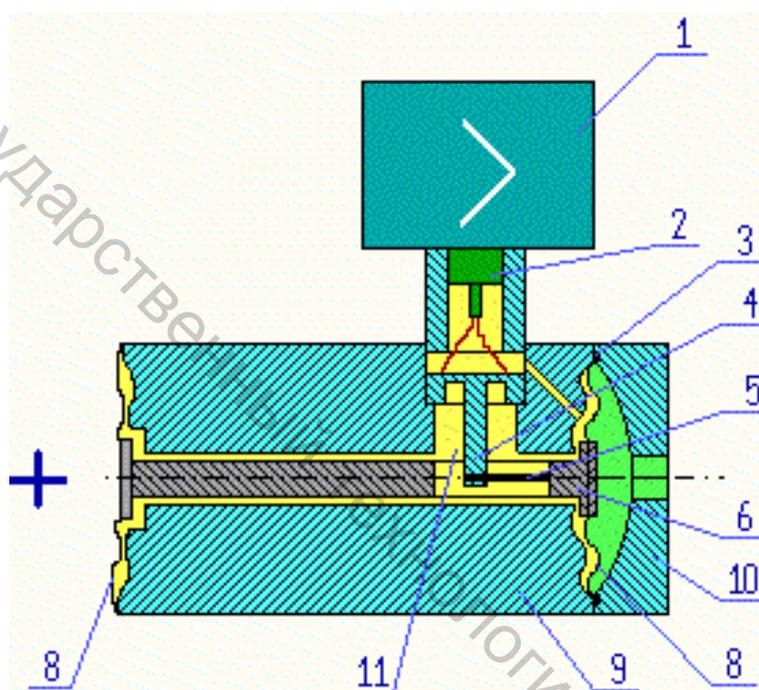


Рисунок 13

Плюсовой фланец с открытой мембраной служит для монтажа преобразователя непосредственно на технологической емкости. Воздействие измеряемого давления вызывает прогиб мембран 8, изгиб мембраны тензопреобразователя 4 и изменение сопротивления тензорезисторов.

Чувствительным элементом тензопреобразователя является пластина из монокристаллического сапфира (разновидность корунда  $Al_2O_3$ ) с кремниевыми пленочными тензорезисторами (структура КНС – кремний на сапфире).

Электрический сигнал от тензопреобразователя передается из измерительного блока в электронное устройство 1 по проводам через гермоввод 2. Измерительный блок выдерживает без разрушения воздействие односторонней перегрузки рабочим избыточным давлением. Это обеспечивается тем, что при такой перегрузке одна из мембран 8 ложится на профилированную поверхность основания 9.

## ТЕМА 9. Методы и приборы для измерения расхода пара, газа и жидкости

### 9.1 Классификация

**Количество вещества** выражается в единицах объема или массы (то есть в  $\text{м}^3$  или килограммах). Количество жидкости с равной степенью точности может быть измерено и объемным, и массовым методами, количество газа – только объемным. Для твердых и сыпучих материалов используется понятие насыпной или объемной массы, которая зависит от гранулометрического состава сыпучего материала. Для более точных измерений количество сыпучего материала определяется взвешиванием.

**Расходом вещества** называется количество вещества, проходящее через данное сечение трубопровода в единицу времени. Массовый расход измеряется в  $\text{кг/с}$ , объемный – в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Приборы, измеряющие расход, называются **расходомерами**. Эти приборы могут быть снабжены счетчиками (интеграторами), тогда они называются расходомерами-счетчиками. Такие приборы позволяют измерять расход и количество вещества.

#### Классификация:

Механические

Объемные : ковшовые, барабанного типа, мерники.

Скоростные: по методу переменного перепада давления, по методу постоянного перепада давления, напорные трубки, ротационные.

Электрические : электромагнитные, ультразвуковые, радиоактивные.

### 9.2 Метод переменного перепада давления

Является самым распространенным и изученным методом измерения расхода жидкости, пара и газа. В измерительной технике сужающими устройствами являются диафрагмы, сопла и сопла Вентури.

Наиболее часто из них применяются **диафрагмы**, которые представляют собой тонкий диск, установленный в трубопроводе так, чтобы его отверстие было концентрично внутреннему контуру сечения трубопровода. Сужение потока начинается до диафрагмы. Затем на некотором расстоянии за ней благодаря действию сил инерции поток сужается до минимального значения, а далее постепенно расширяется до полного сечения трубопровода. Перед диафрагмой и за ней образуются зоны с вихревым движением.

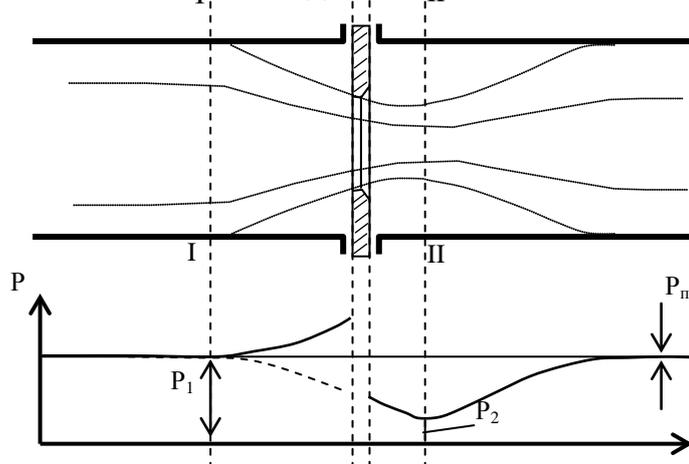


Рисунок 14

I - I – сечение потока до искажения формы.

II - II – сечение в месте максимального сужения.

$P_n$  – потери давления на трение и завихрения.

Разность давлений  $P_1 - P_2$  зависит от расхода среды, протекающей через трубопровод.

В случае использования сопла струя, протекающая через него, не отрывается от его профилированной части, и поэтому  $P_n$  меньше.

Еще меньше потери  $P_n$  в сопле Вентури.

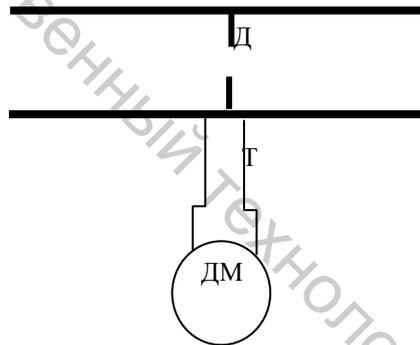


Рисунок 15

Перепад давления измеряется дифманометрами. Комплект расходомера состоит из элементов:

- 1) сужающее устройство ( $D$ );
- 2) импульсные трубки ( $T$ );
- 3) дифманометр ( $DM$ ).

В качестве дифманометров обычно используются преобразователи разности давлений типа "Сапфир".

### 9.3 Расходомеры постоянного перепада давления

К ним относятся гидродинамические, поршневые, поплавковые, ротаметрические расходомеры.

Наиболее распространенными приборами группы расходомеров постоянного перепада давления являются ротаметры, которые имеют ряд преимуществ перед расходомерами переменного перепада давления:

- а) потери  $P_n$  незначительны и не зависят от расхода;

б) имеют большой диапазон измерения и позволяют измерять малые расходы.

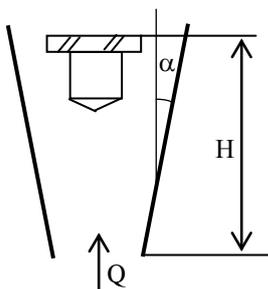


Рисунок 16

Принцип действия основан на измерении положения  $H$  поплавка, вращающегося в расширяющейся кверху трубке под влиянием направленной вверх струи.

$Q$  – расход проходящего через трубку газа или жидкости,

$\alpha$  – угол наклона стенок трубки.

Зависимость  $Q$  от  $H$  нелинейна, но в начальном и среднем участках равномерность делений шкалы искажается в незначительной степени. Отсутствие прямой зависимости между  $Q$  и  $H$  требует индивидуальной градуировки каждого прибора.

Ротаметрические трубки обычно изготавливаются из стекла, на которое наносится шкала. Ротор также может быть изготовлен в виде шарика или диска.

#### 9.4 Расходомеры переменного уровня

Используются для измерения расходов смесей продуктов, содержащих твердые частицы, пульсирующих потоков, особо активных сред. Измерения осуществляются при атмосферном давлении.

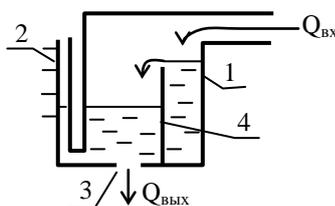


Рисунок 17

Состоит из элементов:

1 – калиброванный сосуд,

2 – уронемерное стекло,

3 – отверстие в днище,

4 – перегородка для успокоения потока.

#### 9.5 Расходомеры скоростного напора

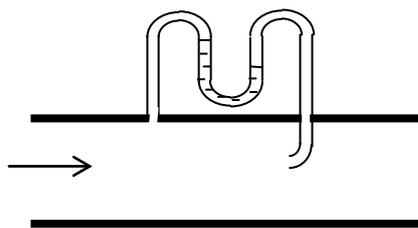


Рисунок 18

Измерение расхода основано на зависимости динамического напора от скорости потока измеряемой среды.

Дифманометр, соединяющий обе трубки, показывает динамическое давление, по которому судят о скорости потока и, следовательно, о расходе.

## 10. Методы и приборы для измерения уровня

### 10.1 Методы измерения уровня

В общем объеме измерительных операций в нефтепереработке, нефтехимии и газовой промышленности измерение уровня составляет 18 – 20 %.

Под **измерением уровня** понимается индикация положения раздела двух сред различной плотности относительно какой-либо горизонтальной поверхности, принятой за начало отсчета. Приборы, выполняющие эту задачу, называются **уровнемерами**.

Методы измерения уровня:

- 1) поплавковый,
- 2) буйковый,
- 3) гидростатический,
- 4) электрические и др.

### 10.2 Поплавковый метод измерения уровня

Поплавковый уровнемер построен по принципу использования выталкивающей силы жидкости. Чувствительный элемент представляет собой тело произвольной формы (поплавок), плавающий на поверхности жидкости и имеющий постоянную осадку. Поплавок перемещается вертикально вместе с уровнем жидкости, и текущее значение уровня определяется фиксацией положения поплавка.

### 10.3 Буйковые уровнемеры

Действие буйкового уровнемера основано на законе Архимеда. Чувствительный элемент буйкового уровнемера – буй – массивное тело, подвешенное вертикально внутри сосуда, уровень жидкости в котором контролируется.

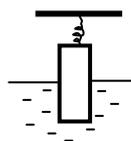
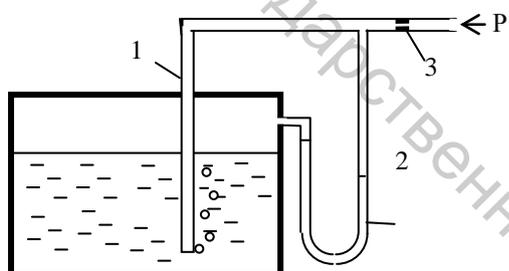


Рисунок 19

По мере изменения уровня жидкости изменяется погружение буя вследствие компенсации выталкивающей силы жидкости изменением усилия в подвеске.

Таким образом, по величине погружения буя судят об уровне жидкости в сосуде. Характеристика буйкового уровнемера линейная, а чувствительность тем больше, чем больше площадь поперечного сечения буя.

#### 10.4 Гидростатические уровнемеры



В этих приборах измерение уровня жидкости постоянной плотности сводится к измерению давления, созданного столбом жидкости  $P = \rho_{ж} g h$ .

Рисунок 20

Различают пьезометрические уровнемеры и уровнемеры с непосредственным измерением столба жидкости.

**Пьезометрические уровнемеры** применяются для измерения уровня самых разнообразных, в том числе вязких и агрессивных жидкостей.

Воздух из пьезометрической трубки 1 барботирует через слой жидкости. Количество воздуха, подаваемого под давлением, ограничивается дросселем 3 таким образом, чтобы скорость движения его в трубопроводе была минимально возможной. Уровень жидкости определяется по разности давления в дифманометре 2.

#### 10.5 Электрические методы измерения уровня

Для измерения уровня жидкости может быть использовано различие электрических свойств жидкости и парогазовой смеси над ней. Под электрическими свойствами понимаются диэлектрическая проницаемость и электропроводность веществ.

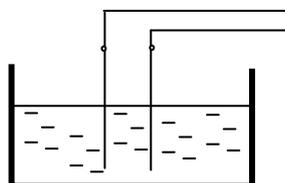


Рисунок 21

**Кондуктометрический** метод измерения уровня основан на измерении электрической проводимости первичного преобразователя, зависящей от значения уровня.

**Емкостной** метод измерения основан на изменении емкости первичного преобразователя в зависимости от положения уровня измеряемой среды. Обычно первичный преобразователь выполняется в виде коаксиальных цилиндров.

## 11. Приборы для определения утечек газа

### 11.1 Чувствительные элементы приборов для определения утечек газа

Работа современных приборов для обнаружения утечек газа основана на регистрации изменения сопротивления чувствительного элемента. В качестве чувствительных элементов, наибольшее распространение получили полупроводниковые или термокаталитические датчики.

#### ДАТЧИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДМП – 1

Принцип действия ДМП-1 основан на увеличении проводимости полупроводниковой керамики находящейся при температуре 400 – 450 °С в присутствии восстанавливающих газов.

Минимальные размеры чувствительного элемента датчика позволяют иметь малое энергопотребление (не более 170 мВт) и высокую устойчивость к механическим нагрузкам. Оригинальная конструкция (шунтирование платинового нагревателя полупроводниковой керамикой) в высокой степени подавляет влияние температуры анализируемой среды на выходной сигнал датчика и обеспечивает защиту чувствительного элемента от газовых перегрузок. Оболочка из пористого титана позволяет иметь степень взрывозащиты датчика 1ExdIIICU.

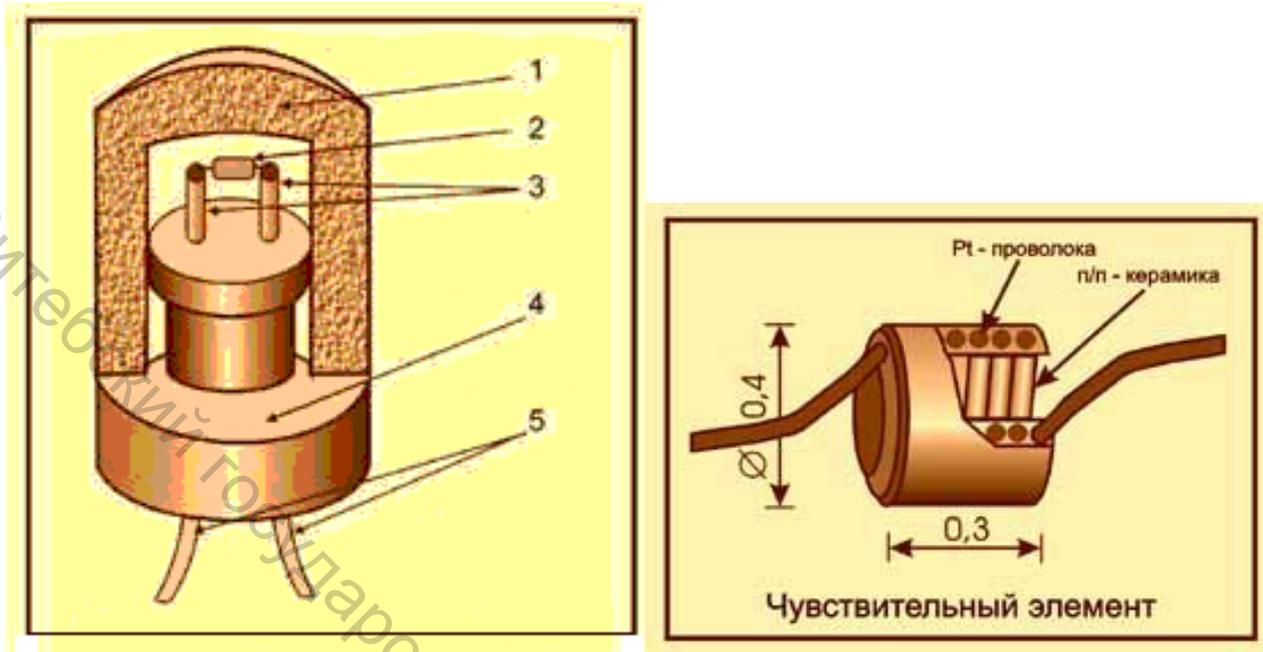
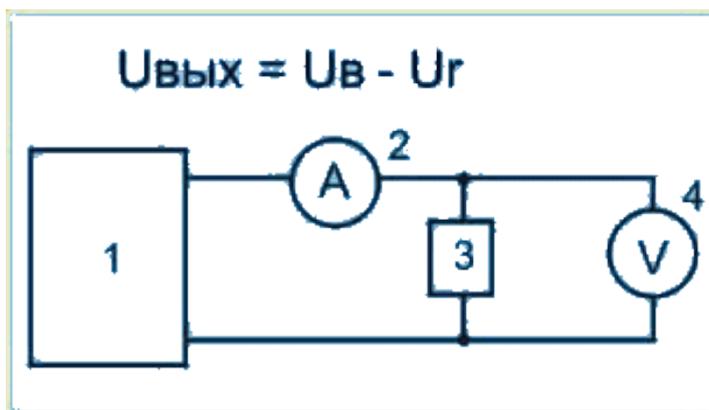


Рисунок 22 – Датчик ДМП-1:

1 – защитная оболочка из пористого титана; 2 – чувствительный элемент; 3 – стойки; 4 – корпус; 5 – токосъемные выводы

### ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ

При питании датчика стабилизированным током выходной сигнал ( $U_{\text{вых}}$ ) образуется за счет разницы падения напряжения на чувствительном элементе в чистом воздухе ( $U_{\text{в}}$ ) и газовой среде ( $U_{\text{г}}$ ).



- 1 – источник питания;
- 2 – амперметр;
- 3 – датчик;
- 4 – вольтметр

Рисунок 23 – Электрическая схема включения датчика ДМП-1

Таблица 2 – Технические характеристики датчика ДМП-1

Габаритные размеры:	
* Длина, мм	17
* Длина с выводами, мм	77
* Диаметр, мм	10
Диапазон контроля концентрации газа в воздухе, % объёмной доли	0 – 100
Рабочий ток, А	$0.12 \pm 0.01$
Напряжение на датчике в воздухе, В	$1.3 \pm 0.13$
Потребляемая мощность, мВт не более	170
Время срабатывания, с	3
Нижний предел обнаружения, ppm не более:	
* Метан (CH <sub>4</sub> )	10
* Пропан (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	10
Атмосферное давление, кПа	84 – 106.7
Значения температуры анализируемой смеси, С	-25...50

### ДАТЧИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДМ-1

Принцип действия датчика ДМ-1 основан на каталитическом сгорании углеводородных газов и паров на чувствительном элементе датчика.

Датчик конструктивно состоит из двух элементов (чувствительного и опорного), установленных в одном корпусе и разделенных экраном. Элементы представляют собой платиновые терморезисторы, покрытые керамикой оксида алюминия (чувствительный элемент - активирован Pt - Pd катализатором). Выходной сигнал датчика обусловлен разностью температур чувствительного и опорного элемента в присутствии горючих газов. Оболочка из пористого титана позволяет иметь степень взрывозащиты датчика ExdIIICU.

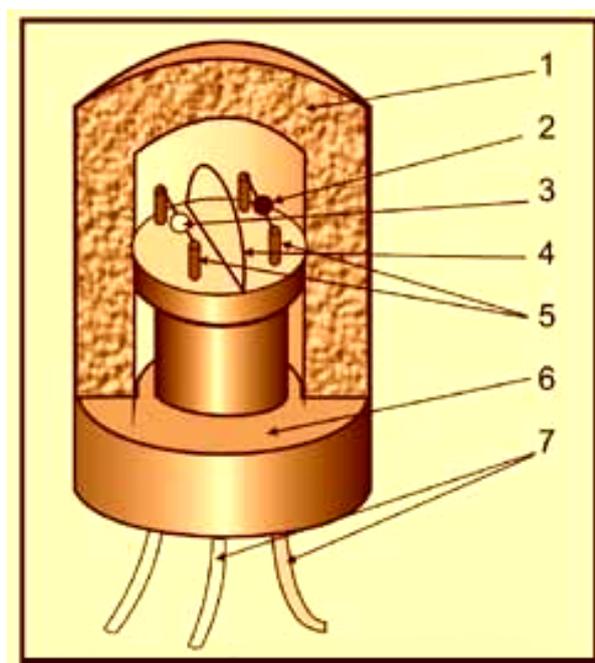


Рисунок 24 – Датчик ДМ-1

1 – защитная оболочка из

- пористого титана;  
 2 – чувствительный элемент;  
 3 – опорный элемент;  
 4 – экран;  
 5 – стойки;  
 6 – корпус;  
 7 – выводы.

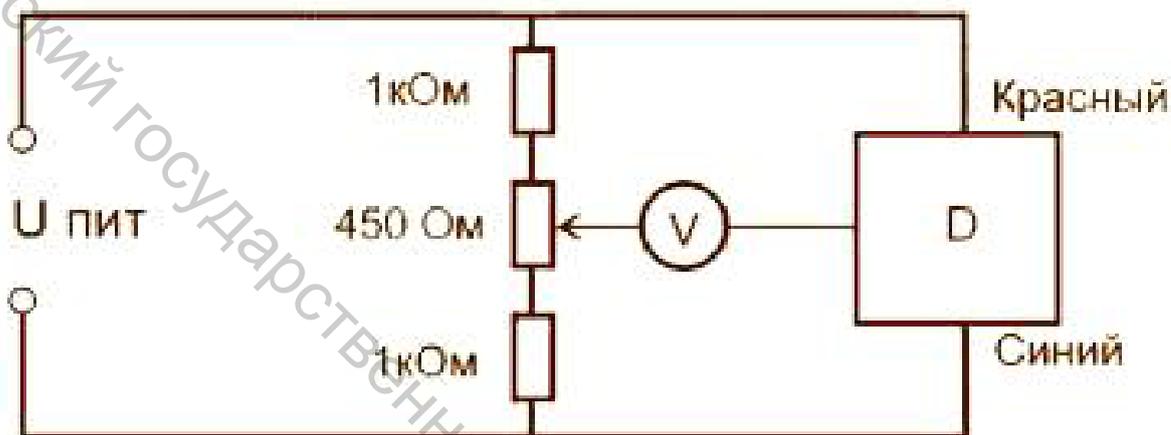


Рисунок 25 – Электрическая схема включения датчика ДМ-1

Таблица 3 – Технические характеристики датчика ДМ-1

Напряжение питания датчика, В	2.4 ± 0.1
Потребляемая мощность, мВт, не более	400
Рабочий диапазон, % НКПР	0 – 50
Допустимый небаланс датчика в схеме включения, В	0,2
Атмосферное давление, кПа	84 – 106.7
Значения температуры анализируемой смеси, С	-25...50
Значения относительной влажности анализируемой смеси при 20 °С	95
Механические нагрузки:	
* Синусоидальная вибрация:	
- диапазон частот, Гц	5 – 25
- амплитуда смещения, мм	0.1
- продолжительность воздействия, ч	1.5
* Одиночный механический удар:	
- длительность ударного импульса, мс	10
- пиковое ускорение удара, м/с	50

## 11.2 Приборы, выпускаемые РУП "Белгазтехника"

### Сигнализатор утечек горючих газов ИГ – 5

Таблица 4 – Технические характеристики прибора ИГ-5

Габаритные размеры, не более, мм	220x72x165
Масса, не более, кг	
- измерительного блока	2,2
- выносного зонда	0,07
Минимальная регистрируемая концентрация метана: % объемной доли	0,001
Пределы измерений, %	
I диапазон	0,001 – 0,002
II диапазон	0,002 – 0,006
III диапазон	0,006 – 0,03
IV диапазон	0,3 – 0,6
V диапазон	0,6 – 5
VI диапазон	5 – 100
Основная абсолютная погрешность измерений, % объ- емной доли	±0,001
Минимальная чувствительность, % объемной доли	0,001
Время срабатывания сигнализации, не более, с	3
Температура окружающей среды, °С	от -20 до +45

#### В состав прибора входят:

1. Блок измерительный (блок аккумуляторов, блок обработки сигналов, измерительная камера, побудитель).
2. Пробоотборник типа "вантуз".
3. Зонд выносной.

#### Подготовка прибора к работе:

1. Произвести внешний осмотр.
2. Проверить напряжение питания (на VI диапазоне переключатель "режим работы" переводится в положение "U.Пит.", при этом стрелка индикатора должна находиться в пределах черного сектора).
3. Проверить герметичность газоздушного тракта (переключатель "режим работы" переводится в положение "ВНУТР", перекрывается трубка пробоотборника, и по изменению нагрузки на микронасосе делают вывод об отсутствии повреждений).

4. Прокачивается через прибор чистый воздух в течение 3 – 5 минут и при помощи надстроечного регулятора устанавливают "0" на индикаторе.

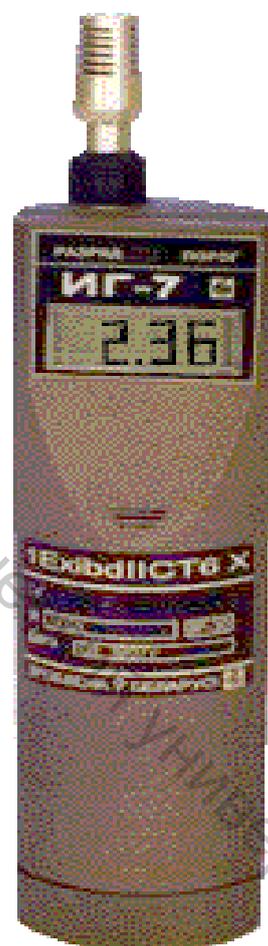
При измерении последовательно переводят переключатель диапазона с VI по I, производя замер в предполагаемом месте утечки. После изменения диапазона необходимо прокачивать чистый воздух и подстраивать "0". При отклонении стрелки индикатора более чем на 1/5 шкалы включается звуковой сигнал. Так как прибор выполнен не во взрывозащищенном исполнении, категорически запрещается использование его в помещениях, где возможно образование взрывоопасных концентраций.

### Измеритель концентрации горючих газов ИГ-7

Предназначен для измерения объемной доли горючих газов, а также сигнализации их превышения установленного уровня.

Диапазон рабочих температур от -10 до +40 °С. Прибор устойчив к механическим воздействиям, ударам, вибрации и выполнен во взрывобезопасном исполнении.

Прибор ИГ-7 обеспечивает прерывистую звуковую и световую сигнализацию при обрыве чувствительного элемента, при снижении напряжения питания ниже 4В, при превышении концентрации метана более 2,5% (пропана более 1%). В случае превышения концентрации метана более 4% (пропана более 2,1%), датчик отключается, а на цифровом индикаторе высвечивается буква "П"-перегрузка.



### Комбинированный измеритель концентрации кислорода и горючих газов комби-мк

Переносной взрывобезопасный прибор предназначен для измерения концентрации различных горючих газов и паров, а также кислорода в окружающем воздухе.

Результаты измерения отображаются на жидкокристаллическом индикаторе.

Рисунок 26 – Внешний вид прибора ИГ-7

Имеется световая и звуковая сигнализация при превышении установленных порогов по концентрации горючего газа, кислорода. Пороги включения сигнализации программируемые во всем диапазоне измерения.

Таблица 5 – Технические характеристики прибора КОМБИ-МК

Диапазон измерения концентрации горючего газа в воздухе, % НКПР	0 – 50
Диапазон измерения концентрации кислорода в воздухе, %	5 – 25
Погрешность измерения концентрации горючих газов в диапазоне: от 0 до 50 % НКПР, % НКПР не более	5
Погрешность измерения концентрации кислорода, % не более	1
Вид питания	автономное
Время непрерывной работы без подзарядки аккумуляторов, ч не менее	8
Масса (без аккумуляторов), кг не более	172x62x157
Габаритные размеры, мм не более	1

### 11.3 Приборы выпускаемые НПП "Фармэк"

#### Течеискатель-сигнализатор ТС-92ВМ

Течеискатель-сигнализатор ТС-92ВМ - портативный высокочувствительный прибор со встроенным микронасосом, предназначен для отыскания и локализации утечки горючих и токсичных газов (метан, пропан, водород), так и для оценки уровня загазованности в подвалах, колодцах, скважинах, топках и котлах газовых котельных перед их розжигом и других газовых объектах путем сигнализации на уровне 20% НКПР. Калибровка на метан, пропан или водород осуществляется по требованию заказчика.

В основе работы прибора лежит принцип регистрации изменения сопротивления полупроводникового датчика при воздействии на него газа. С увеличением концентрации газа поочередно снизу вверх включаются светодиоды. При достижении пороговой концентрации газа включается 4-й светодиод линейки и постоянный звуковой сигнал. Течеискатель - сигнализатор периодически "запоминает" уровень фона и анализирует его состояние.

При увеличении концентрации газа относительно фона на 0,03 % об. доли метана (0,012 % об. доли пропана или 0,01 % об. доли водорода) прибор выработывает прерывистый звуковой сигнал, сопровождаемый периодическим включением светодиода, следующего за находящимся в режиме постоянного включения.

Прибор осуществляет контроль и индикацию уровня заряда аккумуляторной батареи.

Электропитание прибора осуществляется от батареи аккумуляторов 4НКГЦ-2,0. Время непрерывной работы без подзарядки не менее 8 часов.

Течеискатель – сигнализатор, имеет маркировку взрывозащиты "ExibdsIICT5 "X" и может применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл. 7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.



Рисунок 27 – Внешний вид прибора ТС-92ВМ

Таблица 6 – Технические характеристики прибора ТС-92ВМ

Габаритные размеры, не более, мм	310x72x38
Масса, не более, г	700
Напряжение питания, В	4,4 - 5,2
Чувствительность, % об. доли	
по метану	0,03
по пропану	0,012
по водороду	0,01
Порог и основная абсолютная погрешность срабатывания сигнализации, % об. доли	
по метану	1,00 ± 0,40
по пропану	0,40 ± 0,16
по водороду	0,80 ± 0,32
% НКПР	20 ± 8
Максимальная потребляемая мощность, Вт	3
Время срабатывания сигнализации, не более, с	3
Время установления рабочего режима, не более, с	15
Производительность микронасоса, не менее, л/мин	0,6

### Измеритель метана (пропана) ИМ-93

Измеритель метана (пропана) ИМ-93 – измерительный прибор взрывозащищенного исполнения с цифровой индикацией, предназначен для измерения концентрации метана (пропана) в атмосфере производственных помещений, в колодцах, подвалах, скважинах и т. д. в пределах от 0 до 2,5 % об. доли метана (от 0 до 1% об. доли пропана) и обеспечивает звуковую сигнализацию при достижении концентрации 20% НКПР ((1±0,25)% об. доли метана, (0,4±0,1)% об. доли пропана). Калибровка на метан или пропан осуществляется по требованию заказчика. Порог срабатывания звуковой сигнализации по требованию заказчика может быть установлен в пределах от 10 до 40% НКПР.

Измеритель ИМ-93 изготовлен в климатическом исполнении УЗ и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от -5 до +40 °С (возможна кратковременная работа при температуре до -20 °С), атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа и относительной влажности воздуха до 98 % при +25 °С.

В основе работы измерителя лежит принцип регистрации изменения сопротивления термокаталитического сенсора при воздействии на него газа. Сигнал от сенсора поступает на аналого-цифровой преобразователь и далее на жидкокристаллический индикатор и компаратор порогового устройства (звукового сигнала). Индикация измеренной концентрации происходит с разрядностью 0.01.

Прибор осуществляет контроль уровня разряда аккумуляторной батареи. При разряде отключается питание сенсора и включается постоянный звуковой сигнал.

Измеритель имеет маркировку взрывозащиты "IExibdsIIAT5 "X" и может применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл. 7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Средняя наработка на отказ не менее 30000 ч. Средний срок службы измерителя не менее 10 лет.

Уровень взрывозащиты измерителя – "взрывобезопасный". Виды взрывозащиты – "искробезопасная электрическая цепь" – по ГОСТ 22782.5 – 78, "взрывонепроницаемая оболочка" по ГОСТ 22782.6 – 81, "специальный" по ГОСТ 22782.3 – 77.

Таблица 7 – Технические характеристики прибора ИМ-93

Габаритные размеры, не более, мм	300x70x40
----------------------------------	-----------



Рисунок 28 – Внешний вид прибора ИМ-93

Масса, не более, г	700
Напряжение питания, В	4,4 – 5,2
Диапазон измерений, % об. доли $\text{CH}_4$	0 – 2,5
% об. доли $\text{C}_3\text{H}_8$	0 – 1
Диапазон показаний, % об. доли $\text{CH}_4$	0 – 5
% об. доли $\text{C}_3\text{H}_8$	0 – 2
Основная абсолютная погрешность измерений, % об. доли $\text{CH}_4$	$\pm 0,25$
% об. доли $\text{C}_3\text{H}_8$	$\pm 0,1$
Максимальная потребляемая мощность, Вт	2,0

### Измеритель дозрывных концентраций ИДК-95

Прибор с цифровой индикацией и встроенным микронасосом, предназначен для измерения дозрывных концентраций горючих газов в атмосфере производственных помещений, в колодцах, подвалах, скважинах и т. д., в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов или паров с воздухом.



Рисунок 29 – Внешний вид прибора ИДК-95

Измеритель обеспечивает звуковую сигнализацию при достижении концентрации газа 20 % НКПР. По требованию заказчика, порог срабатывания звуковой сигнализации может быть установлен в пределах от 5 до 50 % НКПР.

При концентрации газа, превышающей 100 % НКПР, происходит сброс индикации на ЖКИ и срабатывает прерывистая звуковая сигнализация.

Питание измерителя осуществляется от батареи аккумуляторов НКГЦ-2,0. Время непрерывной работы без подзарядки не менее 8 часов.

Измеритель соответствует ТУ РБ 14509150.014 – 95. По условиям эксплуатации измеритель соответствует климатическому исполнению УЗ и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от -20 до +40 °С, атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа и относительной влажности воздуха до 98 % при +25° С. Принцип действия измерителя – термокаталитический.

Измеритель выпускается по взрывозащищенному исполнению в соответствии с требованиями ГОСТ 22782.0 – 81, ГОСТ 22782.3 – 77, ГОСТ 22782.5 – 78, ГОСТ 22782.6 – 81 и может применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл. 7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах. Маркировка взрывозащиты – IExbdsIICT6 "X".

Виды взрывозащиты – "Взрывонепроницаемая оболочка" по ГОСТ 22782.6 – 81, "Искробезопасная электрическая цепь" по ГОСТ 22782.5 – 78, "Специальный" по ГОСТ 22782.3 – 77.

Таблица 8 – Технические характеристики прибора ИДК-95

Габаритные размеры, не более, мм	55x150x195
Масса, не более, г	800
Напряжение питания, В	4,4 – 5,2
Диапазон измерений,	
% об. доли $\text{CH}_4$	0 – 2,5
% об. доли $\text{C}_3\text{H}_8$	0 – 1
% об. доли $\text{H}_2$	0 – 2
Диапазон показаний,	
% об. доли $\text{CH}_4$	0 – 5
% об. доли $\text{C}_3\text{H}_8$	0 – 2
% об. доли $\text{H}_2$	0 – 4
Основная абсолютная погрешность измерений,	
% об. доли $\text{CH}_4$	$\pm 0,25$
% об. доли $\text{C}_3\text{H}_8$	$\pm 0,1$
% об. доли $\text{H}_2$	$\pm 0,2$
Максимальная потребляемая мощность, Вт	3,0
Производительность микронасоса, не менее, л/мин	0,6

#### Течеискатель для подземных газопроводов ТПГ-94

Портативный высокочувствительный прибор со встроенным микронасосом со стабилизацией скорости газового потока и низким энергопотреблением,

предназначенный для обнаружения мест утечек горючих и токсичных газов при техническом обслуживании подземных газопроводов и газового оборудования.

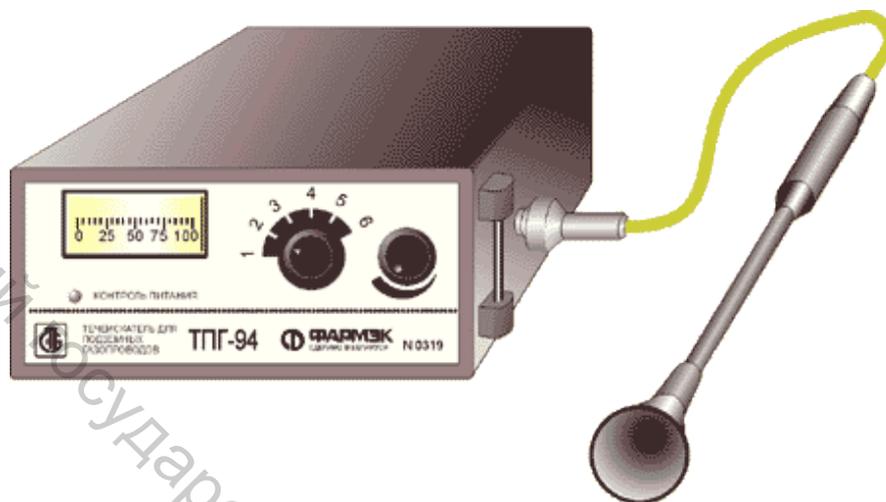


Рисунок 30 – Внешний вид прибора ТПГ-94

Теплоскоп изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории 1.1 и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от -10 до +40 °С, атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа и относительной влажности воздуха до 98 % при 25 °С.

Принцип работы теплоскопа основан на регистрации изменения сопротивления полупроводникового датчика при воздействии на него газа. Сигнал датчика усиливается и поступает на амперметр. При этом по отклонению стрелки амперметра можно судить об уменьшении или увеличении концентрации определяемого газа.

Прибор имеет 6 диапазонов чувствительности. На шестом, самом чувствительном диапазоне, при воздействии метана концентрацией 0,001 % объемной доли, стрелка амперметра должна отклониться не менее чем на 25 % шкалы и включается звуковая сигнализация.

При снижении напряжения питания до 4,2В загорается светодиод и появляется звуковой сигнал.

Электропитание теплоскопа осуществляется от батареи аккумуляторов 4НКГЦ-2,0 (4НКГЦ-1.8). Время непрерывной работы без подзарядки не менее 8 часов.

Таблица 9 – Технические характеристики прибора ТПГ-94

Габаритные размеры, не более, мм	185x120x55
Масса, не более, г	840
Напряжение питания, В	5,0 ± 0,8
Минимальная регистрируемая концентрация мета-	0,001

на: % объемной доли	
Максимальная потребляемая мощность, Вт	2,5
Время срабатывания сигнализации, не более, с	3
Производительность микронасоса, не менее, л/мин	0,6

Средняя наработка на отказ: не менее 10000 ч. Средний срок службы: не менее 8 лет.

### Сигнализатор утечки многоканальный СУМ-94

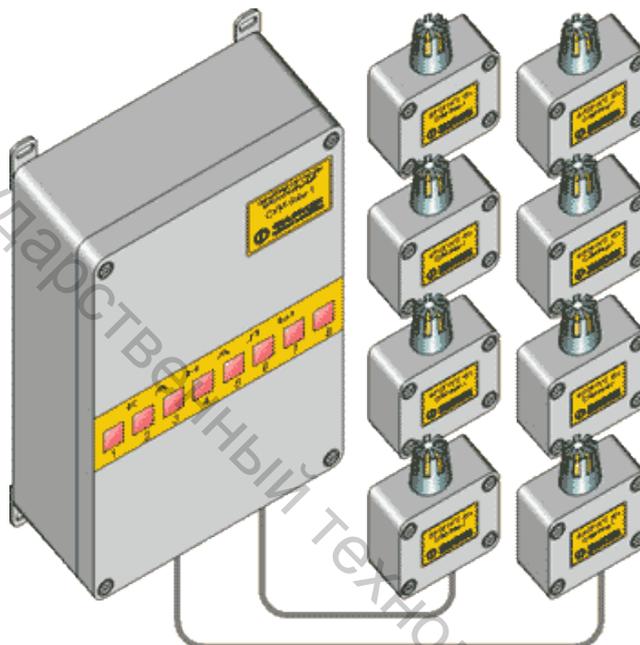


Рисунок 31 – Внешний вид прибора СУМ-94

Стационарный прибор, имеющий от 1 до 8 каналов сигнализации (по требованию заказчика), предназначен для непрерывного контроля до взрывных концентраций метана (пропана) в воздухе производственных помещений, подвалов, котельных и т. д. Вносится в проекты строящихся зданий и сооружений, им оснащаются эксплуатируемые здания, сооружения промышленного и гражданского профиля.

Прибор имеет: сигнализацию при достижении концентрации газа 20 % НКПР; сигнализацию о работоспособности каждого канала; релейные контакты для коммутации внешних цепей, срабатывающие при возникновении загазованности.

Таблица 10 – Технические характеристики прибора СУМ-94

Потребляемая мощность, не более Вт	35
Напряжение питания, В	от 187 до 242
Коммутируемое напряжение, не более В	36
Коммутируемый ток, не более А	0,2

Диапазон рабочих температур, °С	+1...+40
Масса	
- блока сигнализации и питания, г	3000
- блока датчика, г	200
Габаритные размеры	
- блока сигнализации и питания, мм	325x130x120
- блока датчика, мм	60x50x30

### Сигнализатор концентрации горючих газов СКГГ-1

Стационарный прибор предназначен для непрерывного контроля концентрации природного (метана), сжиженного (пропана) газа, водорода в воздухе жилых, административных, а также производственных зданий, сооружений и наружных установок. Сигнализаторы обеспечивают:

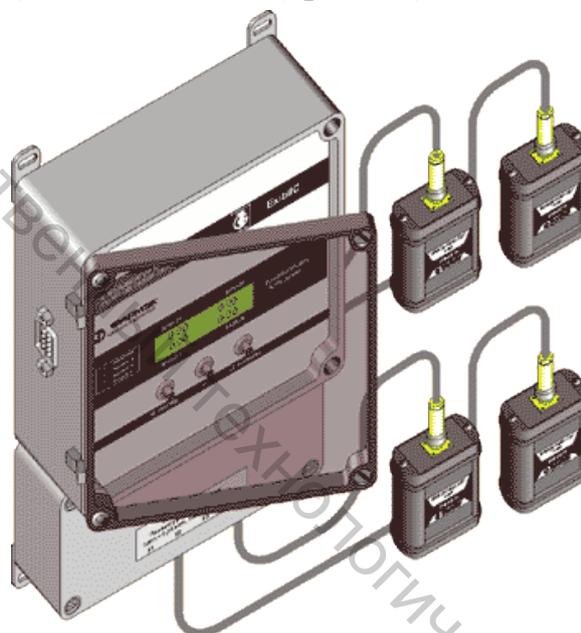


Рисунок 32 – Внешний вид прибора СКГГ-1

- возможность подключения от 1 до 4 блоков датчиков;
- измерение концентрации контролируемого газа;
- цифровую индикацию значения концентрации газа в каждой контролируемой точке;
- отображение информации о работоспособности каждого канала;
- световую сигнализацию о превышении концентрации контролируемого газа установленных порогов сигнализации;
- возможность установки трех порогов сигнализации по каждому каналу;
- защиту газочувствительного сенсора от перегрузки;
- сигнализацию об обрыве линии связи с блоком датчика или неисправности блока датчика;
- коммутацию внешних электрических цепей для подключения до четырех независимых исполнительных устройств – вентиляция, сирена и т. п.;
- возможность обмена информацией с ЭВМ по последовательному интерфейсу RS-232 для передачи информации о загазованности и дистанционного управления прибором;

- автоматическое отключение датчика при превышении содержания контролируемого газа свыше установленных норм, что обеспечивает его защиту от перегрузки;
- возможность подключения блоков бесперебойного питания;
- возможность установки порогов сигнализации потребителем.

Конструктивно прибор состоит из блока питания и сигнализации (БПС) и выносных блоков датчиков. БПС имеет искробезопасные выходные цепи уровня "ib" (маркировка взрывозащиты – "ExibIIС") и должен устанавливаться вне взрывоопасных зон помещений. Блоки датчиков имеют маркировку взрывозащиты "IExibdIIСТ6" и могут устанавливаться во взрывоопасных зонах помещений.

Каждый блок датчика соединен с БПС двухжильным кабелем, по которому осуществляется питание блока датчика и передача частотно-модулированной цифровой информации. На информационном табло прибора отображается информация о состоянии каждого канала и концентрация газа в контролируемых зонах. Светодиодные индикаторы отображают состояние пороговых устройств.

Таблица 11 – Технические характеристики прибора СКГГ-1

Габаритные размеры, мм, не более	
блока питания и сигнализации (БПС)	310x220x110
блока датчика	130x80x50
Масса, г, не более	
блока питания и сигнализации (БПС)	4000
блока датчика	400
Диапазон рабочих температур, °С	
блока питания и сигнализации (БПС)	+1...+50
блока датчика	-10...+50
Потребляемая мощность, Вт, не более	
25	
Напряжение питания, В	
от 187 до 242	
Диапазон показаний,	
% об. доли CH <sub>4</sub>	0 – 5
% об. доли C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0 – 2
Диапазон измерений,	
% об. доли CH <sub>4</sub>	0 – 2,5
% об. доли C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0 – 1,0
Продолжение таблицы 11	
Диапазон допускаемой абсолютной погрешности	
% об. доли CH <sub>4</sub>	±0,25
% об. доли C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	±0,10
Время выхода на рабочий режим, с, не более	
15	
Длина линии связи с блоком датчика, м, не	
1000	

более	
Параметры линии связи с блоком датчика, не более	$R - 25 \text{ Ом}$ , $C - 0,25 \text{ мкФ}$ , $L - 1 \text{ мГн}$
Напряжение, коммутируемое реле, В	220
Ток, коммутируемый реле, А	0,1

### Газоанализатор ФСТ-03

Газоанализатор ФСТ-03 – стационарный прибор, предназначенный для непрерывного контроля концентрации природного газа (метана) и окиси углерода (угарного газа) в воздухе котельных, производственных, коммунально-бытовых, жилых, административных зданий и сооружений и выдачи сигнализации о достижении опасных концентраций.

Конструктивно прибор состоит из блока питания и сигнализации (БПС) и выносных блоков датчиков.

Газоанализатор обеспечивает:

- измерение концентрации контролируемого газа и цифровую индикацию значения концентрации газа в контролируемой точке;
- возможность контроля от 1 до 8 точек (количество каналов);
- световую и звуковую сигнализацию о превышении концентрации контролируемого газа двух установленных порогов срабатывания сигнализации;
- отображение информации о работоспособности каждого канала;
- автоматическое отключение газочувствительного сенсора блоков датчиков, контролирующих содержание метана при превышении объемной доли метана 5 %.
- коммутацию внешних электрических цепей для подключения двух исполнительных устройств (раздельно по каждому порогу сигнализации);
- возможность накопления информации о загазованности в течение 24 часов и обмена информацией с ЭВМ по последовательному интерфейсу RS-232 (по заказу);

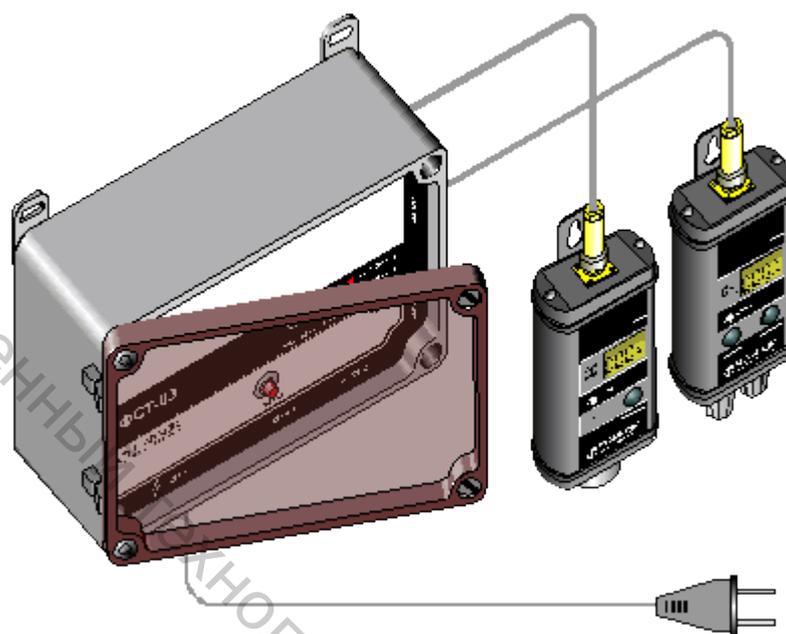


Рисунок 33 – Внешний вид приборов ФСТ-03

- возможность подключения блоков бесперебойного питания.
- возможность установки порогов сигнализации потребителем в диапазоне от 0 до 5 %  $\text{CH}_4$  от 0 до 100  $\text{мг/м}^3$   $\text{CO}$ .

Газоанализатор изготовлен в климатическом исполнении УХЛ 3 и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от 0 до 50 °С, атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа и относительной влажности воздуха до 95 % при 30 °С.

Таблица 12 – Технические характеристики прибора ФСТ-03

Габаритные размеры, не более, мм	
блока питания и сигнализации	160x140x80
блока датчика	120x60x40
Масса, не более, г	
блока питания и сигнализации	2000
блока датчика	300
Напряжение питания, В	187 – 242
Потребляемая мощность, Вт, не более	20
Диапазон измерения (показаний), об. доли $\text{CH}_4$ , %	0 – 2,5 (0-5)
Диапазон измерения, $\text{мг/м}^3$ $\text{CO}$	0 – 120
Допускаемая абсолютная погрешность измерения объемной доли $\text{CH}_4$ , %	$\pm 0,25$
Допускаемая относительная погрешность измерения концентрации $\text{CO}$ , %	$\pm 25$
Пороги срабатывания сигнализации	
об. доли $\text{CH}_4$ , %	1,00; 5,00
$\text{мг/м}^3$ $\text{CO}$	20; 100
Сопротивление линии связи с блоком датчика, Ом, не более	20
Напряжение, коммутируемое разделительными реле, В, не более	220
Ток, коммутируемый разделительными реле, А, не более	3
Количество подключаемых блоков датчиков, шт.	от 1 до 8

Средняя наработка на отказ по каждому каналу с учетом технического обслуживания – не менее 30000 часов. Средний срок службы газоанализатора не менее 10 лет.

### Газоанализатор ФК-10

Газоанализатор ФК-10 предназначен для эпизодического измерения концентраций кислорода, метана и сероводорода в воздушной атмосфере в условиях макроклиматических районов с умеренным климатом.

Газоанализатор ФК-10 – автоматический индивидуальный одноблочный переносной малогабаритный измерительный прибор взрывозащищенного исполнения с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией и встроенным микронасосом, предназначенный для измерения концентрации кислорода, метана и сероводорода в атмосфере производственных помещений, в колодцах, подвалах, коллекторах, емкостях и цистернах, газо- и продуктопроводах и т. д. при проведении регламентных, ремонтно-



Рисунок 34 – Внешний вид приборов ФК-10

восстановительных, спасательных и т. п. работ. Газоанализатор изготовлен в климатическом исполнении УХЛ 3.1 и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от минус 20 до 45°C; атмосферном давлении от 86.6 до 106.7 кПа.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Номинальная цена единицы наименьшего разряда цифровой индикации концентрации кислорода 0,1 %, метана – 0,01 %, сероводорода – 0,1%

Газоанализатор имеют маркировку взрывозащиты 1ExibdsIICT5 "X" и может применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл.7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Таблица 13 – Технические характеристики прибора ФК-10

Габаритные размеры, не более, мм	
газоанализатора	190 x 140 x 55
заборного зонда	20 x 300
Масса, не более, г	
газоанализатора	1000

заборного зонда	300
Напряжение питания, В	от 4,3 до 5,8
Потребляемая мощность, Вт, не более	2
Диапазон измерения концентраций	
кислорода объемная доля $O_2$ , %	0 – 25
метана, объемная доля $CH_4$ , %	0 – 30
сероводорода, $mg/m^3$ , $H_2S$	0 – 2,5
Диапазон индикации концентраций	
кислорода, объемная доля $O_2$ , %	0 – 5
метана, объемная доля $CH_4$ , %	0 – 45
сероводорода, $mg/m^3$ , $H_2S$	0 – 50
Порог срабатывания сигнализации объемная доля $O_2$ , %	
объемная доля $O_2$ , %	18
сероводорода, $mg/m^3$ , $H_2S$	10
объемная доля $CH_4$ , %	1
Предел допускаемой основной погрешности измерения	
кислорода, %	$\pm 1,5$
метана, %	$\pm 0,25$
сероводорода, %	$\pm 25$
Время установления рабочего режима, с, не более	20
Время выхода на 90 % значение показаний, с, не более	
по кислороду	90
по метану	15
по сероводороду	30
Время непрерывной работы с автономным источником питан., ч	не менее 8
Номинальная производительность микронасоса, л/мин, не менее	0,3

### Газоанализатор ФП-10

Газоанализатор ФП-10 – переносной, малогабаритный измерительный прибор взрывозащищенного исполнения с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией и встроенным микронасосом, предназначенный для эпизодического измерения объемной доли кислорода ( $O_2$ ) в атмосфере производственных помещений, в колодцах, подвалах, скважинах, емкостях, цистернах, газо- и продуктопроводах, при проведении регламентных, ремонтно-восстановительных, спасательных и др. видов работ.

Газоанализатор изготовлен в климатическом исполнении УХЛ 3.1 и предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от минус 20 до 45 °С; атмосферном давлении от 86,6 до 106,7 кПа; относительной влажности воздуха до 95 % при температуре 35 °С, уровне содержания диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) с объемной долей не более 1,0 %, уровне механических примесей не превышающем допустимых концентраций по действующим санитарным нормам. Газоанализатор ФП-10 может применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл. 7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах



Рисунок 35 – Внешний вид прибора ФП-10

Таблица 14 – Технические характеристики прибора ФП-10

Габаритные размеры, не более, мм	
газоанализатора	170 x 65 x 40
заборного зонда	30 x 300
Масса, не более, г	
газоанализатора	500
заборного зонда	100
Напряжение питания, В	от 4,3 до 5,8
Потребляемая мощность, Вт, не более	1
Диапазон измерения концентраций, объемная доля O <sub>2</sub> , %	0 – 25
Пороги срабатывания сигнализации, объемная доля O <sub>2</sub> , %	
Порог 1	18,0
Порог 2	2,0
Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения, %	± 2.0
Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности от изменения температуры окружающей среды на каждые 10 °С, %	± 0.6
Время непрерывной работы с автономным источником питан., ч	не менее 8

### Газоанализатор ФП-11

### Семейство Газоанализаторов ФП-11

– переносные, малогабаритные измерительные приборы взрывозащищенного исполнения с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией и диффузионной подачей анализируемой среды (газоанализаторы ФП-11.1, ФП-11.3) и со встроенным микронасосом (газо-анализатор ФП-11.2), предназначенные для измерения довзрывных концентраций горючих газов в атмосфере производственных помещений, в колодцах, подвалах, скважинах и т.д., в которых возможно образование взрыво-опасных смесей газов или паров, категорий ПА, ПБ, ПС, групп Т1...Т5 по ГОСТ 12.1.011.



Рисунок 36 – Внешний вид приборов серии ФП-11

Газоанализаторы ФП-11.1, ФП-11.2, ФП-11.3 изготовлены в климатическом исполнении УХЛ 3.1 и предназначены для эксплуатации при температуре воздуха от минус 20 до 50 °С, атмосферном давлении от 84,0 до 106,7 кПа и относительной влажности воздуха до 98 % при температуре 25 °С.

Газоанализаторы имеют маркировку взрывозащиты 1ExibdsIICT5 "X" и могут применяться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл.7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах. Знак "X" в маркировке взрывозащиты указывает на особые условия применения:

- оберегать газоанализаторы от ударов и падений, так как отсек питания имеет нормальную степень механической прочности;
- заряжать аккумуляторы только вне взрывоопасных зон имеющимся в комплект зарядным устройством.

По требованию заказчика калибровка газоанализаторов производится на один из горючих газов – метан (CH<sub>4</sub>), пропан (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) либо водород (H<sub>2</sub>).

Уровень взрывозащиты газоанализаторов – "Взрывобезопасный".  
 Виды взрывозащиты – "Специальный" по ГОСТ 22782.3, "Искробезопасная электрическая цепь" по ГОСТ 22782.5, "Взрывонепроницаемая оболочка" по ГОСТ 22782.6.

Таблица 15 – Технические характеристики приборов серии ФП-11

Габаритные размеры, не более, мм	
газоанализатора ФП-11.1	35 х 60 х 160
газоанализатора ФП-11.2	35 х 60 х 185
газоанализатора ФП-11.3	40 х 68 х 315
Масса, не более, г	
газоанализатора ФП-11.1	400
газоанализатора ФП-11.2	430
газоанализатора ФП-11.3	650
Напряжение питания, В	от 4,1 до 5,8
Диапазон измерений:	
объемная доля $\text{CH}_4$ , %	0 – 2,5
объемная доля $\text{C}_3\text{H}_8$ , %	0 – 1,0
объемная доля $\text{H}_2$ , %	0 – 2,0
Диапазон показаний:	
объемная доля $\text{CH}_4$ , %	0 – 5,0
объемная доля $\text{C}_3\text{H}_8$ , %	0 – 2,0
объемная доля $\text{H}_2$ , %	0 – 4,0
Порог срабатывания сигнализации	
объемная доля $\text{CH}_4$ , %	1,0
объемная доля $\text{C}_3\text{H}_8$ , %	0,4
объемная доля $\text{H}_2$ , %	0,8
Предел допускаемой основной погрешности измерения	
объемная доля $\text{CH}_4$ , %	$\pm 0,25$
объемная доля $\text{C}_3\text{H}_8$ , %	$\pm 0,10$
объемная доля $\text{H}_2$ , %	$\pm 0,20$

## 12 Общие понятия о котельной установке

Котельная установка состоит из котельного агрегата и вспомогательного оборудования.

**Котельный агрегат** включают в себя топочное устройство, трубную систему котла с барабанами и коллекторами, пароперегреватель, водяной экономайзер, воздухоподогреватель, а также каркас с лестницами и площадками для обслуживания, обмуровку, газоходы и арматуру котла.

**Паровой котел** – это устройство, имеющее топку, обогреваемую продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для получения пара с давлением воды выше атмосферного, используемого вне самого устройства.

**Водогрейный котел** – это устройство, имеющее топку, обогреваемую продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для нагревания воды с давлением выше атмосферного и используемой в качестве теплоносителя вне самого устройства.

К вспомогательному оборудованию относят водоподготовительную установку, питательную установку, тягодутьевые устройства, систему топливоподачи (мазутное, газовое хозяйство), контрольно-измерительные приборы и автоматика.

**Топка** предназначена для сжигания в ней топлива и передачи полученного при этом тепла теплоносителю, который нагревается от поверхности нагрева, покрывающие топку. Из топки продукты сгорания поступают в газоходы котла, где происходит дальнейший теплообмен между дымовыми газами и теплоносителем, который нагревается в конвективной поверхности нагрева.

**Поверхность нагрева** – элементы котла в которых происходит передача тепла от факела и продуктов сгорания теплоносителю (вода, пар).

Различают радиационную поверхность, которая получает тепло преимущественно излучением, и конвективную поверхность, которая получает тепло в основном конвекцией.

Радиационными поверхностями называют экраны, размещенные на стенках топки. В зависимости от размещения в топке различают фронтные, боковые, задние и потолочные экраны. Двухсторонними называют экраны в виде ряда труб, которые размещены в топочном пространстве и обогреваются с двух сторон.

Газоходы – каналы, образованные обмуровкой котла, шамотными или чугунными перегородками и предназначенные для направления продуктов сгорания топлива и размещения поверхности нагрева.

Котельный пучок – группа труб конвективной поверхности нагрева, вваренных или вальцованных в общие коллекторы или барабаны.

Внутренняя часть парового котла, заполненная водой, называется водяным объемом, а часть, которая заполнена паром в верхнем барабане, называется паровым объемом.

Поверхность кипящей воды в верхнем барабане называется зеркалом испарения. При работе котла зеркало испарения не должно выходить за границы установленных верхнего и нижнего допустимых уровней.

Пароперегреватель – устройство, предназначенное для повышения температуры пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле.

К хвостовым поверхностям нагрева относятся экономайзер и воздухоподогреватель, в которых используется тепло уходящих дымовых газов.

Экономайзером называется устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и предназначенное для подогрева или частичного испарения воды, поступающей на питание парового котла.

Воздухоподогреватель – устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и предназначенное для подогрева воздуха, поступающего в топку на горение.

Каркас – металлическая конструкция из колон, балок и связей, которые установлены на фундаменте и предназначены для соединения и поддержки элементов котла.

Обмуровка – внешнее защитное ограждение котла.

### **Классификация котлов**

Котлы различают по следующим признакам:

- По назначению – отопительные, производственно-отопительные, энергетические.
- По материалу изготовления – чугунные и стальные.
- По характеру теплоносителя, который вырабатывается – паровые и водогрейные .
- По аэродинамическому режиму топки – с разряжением и наддувом.
- По перемещению продуктов сгорания и воды – газотрубные (жаротрубные и с дымогарными трубами), в которых газы двигаются внутри труб, водотрубно-газотрубные.
- По конструктивным особенностям – цилиндрические, горизонтально-водотрубные, вертикально-водотрубные.
- По характеру циркуляции рабочего тела – с естественной или принудительной циркуляцией и прямоточные.

Кроме этого паровые котлы классифицируются:

- По давлению пара – на котлы с давлением пара до 0,7 атмосфер и котлы свыше 0,7 – 39 атмосфер.
- По температуре пара – на котлы, вырабатывающие насыщенный пар, и котлы, вырабатывающие перегретый пар.

Водогрейные котлы классифицируются:

- по температуре нагрева воды – с температурой нагрева до 115 °С, с температурой свыше 115 °С.

## **Основные определения терминов и параметров показателей работы котлов**

Водяной объем котла – это объем котла, заполненного водой. Он складывается из водяного объема верхнего барабана + объем труб + объем коллекторов и нижнего барабана, измеряется в м<sup>3</sup>.

Паровой объем котла – объем, занятый паром, измеряется в м<sup>3</sup>.

Зеркало испарения – это граница между водяным и паровым объемом в верхнем барабане в виде поверхности. Это уровень воды в котле, за которым оператору необходимо вести особое наблюдение.

Огневая линия – линия наивысшего соприкосновения раскаленных дымовых газов с поверхностью нагрева котла. Уровень воды в барабане котла ни в коем случае не должен опускаться ниже огневой линии.

Площадь поверхности нагрева – это площадь такой поверхности, которая омывается с одной стороны раскаленными газами, а с другой стороны – водой, паром или воздухом. Измеряется в м<sup>2</sup>.

Различают радиационную и конвективную поверхность котла.

Питательная вода – вода определенных термических и химических свойств идущая на питание парового котла.

Котловая вода – вода, циркулирующая в паровом котле.

Паропроизводительность – количество пара, вырабатываемое котлом в единицу времени, измеряется в т/ч.

Разрешенное давление котла – максимальное рабочее давление, разрешенное заводом-изготовителем или инспектором котлонадзора.

Рабочее давление котла – давление, на котором котел работает длительное время. Рабочее давление может быть равно разрешенному или быть ниже его, но не выше.

Рабочее давление отмечается на котловом манометре красным указателем.

Для водогрейных котлов основным показателем работы является теплопроизводительность – это количество тепла, вырабатываемое котлом в единицу времени. Измеряется в Гкал/час.

Коэффициент полезного действия – это отношение полезно использованного тепла ко всему теплу, выделившемуся при горении в котле.

Выражается в % или от 0 до 1.

КПД характеризует степень экономичности работы оборудования.

Для малых отопительных котлов колеблется от 75 до 91 %, для промышленных котельных – 80 – 93 %.

## **Устройство и принцип работы Na - катионитовых фильтров**

Na - катионитовый фильтр представляет собой вертикальный цилиндр со сферическими днищами, внутрь которого засыпается катионит. В качестве катионита на котельных используется сульфуголь, катионит универсальный КУ-2, или другие ионообменные смолы. Сульфуголь – это дробленый антроцит до размеров 0,5 – 1,2 мм, протравленный серной кислотой. КУ-2 – продукт химического производства. Обладает большей обменной способностью и термостойкостью, но более дорогой, чем сульфуголь.

Часто используется смесь сульфуголя с КУ-2.

Внизу под слоем катионита расположено дренажное устройство, состоящее из коллектора с системой присоединенных к нему коротких труб, на которых приварены штуцеры с наваренными на них щелевыми колпачками. Оно должно обеспечивать равномерное распределение по всему сечению фильтра проходящей через фильтр воды и предотвращать вынос катионита.

Пространство фильтра, ограниченное нижним сферическим днищем и дренажным устройством, заливается бетоном для исключения застоя воды при ее фильтровании.

В верхней части фильтра расположено распределительное устройство, которое может быть различного вида, чаще всего это кольцевая труба или крестовина с отверстиями. Оно служит для равномерного распределения воды по всему сечению фильтра при подаче воды сверху вниз.

Снаружи фильтр имеет люки для осмотров и ремонтов. Фильтр оборудуется трубопроводами подвода сырой воды, отвода умягченной воды, дренажными трубопроводами, подводом раствора соли, пробоотборниками сырой и умягченной воды.

Комплектуется манометрами на входе и выходе воды из фильтра.

### **Солерастворитель, мерный бак. Назначение, устройство**

Установка водоподготовки включает в себя солерастворитель или бак-мерник, который в зависимости от способа хранения соли, может быть сухим или мокрым.

Солерастворитель представляет собой цилиндрический сосуд, имеющий на верхней крышке люк для загрузки поваренной соли. В нижней части солерастворителя находится дренажное устройство. Поверх дренажного устройства в солерастворитель засыпают несколько слоев гравия, который служит для очистки соли от загрязнений.

Дренажное устройство предназначено для равномерного распределения по всему сечению проходящей через солерастворитель воды при его отмывке или раствора соли при регенерации.

В средней части корпуса расположен люк для периодических осмотров фильтрующей загрузки и удаления посторонних загрязнений, не вымываемых при отмывке солерастворителя.

По фронту солерастворителя смонтированы трубопроводы с запорной арматурой, позволяющей подавать сырую воду в солерастворитель и раствор поваренной соли в катионитовые фильтры.

Соль в нужном количестве засыпается в солерастворитель, люк герметично закрывается, открывается воздушник и подача воды, которая растворяет соль. Затем раствор соли подается на фильтр.

Недостатками солерастворителей являются неудобства доставки к ним поваренной соли из склада, трудность точного дозирования требуемого раствора соли и значительные колебания концентрации приготовленного раствора. Первые порции раствора соли, выходящие из солерастворителя, обычно насыщены, а последние – сильно разбавлены.

Из-за этих недостатков солерастворители на крупных водоумягчительных установках не применяются. Взамен их практикуется мокрое хранение соли.

Соль загружают в железобетонный резервуар, на дне которого расположена дренажная труба, имеющая по всей длине отверстия. На дренажную трубу насыпан слой гравия.

Для приготовления раствора поваренной соли концентрацией 20 – 25 % резервуар загружают солью и заполняют расчетным количеством воды. Для лучшего растворения соли включают насос, в течение 10 – 15 мин раствор перемешивают. Для этой же цели в некоторых котельных в резервуар подают выпар из колонки деаэратора.

Приготовленный в резервуаре концентрированный раствор поваренной соли подают насосом через механический фильтр в бак-мерник.

Подача раствора в регенерируемый фильтр осуществляется водяным эжектором, работу которого обеспечивает насос. После эжектора концентрация поваренной соли доводится до 6 – 10 %.

### **Принцип работы**

Рабочий цикл фильтра включает в себя четыре последовательные операции:

- умягчение воды;
- взрыхление катионита;
- регенерацию катионита;
- отмывку.

Ведение вводно-химического режима предусматривает цель предотвратить возможность накипеобразования и коррозии котлов, а также получить пар требуемого качества при наименьших потерях тепла с продувочной водой. Продувка котлов необходима, чтобы предотвратить накопление в котловой воде примесей, которые, несмотря на докотловую обработку, могут попасть в котел с питательной водой и вызвать накипеобразование, коррозию или ухудшить качество пара.

При выборе водно-химического режима парового котла учитывается давление, производительность, теплонапряжение парогенерирующей поверхности нагрева, вид топлива, наличие перегрева пара и требования к его качеству со стороны потребителей.

Соблюдение установленных норм качества питательной и котловой воды должно обеспечить безаварийную работу котлов по крайней мере в период между капитальными ремонтами.

Установление эксплуатационных норм водного режима – зависимости качества пара от производительности котла, давления, уровня качества (солесодержания, щелочности) котловой воды – производится в два этапа после того, как произойдет полное осветление котловой воды и будет освоена работа котла.

Первый этап включает наблюдение за качеством пара при фактическом тепловом режиме котла (паропроизводительности, давлении и уровне с их произвольными колебаниями) и определение зависимости качества пара только от качества котловой воды. Для повышения солесодержания котловой воды сокращают размер продувки.

Наблюдения ведутся либо непрерывно при наличии регистрирующих приборов и уплотненным в 2 – 4 раза графике ручного химического контроля в течение нескольких суток, либо отдельными сериями опытов по 5 – 7 ч каждый, всего 8 – 10 опытов. Нормальным считается солесодержание котловой воды, составляющее 20 – 30 % критического значения, при котором начиналось заметное ухудшение качества пара.

Второй этап включает развернутые теплохимические испытания с заданными режимами, при которых изменяются производительность котла, уровень и солесодержание котловой воды. По намеченной программе осуществляются быстрые колебания производительности котла и уровня котловой воды, установленном во время первого этапа.

### **Вакуумный деаэратор**

Для деаэрации подпиточной воды тепловых сетей в котельных с водогрейными котлами используются вакуумные деаэраторы.

Вакуумный деаэратор, как и атмосферный, состоит из колонки и бака деаэрированной воды, только с той разницей, что бак и колонка находятся в различных местах: бак – на нулевой отметке, а колонка – выше крыши котельной.

Вакуум в деаэрационной колонке создается водоструйным эжектором, присоединенным к верхней части колонки. Для обеспечения работы эжектора перед ним устанавливают охладитель испарения, так как водоструйный эжектор работает лучше, когда температура испарения ниже.

Вода через эжектор перекачивается центробежным насосом, создает разрежение, за счет которого из деаэрационной колонки отсасывается испарение и, смешавшись с водой, поступает в бак-газоотделитель.

Там вода опускается вниз, а испарения остаются сверху и удаляются отсюда в атмосферу.

Вода после умягчения, пройдя водоводяной подогреватель, нагревается до 75 – 80 °С и подается в деаэрационную колонку, где закипает при давлении ниже атмосферного.

Освободившись от кислорода и углекислого газа, вода стекает в бак деаэрированной воды. Оттуда вода подается подпиточным насосом на подпитку теплосети.

Чтобы деаэрированная вода сохраняла температуру в деаэрационном баке, там устанавливают змеевик, через который проходит горячая вода из водогрейных котлов.

Вакуумные деаэраторы работают при давлении 0,3 абсолютной атмосферы, которому отвечает температура кипения воды 68,9 °С.

### **Барботажный деаэратор**

В этом деаэраторе наиболее полно используется принцип барботажной деаэрации, состоящей в многократном продувании паром одного и того же объема воды в полужамкнутых контурах отсеков, образованных специальными перегородками.

Вода для деаэрации подается через распределительный коллектор и поступает в первый отсек. Внизу отсека вода меняет направление своего движения и устремляется вверх благодаря эжектирующему действию пара, подаваемого через трубопроводы и естественной циркуляции, обусловленной разности плотности в отсеках.

### **ВОДЯНЫЕ ЭКОНОМАЙЗЕРЫ**

К хвостовым поверхностям нагрева относятся экономайзер и воздухоподогреватель, в которых используется тепло уходящих дымовых газов.

Экономайзером называется устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и предназначенное для подогрева или частичного испарения воды, поступающей на питание парового котла.

Водяные экономайзеры бывают стальные и чугунные; кипящего и некипящего типов.

Чугунные экономайзеры состоят из отдельных чугунных литых секций, которые соединяются между собой калачами.

Питательная вода последовательно проходит все секции экономайзера, и нагретая затем подается на питание в котел. Дымовые газы движутся навстречу питательной воде.

Чугунные экономайзеры имеют легкую обмуровку для герметичности. Оборудуются обдувочными аппаратами при работе котла на мазуте.

Стальные экономайзеры состоят из входного и выходного коллекторов и змеевиков стальных труб. Вода подается во входной коллектор, из него попадает во все змеевики, проходит по ним и нагретая собирается в выходном коллекторе. Дымовые газы движутся навстречу питательной воде, омывая змеевики снаружи.

Стальные экономайзеры – кипящего типа, а чугунные – только не кипящего.

В промышленности наибольшее применение получили чугунные некипящие экономайзеры.

В кипящем экономайзере допускается кипение воды. В некипящем температура воды не должна доходить до температуры кипения не менее чем на 20 °С при данном давлении.

Экономайзеры должны иметь обводы по дымовым газам, которые используются при розжиге и останове котла, чтобы вода в экономайзере не перегрелась. Перегрев воды вызывает парообразование и гидроудары, которые могут вывести из строя секции экономайзера.

Правила допускают вместо обвода по дымовым газам оборудовать экономайзеры сгонными линиями. Эта линия подключена к выходу воды из экономайзера и возвращает воду снова в деаэрактор.

Экономайзер повышает КПД котла на 3 – 4 %.

## **ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛИ**

Воздухоподогреватели – это устройства, в которых происходит нагрев воздуха, идущего на горение за счет тепла уходящих дымовых газов.

Чаще всего применяются стальные трубчатые воздухоподогреватели. Трубы верху и внизу приварены к трубным решеткам. Посередине имеется перегородка.

Дымовые газы проходят внутри труб, делая один ход сверху вниз. Воздух от дутьевого вентилятора идет снаружи, перпендикулярно трубам, делая два хода вокруг перегородки.

Нагрев воздуха в воздухоподогревателе может достигать 250 °С.

Воздухоподогреватели повышают КПД котла на 2 – 3 %.

Экономайзеры и воздухоподогреватели относятся к хвостовым поверхностям нагрева. Обычно ХПН рассчитываются так, чтобы температура дымовых газов после них не понижалась ниже 120 °С.

Если температура понизится ниже, то дымовые газы переохлаждаются и водяной пар, находящийся в них переходит в стадию конденсации, т. е. наступает точка росы.

Вода на ХПН вызывает усиленную коррозию и преждевременный выход из строя.

## **ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛИ**

Пароперегреватели – это устройства, предназначенные для превращения насыщенного пара в перегретый за счет тепла дымовых газов.

Пароперегреватели представляют собой змеевики из стальных труб, концы змеевиков объединены в входном и выходном коллекторах.

Пар из верхнего барабана подается во входной коллектор, проходит через змеевики, при этом, перегреваясь, собирается в выходном коллекторе и далее идет на производство.

Устанавливается пароперегреватель на входе в конвективную часть вместо первых рядов конвективных труб.

Движение пара в пароперегревателе может быть организовано:

- прямотоком;
- противотоком;
- смешанным током.

Пароперегреватели работают в очень жестких температурных условиях, поэтому они изготавливаются из специальных жаропрочных сталей. А, также непременным условием эксплуатации ПП являются пропуск пара через них. Для этого при розжиге и остановке котла необходимо открывать продувку через пароперегреватели.

### **Насосы котельной установки. Виды по назначению.**

#### **Характеристики**

В качестве питательных устройств в котельной допускается применять: центробежные и поршневые насосы с электрическим приводом и поршневые с паровым приводом, эжекторы, насосы с ручным приводом, водопровод (только в качестве резервного, в том случае, если минимальное давление выше, чем давление в котле, и не менее чем на 1,5 атмосфер.

Наиболее часто в котельных в качестве питательных устройств применяются центробежные и поршневые насосы с паровым и электрическим приводом.

Каждый насос имеет главные характеристики – это производительность и напор.

Производительность – это количество жидкости, перекачиваемое насосом в единицу времени. Измеряется в м<sup>3</sup>/ч.

Напор – это давление, развиваемое насосом, измеряется в м в. ст. или кгс/см<sup>2</sup>.

Главные характеристики насоса должны указываться на табличках, которые висят перед каждым насосом.

На этих табличках записывается N насоса в схеме, его назначение, марка, производительность, напор, мощность в кВт, число оборотов в минуту.

В котельной должно быть установлено не менее двух питательных насосов: один рабочий, другой резервный. Исключение составляют котлы Е- 1/9.

Каждый из них должен обеспечивать питанием все котлы, а также восполнять все потери воды и пара в котельной.

Напор, развиваемый питательным насосом, должен обеспечивать питание котлов при максимально возможном давлении пара в котле.

При этом необходимо учитывать потери давления в питательном тракте котла и в экономайзере.

Производительность насоса должна обеспечить не менее 120 % производительности всех котлов. При этом необходимо учитывать потери воды с периодической и непрерывной продувкой и другие потери воды и пара.

### **УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**

Центробежный насос состоит из улиткообразного корпуса, имеющего всасывающий и нагнетательный патрубки. Внутри корпуса находится рабочее колесо, которое крепится на валу с помощью шпонки и гайки с левой резьбой.

На выходе из корпуса находится сальниковая набивка. Далее на валу располагается корпус подшипников и муфта сцепления, которая соединяет вал насоса с валом электродвигателя.

Все оборудование должно быть надежно закреплено на раме, а рама – к фундаменту.

При включении электродвигателя начинает вращаться вал электродвигателя. Через муфту сцепления это вращение передается валу насоса, а следовательно и рабочему колесу.

Находящаяся в корпусе вода центробежной силой по лопастям отбрасывается к краю рабочего колеса и с напором выходит из корпуса насоса через нагнетательный патрубок.

На месте ушедшей воды образовывается разрежение, которое подсасывает следующую порцию воды. Так как вал вращается непрерывно, то непрерывно идет процесс всасывания и нагнетания.

Достоинства: просты, надежны, дают хорошую производительность.

Недостатки:

1. При попадании воздуха в корпус насос перестает качать воду.
2. При температуре выше 80 °С насос тоже перестает качать воду. При этом вода вскипает и образуется пар, а пар по плотности близок к воздуху.

Это явление называется кавитацией. При кавитации, кроме этого, происходит разрушение рабочего колеса и корпуса насоса (при конденсации пара происходят гидроудары).

3. Насос создает малое давление.

4. Насос перекачивает жидкости, близкие по вязкости к воде.

С первым и вторым недостатком борются, подавая воду на всас насоса под давлением. На практике это достигается поднятием емкостей, из которых качают воду на высоту. Столб воды и обеспечивает давление на всасе.

С третьим недостатком борются, устанавливая многоступенчатые насосы. На каждой ступени происходит наращивание давления. Увеличивая число ступеней, можно достичь требуемого давления.

С четвертым недостатком борются, разогревая жидкости до вязкости воды.

### **Арматура, КИП, предохранительные устройства, указатели уровня воды, приборы безопасности котлов**

Для управления работой, обеспечения безопасных условий и расчетных режимов эксплуатации котлы должны быть оснащены:

- а) запорной и регулирующей арматурой,
- б) КИП,
- в) предохранительными устройствами от повышения давления,
- г) приборами безопасности.

### **Арматура, КИП, предохранительные устройства и приборы безопасности паровых котлов с давлением пара более 0,7 атмосфер**

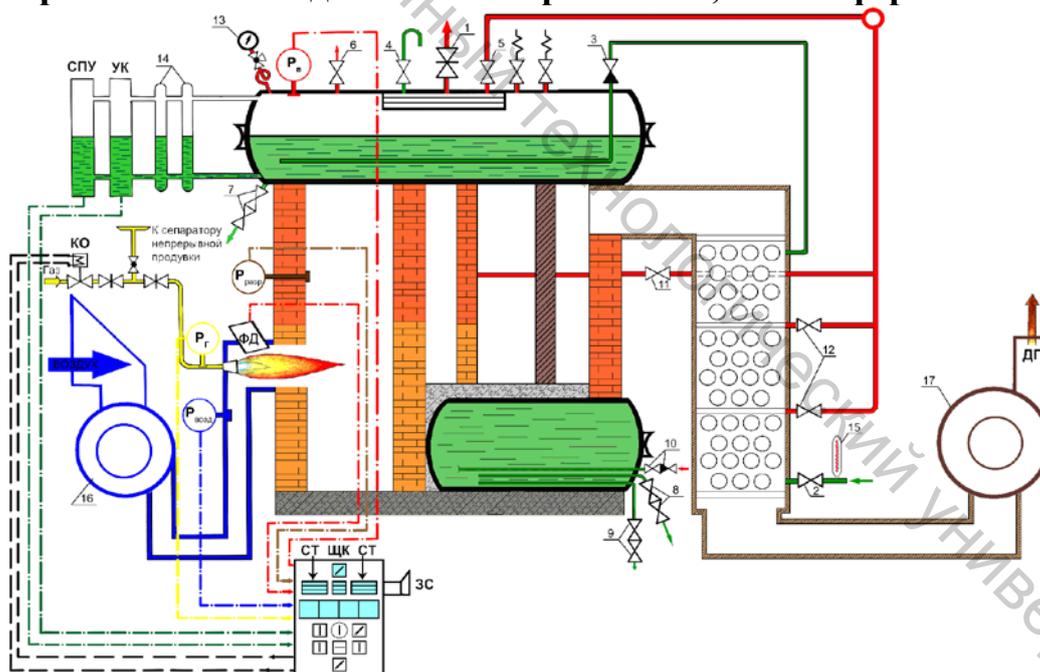


Рисунок 37 – Запорная арматура для слива воды из котла из нижних точек:

1 – главный парозапорный орган; 2 – вентиль на питательной линии; 3 – обратный клапан на питательной линии; 4 – воздушный вентиль; 5 – вентиль пара на собственные нужды; 6 – вентиль для отбора пробы пара; 7 – два вентиля непрерывной продувки; 8 – два вентиля периодической продувки; 9 – два вентиля для слива воды из котла; 10 – вентиль и обратный клапан на линии подачи пара в

нижний барабан; 11 – запорная арматура на обдувку конвективной части; 12 – запорная арматура на обдувку экономайзера; 13 – манометр; 14 – водоуказательные приборы; 15 – термометр; 16 – дутьевой вентилятор; 17 – дымосос. ЩК – щит котла; СТ – световое табло; ЗС – звуковая сигнализация; КО – клапан отсекающий; Рп – датчик давления пара; УК – уровнемерная колонка; Рразр – датчик; Рг – датчик давления газа; Рвозд – датчик давления воздуха; ФД – фотодатчик

#### **А. Запорно – регулирующая арматура :**

1. Главная паровая задвижка ( вентиль ).
2. Вентиль и обратный клапан на питательной линии.
3. Воздушный вентиль.
4. Вентиль пара на собственные нужды.
5. Вентиль отбора проб пара на анализ.
6. Два вентиля непрерывной продувки (с верхнего или нижнего барабанов).
7. По два вентиля периодической продувки из каждой нижней точки котла.
8. Два вентиля для слива воды из котла.
9. Два вентиля и обратный клапан на линии подачи пара в нижний барабан для равномерного разогрева при пуске котла.
10. Запорная арматура на трубопроводе для подачи пара на обдувку конвективной части.

#### **Б. КИП:**

1. Манометр.
2. Два водоуказательных прибора или один водоуказательный прибор и два сниженных указателя уровня.
3. Термометр на питательной линии.

#### **В. Предохранительные устройства от повышения давления пара :**

Правила требуют установку на каждом таком котле двух предохранительных клапанов рычажно-грузового, пружинного или импульсного типов. Один клапан должен срабатывать раньше. Настройка клапанов ведётся по рекомендации завода-изготовителя. Суммарная пропускная способность клапанов должна быть не меньше производительности котла. При срабатывании обоих клапанов давление не должно повышаться более, чем на 10 %. Оператор должен раз в смену проверять работу клапанов продувкой подрывом.

### **Г. Приборы безопасности:**

1. Один из них сигнализирующий – это сигнализатор предельных уровней.
2. Остальные приборы отключают котёл в следующих случаях:
  - при повышении давления пара в котле выше допустимого;
  - при снижении уровня воды в барабане котла ниже НДУ и если он продолжает понижаться, несмотря на принятые меры;
  - при повышении уровня воды в барабане котла выше ВДУ и если он продолжает повышаться, несмотря на принятые меры;
  - при упуске;
  - при снижении давления воздуха перед горелками ниже допустимого;
  - при снижении разрежения в топке ниже допустимого;
  - при погасании факела;
  - при снижении давления газа перед горелками ниже допустимого;
  - при повышении давления газа перед горелками выше допустимого;
  - при неисправности приборов безопасности;
  - при исчезновении электроэнергии.

**Арматура, КИП, предохранительные устройства и приборы безопасности водогрейных котлов с температурой нагрева воды свыше 115 °С**

### **А. Запорно-регулирующая:**

1. Запорная арматура на входе воды в котёл.
2. Запорная арматура на выходе воды из котла.
3. Запорная арматура для выпуска воздуха из верхних точек котла.
4. Запорная арматура для слива воды из котла из нижних точек.

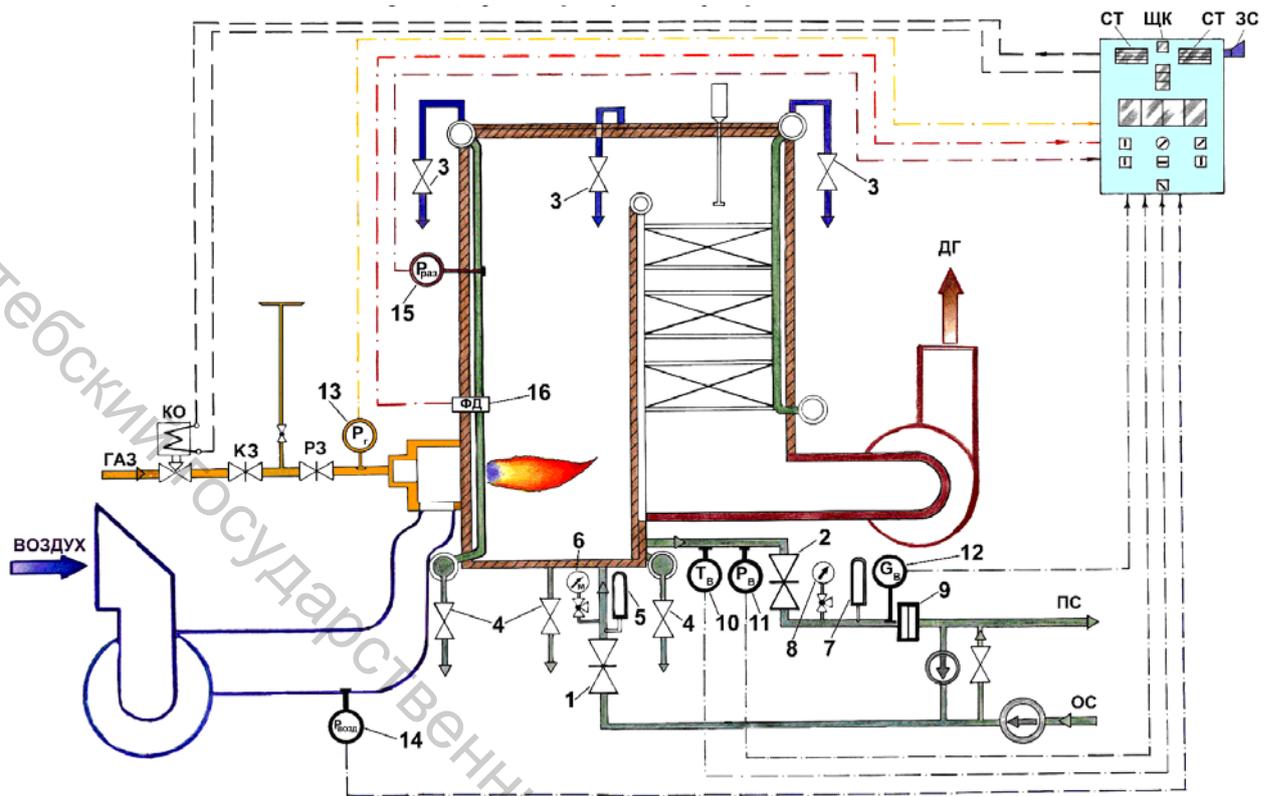


Рисунок 38:

1 – запорная арматура на входе воды в котёл; 2 – запорная арматура на выходе воды из котла; 3 – воздушник; 4 – спускная запорная арматура; 5 – термометр на входе воды в котёл; 6 – манометр на входе воды в котёл; 7 – термометр на выходе воды из котла; 8 – манометр на выходе воды из котла; 9 – расходомерная шайба; 10 – датчик температуры воды после котла; 11 – датчик давления воды после котла; 12 – датчик расхода воды через котёл; 13 – датчик давления газа; 14 – датчик давления воздуха; 15 – датчик разрежения; 16 – фотодатчик; ЩК – щит котла; СТ – световое табло; ЗС – звуковая сигнализация; КО – клапан отсекающий; КЗ – контрольная запорная арматура; КР – рабочая запорная арматура; ПС – прямая сетевая вода; ОС – обратная сетевая вода

Условные обозначения: штрих-пунктирная линия – электросигнал от датчиков, штриховая линия – команда клапану отсекающему.

### Б. КИП:

1. Термометр и манометр на входе воды в котёл.
2. Термометр и манометр на выходе воды из котла.
3. Прибор, показывающий расход воды через котёл.

### В. Предохранительные устройства от повышения давления воды:

Правила требуют установки на каждом таком котле двух предохранительных клапанов, но допускают их не ставить, если котёл оборудован приборами безопасности.

### **Г. Приборы безопасности:**

Они отключают котёл в следующих случаях:

- если температура воды на выходе из котла повысилась выше допустимой;
- если давление воды на выходе из котла повысилось выше допустимого;
- если давление воды на выходе из котла понизилось ниже допустимого;
- если расход воды через котёл понизился ниже допустимого;
- при снижении давления воздуха перед горелками ниже допустимого;
- при снижении разрежения в топке котла ниже допустимого;
- при снижении давления газа перед горелками ниже допустимого;
- при повышении давления газа перед горелками выше допустимого;
- при погасании факела;
- при выходе из строя приборов безопасности;
- при исчезновении электроэнергии.

**Арматура, КИП, предохранительные устройства и приборы безопасности паровых котлов с давлением пара не более 0,7 атмосфер и водогрейных котлов с температурой нагрева воды не свыше 115 °С**

Для управления работой, обеспечения безопасных условий и расчетных режимов эксплуатации котлы должны быть оснащены:

- а) запорной и регулирующей арматурой,**
- б) КИП,**
- в) предохранительными устройствами от повышения давления,**
- г) приборами безопасности.**

**Арматура, КИП, предохранительные устройства, приборы безопасности водогрейных котлов**

#### **1. Арматура:**

- а) задвижка на входе воды в котел,
- б) задвижка на выходе воды из котла,
- в) вентиль для слива воды из котла,
- г) вентиль на аварийно-сбросной линии (он открывается для защиты секций котла от перегрева и повышения в них давления в случае остановки сетевых насосов).

## ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА

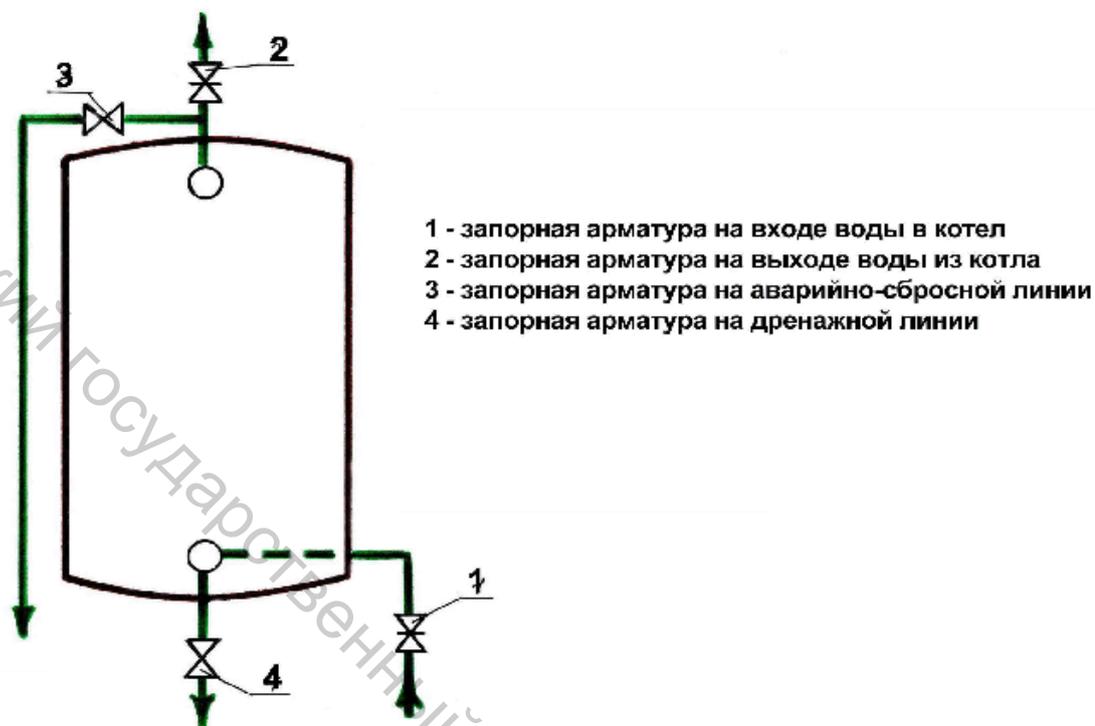


Рисунок 39

### 2. КИП :

- а) термометр и манометр на выходе воды из котла,
- б) термометр и манометр на входе воды в котел; термометр на входе воды в каждый котел Правила разрешают не устанавливать, если установлен общий термометр на обратной магистрали,
- в) водопробный кран.

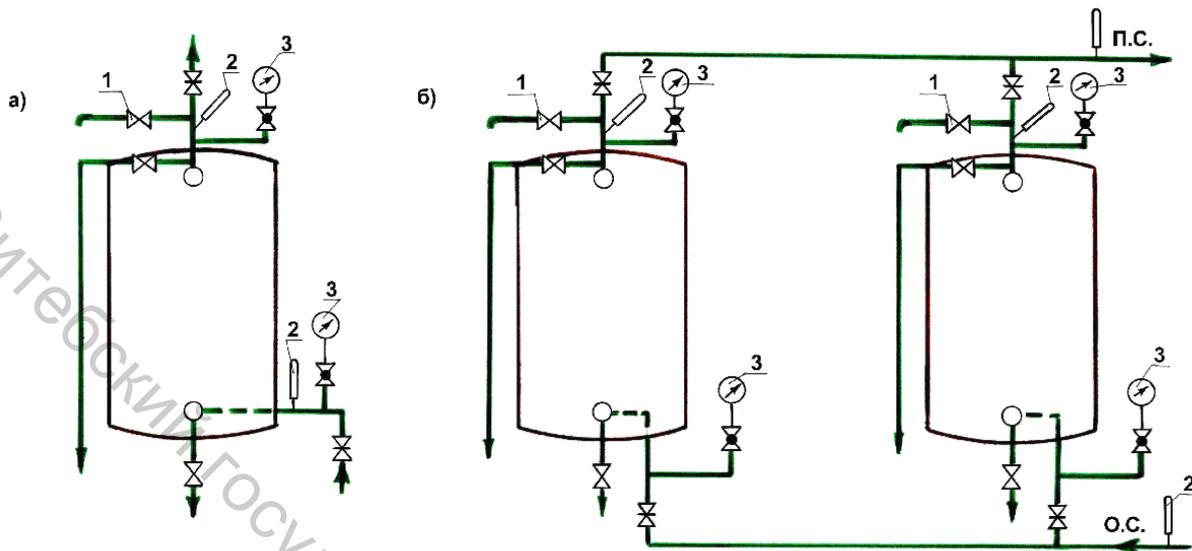


Рисунок 40 – Контрольно-измерительные приборы:

1 – водопробный кран; 2 – термометр; 3 – манометр; ПС – подающая магистраль; ОС – обратная магистраль

## 2. Предохранительные устройства :

- а) если тепловая мощность котла более 0,4МВт, то на котле должно быть установлено 2 предохранительных клапана;
- б) если тепловая мощность котла менее или равна 0,4МВт, то Правила разрешают устанавливать на котле 1 предохранительный клапан;
- в) Правила разрешают заменять один из ПК обводной линией вокруг выходной задвижки с установкой на этой линии обратного клапана;
- г) Правила разрешают не устанавливать на котле ПК, но тогда должны быть 2 обводные линии вокруг выходной задвижки с установкой на них обратных клапанов, а на общей магистрали после всех котлов должны быть установлены 2 ПК;
- д) Правила разрешают не устанавливать на котле предохранительных клапанов, если котел оборудован автоматикой безопасности.

## Предохранительные устройства от повышения давления воды

**3. Приборы безопасности** отключают котел из работы, перекрывая газ в следующих случаях:

- а) при повышении температуры воды на выходе из котла выше допустимой,
- б) при повышении давления воды в котле выше допустимого,
- в) при снижении расхода воды через котел ниже минимального,
- г) при погасании факела,

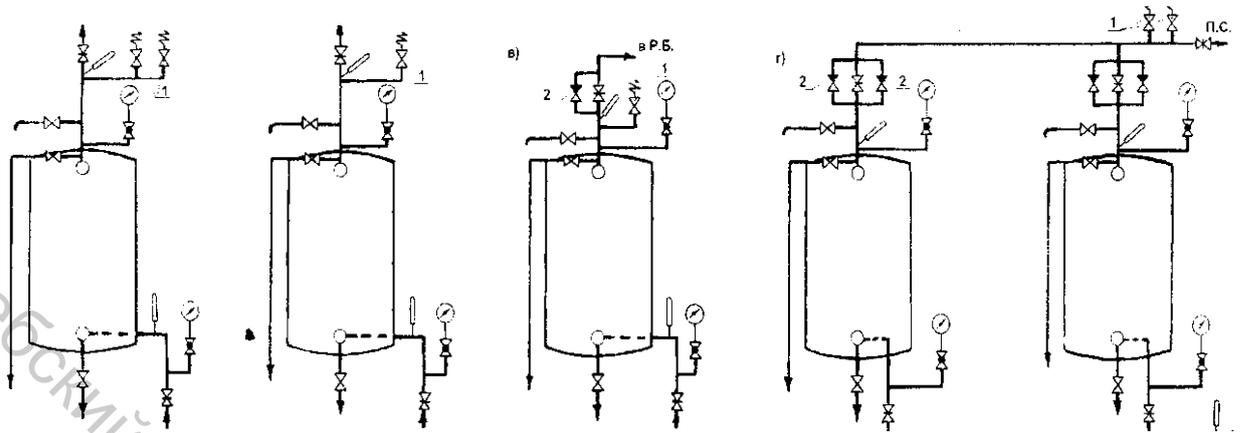


Рисунок 41

- д) при пропадании дутьевого воздуха,  
 е) при прекращении тяги,  
 ж) при включении электроэнергии,  
 з) при повышении давления газа перед горелками выше допустимого или понижении ниже допустимого.

Приборы безопасности водогрейных котлов с  $t \leq 115^{\circ}\text{C}$  представлены на рисунке 42, где обозначено:

$T_{\text{в}}$  – датчик температуры воды,  $P_{\text{в}}$  – датчик давления воды,  $G_{\text{в}}$  – датчик расхода воды,  $P_{\text{г}}$  – датчик давления газа,  $P_{\text{воз}}$  – датчик давления воздуха,  $P_{\text{раз}}$  – датчик разряжения в топке,  $\text{ФД}$  – фотодатчик наличия пламени,  $\text{КСУ}$  – комплект средств управления,  $\text{КО}$  – клапан отсекающий,  $\text{ЗС}$  – звуковая сигнализация,  $\text{СН}$  – сетевой насос,  $\text{ДВ}$  – дутьевой вентилятор,  $\text{ДС}$  – дымосос.

Рисунок 42

**Арматура, КИП, предохранительные устройства и приборы безопасности паровых котлов:**

**1. Арматура:** а) главная паровая задвижка, б) вентиль и обратный клапан на питательной линии, в) вентили на нижних коллекторах для периодической продувки.

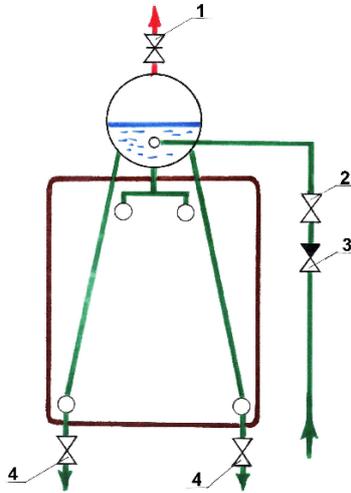


Рисунок 43:

1 – главная паровая задвижка; 2 – вентиль на питательной линии; 3 – обратный клапан; 4 – вентиль продувки

## 2. КИП:

- а) манометр давления пара,
- б) 2 водоуказательных прибора,
- в) термометр на питательной линии.

### Контрольно-измерительные приборы

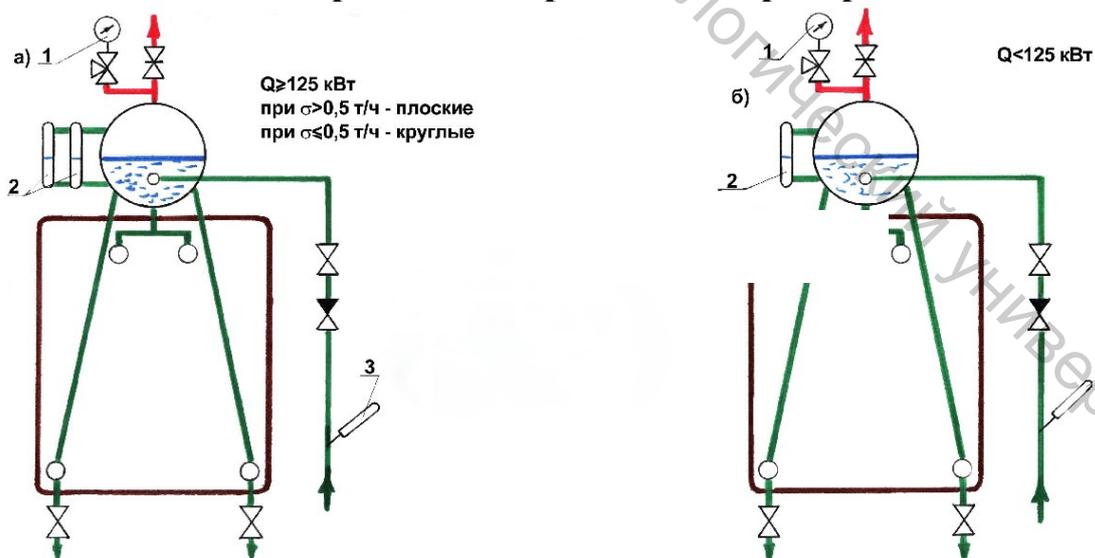


Рисунок 44:

1 – манометр, 2 – указатель уровня, 3 – термометр

### Предохранительные устройства от повышения давления пара

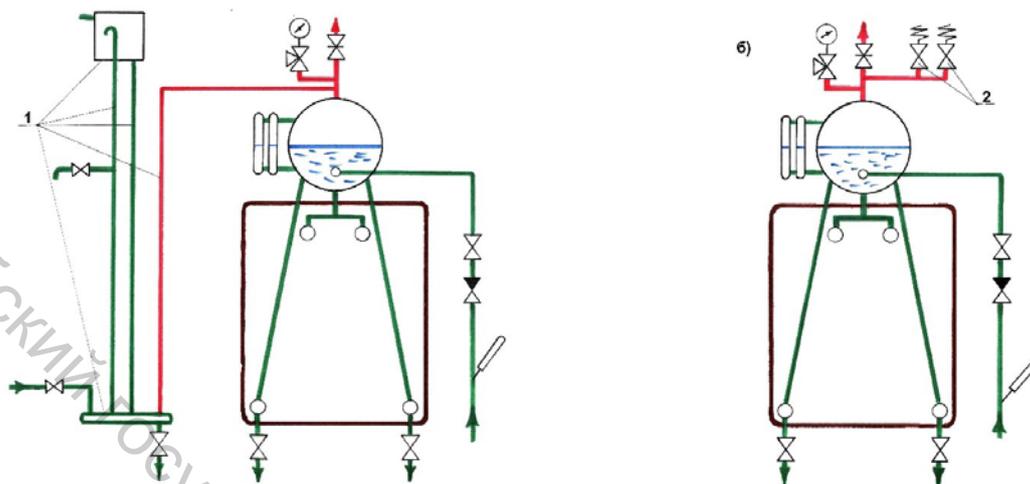


Рисунок 45:

1 – гидрозатвор, 2 – самопритирающийся предохранительный клапан

### 3. Предохранительные устройства :

- а) Правила требуют установки на котле выкидного предохранительного устройства (гидрозатвор),
- б) Правила разрешают заменять гидрозатвор 2-мя механическими клапанами.

### 4. Приборы безопасности отключают котел из работы, перекрывая газ в следующих случаях:

- а) при снижении уровня воды в котле ниже допустимого,
- б) при повышении уровня воды в котле выше допустимого,
- г) при повышении давления пара в котле выше допустимого,
- д) при погасании факела,
- е) при пропадании дутьевого воздуха,
- ж) при прекращении тяги,
- з) при отключении электрической энергии,
- и) при повышении давления газа выше допустимого или понижении ниже допустимого.

### Приборы безопасности паровых котлов с $P < 0,7$

#### Предохранительные устройства от повышения давления паровых котлов с давлением пара выше 0,7 атмосфер

Основным предохранительным устройством является выкидное предохранительное устройство (гидрозатвор). Он состоит из бака, нескольких труб, вентиля для заполнения водой, вентиля для слива воды, водопробного крана.

Одна из труб соединена с паропроводом, а две другие – с баком. Высота труб, соединенных с баком, зависит от давления при котором должен срабатывать гидрозатвор. Водопробный кран служит для контроля за уровнем заполнения гидрозатвора.

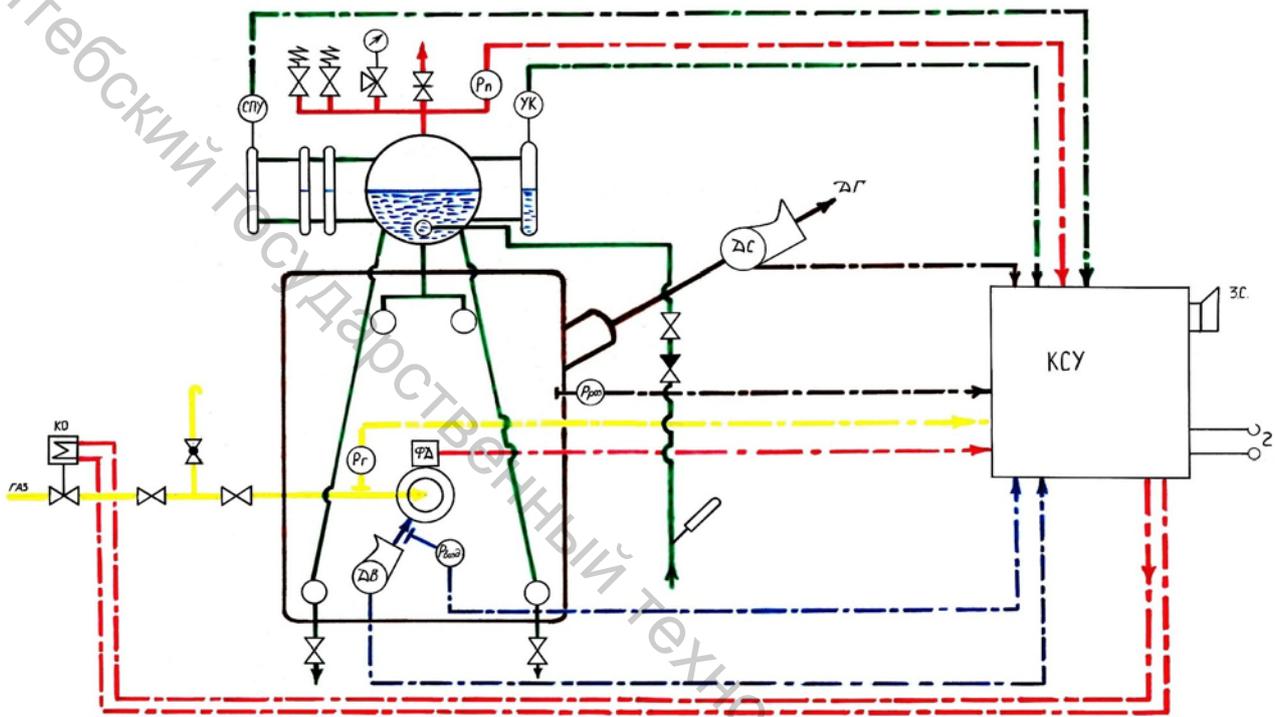


Рисунок 46:

$P_n$  – датчик давления пара; УК – уровнемерная колонка; СПУ – сигнализатор предельных уровней;  $P_r$  – датчик давления газа;  $P_{воз}$  – датчик давления воздуха;  $P_{раз}$  – датчик разряжения в топке; ФД – фотодатчик наличия пламени; КСУ – комплект средств управления; КО – клапан отсекающий; ЗС – звуковая сигнализация; СН – сетевой насос; ДВ – дутевой вентилятор; ДС – дымосос.

Гидрозатвор работает по принципу жидкостного манометра. При срабатывании пар вытесняет воду в бак и пар повышенного давления сбрасывается через выбросную трубу в атмосферу. Давление в котле при этом снижается, и вода из бака снова заполняет трубы гидрозатвора. Простота устройства и отсутствие механизмов делают гидрозатвор безотказным. Поэтому при замене его требуется установка двух самопритирающихся клапанов (предохранительные клапаны Шеренциса).

Корпусом предохранительного клапана Шеренциса служит труба, в верхнем торце которой расположено седло. На седло садится тарелка клапана, запирающая выход пара. Тарелка клапана прижата к седлу грузом, вес которого

рассчитан на определенное давление. Предохранительный клапан закрыт колпаком. При превышении давления свыше допустимого тарелка клапана вместе с грузом приподнимется и пар повышенного давления будет сбрасываться через отводящий трубопровод в атмосферу. Давление в котле в этом случае понизится и груз вместе с тарелкой клапана опустится на седло. Груз у места выхода пара имеет три дугообразные лопатки. Давление выходящего пара, воздействуя на лопатки приводит груз вместе с тарелкой клапана во вращательное движение, и тарелка клапана опускается на седло, притираясь к седлу. Поэтому клапан Шеренциса называется самопритирающимся.

**Предохранительные клапаны Шеренциса должны проверяться оператором не реже одного раза в смену с записью в сменном журнале.**

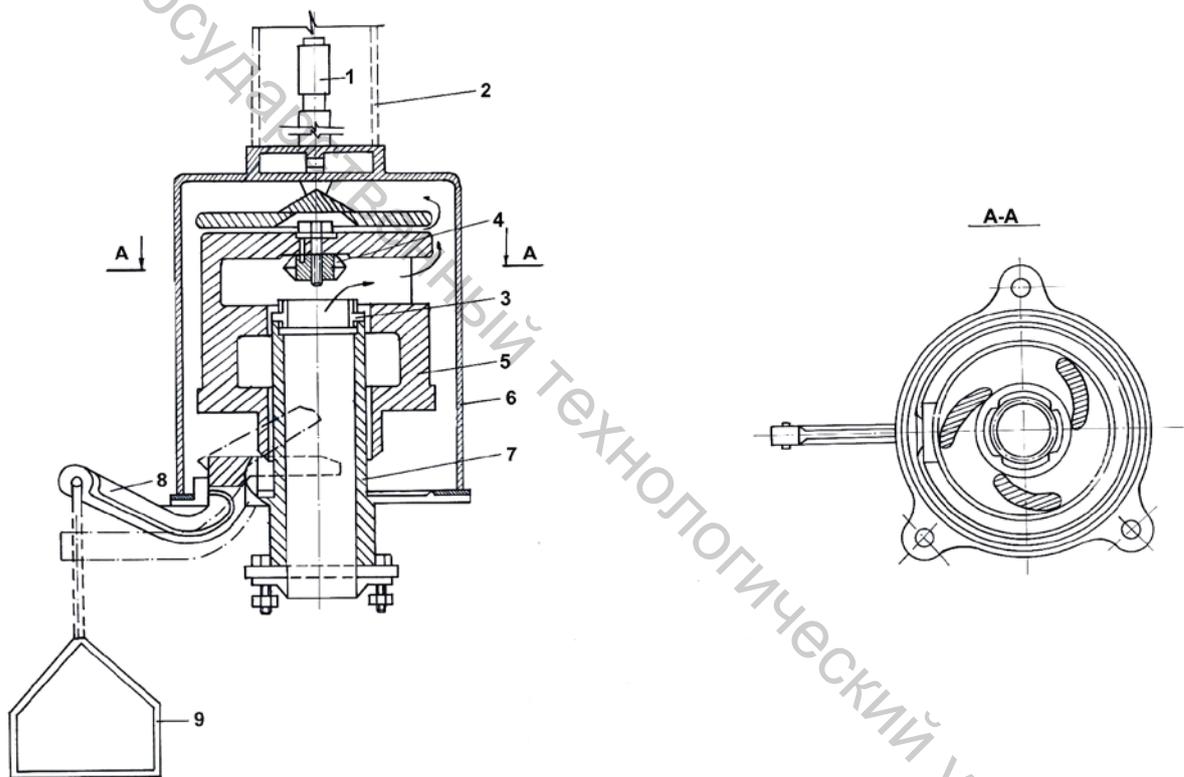


Рисунок 47 – Нерычажный предохранительный клапан инж. Шеренциса самопритирающийся :

1 – свисток; 2 – паросбросная трубка; 3 – седло; 4 – клапан; 5 – груз-крыдчатка; 6 – колпак; 7 – пароподводящая труба; 8 – рычаг; 9 – ручка для продува предохранительного клапана подрывом

### Указатели уровня воды

К ним относятся:

- 1) водоуказательные приборы (ВУП),
- 2) водопробные краны.

Основным водоуказательным прибором являются ВУП. Они бывают с цилиндрическим и с плоским стеклом. С цилиндрическим стеклом могут применяться только на паровых котлах с давлением пара до 0,7 атмосфер и паропроизводительностью до 0,5 т/ч. ВУП с плоским стеклом могут применяться при любом давлении.

Работа ВУП основана на законе сообщающихся сосудов. ВУП состоит из стекла в корпусе, парового крана, водяного крана и продувочного крана. ВУП устанавливаются вертикально. Допускается установка с наклоном вперед до  $30^\circ$ . Каждый ВУП должен иметь 2 таблички: верхний допустимый уровень и нижний допустимый уровень (ВДУ и НДУ). ВДУ должен быть расположен на 25 мм ниже верхней кромки стекла, НДУ – на 25 мм выше нижней кромки стекла.

ВУП должны быть хорошо видны оператору и не загромождаться конструкциями или другими предметами.

**Упуском воды из котла считается, когда уровень воды опустился ниже нижней кромки стекла. В этом случае необходимо аварийно остановить котел. При этом питать котел водой категорически запрещается.**

Водопробные краны могут применяться только на паровых котлах до 0,7 атмосфер взамен одного из 2-х ВУП. Один водопробный кран устанавливается на ВДУ, другой – на НДУ.

На котле должно быть установлено 2 водоуказательных прибора. Если тепловая мощность котла менее 125 кВт, допускается установка 1 водоуказательного прибора.

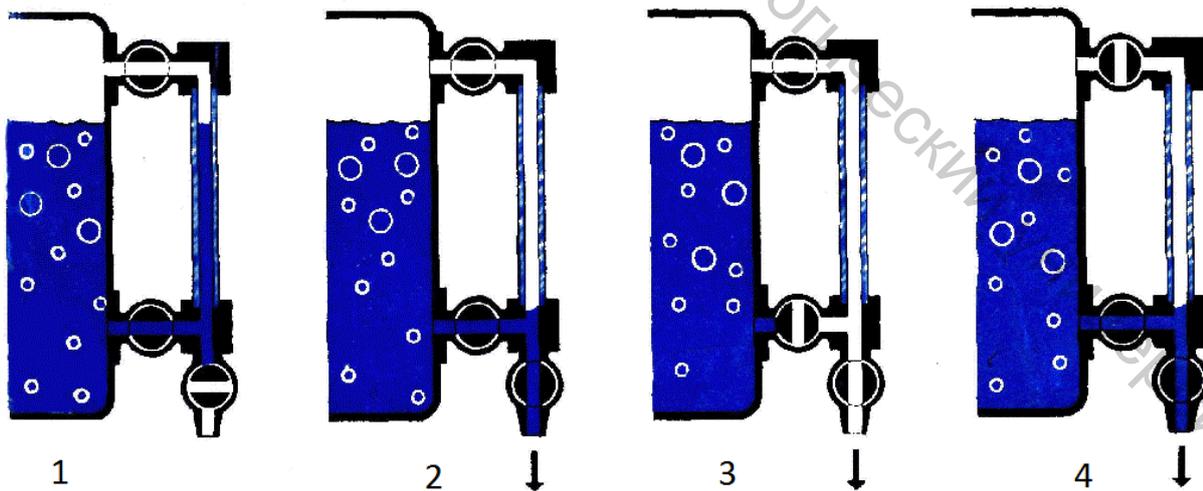


Рисунок 48 – Продувка водоуказательного стекла:

1 – рабочее положение водоуказательного стекла; 2 – продувка паром и водой; 3 – продувка паром; 4 – продувка водой

**Паровые котлы с давлением пара не более 0,07 МПа и водогрейные котлы с температурой нагрева воды не более 115 °С**

Предназначены для нагрева воды давлением до 0,6 МПа. Теплопроводность – 0,2–0,6 Гкал/час. Количество средних секций 10–38 (в зависимости от требуемой нагрузки).

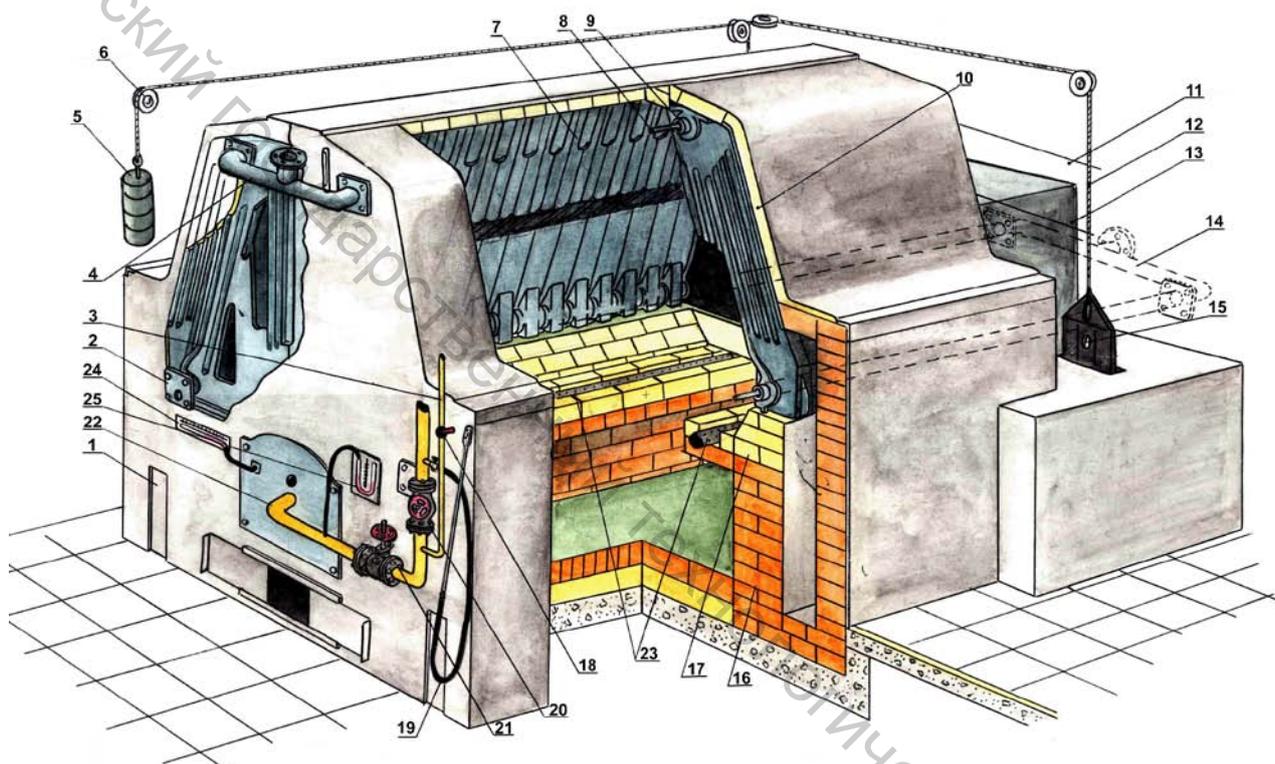


Рисунок 49:

1 – окно для чистки; 2 – фланец; 3 – свеча безопасности; 4 – тройник верхний; 5 – противовес; 6 – блок для шибера; 7 – секция средняя; 8 – болт стяжной; 9 – ниппель; 10 – изоляционная мастика; 11 – дымовой бороз; 12 – рос стальной; 13 – взрывной клапан с защитным кожухом; 14 – тройник нижний; 15 – шибер; 16 – кирпич красный; 17 – кирпич шамотный; 18 – кран свечи безопасности; 19 – переносной запальник; 20 – задвижка контрольная газовая; 21 – задвижка рабочая газовая; 22 – газопровод к котлу; 23 – горелка газовая; 24 – тягонапоромер; 25 – жидкостный манометр

Котел двухпакетный, состоит из 5-ти типов секций: передняя (левая и правая, задняя (левая и правая, средняя). Секция – это чугунная полая отливка.

Снаружи она имеет ниппельные головки и ребра. Ниппельные головки — это утолщения цилиндрической формы с отверстиями. Головками секции собираются в пакет. Ребра служат для увеличения поверхности нагрева, для увеличения жесткости, а также образуют каналы для прохода дымовых газов. Внутреннее ребро вместе с толщиной секции образует внутреннюю поверхность топки. Оно не доходит до верха секции, и там образуются зазоры для выхода дымовых газов из топки в межсекционное пространство.

Наружное ребро вместе с толщиной секции образует наружную поверхность котла. Оно не доходит до низа секции, где образуются зазоры для выхода дымовых газов из межсекционного пространства в боковые газоходы. После сборки секций в пакеты они объединяются двумя тройниками.

### **Принцип действия**

Продукты сгорания в котлах поднимаются к верхней части топки, отдавая свое тепло радиационной поверхности нагрева. Вверху, через зазоры, попадают в межсекционное пространство и по каналам, образованным ребрами, проходят вниз, отдавая тепло конвективной поверхности нагрева. Внизу продукты сгорания выходят в боковые газоходы и по ним движутся назад на выход из котла, проходят через шибер, боров, дымовую трубу и атмосферу. Тяга естественная. Циркуляция воды может быть естественная или принудительная.

При принудительной циркуляции сетевым насосом обратная сетевая вода из системы отопления подается в задний нижний тройник, из тройника в оба нижних ниппельных коллектора и во все секции. В секциях, поднимаясь вверх, нагревается, собирается в верхних ниппельных коллекторах и через передний тройник идет потребителю.

При естественной циркуляции обратная сетевая вода из системы отопления самотеком подается в нижний задний тройник, из тройника — в оба нижних ниппельных коллектора. Из коллекторов — в секции. В секциях за счет нагрева поднимается вверх, а далее как обычно.

### **Достоинства:**

- просты, надежны, долговечны.

### **Недостатки.**

- плохая взаимозаменяемость секций (5 разных видов),  
- низкий КПД ( до 75 %.)

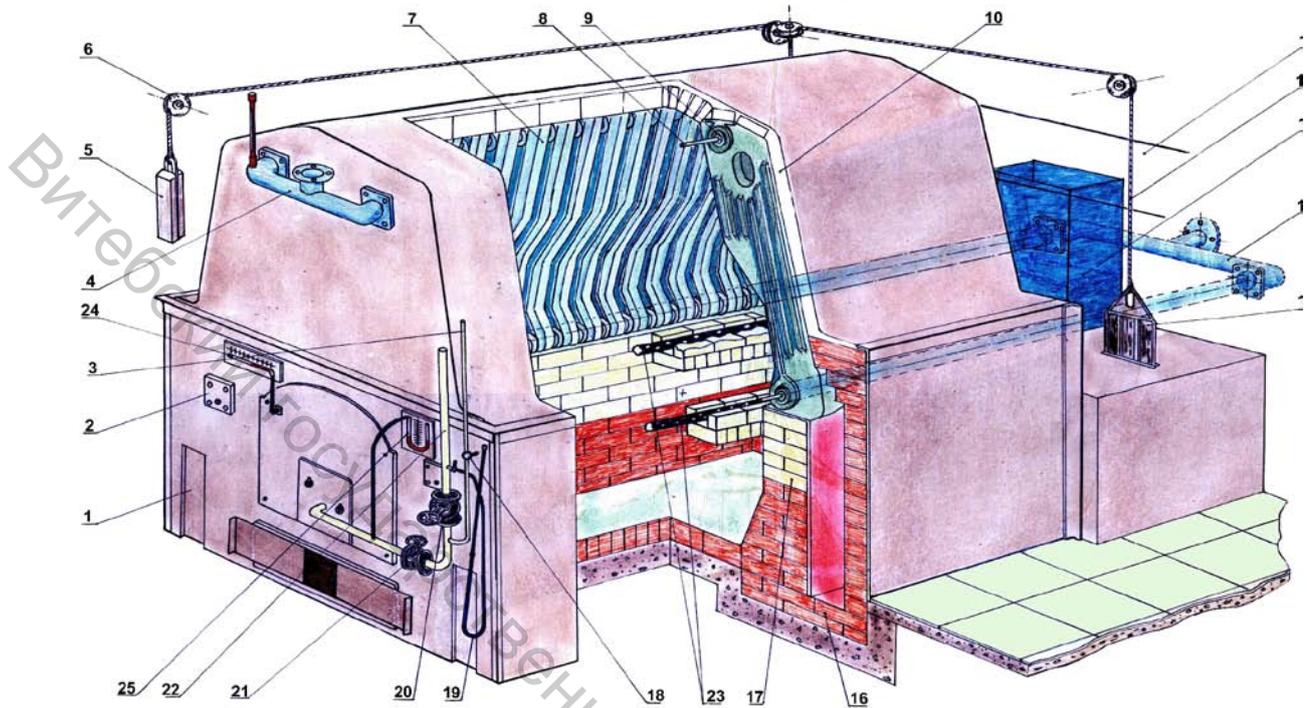


Рисунок 50 – Чугунный секционный котел «Энергия 6»

Эти котлы выпускаются только в двухсторонней модификации. Они очень похожи на котлы типа «Универсал». Но у них есть отличия:

1. Все секции одинаковые. В качестве крайних используются средние секции, установленные в перевернутом положении. Снаружи боковые стенки пакетов футеруют теплоизоляционной мастикой, далее обмуровывают огнеупорным и красным кирпичом.

2. В секциях в верхней части имеются неоребранные отверстия, которые при сборке секции в пакет образуют в каждом пакете внутренний газоход. При работе котла на твердом или жидком топливе межсекционные каналы могут забиваться золой, сажой. В этом случае дымовые газы через эти отверстия имеют возможность проходить в соседние межсекционные пространства, которые еще не забились. Поэтому эти котлы могут дольше проработать от чистки до чистки по сравнению с «Универсалом».

Теплопроизводительность котла 0,3–0,8 Гкал/час.

Количество секций – 18–36 штук.

## Стальные секционные котлы типа «НИИСТУ»

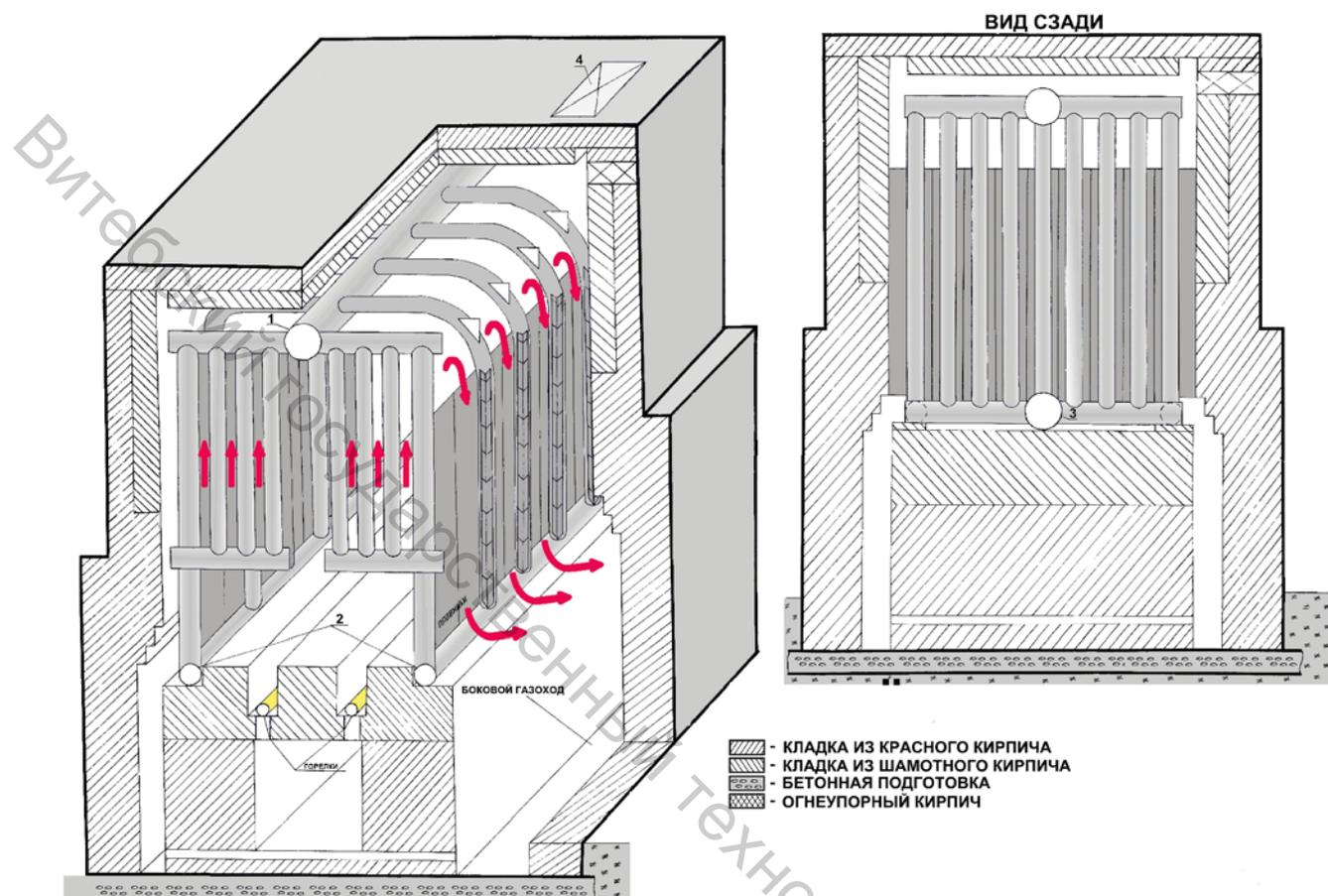


Рисунок 51 – Котел НИИСТУ-5:

1 – верхний коллектор, 2 – нижние коллекторы, 3 – тройник, 4 – взрывной клапан

Этот котел относится к группе стальных водогрейных котлов, предназначенных для нагрева воды с температурой до 115 °С и давлением до 0,6 МПа. Теплопроводность – 0,3–0,7 Гкал/час. Количество средних секций (по три трубы) от 2 до 7.

Эти котлы собирают методом сварки из труб. Котел состоит из трех коллекторов, 2-х нижних и одного верхнего. Коллекторы – это стальные трубы. По объему верхний коллектор в 2 раза больше нижнего.

Коллекторы между собой соединены боковыми трубами. Трубы снизу прямые, а в верхней части гнутые. Там, где трубы прямые – между ними приварены перегородки в виде плавников, для создания газоплотных стенок топки. Там, где трубы гнутые, перегородок нет. Здесь место для выхода дымовых газов из топки. Спереди и сзади котел также закрывается трубами. С наружной стороны боковых и задних труб приварены упоры в виде ежей, для создания каналов между обмуровкой и трубами котла. Между передними трубами ника-

ких перегородок и упоров нет. К ним вплотную прилегает обмуровка. Котел имеет тяжелую обмуровку обычного построения.

#### **Принцип действия:**

Продукты сгорания в топке поднимаются вверх, отдавая свое тепло радиационной поверхности труб (внутренней).

Вверху дымовые газы выходят в пространство между труб, разворачиваются на 180° и движутся вниз в пространстве между обмуровкой и стенками котла, отдавая свое тепло конвективной поверхности труб.

Внизу выходят в боковые газоходы, по ним движутся назад, через шибер в боров, дымовую трубу и атмосферу.

Тяга естественная.

Циркуляция воды может быть принудительная и естественная.

Сетевыми насосами обратная сетевая вода системы отопления подается в задний тройник и далее в оба нижних коллектора. Из коллекторов – во все трубы. Там поднимается вверх, нагревается, сходится в верхнем коллекторе и, нагретая, идет потребителю.

Достоинства:

- менее металлоемкий,
- лучшая теплопроводность стали, чем чугуна, – легче производить ремонт с применением сварки.

Недостатки:

- менее долговечны, так как подвержены коррозии;
- низкий КПД до 75 %

#### **Чугунный секционный водогрейный котел шатрового типа «Минск-1» с температурой нагрева воды не выше 115 °С**

##### **Назначение и устройство**

Водогрейный котел «Минск-1» предназначен для нагревания воды с температурой до 115 °С. Эти котлы выпускались на Минском заводе отопительного оборудования. Основной деталью котла является чугунная литая секция. Количество секций от 18 до 34.

Все секции взаимозаменяемые. Снаружи секция имеет ребра и ниппельные головки. Ниппельные головки представляют собой отверстия цилиндрической формы с утолщением. Они служат для соединения секций в пакет (через них проходят стяжные болты), а после сборки образуют верхний и нижний ниппельные коллекторы. Секция кроме ниппельных головок и ребер почти по всей высоте имеет ореховое отверстие, которое после сборки секций в пакет образует в каждом пакете внутренний газоход для 3-го хода дымовых газов.

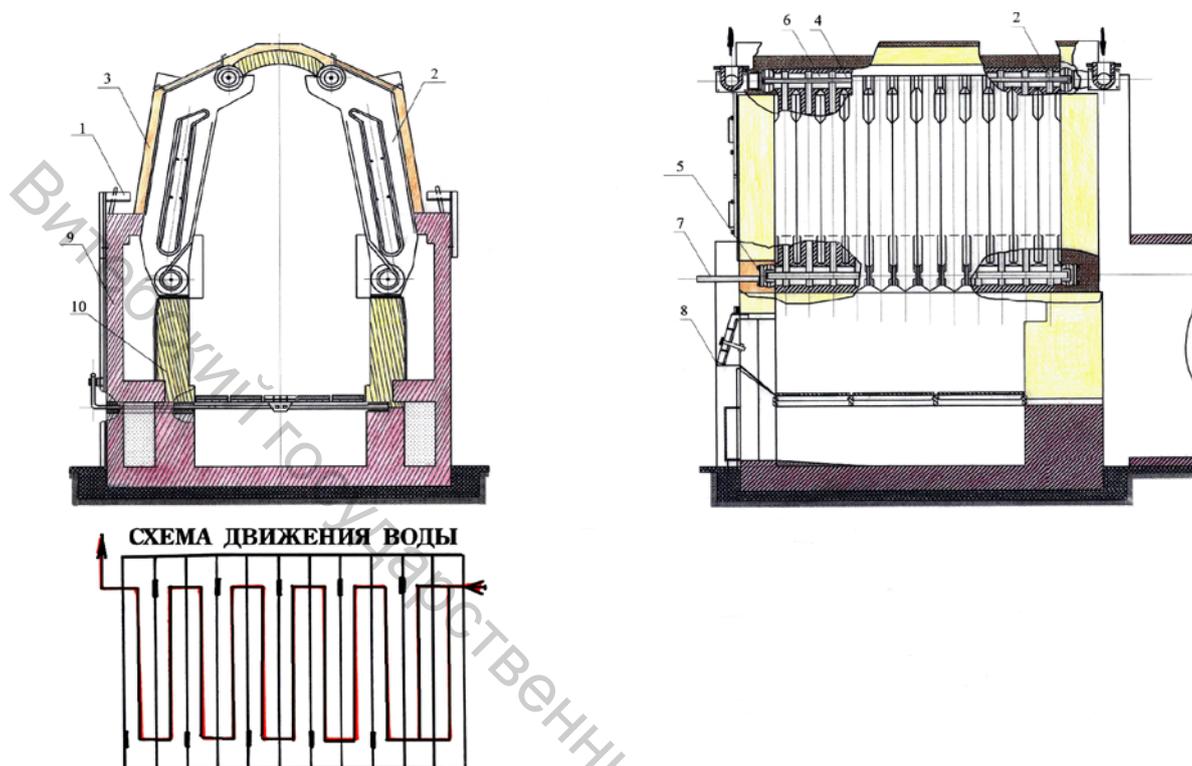


Рисунок 52 – Водогрейный секционный котел шатрового типа Минск-1 :

1 – каркас, 2 – секция, 3 – мастика изоляционная, 4 – стяжной болт верхний, 5 – стяжной болт нижний, 6 – ниппель, 7 – труба сливная, 8 – плита фронтная, 9 – кирпич глиняный, 10 – кирпич марки Ш250x125x65

Секции в пакет собираются с применением двух стяжных болтов, проходящих через верхний и нижний коллекторы, ниппелей и мастики. Болты стягивают секции в пакете, мастика служит для герметичности сборки. Ниппеля служат для того, чтобы совпали ребра и образовались ровные межсекционные каналы для движения дымовых газов и чтобы совпали ниппельные головки и образовались ровные коллекторы для циркуляции воды.

Оба пакета в котел собираются с помощью тройников, которые спереди и сзади котла соединяют верхние ниппельные коллекторы.

Обмуровка у котла тяжелая, состоящая из красного и огнеупорного (обычно шамотного) кирпича. Она служит:

- 1) для теплоизоляции (температура на наружной поверхности обмуровки должна быть не выше  $55^{\circ}\text{C}$ );
- 2) образует боковые газоходы;
- 3) является фундаментом котла.

### Принцип работы

### Движение дымовых газов

При сгорании газозвушной смеси в топке образуются горячие дымовые газы с температурой около 1000 °С. Отдав тепло в топке радиационно, они движутся вверх (I ход), вверху они входят в зазоры между секциями и идут по межсекционным каналам вниз, отдавая тепло секциям конвекцией (II ход). Внизу через зазоры между секциями дымовые газы выходят в боковые газоходы и идут по ним к фронту котла, а затем по наклонным газоходам, выполненным спереди котла в обмуровке, поднимаются и входят во внутренние газоходы. По внутренним газоходам дымовые газы движутся спереди котла назад, отдавая при этом тепло секциям котла конвекцией (III ход). Выходят дымовые газы из котла сзади, объединяются в дымовую коробку, проходят шиберы, попадают в боров, а затем тягой дымовой трубы выбрасываются в атмосферу. Тяга при трехходовом движении дымовых газов – естественная.

В котлах «Минск-1» можно организовать пятиходовое движение дымовых газов, но только при работе котла на газе и с принудительной тягой (с помощью дымососа). В этом случае внутренние газоходы разделяются перегородками на 3 части.

### Циркуляция воды

Циркуляция воды в котле только принудительная, так как на стяжных болтах через определенное расстояние приварены ограничительные шайбы.

Вода в котел приходит от сетевого насоса сзади и через тройник расходится в верхние коллекторы. Далее по двум задним секциям каждого пакета идет вниз, так как на верхнем стяжном болту за 2-ой секцией стоит ограничительная шайба. Внизу вода переходит в третью секцию и идет по ней вверх, так как за 3-ей секцией на нижнем стяжном болту также стоит шайба. Таким образом, проходя по секциям котла вниз - вверх вода нагревается и спереди через тройник выходит к потребителю.

### Достоинство

Взаимозаменяемость секций.

### Недостаток

Низкий КПД, который при работе котла на газе составляет 80 %.

**Чугунный секционный водогрейный котел с температурой нагрева воды не выше 115 °С «Факел»**

### Назначение и устройство

Водогрейный котел «Факел» предназначен для нагревания воды с температурой до 115 °С. Эти котлы изготавливаются и собираются на Минском заводе отопительного оборудования. Котел «Факел» имеет 2 типа секций: переднюю и среднюю. Передняя секция при развороте ее на 180 °С становится задней. Секция имеет ребра, а также верхнюю и нижнюю ниппельные головки.

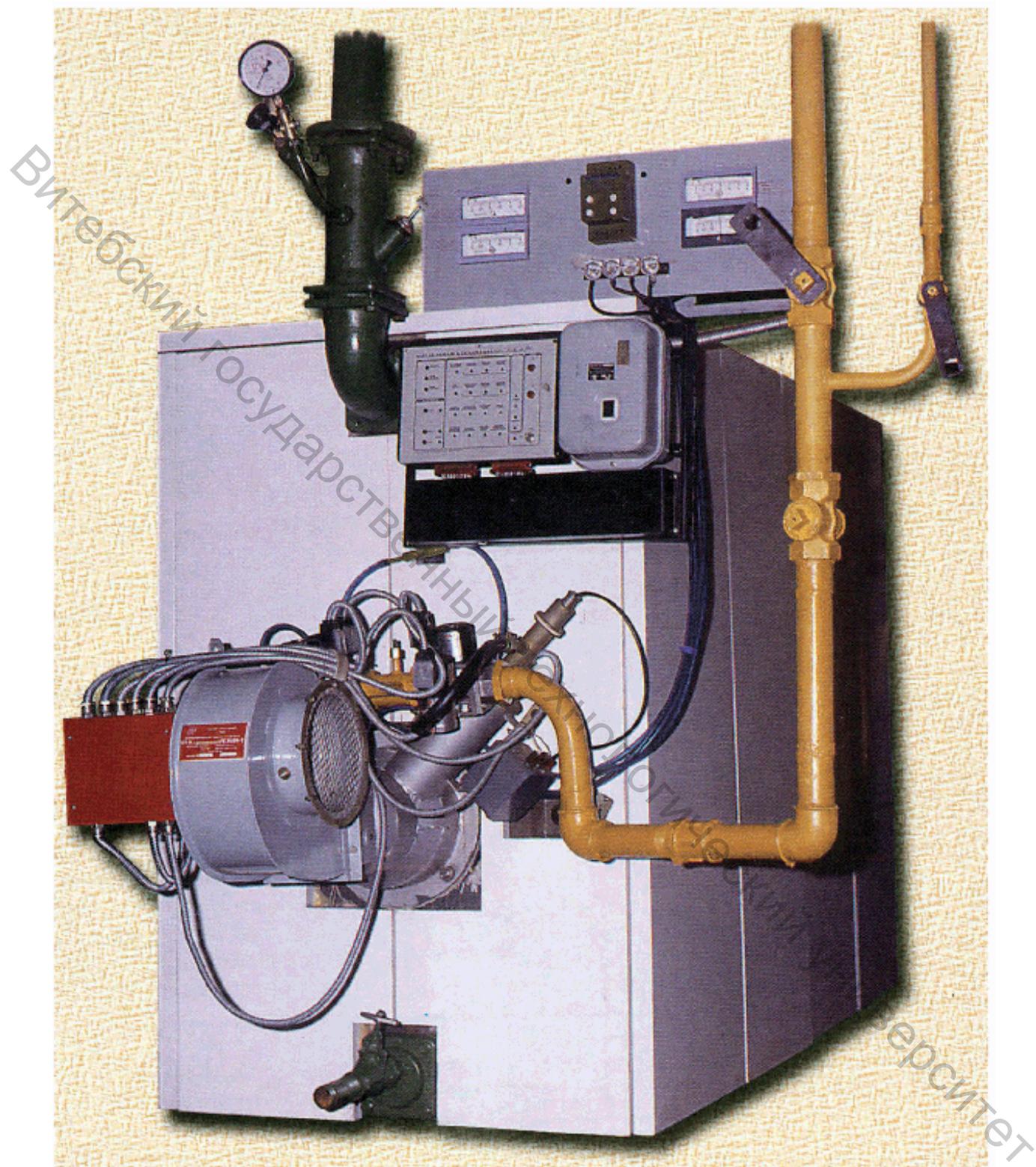


Рисунок 53 – Чугунный секционный водогрейный котел «Факел»

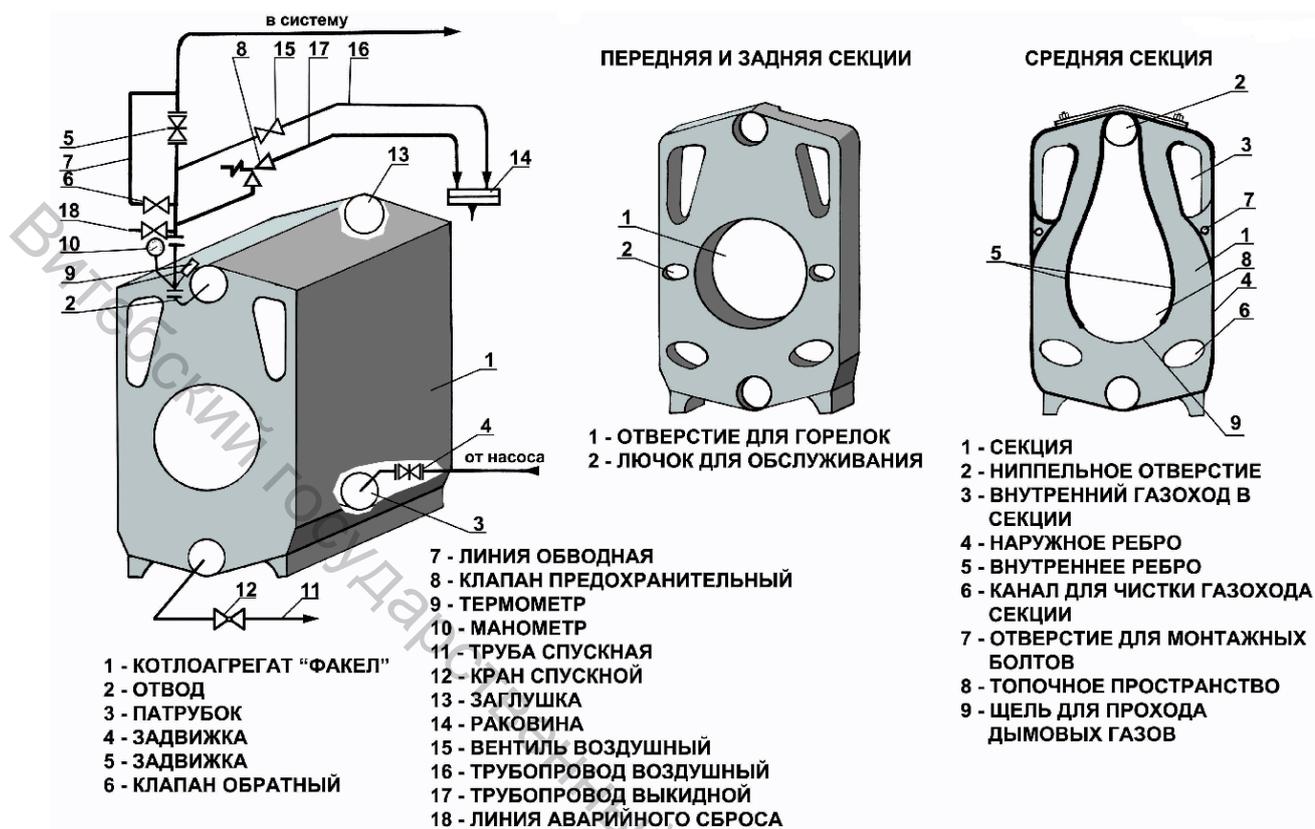


Рисунок 54 – Конструкция чугунного водогрейного котла «Факел»

Через ниппельные головки проходят стяжные болты, а после сборки секций они образуют верхний и нижний ниппельные коллекторы. Внутреннее ребро вместе с толщиной секций после сборки образует каплевидной формы топку. Внизу это ребро прерывается, в результате чего между секциями после сборки здесь образуются зазоры для выхода дымовых газов из топки. Наружное ребро вместе с толщиной секций образует наружную поверхность котла и у котлов «Факел-Ж», вверху оно дважды прерывается, создавая между секциями после сборки зазоры. Эти зазоры предназначены для чистки межсекционных каналов от сажи. В верхней части секция имеет 2 почти полностью оребренных отверстия, но имеется разрыв ребра, который связывает эти отверстия с каналами между секциями. Отверстия в верхней части секций после сборки образуют 2 внутренних газохода для третьего хода дымовых газов. В нижней части секции имеется 2 неоребренных отверстия. После сборки они образуют 2 газохода, которые спереди и сзади котла заглушены. При работе котла на жидком топливе в случае забивания сажей межсекционных каналов дымовые газы по этим газоходам могут переходить в соседние межсекционные каналы, которые еще не забились. В результате этого котел может дольше проработать от чистки до чистки. Кроме этого, если снять заглушки спереди и сзади через газоходы в нижней части котла удаляется сажа после чистки котла.

Котел «Факел» собирается с помощью стяжных болтов, ниппелей и мастики. Дополнительно снаружи секций устанавливаются еще 2 монтажных болта для большей прочности сборки.

Котлы «Факел» имеют легкую обмуровку. В настоящее время в качестве теплоизоляционного материала применяется изолвер с декоративной обшивкой металлом.

### **Принцип работы**

**Движение дымовых газов** в котле «Факел» трехходовое принудительное. В топке дымовые газы движутся вниз (I ход), внизу они входят в зазоры между секциями и идут по межсекционным каналам вверх (II ход). Затем через разрывы ребра входят во внутренние газоходы и по ним идут спереди назад (III ход). Выходят дымовые газы сзади котла, объединяются в дымовую коробку, проходят заслонки, с помощью которых регулируется тяга, затем идут к дымососу и через трубу выбрасываются в атмосферу. I ход дымовых газов – радиационный, а II и III – конвективные.

**Циркуляция воды.** Циркуляция воды в котле «Факел» принудительная, вихревая. Вода от сетевого насоса приходит в котел сзади в нижний ниппельный коллектор и по задней секции поднимается вверх, так как на нижнем стяжном болту за каждой секцией (кроме как между передней и задней) стоят ограничительные шайбы. Вверху вода переходит в среднюю секцию, попадая на завихритель, установленный внутри этой секции. В результате этого вода направляется в правую часть секции и идет по ней вниз, внизу вода переходит в левую часть этой же секции и идет по ней вверх. Вверху вода переходит в следующую секцию и совершает в ней и в других последующих аналогичное движение. Пройдя таким образом весь котел, вода по передней секции поднимается снизу вверх и спереди через верхний коллектор выходит нагретой к потребителю.

### **Достоинства**

1. Эффективный теплообмен из-за высокой скорости винтообразного движения воды. Следствием этого является хороший КПД котла, который при работе на газе составляет 91 %.
2. Небольшие габариты котла.

**Паровые секционные котлы «Энергия»  
(паровые котлы с давлением пара не более 0,7 кгс/см<sup>2</sup>)**

### **Назначение и устройство**

Паровые секционные котлы предназначены для выработки пара с давлением до 0,7 кгс/см<sup>2</sup>. Эти котлы изготавливаются на базе секционных водогрейных котлов. В качестве базового секционного водогрейного котла может применяться почти любой котел. Не применяются котлы «Факел», а при применении котлов «Минск-1» стяжные болты, проходящие в верхних и нижних ниппельных кол-

лекторах, должны быть без ограничительных шайб. Название парового секционного котла соответствует названию базового водогрейного котла.

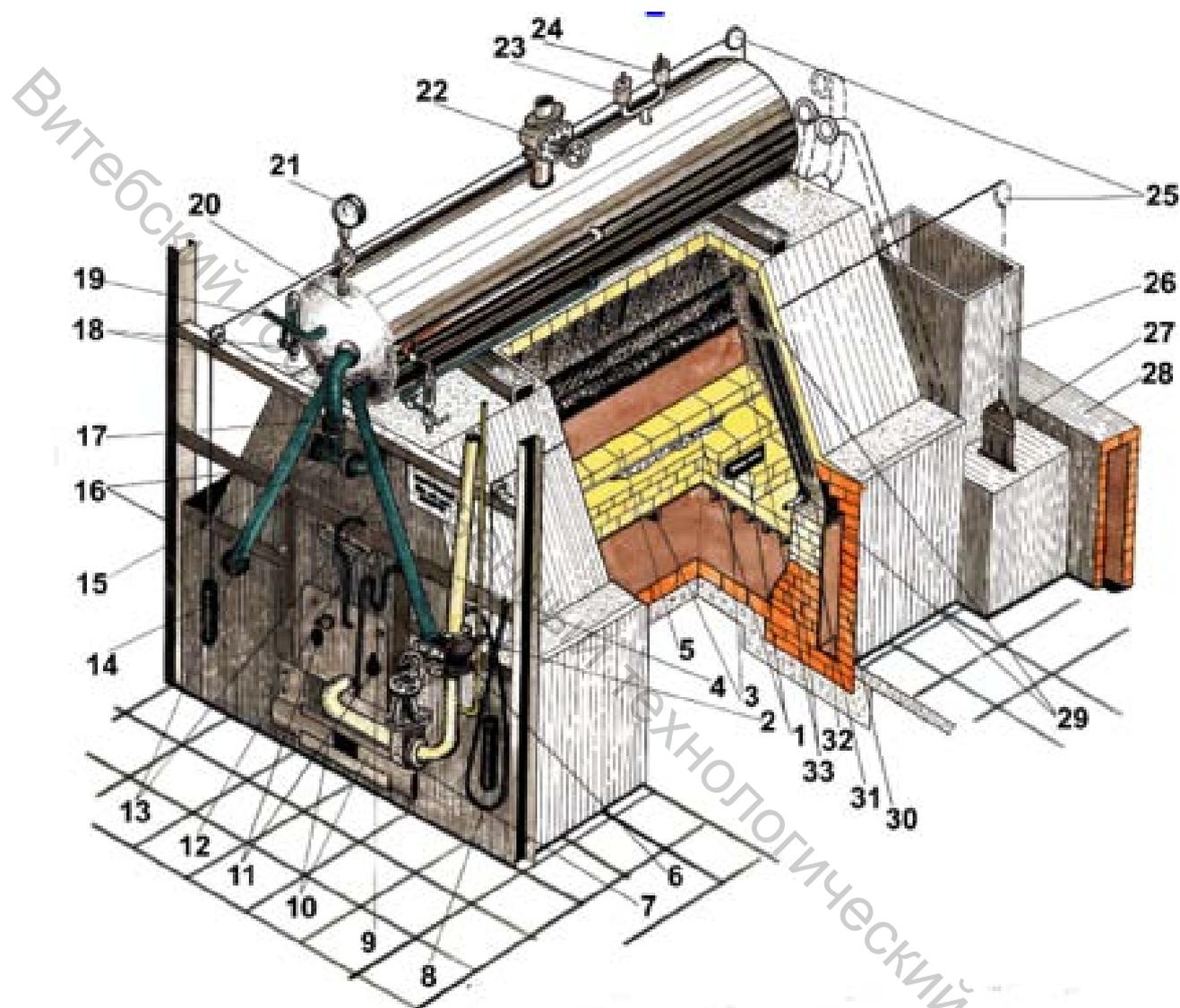


Рисунок 55

Паровой секционный котел состоит из трех основных частей:

1. Секционный водогрейный котел.
2. Барабан (паросборник).
3. Соединительные трубы барабана с секционным водогрейным котлом.

Барабан представляет собой стальной сварной корпус цилиндрической формы, имеющий выпуклые днища. Внутри его расположены 2 устройства:

- а) сепарационное устройство (дырчатый паросепарирующий лист);
- б) водораспределительное устройство (водораспределительное корыто).

Сепарационное устройство расположено в верхней части парового объема и представляет собой стальной лист с отверстиями, служит для частичного отделения капелек воды от пара. Водораспределительное устройство расположено немного ниже зеркала испарения и представляет собой стальное корыто с отверстиями, служит для равномерного перемешивания питательной воды, подаваемой в котел питательным насосом с котловой водой (так как они разные по температуре и по содержанию солей).

Трубы, соединяющие барабан с секционным водогрейным котлом, двух видов:

- а) опускающие питающие трубы;
- б) подъемные трубы пароводяной смеси.

Опускающие трубы соединяют нижнюю часть барабана с нижними коллекторами. Количество этих труб – четыре (по две спереди и сзади). В малосекционных котлах опускающих труб только две, и обычно сзади. Подъемные трубы соединяют верхние коллекторы с барабаном. Количество этих труб – две (по одной спереди и сзади). В малосекционных котлах подъемная труба одна, и обычно спереди.

### **Принцип работы**

#### **Движение дымовых газов**

Движение дымовых газов в паровом секционном котле такое же, как в базовом водогрейном.

**Циркуляция воды.** Циркуляция воды во всех паровых секционных котлах естественная. Питательная вода питательным насосом подается в барабан на водораспределительное корыто и равномерно смешивается с котловой водой. Уровень виден по водоуказательным приборам. Из барабана вода по опускающим трубам идет в нижние коллекторы, а из них в секции, где нагревается и закипает, превращаясь в пароводяную смесь. Пароводяная смесь поднимается в верхние коллекторы, а из них по подъемным трубам – в барабан. Здесь на зеркале испарения она разделяется на пар и воду. Пар поднимается в паровой объем, проходит сепарационное устройство, где частично отделяется от капелек воды и уходит к потребителю. Вода, оставшаяся в водяном объеме, продолжает аналогичную циркуляцию. При естественной циркуляции за один оборот вся вода в пар не превращается, поэтому такая циркуляция называется еще многократной.

### **Достоинства**

1. Простые по устройству.
2. Долговечные.

### **Недостаток**

1. Низкий КПД, который при работе котла на газе составляет 73–74 %.

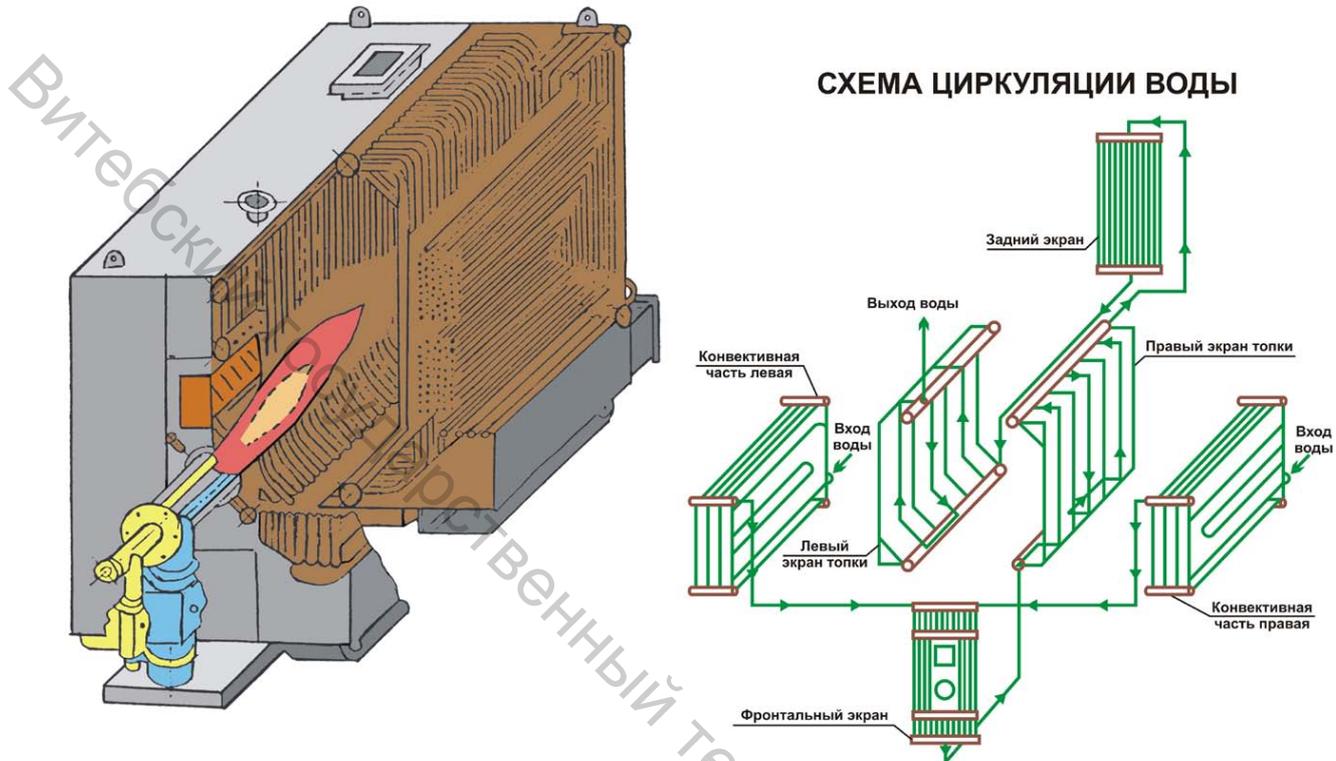


Рисунок 56 – Котел КБН-Г-2,5

Котел выпускается Гомельским заводом «Коммунальник».

### **Назначение и устройство**

Котел водогрейный блочный, работающий под наддувом КБН-Г-2,5, предназначен для выработки горячей воды для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения с температурой нагрева до  $115^{\circ}\text{C}$  и давлением до 6 атмосфер. Номинальная теплопроизводительность котла – 2,9 МВт. Топка котла полностью экранирована двумя боковыми экранами, которые удлиняются вниз и вверх и закрывают пол и потолок топки. Имеется также передний и задний экраны. Экраны мембранного типа, выполнены из стальных труб  $\varnothing 51 \times 4$  мм. Каждый экран имеет верхний и нижний коллекторы. Справа и слева от топки расположены конвективные части котла, которые набираются из змеевиков стальных труб  $\varnothing 28 \times 3$  мм С-образной формы. Трубы привариваются к вертикальным стоякам, образуя пучок с шахматным расположением.

В средней части переднего экрана имеется отверстие для горелки.

С внешней стороны фронтального экрана смонтирована фронтальная плита, на которой установлена блочная горелка, запальник с фотодатчиком и фото-

датчик для контроля пламени горелки. В верхней части фронтальной плиты устроен лаз для осмотра внутренних поверхностей топки, закрытый крышкой.

Обмуровка у котла легкая из минеральных плит. Снаружи котел обшит листовой сталью для герметичности.

### **Принцип работы**

#### **Движение дымовых газов**

При сгорании газозооушной смеси дымовые газы поднимаются в топке вверх, там они разветвляются на два потока и через фестоны боковых экранов попадают в правую и левую конвективные части. В конвективных частях дымовые газы движутся вниз, выходят в горизонтальные газоходы, по ним движутся в заднюю часть котла, сходятся в общий газоход, откуда под давлением попадают в боров и дымовую трубу. Из дымовой трубы дымовые газы попадают в атмосферу. На общем газоходе котла установлен шибер для отключения котла от боров.

**Циркуляция воды** принудительная многоходовая. Разделенная на два потока обратная сетевая вода сетевым насосом подается в котел через два патрубка  $\text{Ø}108 \times 4$  мм, находящиеся на задней поверхности котла и поступает в левый и правый конвективные пучки.

После конвективных пучков водяные потоки объединяются в общий поток, который последовательно проходит передний экран топки, правый боковой экран, задний экран и левый боковой экран. Из левого бокового экрана вода через патрубок  $\text{Ø}159 \times 6$  мм, расположенный в верхней части котла, поступает в общий трубопровод и снова идет в систему отопления.

**Достоинство:** при работе на газе КПД до 93 %.

### **Мазутные форсунки**

Форсунка – это устройство для подачи, распыления и распределения в воздушном потоке жидкого топлива, поступающего в топку котла.

В зависимости от способа распыления форсунки бывают :

- паровые,
- механические,
- паромеханически- ротационные.

**Паровая форсунка** состоит из корпуса (труба в трубе), узла подключения к пару и мазуту и распыливающей головки. По внутренней трубе движется пар, а в рубашке между труб – мазут. Пар выполняет двойную роль: догревает мазут до вязкости, близкой к вязкости воды, и капельки воды в нем способствуют распылению мазута.

Паровая форсунка работает на малых параметрах мазута ( $P = 5-10$  атмосфер,  $T = 110-120$  °C).

Недостатки паровой форсунки :

- 1) шум при работе,
- 2) пригорание мазута и закупорка (требуется отключение для чистки при работе),
- 3) значительный расход пара на распыление мазута.

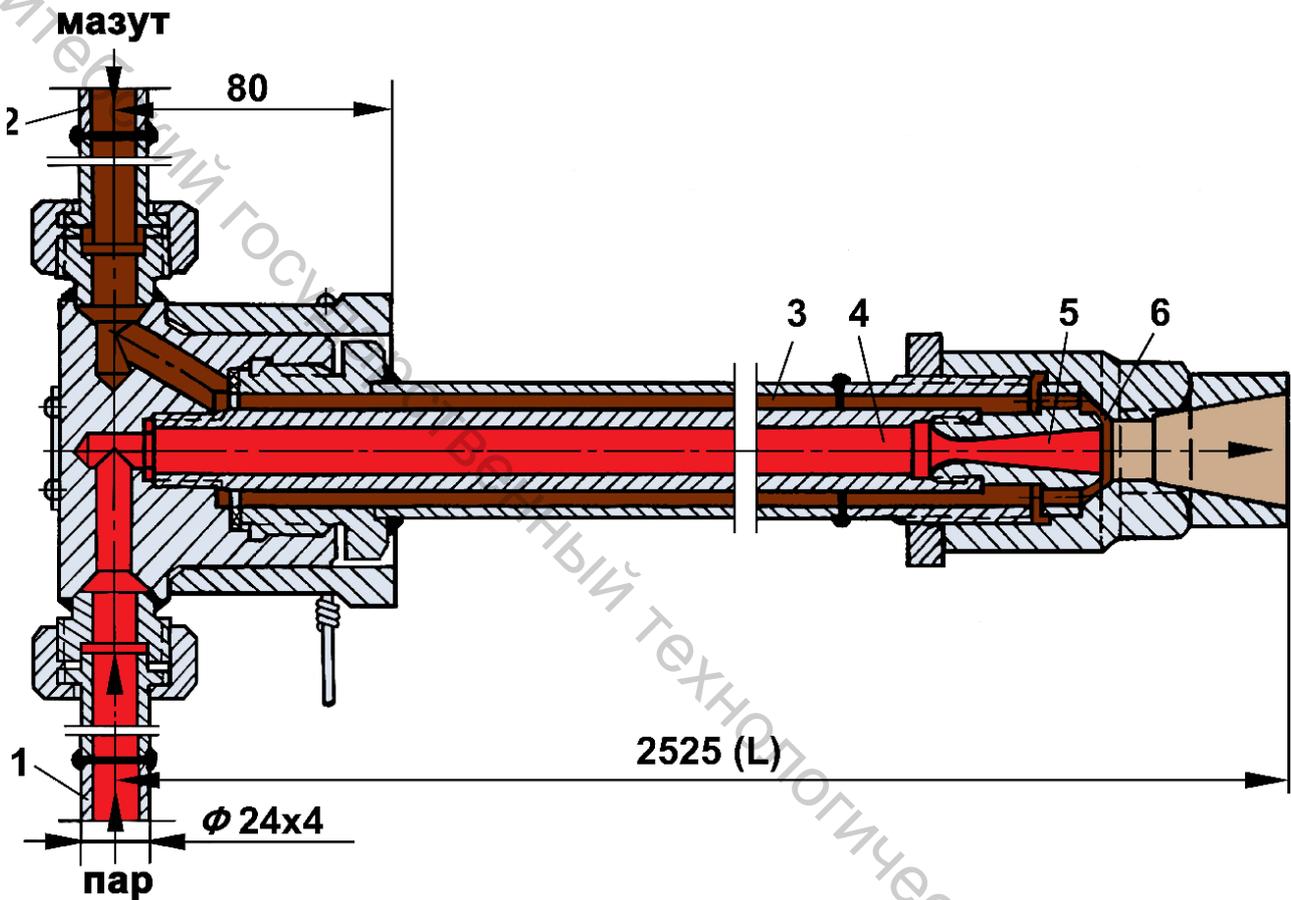


Рисунок 57 – Паровая форсунка:

1 – паропровод, 2 – мазотопровод, 3 – кольцевой канал для мазута, 4 – внутренний паровой канал, 5 – сопло, 6 – зазор, регулируемый при монтаже

### Механическая форсунка

В этой форсунке мазут движется по трубе и под давлением распыливается с помощью распыливающей головки.

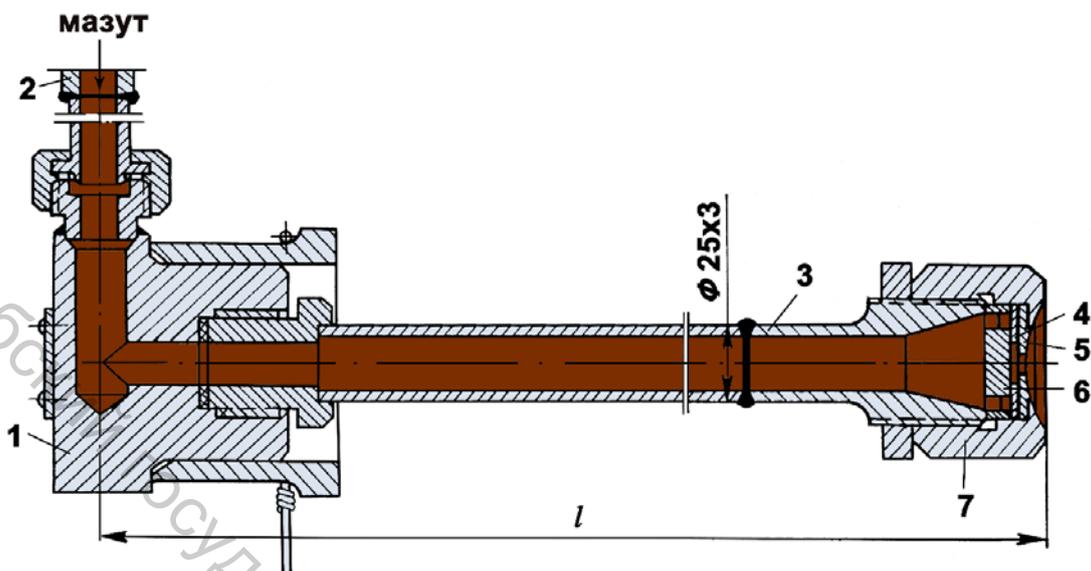


Рисунок 58 – Механическая форсунка :

1 – корпус, 2 – мазотопровод, 3 – ствол, 4 – распыливающая шайба, 5 – завихряющий диск, 6 – распределительный диск, 7 – пустотелая гайка

Механическая форсунка не требует чистки при работе, отличается высокой экономичностью (отсутствует расход пара на распыление мазута) и бесшумной работой.

Для механических форсунок требуется установка более сложного и дорогого оборудования, так как они работают на мазуте высоких параметров ( $P = 10\text{--}25$  атмосфер,  $T = 130\text{--}140$  °С).

**Паромеханическая форсунка** использует лучшие качества обеих предыдущих. Мазут в ней движется по внутренней трубе, а пар – в рубашке между трубами.

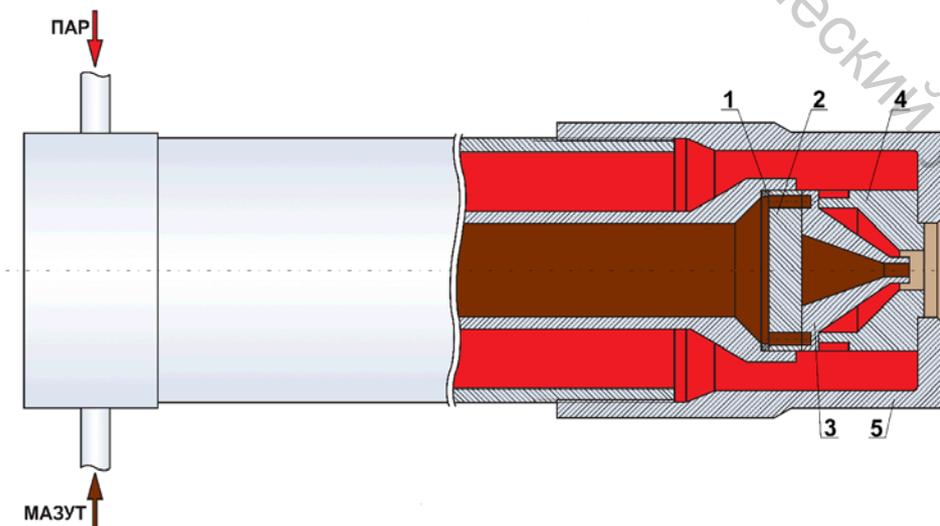


Рисунок 59 – Паромеханическая форсунка :

1 – прокладка, 2 – распределительная шайба, 3 – распылитель, 4 – паровой завихритель, 5 – гайка

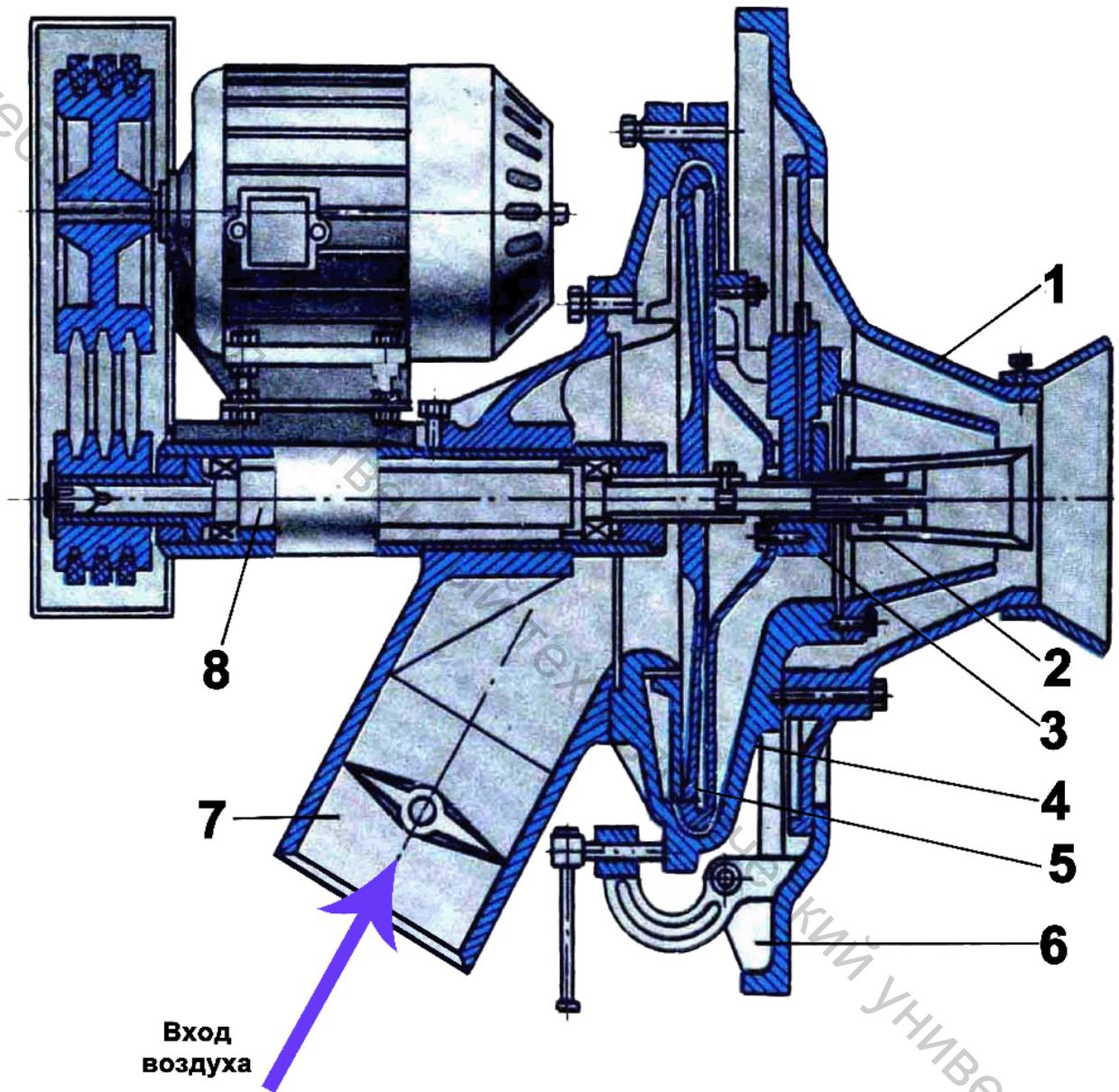


Рисунок 60 – Мазутная ротационная форсунка :

1 – кожух, 2 – распыливающая чаша, 3 – сопло, 4 – корпус, 5 – крыльчатка вентилятора; 6 – линия подачи воздуха, 7 – вал

## 14 Состав оборудования ГРП и его назначение

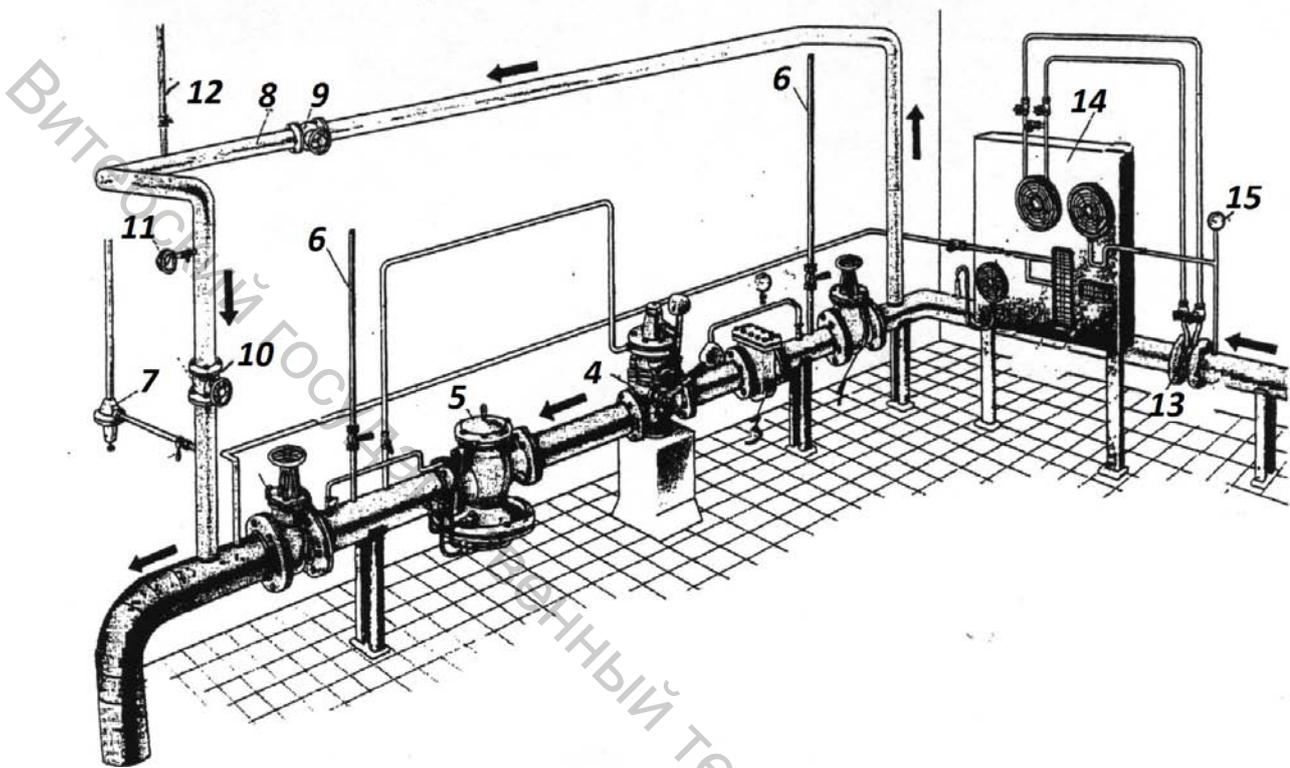


Рисунок 61 – Оборудование ГРП :

1 – входная задвижка; 2 – выходная задвижка (задвижки служат для отключения основной технологической линии); 3 – фильтр – для очистки газа от механических примесей; 4 – предохранительно-запорный клапан – для прекращения подачи газа при повышении или понижении давления газа после регулятора сверх заданных пределов; 5 – регулятор давления газа – для снижения давления газа до необходимого потребителю и поддержания этого давления на заданном уровне независимо от расхода газа и изменения в определенных пределах входного давления; 6 – продувочная свеча – для продувки газопроводов и оборудования ГРП; 7 – предохранительно-сбросное устройство – для сброса газа в атмосферу в случае повышения выходного давления; 8 – обводной газопровод (байпас) – для подачи газа потребителям в случае ремонта или замены оборудования на основной линии; 9 – контрольная задвижка; 10 – рабочая задвижка (эти задвижки служат для отключения байпаса); 11 – манометр; 12 – свеча безопасности – для сброса газа в атмосферу в случае негерметичности задвижек байпаса; 13 – диафрагма – для учета расхода газа; 14 – щит КИП; 15 – показывающий манометр входного давления

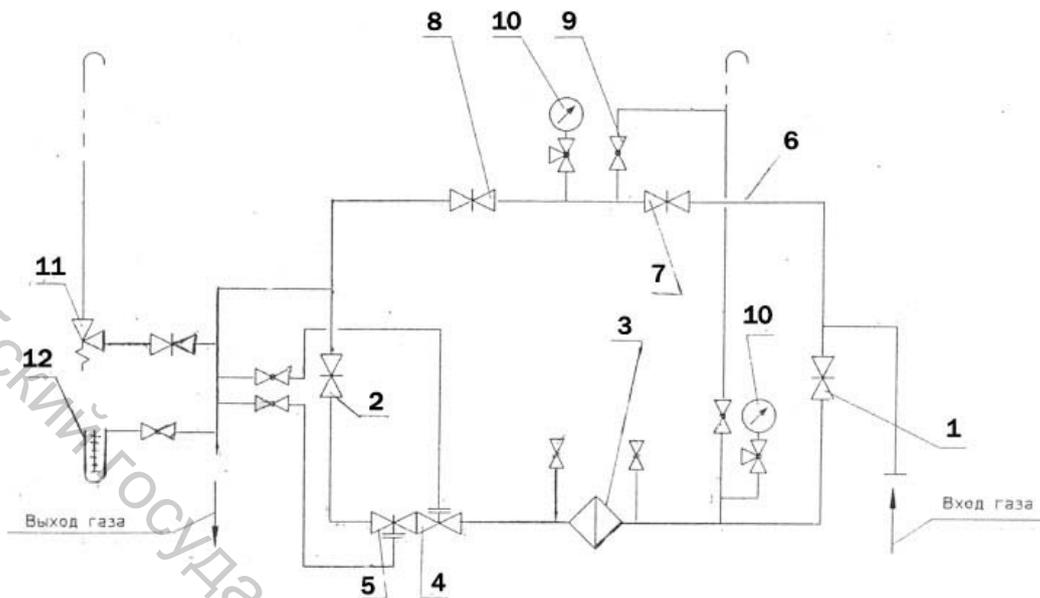


Рисунок 62 – Схема оборудования ГРП :

1 – входной кран; 2 – выходной кран; 3 – фильтр типа ФГ; 4 – предохранительно-запорный клапан ПКН – 50; 5 – регулятор давления газа РДБК 1-50; 6 – байпас; 7, 8 – краны на байпасе; 9 – свеча безопасности; 10 – манометр; 11 – предохранительно-сбросной клапан КПС – 50Н; 12 – манометр выходного давления

### Регулятор давления типа РД – М

#### Техническая характеристика

1. Максимальное давление на входе – 1,2 МПа.

2. Пределы настройки выходного давления:

а) 90 – 200 мм. вод. ст. – для природного газа;

б) 200 – 350 мм. вод. ст. – для сжиженного газа.

3. Пропускная способность:

РД-32М – 200 м<sup>3</sup>/час:

РД-50М – 750 м<sup>3</sup>/час.

4. Диаметр седла регулятора:

РД-32М – 4; 6; 10 мм;

РД-50М – 8; 11; 15; 20; 25 мм.

5. Пределы настройки предохранительно-сбросного клапана: 150 – 400 мм вод. ст.

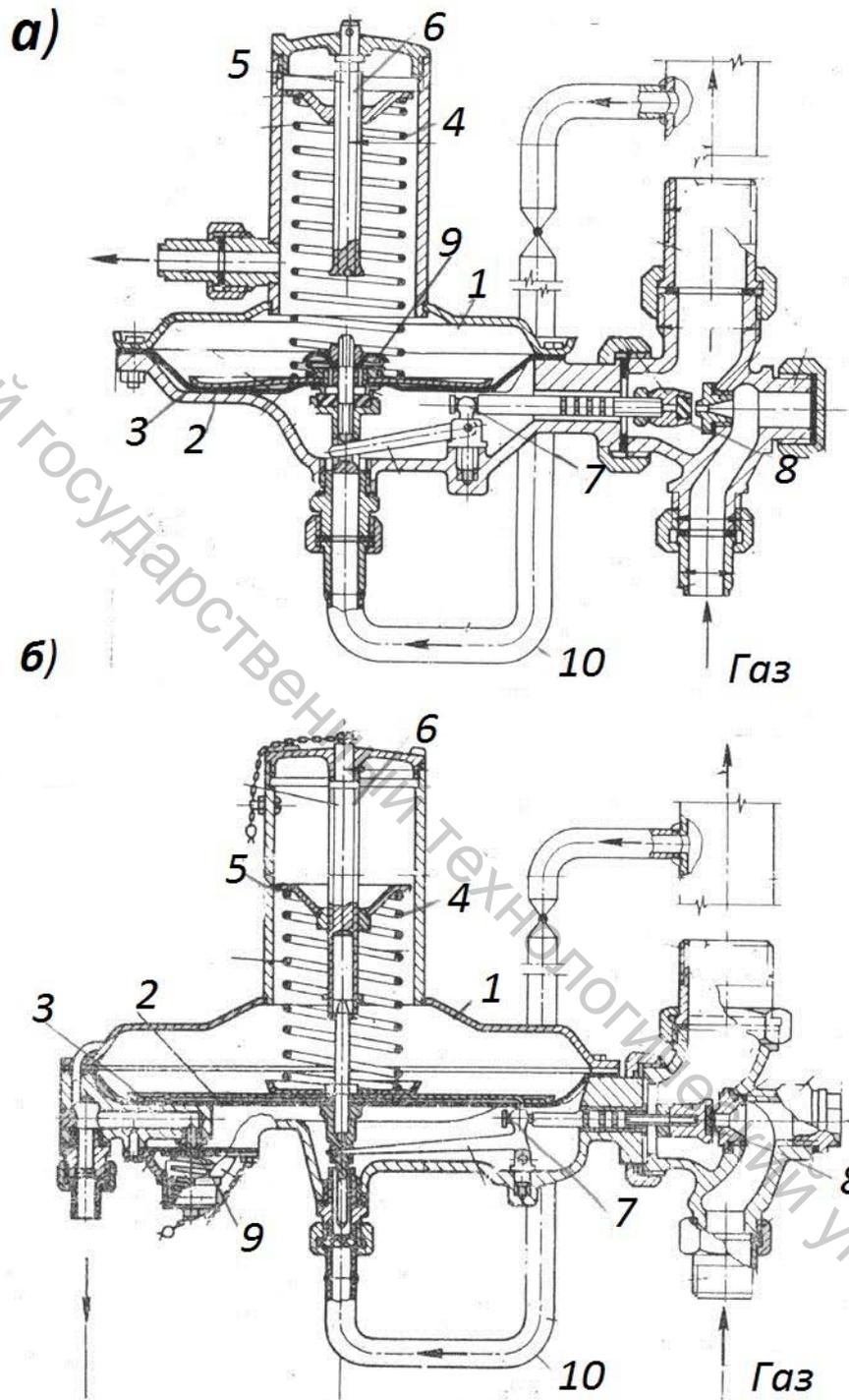


Рисунок 63 – Регулятор давления типа РД – М :

1 – корпус, 2 – мембрана, 3 – тарелка, 4 – настроечная пружина, 5 – нажимная гайка, 6 – регулировочный винт, 7 – рычажный механизм, 8 – клапан, 9 – предохранительно-сбросной клапан, 10 – импульсная трубка выходного давления

Эти регуляторы беспилотные, прямого действия.

### **Принцип работы регулятора**

Настройка регулятора на необходимое давление производится путем сжатия регулировочной пружины, под действием которой мембрана перемещается вниз и через рычажный механизм клапан открывается, пропуская газ в газопровод к потребителю.

При увеличении расхода газа давление газа за регулятором понизится, соответственно уменьшится оно и в подмембранном пространстве регулятора, равновесие мембраны нарушится и под действием пружины она переместится вниз. Через рычажный механизм клапан приоткроется, что приведет к увеличению расхода газа и восстановлению конечного давления. При уменьшении расхода газа выходное давление повысится и процесс регулирования произойдет в обратном направлении. В случае прекращения расхода газа возросшее после регулятора давление газа поднимет мембрану вверх и через рычажный механизм произойдет полное закрытие клапана.

При отсутствии расхода газа выходное давление может повыситься и вызвать разрыв мембраны регулятора. Предохраняет мембрану от разрыва предохранительно-сбросной клапан, сбрасывая газ в атмосферу, в результате чего, дальнейший рост давления в сети за регулятором прекратится.

В регуляторе РД-32М предохранительно-сбросное устройство расположено в центральной части мембраны и включает в себя 8 отверстий диаметром 3,5 мм (суммарная площадь  $\approx 77 \text{ мм}^2$ ), просверленных в мембране и прилегающей к ней шайбе. Настройка сбросного клапана на срабатывание производится поджатием пружины. Если в подмембранной полости давление оказывается больше давления настройки, то мембрана, преодолевая усилие пружины, несколько приподнимется и через открывшиеся отверстия часть газа сбрасывается в надмембранную полость и далее через сбросной трубопровод в атмосферу.

У регулятора РД-50М сбросной клапан скомпонован в приливе на нижней части мембранной коробки.

При настройке регулятора вращение винта по часовой стрелке ведет к подъему нажимной гайки, уменьшению сжатия пружины и соответственно уменьшению выходного давления. При вращении винта против часовой стрелки выходное давление повышается.

Окончательную настройку регулятора на номинальное выходное давление рекомендуется производить при среднем возможном расходе газа для снижения статической ошибки при открытом кране на импульсной линии.

### Характерные неисправности регуляторов

1. Давление газа за регулятором резко снижается.

Причина: поломка пружины; засорение фильтра перед регулятором; засорение или обмерзание клапана.

2. Давление газа за регулятором резко повышается.

Причины:

- порыв мембраны;
- износ уплотнительной прокладки клапана;
- засорение седла клапана;
- сила упругости пружины не соответствует заданному режиму давления.

3. Пульсация выходного давления.

Причины:

- незначительный расход газа по сравнению с пропускной способностью регулятора;
- засорение импульсной трубки;
- неправильно выбрана точка прикрепления импульсной трубки к выходному газопроводу.

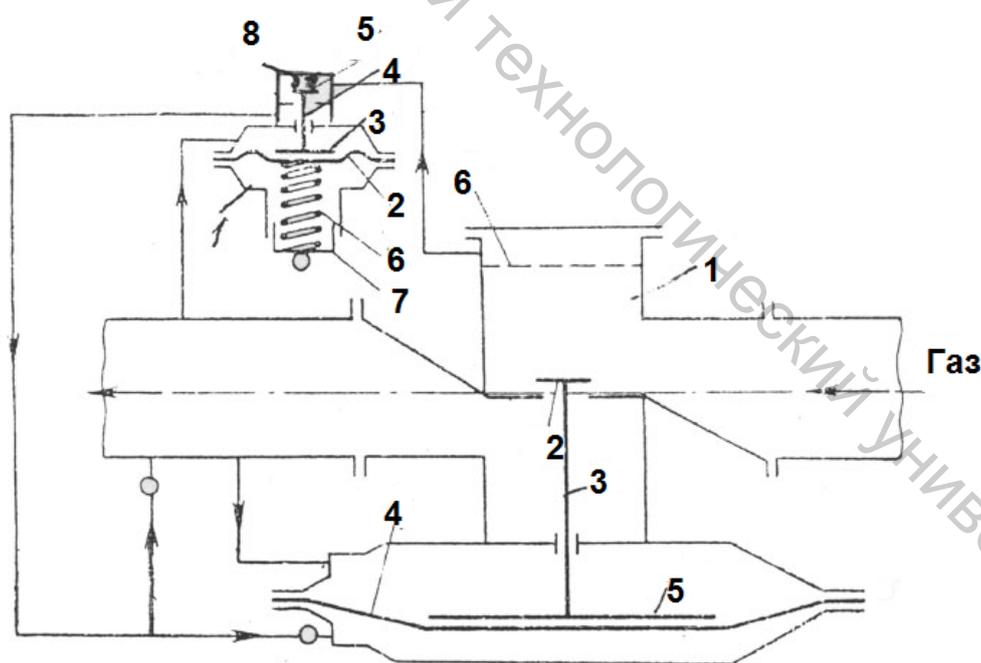


Рисунок 64 – Регулятор давления типа РДУК 2 :

1 – корпус, 2 – мембрана, 3 – тарелка (у КВ2 – диск), 4 – шток, 5 – клапан, 6 – настроечная пружина, 7 – регулировочный стакан с винтом, 8 – возвратная пружина

В обвязку регулятора входят импульсные трубки, которые соединяют регулятор, пилот и выходной газопровод.

## **Регулятор давления типа РДУК 2**

Регуляторы установлены с условными проходами 50, 100 и 200 мм. Регулятор РДУК 2-50 имеет клапан с одним седлом  $\varnothing$  35 мм. У РДУК 2 -100 и 200 установлен клапан с двумя сменными седлами, соответственно  $\varnothing$  50 и 70 мм;  $\varnothing$  105 и 140 мм. Регулятор непрямого действия, т. е. он работает по команде регулятора управления (пилота). В зависимости от выходного давления РДУК 2 комплектуют соответствующим пилотом:

- для давления от 0,0005 до 0,06 МПа – пилотом КН2,
- для давления от 0,06 до 0,6 МПа – пилотом КВ2.

В пилоте КВ2 для уменьшения активной площади мембраны между нею и нижней крышкой установлен диск с наружным диаметром 160 и внутренним – 55 мм. У КН2 под мембраной установлена тарелка с наружным диаметром 100 и внутренним – 12,2 мм. Мембрана КН2 в отличие от КВ2 ( $\delta = 0,8 \div 1,0$  мм) состоит из двух слоев более тонкого мембранного полотна ( $\delta = 0,32 \div 0,37$  мм), причем нижний слой прокалывается шилом в четырех местах по окружности 110 мм.

РДУК 2-50 и 100 рассчитаны на входное давление до 1,2 МПа, РДУК 2-200 – до 0,6 МПа из-за чрезмерно больших усилий, воздействующих на мембранный узел. Применение указанного регулятора на давлениях до 1,2 МПа может быть допущено только при усилении мембранного узла в заводских условиях.

### **Принцип работы регулятора.**

В нерабочем состоянии винт пилота вывернут, мембрана занимает нижнее положение, клапан пилота закрыт. Основной клапан регулятора под своим весом тоже закрыт. Для пуска регулятора в работу подаем газ в регулятор. Из корпуса регулятора по импульсной трубке газ поступает в пилот. После вворачивания винта пилота, под действием сжатой пружины, мембрана со штоком поднимается, и клапан пилота открывается, пропуская по импульсным трубкам газ через дроссель  $d_1$  под мембрану регулятора и через дроссель  $d$  частично на сброс в выходной газопровод. Под возрастающим давлением мембрана регулятора со штоком поднимается, и клапан регулятора открывается, пропуская газ к потребителю.

При увеличении расхода газа давление в выходном газопроводе и через импульсные трубки над мембранами пилота и регулятора уменьшается. Мембрана пилота под действием пружины поднимается, и клапан пилота откроется

больше, благодаря чему увеличится поступление газа в подмембранную полость регулятора, что приведет к подъему мембраны и большему открытию клапана регулятора. В результате упавшее давление в выходном газопроводе восстановится.

При уменьшении расхода газа все происходит в обратном порядке.

При полном прекращении расхода газа давление в выходном газопроводе и над мембранами пилота и регулятора увеличивается настолько, что под его воздействием мембрана пилота опускается, и клапан пилота полностью закрывается, прекращая подачу газа под мембрану регулятора. Мембрана опускается, и клапан регулятора закрывается, прекращая подачу газа в газопровод к потребителю.

### **Характерные неисправности регулятора.**

1. Снижение давления газа за регулятором.

Причины:

- разрыв мембраны регулятора;
- выход из строя настроечной пружины пилота.

2. Повышение давления газа за регулятором.

Причины:

- разрыв мембраны пилота;
- засорение седла клапана;
- износ резиновой прокладки клапана;
- заедание штока клапана.

3. Выходное давление постепенно уменьшается, временами резко возрастает и вновь снижается.

Причина:

- обмерзание клапана и седла пилота.

4. Выходное давление постепенно уменьшается, и поджатие пружины пилота его не повышает.

Причины:

- засорение фильтра;
- засорение седла клапана;
- поломка настроечной пружины пилота.

5. Выходное давление изменяется одновременно с изменением входного давления.

Причины:

- перепутаны места установки дросселей  $d$  и  $d_1$ ;
- дроссели вообще не установлены.

6. Выходное давление сильно колеблется при малых расходах газа.

Причина:

- слишком большая пропускная способность регулятора.

## Регуляторы давления типа РДБК

### Техническая характеристика

Регуляторы выпускаются с условными проходами 25, 50 и 100 мм.

1. Максимальное давление на входе:

РДБК – 25 – 1,6 МПа;

РДБК – 50 и 100 – 1,2 МПа.

2. Диаметр седел клапанов:

РДБК – 25 – 21 мм;

РДБК – 50 – 35 мм;

РДБК – 100 – 50 и 70 мм.

3. Пределы настройки выходного давления:

РДБК 1 – 0,001 – 0,06 МПа;

РДБК 1П – 0,03 – 0,6 МПа.

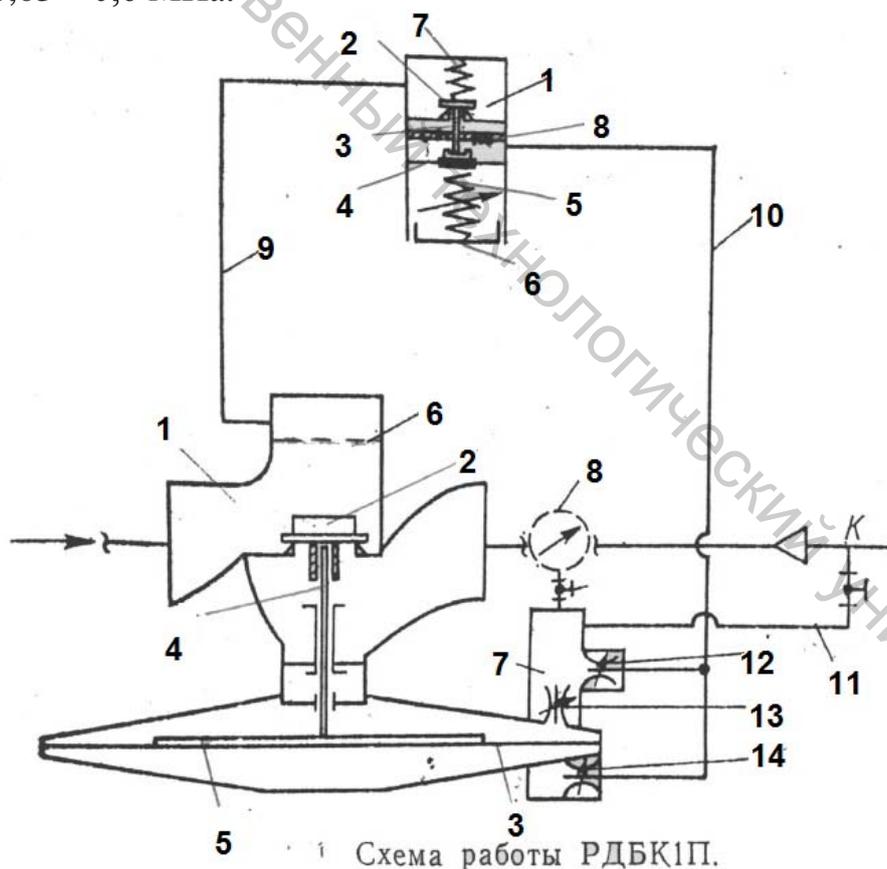


Рисунок 65 – Регулятор РДБК 1П :

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – мембрана; 4 – шток; 5 – тарелка; 6 – фильтр-сетка;  
7 – импульсная колонка; 8 – манометр; 9, 10, 11 – импульсные трубки; 12, 13, 14 – дроссели

### **Принцип работы регулятора**

В нерабочем состоянии винт пилота вывернут, клапан пилота закрыт, основной клапан тоже закрыт. Для пуска регулятора в работу подаем газ в регулятор и вворачиваем винт пилота. Под действием сжатой пружины мембрана со штоком поднимается, и клапан пилота открывается, пропуская газ по импульсной трубке через дроссель под мембрану регулятора и через второй дроссель в импульсную колонку и оттуда через дроссель на мембрану регулятора и частично на сброс в выходной газопровод. За счет разной пропускной способности давление под мембраной будет больше, чем над ней за счет разности давлений, мембрана со штоком поднимается, и клапан регулятора открывается, пропуская газ в газопровод к потребителю.

В процессе работы мембрана регулятора находится под воздействием выходного давления. И как меняется давление в выходном газопроводе, также оно будет меняться при изменении расхода над мембраной регулятора, поэтому мембрана занимает различные положения и клапан, связанный с ней через шток, будет пропускать к потребителю различное количество газа в зависимости от расхода.

### **Характерные неисправности РДБК**

1. Неплотное закрытие клапана.

Причины:

- засорение седла клапана стабилизатора, пилота, регулятора;
- засорение дросселирующих устройств;
- износ уплотняющих прокладок клапанов;
- деформация кромок седел клапанов.

2. При сжатой пружине пилота клапан регулятора не открывается.

Причина:

- разрыв мембраны регулятора.

3. Регулятор не поддерживает заданное давление газа.

Причины:

- большая высота головки болта (более 2,5 мм) стягивающего мембрану и тарелку;
- превышение внутреннего диаметра тарелки над наружным диаметром пружины (более 1 мм).

4. Колебания и вибрации выходного давления.

Причины:

- увеличенный диаметр сбросных дросселей;
- неплотно завернуты хвостовики дросселей во фторопластовые шайбы.

## **Комбинированные регуляторы давления**

Комбинированные регуляторы давления выполняют все функции ГРП.

### **Размещение комбинированных регуляторов**

Комбинированные регуляторы давления газа следует устанавливать на опорах из негорючих материалов или на наружных стенах газифицируемых зданий (в том числе крышных котельных) не ниже III – IIIа степени огнестойкости, кроме стен из панелей с металлической обшивкой и горючим утеплителем, или на кровле зданий, или на деревянных стенах индивидуальных жилых домов, или внутри зданий (кроме жилых домов и общественных зданий). Расстояние от комбинированного регулятора, устанавливаемого на опорах, до жилых зданий следует принимать не менее 1 м при входном давлении до 0,3 МПа и не менее 5 м – до 0,6 МПа.

При установке регулятора на деревянных стенах индивидуальных жилых домов необходима их изоляция несгораемыми материалами: штукатуркой, кровельной сталью по листу асбеста толщиной не менее 3 мм и др.

Изоляция должна выступать за габариты защитного кожуха с каждой стороны 0,5 м. Расстояние по горизонтали от края защитного кожуха регулятора до проема должно составлять не менее 1 м.

Входное давление газа в комбинированном регуляторе не должно превышать:

- для жилых домов и общественных зданий – 0,3 МПа при установке на стене газифицируемых зданий и 0,6 МПа при размещении на отдельно стоящей опоре;
- для промышленных (в том числе котельных) и сельскохозяйственных предприятий – 0,6 МПа при установке на стенах зданий и 1,2 МПа при размещении на отдельно стоящих опорах.

Комбинированные регуляторы следует устанавливать на высоте, как правило, не более 2,2 м. При необходимости установки регулятора на большей высоте следует предусматривать площадку для его обслуживания.

Расстояние от комбинированного регулятора, устанавливаемого на стене здания (кроме индивидуальных жилых домов) до оконных, дверных и других проемов следует принимать не менее:

- 1 м по вертикали и 3 м по горизонтали при давлении газа на входе в регулятор не более 0,3 МПа;
- 3 м по вертикали и 5 м по горизонтали при давлении газа на входе в регулятор свыше 0,3 МПа.

Установка комбинированных регуляторов под балконами не допускается. При установке комбинированных регуляторов на опорах расстояние от него до зданий и сооружений следует принимать как для газопровода соответствующего давления.

При размещении комбинированных регуляторов внутри газифицируемых производственных зданий следует руководствоваться требованиями по размещению ГРУ.

### **Регулятор РДСК – 50**

#### Техническая характеристика регулятора

1. Максимальное входное давление – 12 кгс/см<sup>2</sup>.
2. Предел настройки выходного давления – 0,1 – 1 кгс/см<sup>2</sup>.
3. Пропускная способность регулятора – 400 м<sup>3</sup>/час.
4. Условный проход входного патрубка – 32 мм, выходного – 50 мм.

#### Принцип работы регулятора

РДСК-50 устроен и работает так же, как и РДГД-20.

#### Характерные неисправности РДГД-20 и РДСК-50

1. Значительное снижение выходного давления – сработало отключающее устройство.

##### Причины:

- заедание подвижной системы регулятора;
- загрязнение трущихся частей;
- прорыв рабочей мембраны;
- поломка настроечной пружины выходного давления;
- намораживание кристаллогидратов в зоне рабочего клапана.

2. Значительное повышение выходного давления – сработало отключающее устройство.

##### Причины:

- заедание подвижной системы регулятора;
- прорыв мембраны;
- поломка настроечной пружины выходного давления;
- намораживание кристаллогидратов в зоне рабочего клапана;
- износ уплотнения рабочего клапана.

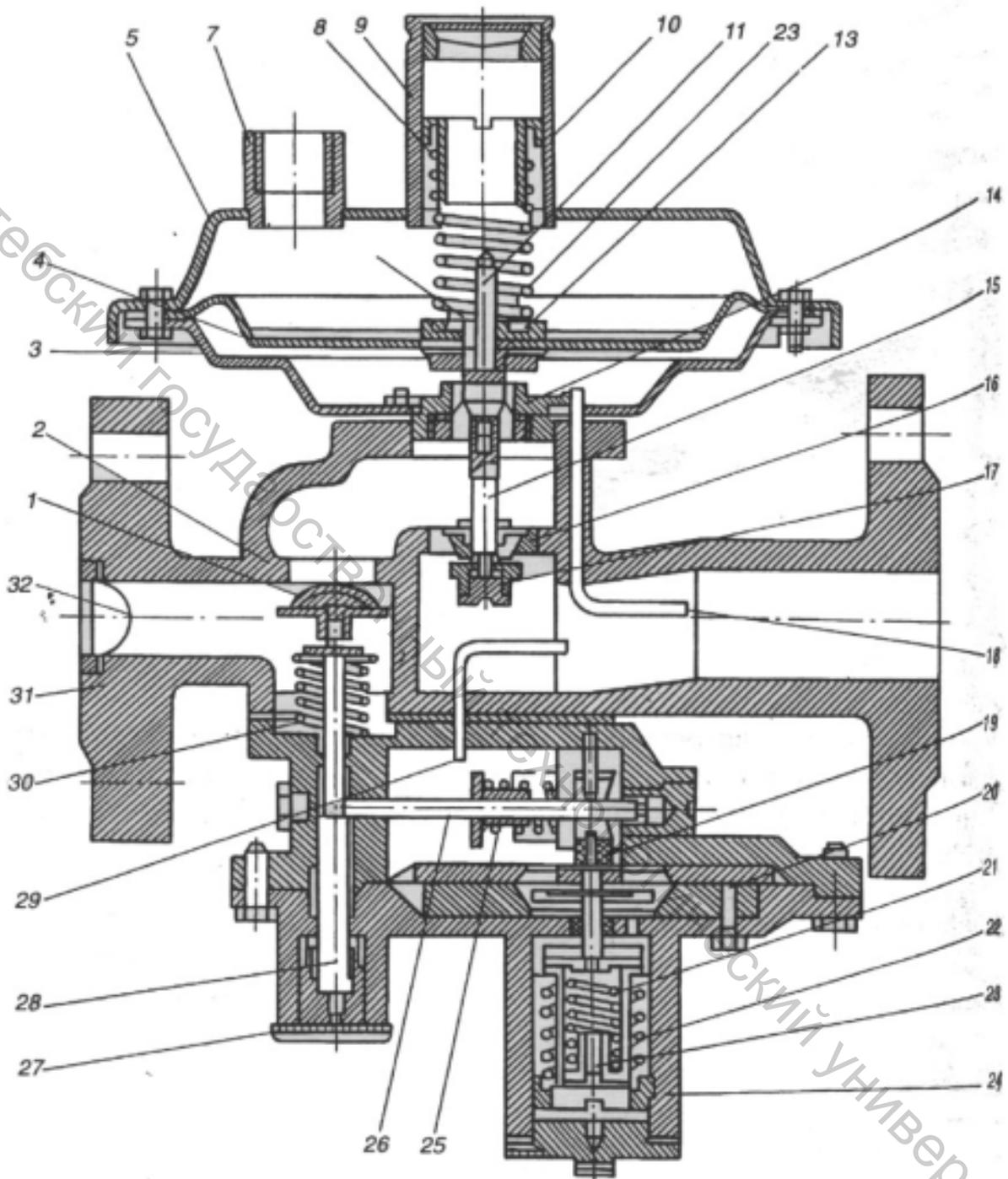


Рисунок 66 – Регулятор РДСК – 50 :

1 – клапан отсечной; 2 – седло клапана; 3 – корпус; 4, 20 – мембрана; 5 – крышка; 6 – гайка; 7 – штуцер; 8, 12, 21, 22, 25, 30 – пружины; 9, 23, 24 – направляющие; 10 – стакан; 11, 15, 26, 28 – штоки; 13 – клапан сбросный; 14 – мембрана нагрузочная; 16 – седло рабочего клапана; 17 – клапан рабочий; 18, 29 – трубки импульсные; 19 – толкатель; 27 – пробка; 31 – корпус регулятора; 32 – сетка.

## Регулятор РДНК – 400

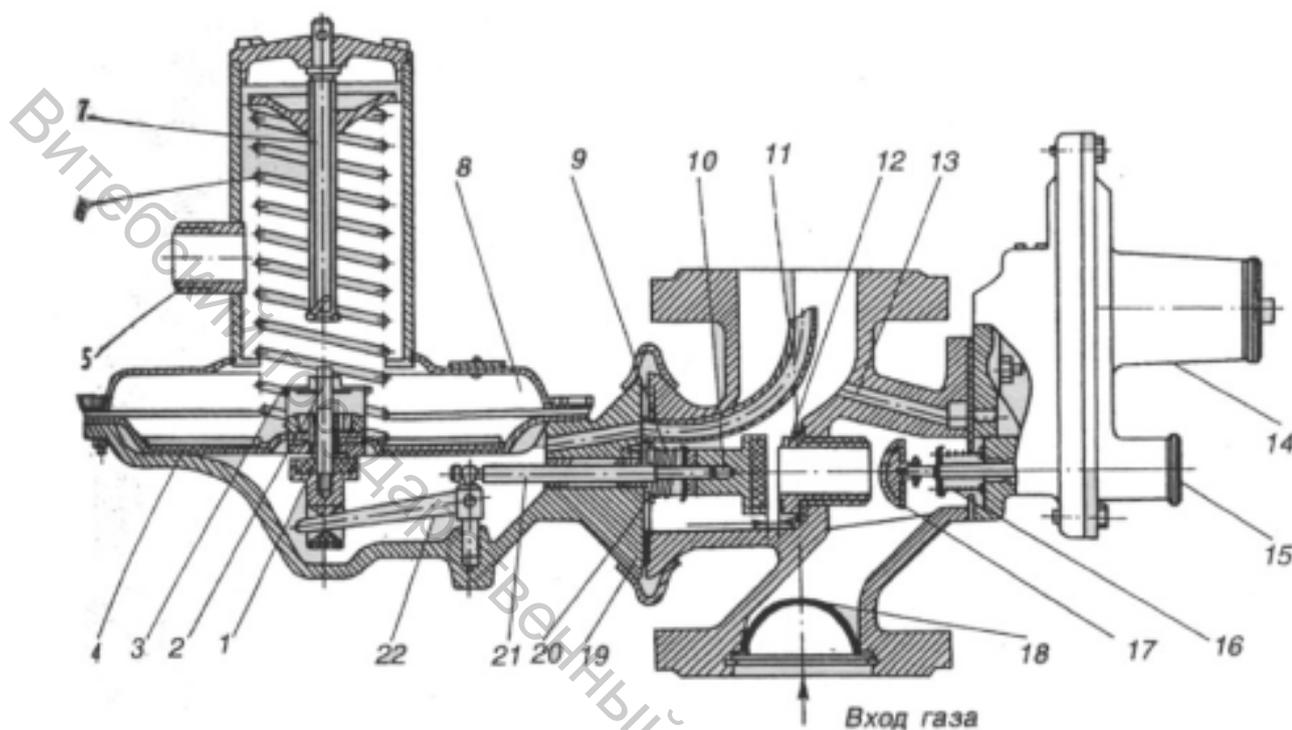


Рисунок 67 – Регулятор РДНК – 400 :

1 – клапан сбросный; 2, 20 – гайки; 3 – пружина настройки сбросного клапана; 4 – мембрана рабочая; 5 – штуцер; 6 – пружина настройки выходного давления; 7 – винт регулировочный; 8 – камера мембранная; 9, 16 – пружины; 10 – клапан; 11, 13 – трубки импульсные; 12 – сопло; 14 – стакан; 15 – крышка; 17 – клапан отсечный; 18 – фильтр; 19 – корпус; 21, 22 – механизм рычажный (шток клапана и коромысло)

### Техническая характеристика регулятора.

1. Максимальное входное давление – 6 кгс/см<sup>2</sup>;
2. Пределы настройки выходного давления – 200 – 300 мм вод. ст.
3. Пропускная способность регулятора – 400 м<sup>3</sup>/час.
4. Условный проход входного и выходного патрубков – 50 мм.

### Принцип работы регулятора

Регулятор устроен и работает так же, как РД – 32 М, а отсечное устройство устроено и работает таким же образом, как у РДГД – 20 и РДСК – 50, характерные неисправности регулятора такие же, как у предыдущих регуляторов.

## Предохранительно-запорный клапан ПКН (ПКВ)

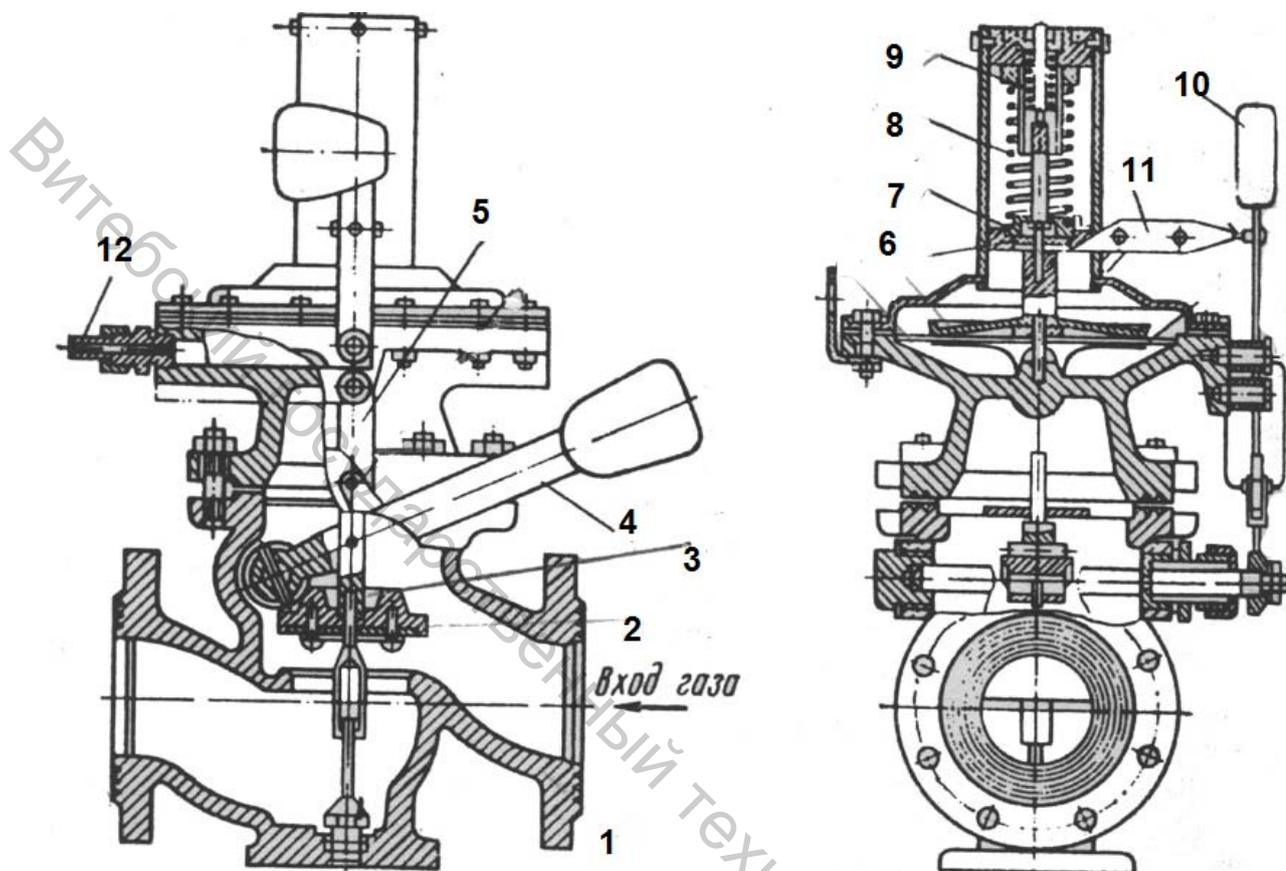


Рисунок 68 – Предохранительно-запорный клапан ПКН (ПКВ) :

1 – клапан; 2 – клапан; 3 – перепускной клапан; 4 – грузовой рычаг; 5 – анкерный рычаг; 6 – мембрана; 7 – тарелка (у ПКВ – гайка); 8 – шток; 9 – две настроечные пружины; 10 – рабочий молоток; 11 – коромысло; 12 – штуцер для подключения импульсной трубки выходного давления

ПКН – контролирует низкое выходное давление, ПКВ – среднее и высокое.

Клапан ПКВ отличается от ПКН более сильной пружиной, наличием дополнительного диска, уменьшающего эффективную площадь мембраны и отсутствием тарелки мембраны.

### Техническая характеристика

1. Максимальное входное давление – 12 кгс/см<sup>2</sup>.

2. Пределы настройки выходного давления:

- нижний – 0,003 – 0,03 кгс/см<sup>2</sup> - ПКН; 0,03 – 0,3 кгс/см<sup>2</sup> – ПКВ;

- верхний – 0,02 – 0,6 кгс/см<sup>2</sup> - ПКН; 0,3 – 6,0 кгс/см<sup>2</sup> – ПКВ.

3. Условный проход ПКН (ПКВ) – 50; 80; 100; 200 мм.

#### Принцип работы ПКН (ПКВ)

Для пуска ПЗК в работу грузовой и анкерный рычаги взводим в зацепление. Клапан при этом открывается и пропускает газ к регулятору. После настройки регулятора на необходимое давление открываем кран на импульсной линии к ПЗК и рабочий молоток зацепляем с коромыслом.

При повышении выходного давления сверх допустимого через импульсную трубку повышается оно и над мембраной ПЗК. Мембрана со штоком и внутренним концом коромысла опускается вниз, а наружный конец коромысла поднимается вверх, выходит из зацепления со штифтом рабочего молотка, молоток падает, ударяет по анкерному рычагу. Рычаги выходят из зацепления, и клапан закрывается. Аналогичным образом клапан срабатывает и при уменьшении выходного давления сверх допустимого, только мембрана, шток и коромысло идут в обратном направлении.

#### Характерные неисправности ПЗК

1. При нормальном выходном давлении клапан срабатывает.

Причины:

- прорыв мембраны;
- поломка пружин.

2. При чрезмерном изменении выходного давления клапан не срабатывает.

Причина:

- засорена импульсная трубка.

3. Негерметичность закрытия клапана.

Причины:

- засорение седла клапана;
- износ прокладки клапана.

4. При нормальном выходном давлении клапан срабатывает.

Причина:

- износ наружного конца коромысла.

#### Порядок настройки ПЗК

Настройка ПКН (ПКВ) производится сначала на нижний предел срабатывания, а затем на верхний.

Настройка на нижний предел ведется в такой последовательности:

1. При помощи регулировочной гайки сжимают большую пружину.
2. При помощи шпильки отпускают маленькую пружину.
3. Рабочий молоток зацепляют с коромыслом.
4. Под мембраной ПЗК создают давление, равное нижнему пределу настройки.

5. При помощи шпильки постепенно сжимают маленькую пружину до тех пор, пока молоток не начнет падать.

После чего проверяют правильность настройки.

1. Винтом пилота регулятора под мембраной ПЗК создают давление несколько больше нижнего предела настройки.

2. Рабочий молоток зацепляют с коромыслом.

3. Медленно вворачивая винт пилота, повышают давление до нижнего предела настройки, при котором рабочий молоток должен упасть.

Последовательность настройки на верхний предел.

1. Рабочий молоток зацепляют с коромыслом.

2. В подмембранной полости создают давление, равное верхнему пределу настройки.

3. При помощи регулировочной гайки отпускают большую пружину до тех пор, пока молоток не начнет падать.

Далее производят проверку правильности настройки.

1. В подмембранной полости устанавливаем давление, несколько меньше верхнего предела настройки.

2. Зацепляем рабочий молоток с коромыслом.

3. Медленно вворачиваем винт пилота, доводим давление до верхнего предела, при котором рабочий молоток должен упасть.

### **Предохранительно-запорный клапан КПЗ**

Клапан выпускается в двух исполнениях:

1. КПЗ (Н) 50; 100;

2. КПЗ (В) 50; 100.

КПЗ (Н) – контролирует низкое выходное давление, КПЗ (В) – среднее.

Оба клапана выпускаются с условными проходами 50 и 100 мм.

#### **Принцип работы КПЗ**

Для пуска клапана в работу вручную поворачиваем нижний рычаг и зацепляем его с верхним рычагом. Клапан при этом открывается и пропускает газ к регулятору. После настройки регулятора на необходимое давление открываем кран на импульсной линии к КПЗ и верхний рычаг зацепляем с упором наконечника.

При изменении выходного давления сверх допустимого, таким же образом меняется оно и над мембраной КПЗ. Мембрана перемещается в ту или иную сторону, и наконечник выходит из зацепления с упором, установленным на верхнем рычаге. Рычаги освобождаются, ось поворачивается, и под действием пружин клапан закрывается.

#### **Характерные неисправности КПЗ**

1. Заедание поворотного рычага.

Причина:

- повреждение уплотнительного кольца.

2. Неплотное закрытие клапана.

### Клапан предохранительно-запорный КПЗ

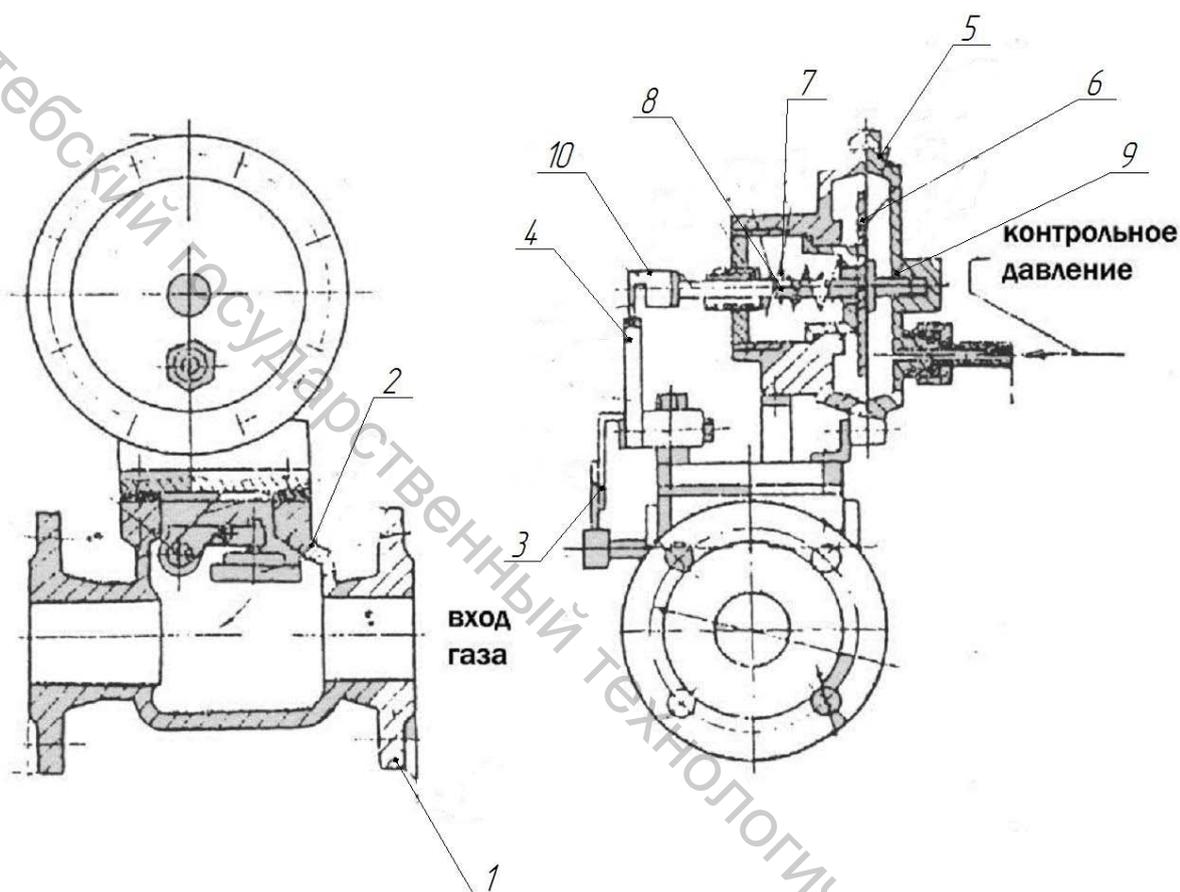


Рисунок 69 – Предохранительно-запорный клапан КПЗ

Причины:

- засорение седла клапана;
- износ уплотнительной прокладки клапана.

3. При нормальном контролируемом давлении, рычаги не устанавливаются в рабочее положение.

Причины:

- засорение импульсной трубки;
- заедание штока механизма контроля;
- порыв мембраны.

ПКК – 40 М предназначен для автоматической отсечки газа потребителю в случае чрезмерного повышения выходного давления газа или падения входного давления.

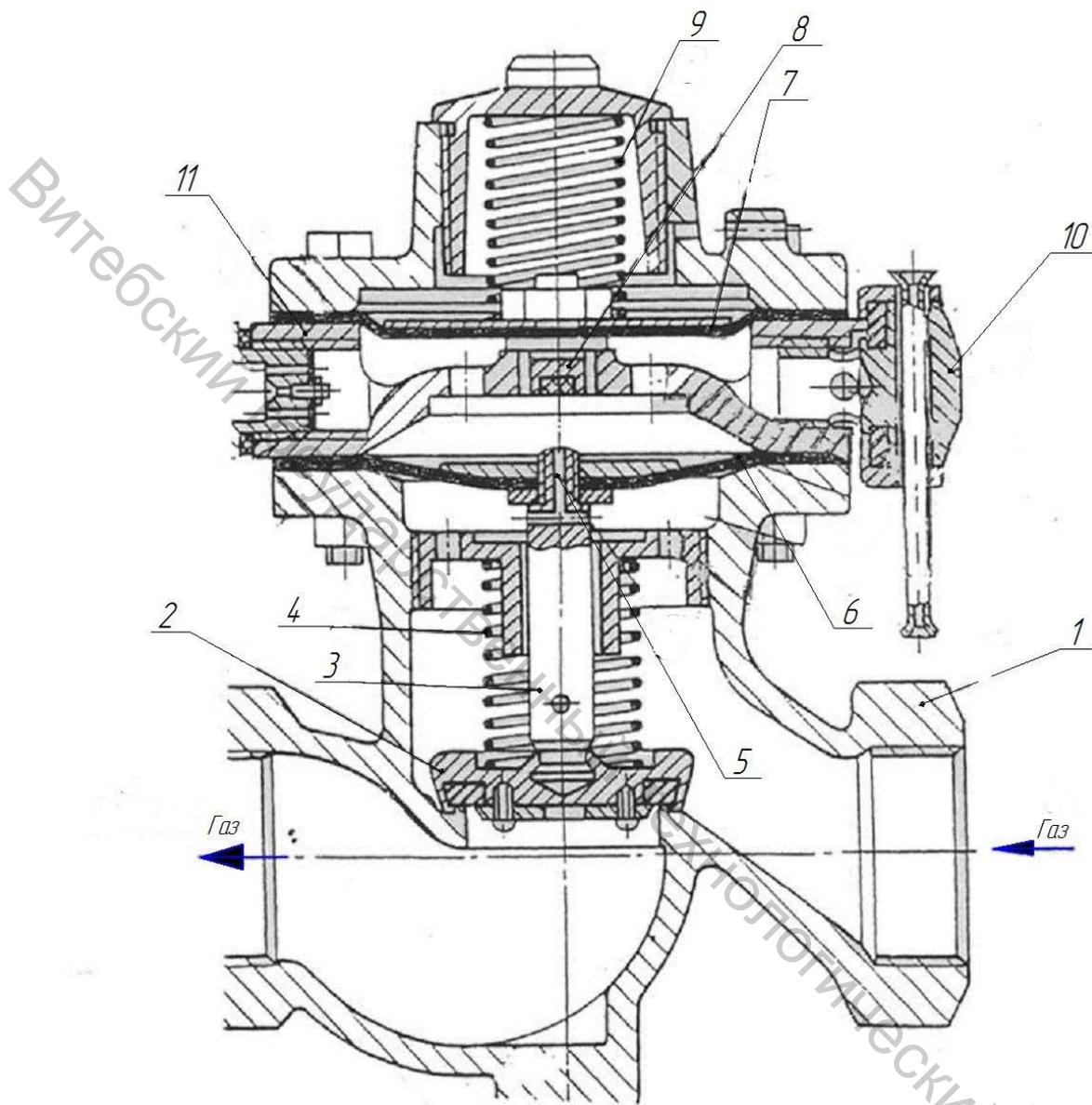


Рисунок 70 – Предохранительный клапан ПКК – 40 М:

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – шток; 4 – пружина клапана; 5 – сопло ( $\text{Ø } 1,2 \text{ мм}$ ); 6 – нижняя мембрана; 7 – верхняя мембрана; 8 – пробка с резиновым уплотнением, жестко связанная с верхней мембраной; 9 – настроечная пружина; 10 – пусковая пробка с 4-мя отверстиями; 11 – штуцер для подсоединения импульсной трубки выходного давления, в котором установлен обратный клапан

#### Техническая характеристика

1. Максимальное входное давление –  $12 \text{ кгс/см}^2$ .
2. Пределы настройки контролируемого давления:
  - ПКК-40 МН –  $150 - 500 \text{ кгс/м}^2$  ( $\text{Ø}$  проволоки пружины  $2 \text{ мм}$ );

- ПКК-40 МС – 500 – 6000 кгс/м<sup>2</sup> (Ø проволоки пружины 4 мм).

### **Принцип работы**

Для пуска клапана в работу выворачиваем пусковую пробку для сообщения межмембранного пространства с атмосферой. После чего нижняя мембрана со штоком под действием газа входного давления поднимается и клапан открывается. Мембрана будет подниматься до тех пор, пока сопло не упрется в уплотнение пробки, после чего выход газа из него прекратится. После открытия клапана (будет слышен щелчок) пусковую пробку необходимо завернуть.

При повышении выходного давления сверх допустимого через импульсную трубку повысится оно и под верхней мембраной. Мембрана с пробкой, преодолевая усилие пружины, поднимается, сопло освобождается и через него газ входного давления заполняет межмембранное пространство. Давление по обе стороны нижней мембраны выравнивается и под действием нижней пружины клапан закрывается.

При уменьшении перепада между контролируемым и входным давлениями (ниже значения, определяемого пружинной основой клапана), нижняя мембрана под действием пружины опустится, сопло в штоке откроется, что также приведет к закрытию основного клапана. Обратный клапан не позволяет перетекать газу большего давления в газопровод после регулятора.

### **Характерные неисправности ПКК-40 М**

1. После выворачивания пусковой пробки клапан не открывается.

Причины:

- недостаточное давление перед клапаном;
- прорыв нижней мембраны.

2. При нормальном выходном давлении происходит самопроизвольное закрытие клапана.

Причина:

- потеря упругости резинового уплотнения пробки;
- недостаточное давление перед клапаном;
- прорыв нижней мембраны.

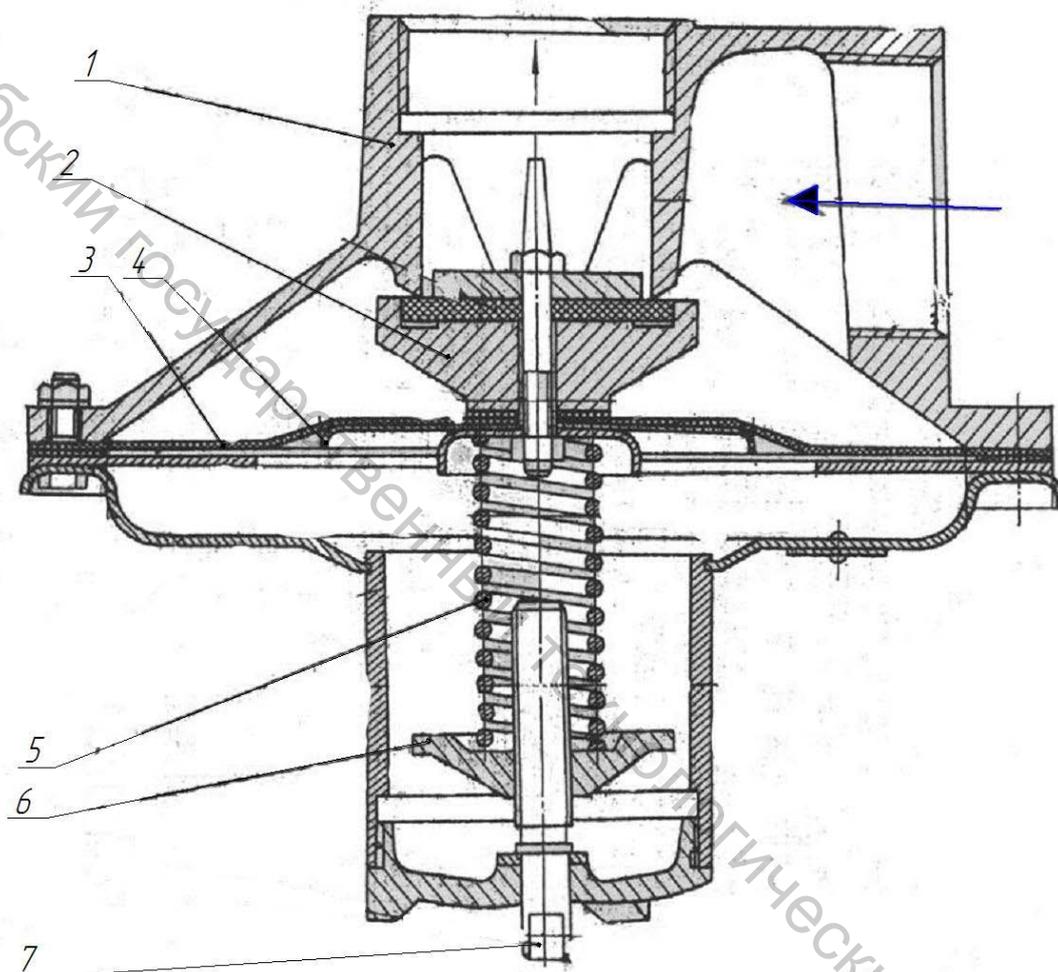
3. При повышении выходного давления сверх допустимого, клапан не закрывается.

Причины:

- разрыв верхней мембраны;
- засорение сопла;
- прилипание резинового уплотнения пробки к соплу;
- неплотное закрытие пусковой пробки.

### Предохранительно-сбросные устройства

В качестве предохранительно-сбросных устройств в ГРП и ГРУ на среднем давлении устанавливаются клапаны ПСК-25 и ПСК-50, на низком давлении эти же клапаны или гидрозатворы.



Сбросной клапан ПСК-50

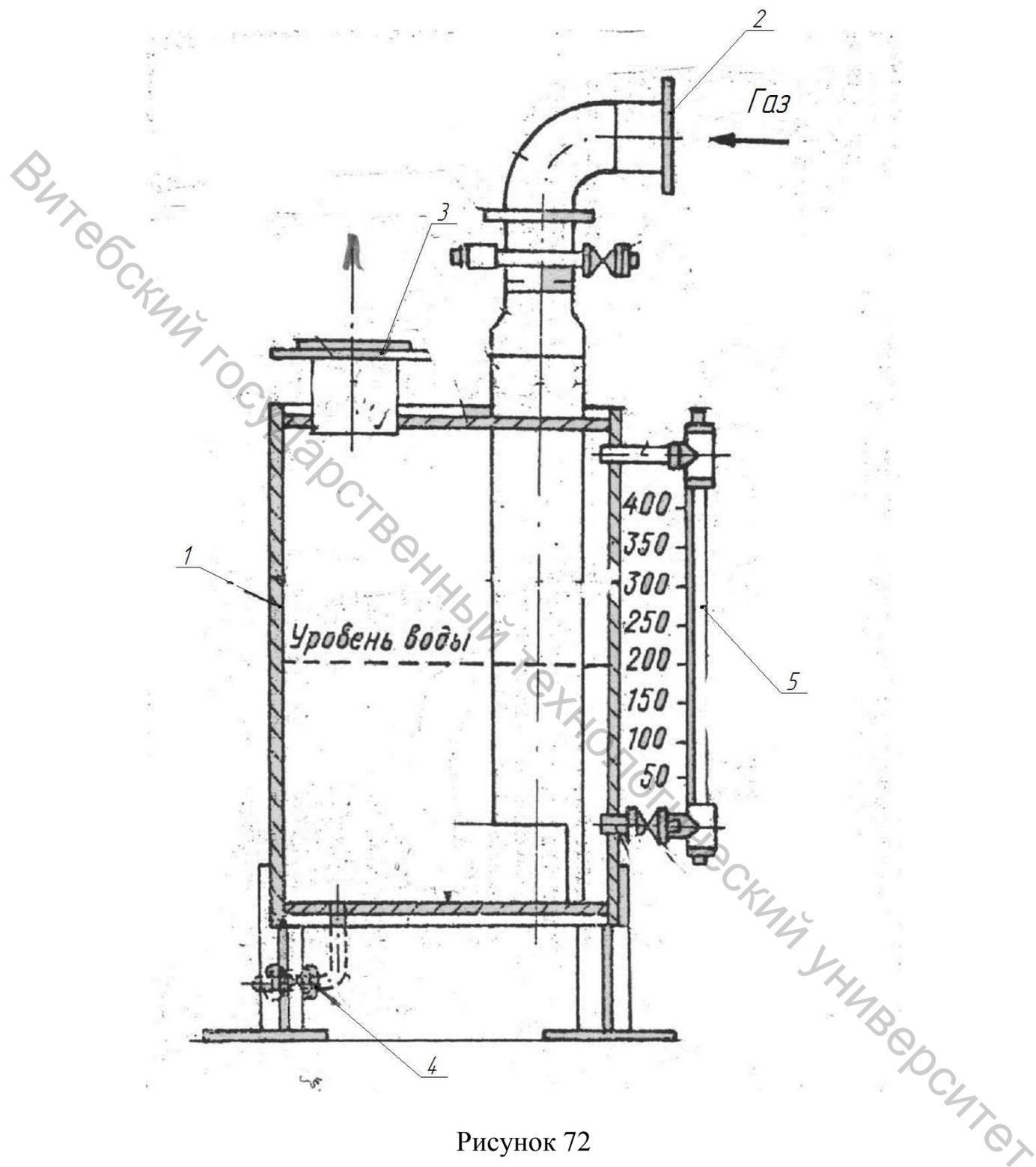
Рисунок 71 – Сборный клапан ПСК-50 :

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – мембрана; 4 – тарелка; 5 – пружина; 6 – опорная шайба; 7 – регулировочный винт

### Принцип работы.

Настройка ПСК на необходимое давление производится при помощи пружины, которая поджимается регулировочным винтом. Под действием сжатой пружины мембрана поднимается и клапан закрывается.

При повышении выходного давления сверх допустимого мембрана с клапаном опускается, а газ через сбросной трубопровод уходит в атмосферу.



### Основные неисправности ПСК

1. Малая пропускная способность.
2. Отсутствие приспособления для принудительного открытия при проверке исправности работы.
3. Засорение седла клапана.
4. Износ прокладки клапана.

### Устройство гидрозатвора:

1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – выходной патрубок; 4 – штуцер с краном для слива жидкости; 5 – уровнемерная трубка.

### Принцип работы

Роль клапана в гидрозатворе выполняет столб воды определенной высоты в зависимости от контролируемого давления.

### Газовые фильтры

В шкафных ГРП, а также в ГРУ при относительно небольших расходах газа применяют сетчатые литые фильтры типа ФС.

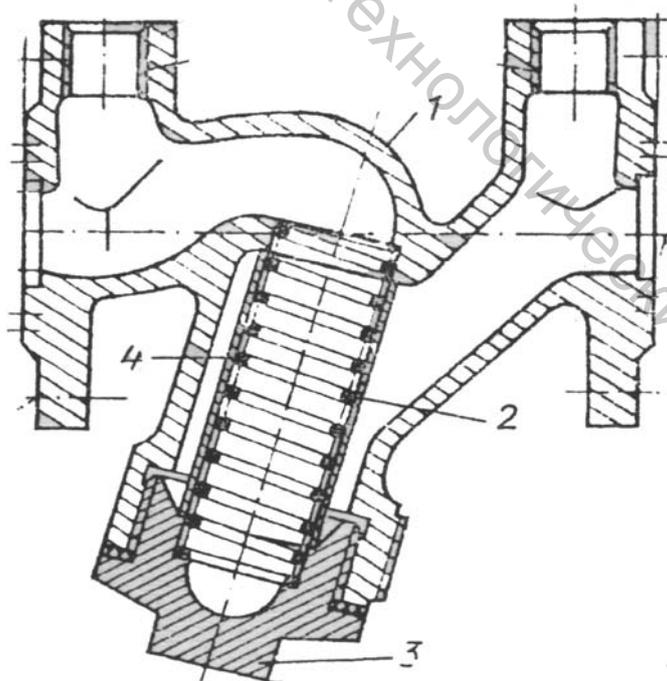


Рисунок – 73 Фильтр ФС

### Устройство фильтра ФС:

1 – корпус; 2 – сетка; 3 – колпак; 4 – проволочный каркас.

В фильтрах обычно применяют сетку № 025 с номинальным размером стороны ячейки в свету 0,25 мм. Диаметр проволоки у этой сетки – 0,12 мм.

В ГРП и ГРУ с расходом газа до 9000 м<sup>3</sup>/час (при входном давлении 12 кгс/см<sup>2</sup>) устанавливают кассетные волосяные фильтры типа ФВ.

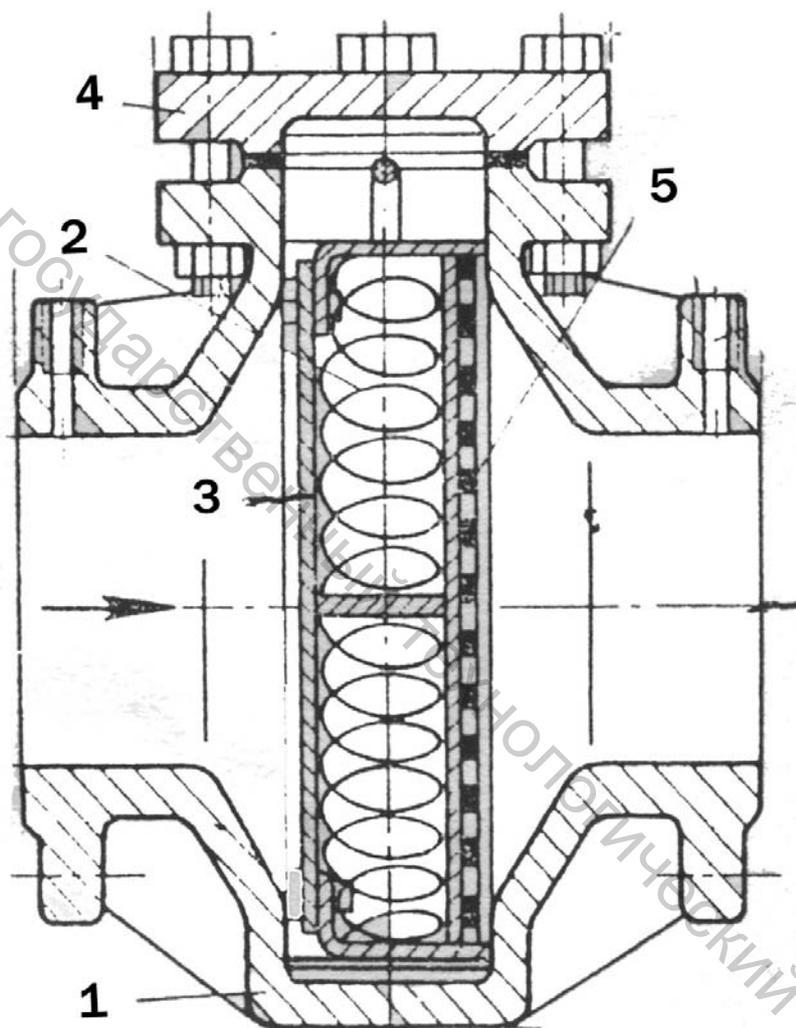


Рисунок 74

В корпусе 1 фильтра установлена кассета 2, ограниченная металлическими сетками 3, пространство между которыми набивается капроновой нитью или прессованным конским волосом, пропитанным висциновым маслом (смесь 60 % цилиндрического и 40 % солярового масел). За кассетой (по ходу газа) расположена решетка 5 (перфорированная металлическая пластина), предохраняющая заднюю стенку от разрыва и уноса фильтрующего материала при превышении допустимого перепада давления. Сверху корпус перекрыт крышкой 4.

В ГРП и ГРУ с расходом газа до 100000 м<sup>3</sup>/час устанавливают кассетные фильтры ФГ.

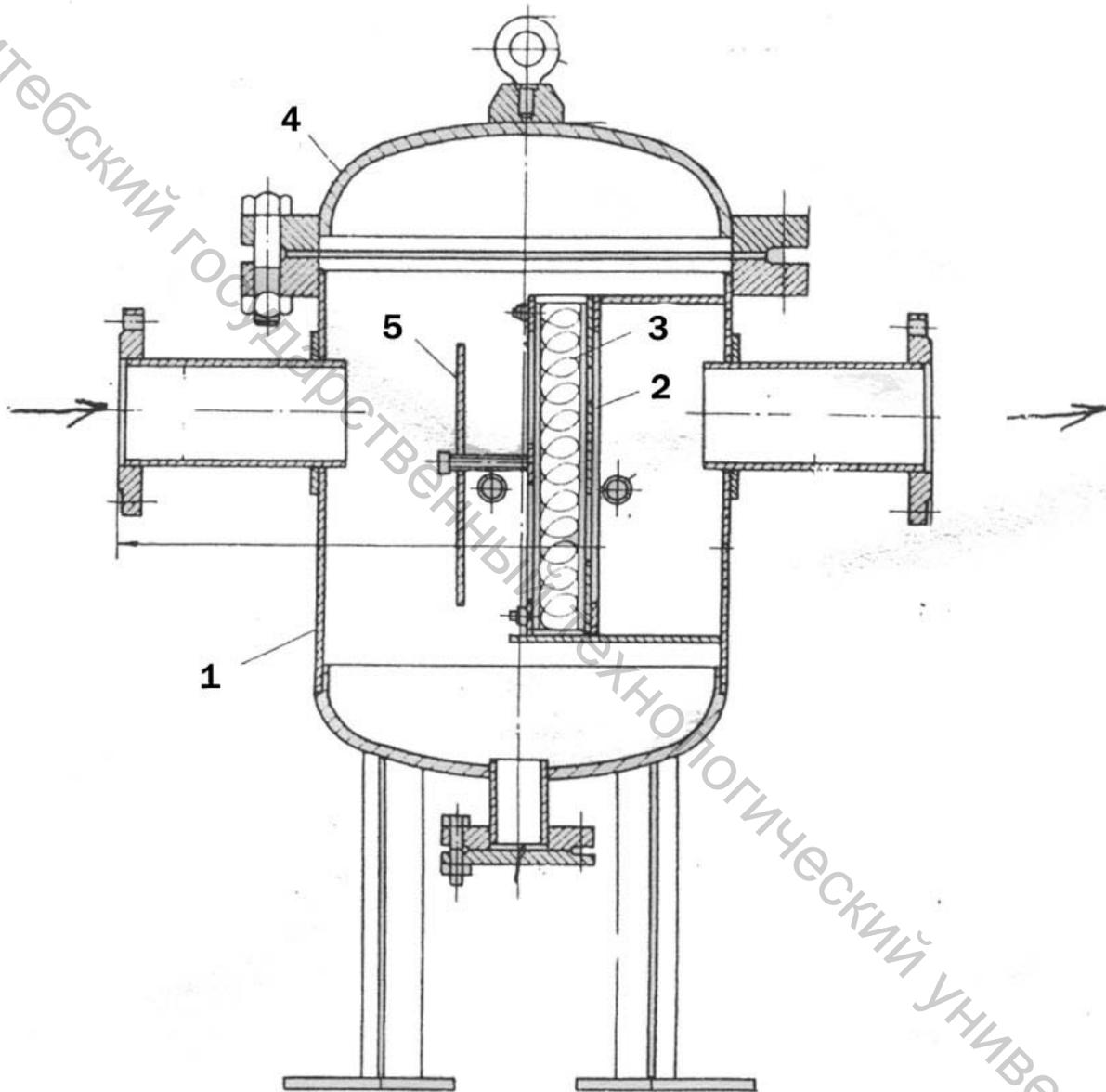


Рисунок 75

В корпус фильтра 1 на входе газа установлен отбойный лист 5, за которым установлена кассета 3, ограниченная с двух сторон металлическими сетками 2. В нижней части фильтра установлен отстойник, сверху корпус перекрыт крышкой 4.

Время чистки фильтров определяется по перепаду давления, который не должен превышать для сетчатых фильтров 500 мм вод. ст., для волосяных – 1000 мм вод. ст.

Чистят кассету вне помещения ГРП путем стряхивания накопившихся твердых частиц и промывания ее (при необходимости) в бензоле, ксилоле или других растворителях. Корпус внутри следует протереть, смоченной в керосине. Если кассета сухая, ее опускают на 6 минут в ванну с висциновым маслом при температуре 55 – 60 °С. Затем кассету вынимают, дают стечь излишнему маслу в течение 5 – 6 часов и устанавливают в корпус фильтра.

Брянский государственный технологический университет

## Литература

1. ГОСТ 21204 – 97 «Горелки газовые промышленные. Общие технические требования»
2. Кязимов, К. Г. Основы газового хозяйства : учебник для профессиональных учебных заведений / К. Г. Кязимов, В. Е. Гусев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 2000. – С. 133.
3. Правила технической безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь. – Минск : УП «ДИЭКОС», 2003. – С. 234.
4. Стаскевич, Н. Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н. Л. Стаскевич, Г. Н. Северинец, Д. Я. Вигдорчик. – Ленинград : Недра, 1990. – С. 304.
5. Отопление / под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1990. – 344 с.
6. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник. В 4 кн. Кн. 1 : Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы / под общ. ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. – 2-е изд., перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 456 с.
7. Внутренние санитарно-технические устройства : справочник. В 3 ч. Ч. 2 : Водопровод и канализация / под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1990. – 247 с.
8. Отопление и вентиляция : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция". В 2 ч. Ч. 1 : Отопление / П. Н. Каменев [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1975. – 483 с.