Библиотека СОК

КНИЖНАЯ ПОЛКА СПЕЦИАЛИСТА

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ОПЕРАТОРА КОТЕЛЬНОЙ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЛОВ

КНИЖНАЯ ПОЛКА СПЕЦИАЛИСТА

В. М. Тарасюк

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЛОВ

Практическое пособие для оператора котельной

Под редакцией Б. А. Соколова

Москва
ЭНАС
2008

УДК 621.1.004.3
ББК 31.361
Т19

Рецензент
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Энергетика высокотемпературной технологии» МЭИ (ТУ) *Б. А. Соколов*

Тарасюк В. М.

Т19 Эксплуатация котлов : практ. пособие для оператора котельной / В. М. Тарасюк ; под ред. Б. А. Соколова. – М. : ЭНАС, 2008. – 272 с. : ил. – (Книжная полка специалиста).

ISBN 978-5-93196-752-3

В книге приведены основные сведения о котельных установках, работающих на газовом и жидком топливе, и вспомогательном оборудовании. Обобщен производственный опыт по эксплуатации и наладке котлов разных модификаций. Приведены извлечения из правил по устройству и безопасной эксплуатации котельных установок, оборудования и трубопроводов.

Для подготовки и повышения квалификации операторов и обслуживающего персонала котельных, а также для инженерно-технических работников и специалистов, отвечающих за безопасную эксплуатацию котлов.

УДК 621.1.004.3
ББК 31.361

ISBN 978-5-93196-752-3 © ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 2003

Раздел первый

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕПЛОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Глава первая

ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

Понятие о физическом теле и веществе

Все тела в природе находятся в трех агрегатных состояниях: *твердом*, *жидком* и *газообразном* и состоят из мельчайших частиц – *молекул,* связанных между собой силами взаимного притяжения и находящихся в состоянии беспрерывного хаотического движения.

Общей мерой различных форм движения материи является *энергия.* Энергия движения молекул называется *внутренней кинетической* энергией, а энергия взаимного притяжения молекул – *внутренней потенциальной* энергией. Сумма внутренних кинетической и потенциальной энергий составляет внутреннюю энергию тела, которая может передаваться от одного тела к другому в виде *тепла* и *работы.*

Передача энергии в *виде тепла* вызвана энергетическим взаимодействием молекул при отсутствии видимого движения тел. В отличие от тепла передача энергии в *виде работы* связана с видимым перемещением тела, в частности с изменением его объема.

Молекулы могут быть самостоятельными, сохраняя при этом химические свойства данного вещества. Молекулы состоят из *атомов.* В переводе с греческого языка слово «атом» означает «неделимый». Атом состоит из положительно заряженного *ядра* и отрицательно заряженных частиц – *электронов,* которые двигаются вокруг него. Ядро включает в себя положительно заряженные частицы – *протоны* и частицы, которые не имеют заряда, – *нейтроны.*

Различают *простые* и *сложные* вещества. Вещества, молекулы которых состоят из атомов одного вида, называют *простыми.* Например: кислород O_2, водород H_2, азот N_2, медь Cu, углерод C, алюминий Al, серебро Ag и др.

Вещества, молекулы которых состоят из атомов разного вида, называют *сложными.* Например: углекислый газ CO_2, вода H_2O, оксид углерода (или угарный газ) CO, метан CH_4 и т. д.

В данное время известно 106 химических элементов, из которых состоят вещества.

Физические и химические явления. Физические тела могут претерпевать различные изменения, которые называются *явлениями*, разделяющимися на *физические* и *химические*.

Явления, при которых изменяется форма или физическое состояние, но не происходит образования новых веществ, называются *физическими.*

Например, при кипении вода превращается в пар, а при охлаждении из пара снова образуется вода. При этом изменяется только физическое состояние воды, но новые вещества не образуются. То же наблюдается при таянии льда.

Изменения веществ, при которых из одних веществ образуются другие, называются *химическими явлениями* или *химическими реакциями.*

Например, при сжигании угля образуются газообразные продукты сгорания. Химические явления происходят при горении, коррозии металлов, при получении металлов из руд и т. д.

Физическое состояние вещества. Состояние физических тел зависит от сил молекулярного притяжения, расстояния между молекулами вещества (межмолекулярного пространства) и от движения молекул.

Твердые тела имеют большую силу молекулярного притяжения, малое межмолекулярное пространство и малую подвижность молекул. Эти тела имеют определенную форму и сохраняют свой объем. Для того, чтобы сжать твердое тело или разделить его на части, необходимо приложить определенную силу.

В жидких телах сила молекулярного притяжения значительно меньше, чем в твердых, а межмолекулярное пространство и подвижность молекул значительно больше. Благодаря этому жидкости не имеют определенной формы и принимают форму того сосуда, в котором находятся. Жидкости практически не сжимаются. Объем жидкости измеряется размером сосуда, в который жидкость налита.

В *газообразных телах,* например воздухе, паре, горючих и дымовых газах, сила межмолекулярного притяжения мала, межмолекулярное пространство и подвижность молекул велики. Благодаря этому, газообразные тела имеют большую текучесть и не имеют определенного объема. Как и жидкости, газообразные тела занимают форму сосуда, в котором находятся. По сравнению с твердыми телами и жидкостями газообразные тела легко сжимаются.

Понятие о рабочем теле. В отопительных и производственных котельных *рабочим телом* (теплоносителем) является *водяной пар* или *горячая вода*.

Теплоноситель характеризуется параметрами, к которым относятся: *давление, температура и удельный объем.*

Давление и единицы его измерения

Давление – это действие газа (жидкости) на стенки сосуда или сила, которая приходится на единицу поверхности, воспринимающей удары молекул данного газа (жидкости).

Экспериментами и практикой доказано, что жидкости и газы действуют на поверхность твердых тел, с которыми они граничат. Силы действия жидкостей и газов на соприкасаемые с ними поверхности называют *силами давления*.

Давлением называется отношение нормально направленной силы к площади поверхности, на которую сила действует.

Давление обозначается буквой P. Для определения давления P необходимо силу F разделить на площадь S, на которую действует эта сила:

$$P = F / S.$$

За единицу *силы* и *веса* принят 1 кгс (килограмм-сила), за единицу *массы* – 1 кг, а за единицу *площади* – 1 см^2, таким образом, давление измеряется в кгс/см^2 и его принято называть *технической атмосферой (ат)*.

Различают давление – *атмосферное*, *избыточное* и *абсолютное*.

Атмосферным называют давление воздуха (атмосферы) на Землю и на предметы, которые находятся на ней. Это давление называется *барометрическим давлением*, поскольку измеряется *барометром*, и обозначается $P_{бар}$. Давление воздуха на уровне моря при температуре 0 °С равно 760 мм рт. ст. Его принято называть *физической атмосферой (*атм*)*. С увеличением высоты над уровнем моря атмосферное давление уменьшается.

Избыточное давление – это излишек над атмосферным давлением. Это давление измеряется *манометром* и поэтому давление называют *манометрическим или рабочим* (кгс/см^2; мм рт.ст.; мм вод. ст.). Соотношение между этими единицами следующее:

1 ат = 1 кгс/см^2 = 735,6 мм рт. ст. = 10 000 мм вод. ст. = 10 м вод. ст. = = 10 000 кгс/см^2.

Абсолютное давление – это давление жидкостей или газов в закрытом сосуде, обозначается $P_{абс}$ и равно сумме избыточного и атмосферного давлений:

$$P_{абс} = P_{изб} + P_{бар}.$$

Абсолютное давление может быть больше или меньше атмосферного.

Давление ниже атмосферного называется *вакуумом* ($P_{вак}$). В котельной практике это *разрежение* (тяга) в топке котла и газоходах.

Если давление P меньше атмосферного, то $P_{абс} = P_{бар} - P_{вак}$.

Соотношение между физической и технической атмосферами следующее:

760 / 735,6 = 1,033.

В международной системе единиц СИ основная единица измерения давления – ньютон на квадратный метр (Н/м^2).

По решению Международного комитета мер и веса, принятому в октябре 1969 г., эта единица названа *паскалем* (Па), 1 Па = 1 Н/м^2. Эта единица давления очень мала и использовать ее на практике неудобно, поэтому используют кратные несистемные единицы:

1 кПа = 1 000 Па = 10^3 Па

1 МПа = 1 000 000 Па = 10^6 Па

1 ГПа = 1 000 000 000 Па = 10^9 Па.

Между единицами (кгс/см^2; мм рт. ст.; мм вод. ст.) и паскалем (или кратными от него) используются следующие соотношения:

Физическая атмосфера

1 атм = 1,033 кгс/см^2 = 760 мм рт. ст. ≈ 101 325 Па ≈ 101,3 кПа ≈ ≈ 0,1 МПа

Техническая атмосфера

1 ат = 1 кгс/см^2 = 735,6 мм рт. ст. ≈ 98 666,5 Па ≈ 98,7 кПа ≈ 0,1 МПа

1 мм рт. ст. = 133,322 Па ≈ 133 Па

1 мм вод. ст. = 9,8066 Па ≈ 10 Па.

Температура и теплота, единицы их измерения

Температура является мерой теплового состояния или степени нагрева тел. Тепловое состояние тела характеризуется скоростью движения его молекул или средней внутренней энергией тела. Чем выше температура, тем больше скорость движения молекул.

Температура тела увеличивается или уменьшается в зависимости от того, получает или отдает это тело тепло. Тела, которые имеют одинаковую температуру, находятся в тепловом равновесии, т. е. не передают тепло одно другому.

При нагревании тела расширяются, т. е. увеличиваются в объеме. Это обстоятельство учитывают при конструировании котлов и обмуровки, а также при проектировании трубопроводов различного назначения.

Единицей измерения температуры является *градус*. Для измерения температуры чаще всего используются две шкалы: *практичес-*

кая стоградусная Цельсия и *термодинамическая* или *абсолютная Кельвина.*

Практическая стоградусная шкала имеет две постоянные точки: плавление льда, которая принимается за 0 °С, и кипение воды при нормальном атмосферном давлении (760 мм рт. ст.), принятая за 100 °С.

Температуру выше 0 °С обозначают знаком «+» (плюс), ниже 0 °С – знаком «–» (минус).

В системе СИ используют шкалу с началом отсчета от абсолютного нуля.

Абсолютный нуль характеризуется отсутствием движения молекул и отвечает температуре, которая ниже 0 °С на 273,15 °С (примерно 273 °С).

Единица *термодинамической* или *абсолютной температуры* – кельвин (К).

Температуру в стоградусной шкале обозначают t, а в абсолютной – T. Эти температуры связаны между собой соотношением:

$$T = t + 273 \text{ К}.$$

Теплота. Энергия, которая может передаваться от более нагретого тела к менее нагретому при непосредственном контакте или излучением, называется *теплотой.*

Теплота – вызывается хаотическим движением частиц (молекул, атомов и т. д.). За единицу измерения теплоты принята *калория* (кал), которая равна количеству тепла, необходимого для нагревания 1 г воды на 1 °С (при t от 19,5 до 20,5 °С) при нормальном атмосферном давлении 760 мм рт. ст.

Если при измерениях основные или производные единицы оказываются чрезмерно малы или велики, то пользуются кратными и дольными единицами (табл. 1)

Таблица 1

Кратные и дольные единицы измерения

Кратные единицы		Дольные единицы	
дека (да)	10^1	деци (д)	10^{-1}
гекто (г)	10^2	санти (с)	10^{-2}
кило (к)	10^3	милли (м)	10^{-3}
мега (М)	10^6	микро (мк)	10^{-6}
гига (Г)	10^9	нано (н)	10^{-9}
тера (Т)	10^{12}	пико (п)	10^{-12}

В системе единиц СИ единицей измерения теплоты является *джоуль* (Дж) – универсальная единица работы, энергии и количества тепла. Соотношения между единицами измерения тепла следующие:

1 кал = 4,187 Дж ≈ 4,2 Дж; 1 Дж = 0,239 кал ≈ 0,24 кал.

Способы передачи тепла. В котельных установках тепло от продуктов сгорания топлива к поверхностям нагрева передается тремя способами: *излучением* (*радиацией*), *теплопроводностью* и *конвекцией*.

Излучение (радиация) – это передача тепла от одного тела к другому на расстояние с помощью электромагнитных волн, например, от горящего факела к поверхностям нагрева котла.

Теплопроводность – вид теплопередачи, при которой перенесение тепла имеет атомно-молекулярный характер и происходит без макроскопического движения в теле (в стенке трубы котла от внешней поверхности к внутренней).

Вещества имеют различную теплопроводность. Так, теплопроводность накипи более чем в 40 раз, а сажи – более чем в 200 раз ниже теплопроводности чугуна. Отложения накипи и осадка затрудняют передачу тепла и приводят к перерасходу топлива.

Конвекция – передача энергии в виде тепла перемещением и перемешиванием нагретых масс жидкостей или газов. Пример конвекции – распространение тепла по всей комнате от горячей батареи отопления.

В котле конвективный теплообмен происходит на хвостовых поверхностях нагрева, где горячие дымовые газы обтекают трубы экономайзера и нагревают проходящую по трубам воду, а проходя по трубам воздухоподогревателя нагревают воздух.

Удельный объем. Удельный объем газа или пара v – это объем единицы его массы. Удельный объем – величина, обратная плотности вещества, м^3/кг:

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m},$$

где v – объем вещества, м^3;

ρ – плотность, кг/м^3;

m – масса вещества, кг.

Приборы для измерения давления и температуры, их устройство и работа

Измерение давления. Для измерения давления газа и воздуха до 500 мм вод. ст. (500 кгс/м^2) используют стеклянный *U-образный жидкостный манометр* (рис. 1). Манометр представляет собой стеклянную U-образную трубку, прикрепленную к деревянной (метал-

лической) панели, которая имеет шкалу с делениями в миллиметрах. Наиболее распространенные манометры со шкалами 0–100, 0–250 и 0–640 мм. Трубка заполняется водой до отметки нуля. Величина давления равна сумме высот уровней жидкости, опущенной ниже и поднятой выше нуля.

Для удобства отсчета и упрощения измерения на практике иногда используют манометры с двойной шкалой, в которых изменена цена деления в два раза и цифры от нуля вверх и вниз идут с интервалом 20: 0–20–40–60 и т. д. При этом отпадает необходимость в указании высот уровней жидкости, достаточно измерить показания манометра по уровню одного колена стеклянной трубки. Измерение небольших давлений или разрежений до 25 мм вод. ст. (250 Па) однотрубными или U-образными жидкостными манометрами приводит к большим погрешностям при выполнении отсчета результатов измерения. Для увеличения масштаба показаний однотрубного манометра трубку наклоняют.

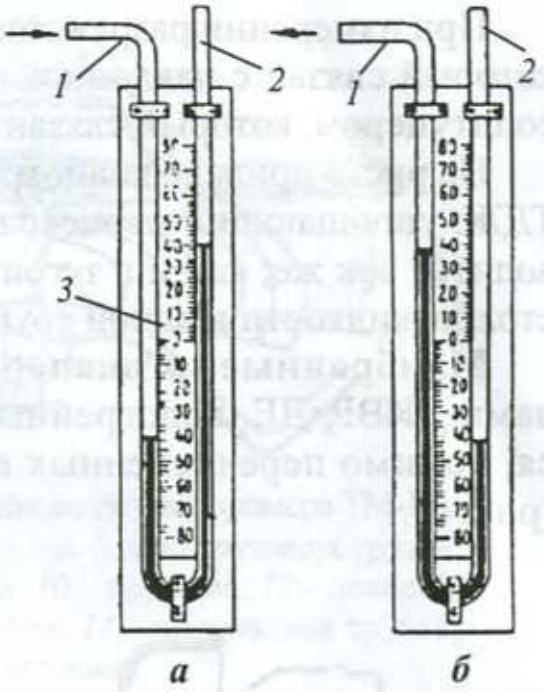


Рис. 1. U-образный манометр: *а* – для определения давления; *б* – для определения разрежения; *1* – конец трубки для подключения к измеряемой среде; *2* – открытый конец трубки, сообщающейся с атмосферой; *3* – шкала

На таком принципе работают *жидкостные тягонапоромеры* ТНЖ (рис. 2), которые заправляются спиртом плотностью r = 0,85 г/см^3. В них жидкость из стеклянного сосуда вытесняется в наклонную трубку, вдоль которой расположена шкала, градуированная в мм вод. ст. (Па).

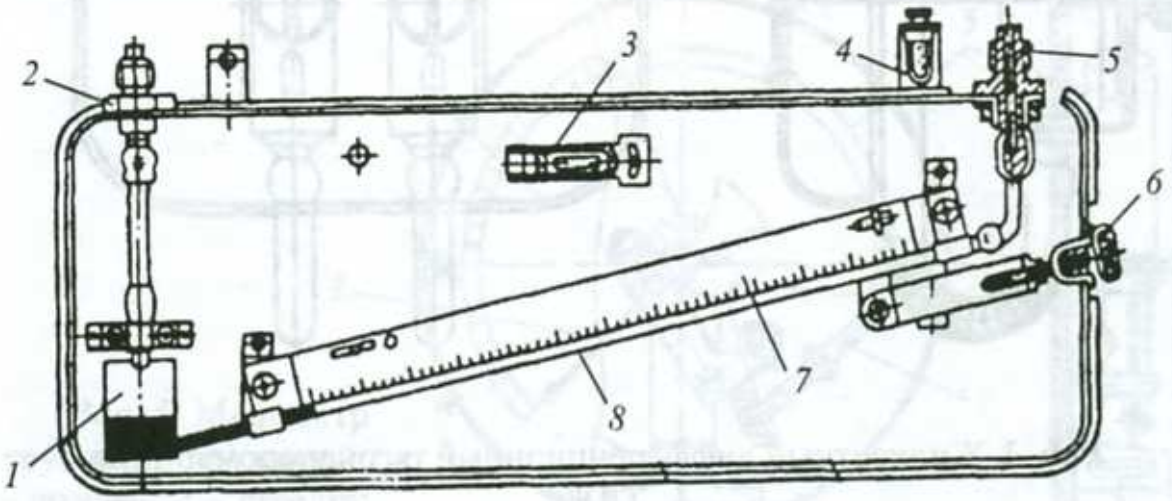


Рис. 2. Тягонапоромер жидкостный типа ТНЖ: *1* – стеклянный сосуд; *2, 5* – штуцеры; *3* – уровень; *4* – винт установки прибора по уровню; *6* – винт перемещения шкалы для установки нуля; *7* – шкала; *8* – наклонная трубка

При измерении разрежения импульс подсоединяется к штуцеру, который связан с наклонной трубкой, а при измерении давления – со штуцером, который связан со стеклянным сосудом.

На рис. 3 приведен однотрубный *чашечный тягонапоромер* типа ТДЖ, упрощающий процесс измерения, – отсчет измерения производится так же, как и в тягонапоромере типа ТНЖ, по показаниям столба жидкости в одной трубке.

Мембранные тягонапоромеры. В котельных с паровыми котлами ДКВР, ДЕ, водогрейными котлами ТВГ, КВ-Г используются, помимо перечисленных выше, *мембранные тягонапоромеры* (рис. 4).

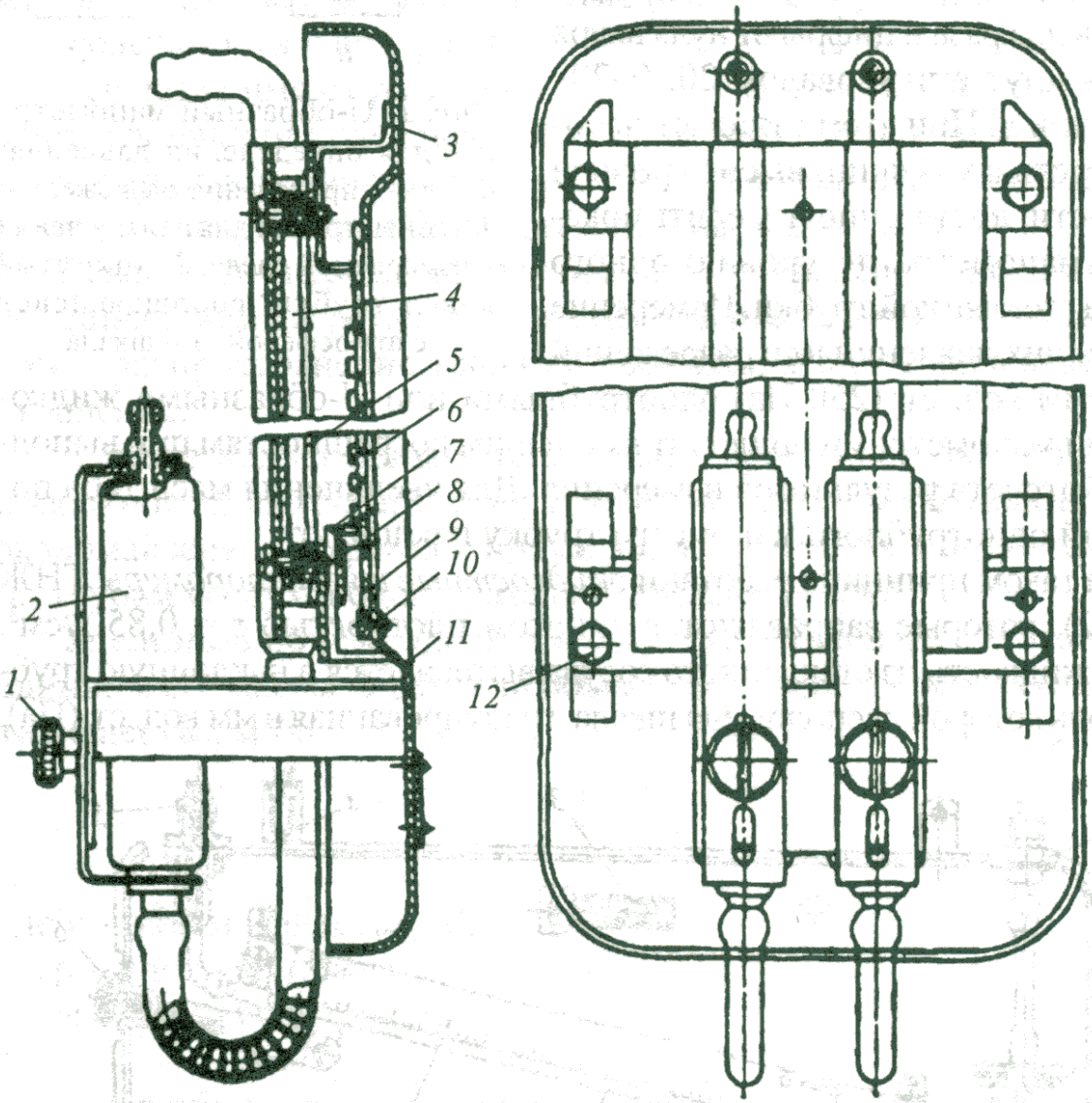


Рис. 3. Жидкостный дифференционный тягонапоромер типа ТДЖ:

1 – винт-фиксатор; *2* – сосуд с жидкостью; *3, 7* – кронштейны; *4* – стеклянная трубка; *5* – шкала; *6* – зажим; *8* – шкала; *9* – стекло; *10* – упор; *11* – рамка; *12* – болт

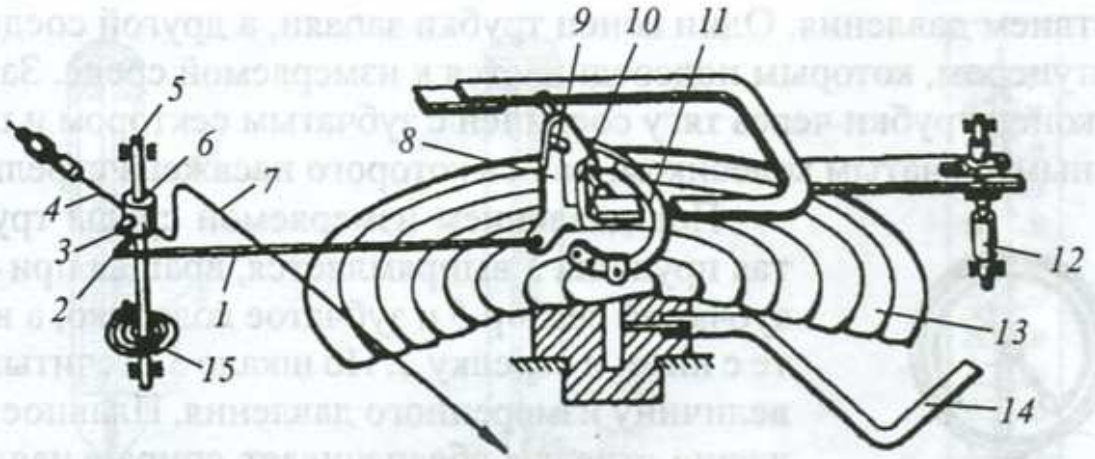


Рис. 4. Схема показывающего мембранного тягонапоромера ТМ-П1: *1* – тяга; *2, 8* – рычаги; *3, 9* – винты; *4* – ось балансирующих грузов; *5* – ось стрелки; *6* – втулка; *7* – стрелка; *10* – пружина; *11* – поводок; *12* – корректор; *13* – мембранная коробка; *14* – импульсная трубка; *15* – спиральная пружина

Рабочим элементом этого прибора служит спаянная из двух гофрированных мембран коробка *13*, внутреннее пространство которой импульсной трубкой и соединено с топкой котла. При измерении разрежения мембранная коробка сжимается или распрямляется. Ее движение через рычажную систему передается на стрелку *7*, которая перемещается вдоль шкалы, показывая величину разрежения. На нуль стрелку устанавливают с помощью винта-корректора *12*. Спиральная пружина *15* служит для устранения влияния зазоров (люфтов) в сочленениях рычажного механизма.

Пружинные манометры. Для измерения давления от 0,6 до 1 600 кгс/см^2 используются пружинные манометры.

Рабочим элементом манометра (рис. 5) служит выгнутая трубка эллипсовидного или овального сечения, которая деформируется под

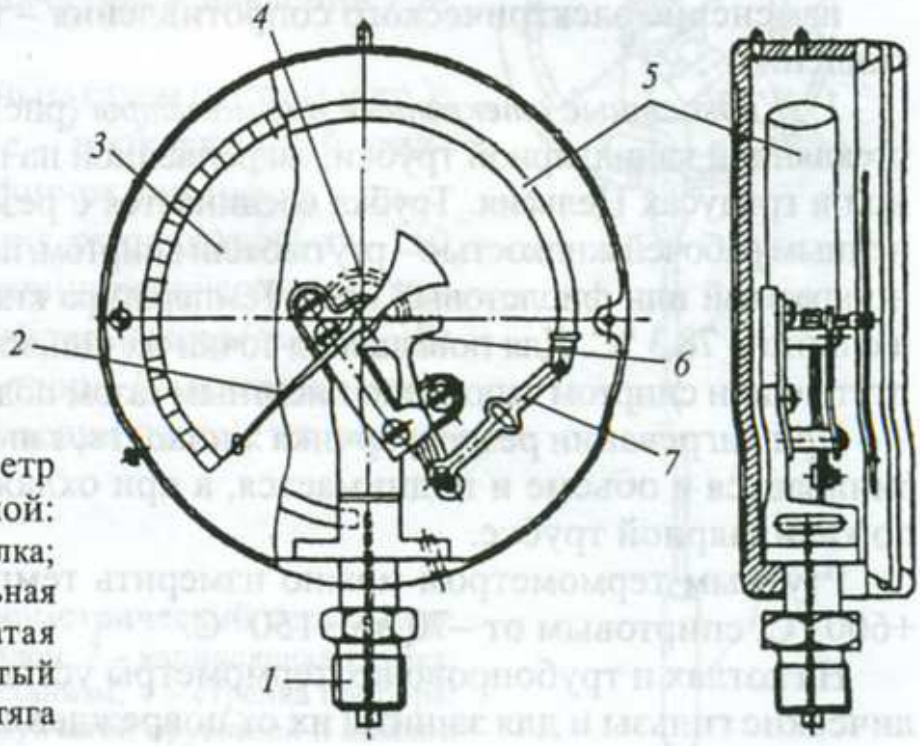
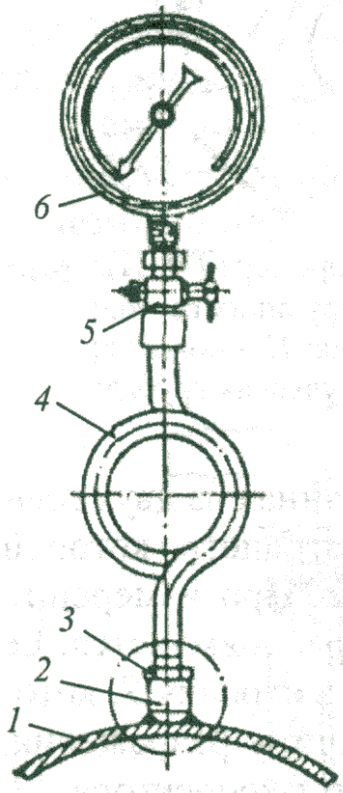


Рис. 5. Манометр с трубчатой пружиной: *1* – штуцер; *2* – стрелка; *3* – шкала; *4* – спиральная пружина; *5* – трубчатая пружинка; *6* – зубчатый сектор; *7* – тяга

действием давления. Один конец трубки запаян, а другой соединен со штуцером, которым подсоединяется к измеряемой среде. Закрытый конец трубки через тягу соединен с зубчатым сектором и центральным зубчатым колесиком, на ось которого насажена стрелка.



Под давлением измеряемой среды трубчатая пружина *5* выпрямляется, вращая при этом зубчатый сектор *6* и зубчатое колесико, а вместе с ними и стрелку *2*. По шкале *3* отсчитывают величину измеренного давления. Плавное движение стрелки обеспечивает спиральная пружинка (волосок) *4*.

Манометр *6* (рис. 6) присоединяется к котлу через сифонную трубку *4*, в которой конденсируется пар или охлаждается вода и давление передается через охлажденную воду, чем предотвращается повреждение механизма от теплового действия пара или горячей воды, а также манометр защищается от гидравлических ударов.

Рис. 6. Установка манометра с сифонной трубкой: *1* – трубопровод (барабан); *2* – бобышка; *3* – гайка; *4* – сифонная трубка; *5* – трехходовой кран; *6* – манометр

Измерение температуры. В котельных для измерения температуры используются приборы, принцип работы которых основан на свойствах, проявляемых веществами при нагревании:

изменение объема – термометры расширения;

изменение давления – манометрические термометры;

появление термоЭДС – термоэлектрические пирометры;

изменение электрического сопротивления – термометры сопротивления.

1. *Жидкостные стеклянные термометры* (рис. 7, 8 и 9) состоят из стеклянной капиллярной трубки, закрепленной на шкале, градуированной в градусах Цельсия. Трубка соединяется с резервуарчиком, заполненным рабочей жидкостью – ртутью или спиртом, подкрашенным в темно-красный или фиолетовый цвет. Температура кипения ртути 357 °С, а спирта – 78,3 °С. Для повышения точки их кипения пространство над ртутью или спиртом заполнено инертным газом под давлением.

При нагревании резервуарчика жидкость, заполняющая его, увеличивается в объеме и поднимается, а при охлаждении опускается по капиллярной трубке.

Ртутным термометром можно измерить температуру от –38 до +600 °С, спиртовым от –70 до +150 °С.

На котлах и трубопроводах термометры устанавливают в металлические гильзы и для защиты их от повреждения надевают оправу.

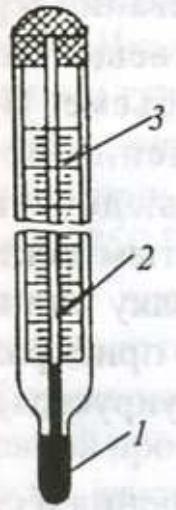


Рис. 7. Термометр ртутный технический типа ТТ:
1 – термобаллон; *2* – капиллярная трубка; *3* – шкала

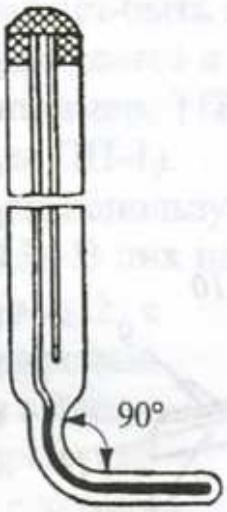


Рис. 8. Термометр ртутный типа ТТ с изогнутой нижней частью

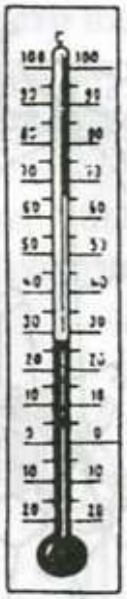


Рис. 9. Спиртовой термометр

На горизонтальных трубопроводах термометры устанавливают вертикально либо наклонно, а на вертикальных – под углом 30–35°.

Для лучшего восприятия тепла гильзы заполняют машинным маслом при измерении температуры до 150 °С, при измерении более высоких температур – мелкими опилками оплавленной красной меди.

2. *Манометрические термометры* (рис. 10, 11) служат для дистанционного измерения температуры. Принцип их действия основан на изменении давления жидкостей, газа или пара в замкнутом объеме в зависимости от температуры.

Род рабочего вещества определяет вид манометрического термометра:

жидкостные заполняются ртутью, ксилолом, толуолом при начальном давлении 15–20 кгс/см^2;

газовые – инертным газом (азотом и др.);

парожидкостные – низкокипящей жидкостью (спиртом, эфиром, ацетоном и др.).

Граница измерения температуры от –150 до +660 °С зависит от вида рабочего вещества.

Манометрический термометр (см. рис. 10) состоит из термобаллона *1*, манометрической пружины *5* и соединяющей их капиллярной трубки *2*.

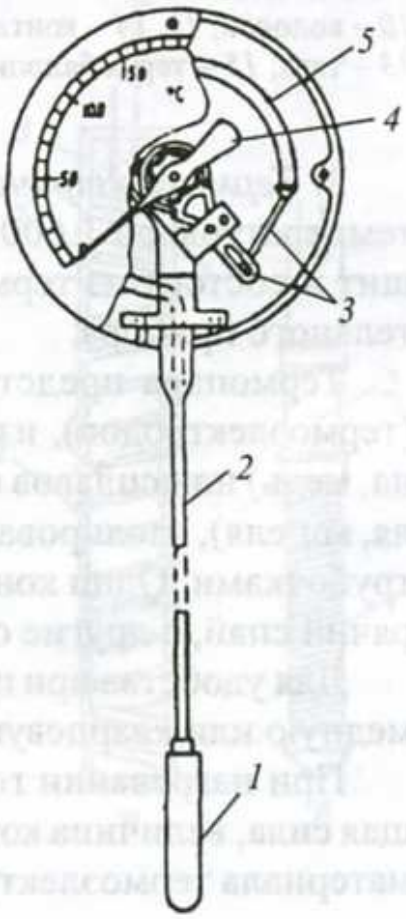


Рис. 10. Манометрический термометр:
1 – латунный термобаллон; *2* – капиллярная трубка; *3* – передаточный механизм; *4* – стрелка прибора; *5* – манометр с трубчатой пружиной и шкалой

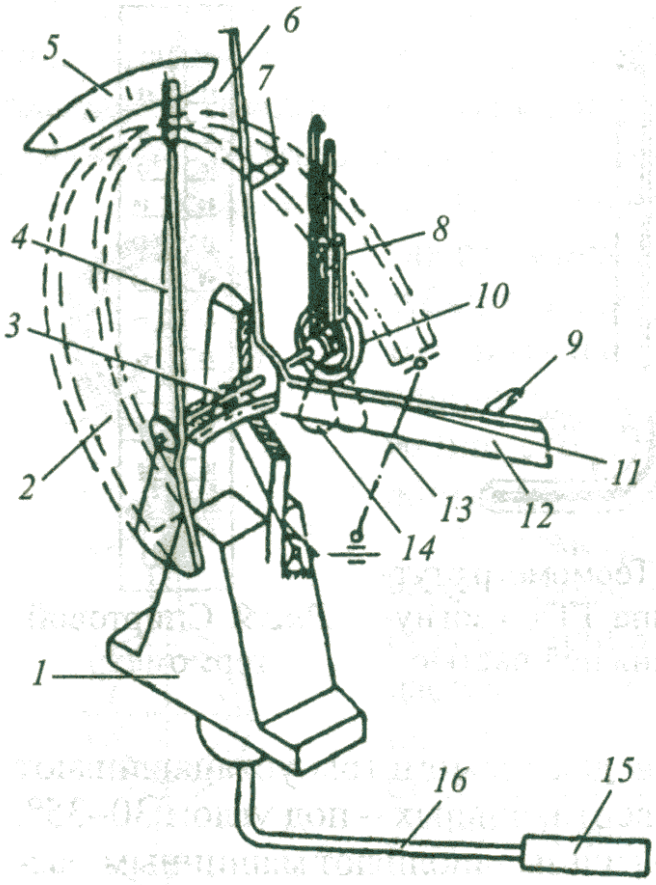


Рис. 11. Кинематическая схема контактного манометрического термометра:
1 – держатель; *2* – трубчатая пружина; *3* – трубка; *4* – стрелка; *5* – шкала; *6, 12* – стрелки для установки нижней и верхней границ сигнализации; *7, 9* – контакты неподвижные; *8* – поводок ведущий; *10* – волосок; *11, 14* – контактные поводки; *13* – тяга; *15* – термобаллон; *16* – капилляр

При нагревании термобаллона рабочее вещество увеличивается в объеме. Под действием давления пружина, выпрямляясь, действует на тягу с зубчатым сектором и вращает стрелку или перо самопишущего прибора. Шкала прибора градуируется в градусах Цельсия.

Для измерения и сигнализации температуры в схемах автоматического регулирования и защиты используются электроконтактные устройства ЭКТ (см. рис. 11). Прибор имеет корпус и соединительный капилляр длиной 1,6–10 м. Двухпозиционное сигнальное устройство термометра состоит из двух изолированных друг от друга и от подвижной стрелки *4* предельных контактов *11* и *14*, устанавливаемых вручную с помощью поводка *8* на любые деления шкалы *5* прибора.

3. *Термоэлектрический пирометр* используется для измерения температуры до 1 600 °С, а также передачи показаний на тепловой щит и состоит из термопары, соединительных проводов и измерительного прибора.

Термопара представляет собой соединение двух проводников (термоэлектродов), изготовленных из различных металлов (платина, медь) или сплавов (платинородия, константана, хромеля, алюмеля, копеля), изолированных друг от друга фарфоровыми бусами или трубочками. Одни концы термоэлектродов спаиваются, образуя горячий спай, а другие остаются свободными (холодный спай).

Для удобства при пользовании термопару помещают в стальную, медную или кварцевую трубку (чехол).

При нагревании горячего спая образуется термоэлектродвижущая сила, величина которой зависит от температуры горячего спая и материала термоэлектродов.

Измерительным прибором может быть милливольтметр или потенциометр. Шкала прибора размечается в градусах Цельсия с указанием типа и градуировки (например, ТПП – термопара платинородий – платиновая, градуировка ПП-1).

4. *Термометры сопротивления* используются для измерения температуры до 750 °С (рис. 12 и 13). В них на слюдяную пластинку *1* наматывается платиновый провод *2*, к концам которого припаяны изолированные фарфоровыми изоляторами выводы из серебряной проволоки *4*, которые присоединены к зажимам в головке термометра *7*. Рабочий изолированный элемент вставляют сначала в алюминиевый, а затем в стальной чехол *5*.

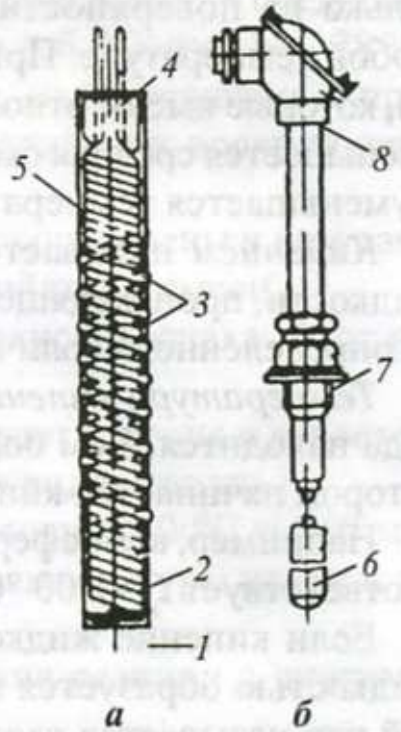


Рис. 12. Конструкция платинового термометра сопротивления: *а* – чувствительный элемент термометра; *б* – термометр в защитном чехле; *1* – слюдяная пластинка; *2* – платиновая проволока; *3* – серебряная лента; *4* – серебряный вывод; *5* – чехол; *6* – штуцер; *7* – головка; *8* – капилляр

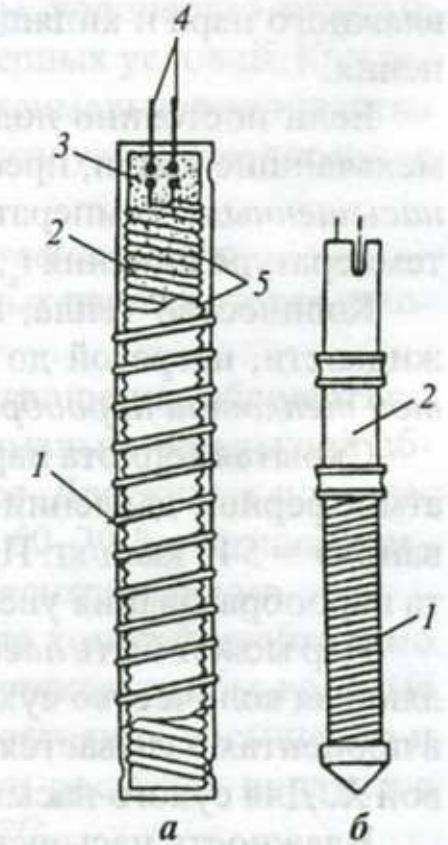


Рис. 13. Термометры сопротивления: *а* – платиновый: *1* – серебряная лента, которая закрепляет слюдяной пакет; *2* – платиновый провод; *3* – слюдяная пластинка с насечкой; *4* – серебряные выводы; *5* – слюдяные накладки; *б* – медный: *1* – медный провод; *2* – каркас

Вода и *водяной пар* как рабочие тела и теплоносители получили широкое использование в теплотехнике. Это объясняется тем, что вода является распространенным веществом в природе и кроме того, вода и водяной пар обладают хорошими термодинамическими свойствами. Пар образуется из воды путем *испарения* и *кипения*.

Испарением называется парообразование, которое происходит только на поверхности жидкости. Этот процесс происходит при любой температуре. При испарении из жидкости вылетают молекулы, которые имеют относительно большие скорости, вследствие чего уменьшается средняя скорость движения молекул, которые остались, и уменьшается температура жидкости.

Кипением называется бурное парообразование во всей массе жидкости, происходящее при передаче жидкости через стенки сосуда определенного количества тепла.

Температура кипения воды зависит от давления, под которым вода находится. Чем больше давление, тем выше температура, при которой начинается кипение воды.

Например, атмосферному давлению 1,033 кгс/см^2 (760 мм рт. ст.) соответствует $t_к$ = 100 °С, а при давлении 14 кгс/см^2 – $t_к$ = 194 °С.

Если кипение жидкости происходит в закрытом сосуде, то над жидкостью образуется пар, в котором имеются капельки влаги. Такой пар называется *влажным насыщенным*. При этом температура влажного пара и кипящей воды одинакова и равна температуре кипения.

Если постоянно подавать тепло, то вся вода в сосуде, включая мельчайшие капли, превратится в пар. Такой пар называется *сухим насыщенным*. Температура сухого насыщенного пара также равна температуре кипения $t_к$, которая соответствует данному давлению.

Количество тепла, необходимого для превращения в пар 1 кг жидкости, нагретой до температуры кипения $t_к$, называется *скрытой теплотой парообразования* (ккал/кг).

Скрытая теплота парообразования зависит от давления. Так, при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. скрытая теплота парообразования r = 540 ккал/кг. При повышении температуры скрытая теплота парообразования увеличивается.

Пар может быть *насыщенным* и *перегретым*. Величина, определяющая количество сухого насыщенного пара в 1 кг влажного пара в процентах называется *степенью сухости пара* и обозначается буквой X. Для сухого насыщенного пара X = 100 %.

Влажность насыщенного пара в паровых котлах должна быть в пределах 1–3 %, т. е. степень сухости X = 100 – (1–3) = 99–97 %.

Отделение части воды от пара называется *сепарацией,* а устройство, предназначенное для этого, – *сепаратором.*

Переход воды из жидкого состояния в газообразное называется *парообразованием,* а из газообразного в жидкое – *конденсацией.*

Пар, температура которого для определенного давления превышает температуру насыщенного пара, называется *перегретым*. Разность температур между перегретым и сухим насыщенным паром при этом же давлении называется *перегревом пара.*

Состав и свойства воздуха. Сухой атмосферный *воздух* представляет собой многокомпонентную смесь состава (об. %): азот N_2 – 78 %, кислород O_2 – 21 %, инертные газы (аргон, неон, криптон и пр.) и углекислый газ – 1 %. Кроме того, воздух содержит водяной пар, пыль, микроорганизмы и пр.

Газы, которые входят в состав воздуха, распределены в нем равномерно и каждый из них сохраняет свои свойства в смеси.

Азот N_2 и кислород O_2 не имеют цвета, вкуса и запаха. Азот не горит и горение не поддерживает.

Кислород не горит, но активно поддерживает горение и является *окислителем*, обеспечивающим горение всех видов топлива.

Плотность воздуха при нормальных условиях (0 °С и 760 мм рт. ст.) равна $r = 1{,}293$ кг/м^3. С повышением температуры плотность воздуха уменьшается.

Инертные газы не вступают в химические реакции с другими веществами.

В воздухе также находятся *водяные пары*, количество которых изменяется и зависит от конкретных атмосферных условий. Каждому значению температуры соответствует максимальное количество водяных паров, которые могут находиться в воздухе и определенное парциальное давление этих паров.

Различают влажность *абсолютную* и *относительную*.

Абсолютная влажность – это масса водяных паров, которая находится в 1 м^3 воздуха.

Относительная влажность (j) – это отношение абсолютной влажности при данной температуре к максимально возможной абсолютной влажности при той же температуре. Для жилых помещений нормальной влажностью считается j = 60–70 %. Относительную влажность измеряют *гигрометром* или *психрометром*.

Точкой росы называется *температура*, до которой необходимо охладить воздух или продукты сгорания топлива, чтобы водяные пары, которые находятся в них, достигли состояния насыщения и выделились в виде *росы*. Температура точки росы для продуктов сгорания природного газа составляет 53–56 °С.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Электрический ток и его характеристики

Простейшая электрическая цепь (рис. 14) состоит из источника электрической энергии (генератора) *Г*, ее потребителя и двух линейных проводников *Л1* и *Л2*, соединяющих источник энергии с потребителем.

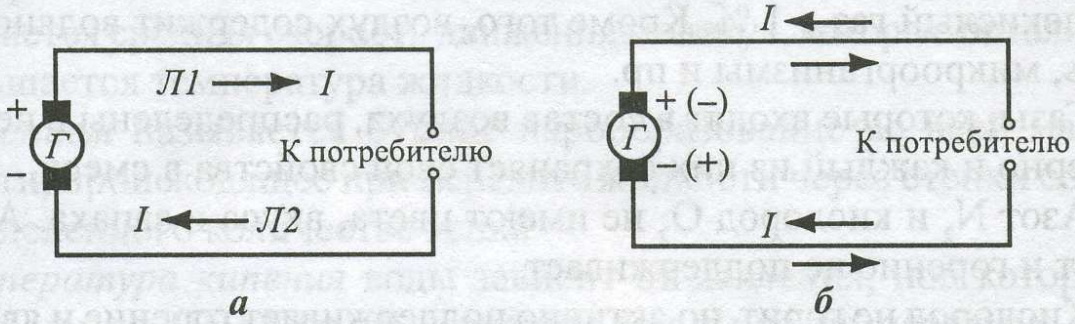


Рис. 14. Схемы электрического тока:
а – постоянный ток; *б* – переменный ток; *I* – сила тока, А

Источниками электрической энергии служат генераторы (устройства, которые превращают различные виды энергии – механическую, химическую, световую – в электрическую).

Источник электрической энергии и соединенный с ним линейными проводами потребитель этой энергии образуют замкнутую электрическую цепь, по которой протекает электрический ток.

Электрический ток – это упорядоченное движение электрических зарядов в проводимой среде, которое происходит под действием сил электрического поля.

Сила электрического тока определяется как количество электронов, протекающих через поперечное сечение проводника в единицу времени 1 с.

Единицей измерения силы тока является *ампер*, в системе СИ обозначается А, в других системах – а. Обозначают силу тока буквами *I* или *i*.

Энергия, необходимая для беспрерывного протекания тока по электрической цепи, называется *электродвижущей силой* (ЭДС). ЭДС источника тока не исчезает и при размыкании цепи. В этом случае ЭДС равна разности потенциалов (напряжению) на зажимах источника тока. Напряжение обозначают буквами *U* и *u*, измеряют в *вольтах*, в системе СИ обозначают В, а в других системах единиц – в.

Для измерения больших напряжений используется единица измерения *киловольт* 1 кВ = 1 000 В. Малые величины напряжения и ЭДС измеряются в *милливольтах* 1 мВ = 0,001 В.

В рассматриваемых схемах электрический ток протекает под действием *разности потенциалов* (*напряжения*) на зажимах источника тока и направлен от точки с более высоким потенциалом (*положительный заряд*) к точке с более низким потенциалом (*отрицательный заряд*). За направление электрического тока условно принимают направление перемещения положительного заряда от плюса к минусу.

Если сила и направление тока не изменяются на протяжении времени, то такой ток называют *постоянным* (рис. 15, *а*).

Электрический ток, который периодически изменяется по силе и направлению, называется *переменным* (рис. 15, *б*).

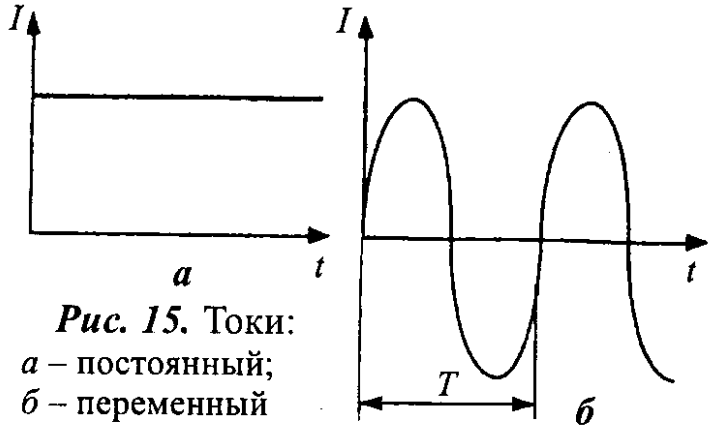


Рис. 15. Токи:
а – постоянный;
б – переменный

Для получения переменного тока используются генераторы, в которых на исходных клеммах возникает то положительный заряд (плюс), то отрицательный заряд (минус). Переменный ток, кроме силы и напряжения, характеризуется *периодом* и *частотой*.

Периодом Т называется время, в течение которого переменный ток совершает одно полное изменение по величине и направлению.

Частотой называется число полных изменений переменного тока, которые происходят за 1 с.

Период измеряется в *секундах* (с), а частота – в *герцах* (Гц).

В различных областях техники используется *электрический ток* различных частот. На электростанциях нашей страны используются генераторы, которые вырабатывают переменный трехфазный ток *частотой* 50 Гц.

Проводники электрического тока и диэлектрики

Материалы, проводящие электрический ток, называются *проводниками*. К ним относятся металлы, растворы кислот, щелочей и солей. В электротехнике в качестве материала для проводников широко используют медь и алюминий.

Материалы, которые практически не проводят электрический ток, называются *диэлектриками*. К ним относятся резина, слюда, пластмассы и многие другие материалы, а также воздух и газы. Диэлект-

рики используются в качестве электроизоляционных материалов для электрической изоляции проводников друг от друга и от окружающей среды.

Направленному движению электронов в проводнике противодействуют его молекулы и атомы. Это противодействие принято оценивать электрическим сопротивлением. Электрическое сопротивление проводника обозначают буквой R. Единица измерения сопротивления – Ом. При измерении больших сопротивлений используется килоом: 1 кОм = 10^3 Ом или мегаом: 1 МОм = 10^6 Ом.

Сопротивление проводника зависит от его материала, длины, поперечного сечения и температуры.

Закон Ома для участка и полной цепи:

$$I = \frac{U}{R} \text{ (для участка цепи);}$$

$$I = \frac{E}{R + r} \text{ (для полной цепи),}$$

где R – сопротивление внешнего участка цепи;

E – электродвижущая сила;

r – внутреннее сопротивление источника электрической энергии.

Трехфазный электрический ток представляет собой совокупность трех цепей переменного тока, в которых одновременно действуют три синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, с равными амплитудами, смещенными одна относительно другой на угол 2p/3 (120°). Совокупность таких ЭДС называется *трехфазной системой ЭДС*. Эту систему можно получить при вращении в однородном магнитном поле трех одинаковых обмоток, смещенных в пространстве на угол 2p/3 (120°).

Для характеристик энергетических условий важно, насколько быстро выполняется *работа*. Работа, которая выполняется за единицу времени, называется *мощностью*: $P = A/t$.

Если движение зарядов создавало постоянный ток, то $q = i\,t$, где t – время, в течение которого был перенесен заряд. Следовательно, работа, выполненная за время t, равна $A = U\,I\,t$. В электрической цепи при постоянном токе и напряжении мощность $P = A/t = U\,I$.

Заменив в этом выражении на основании закона Ома $U = I\,R$ или $I = U\,q$, получим три выражения мощности постоянного тока:

$$P = V\,I = I^2\,R = U^2\,q.$$

Каждое выражение используется в определенных условиях расчета.

Единицей измерения мощности служит *ватт*.

Вт = В·А·с = Дж/с или Дж = Вт·с.

Ватт – это мощность, при которой за 1 с совершается работа, равная 1 Дж. В электрической цепи это мощность, которая затрачивается в проводнике при напряжении 1 В между его концами и при токе 1 А.

Для измерения больших мощностей

1 кВт = 10^3 Вт; 1 МВт = 10^6 Вт.

Прибор для измерения мощности – *ваттметр* – имеет две измерительные цепи (две катушки), из которых одна (цепь тока) включается, как амперметр, последовательно с объектом измерения, а другая (цепь напряжения) подключается к объекту параллельно, как вольтметр.

Так как основная единица работы и энергии Дж – малая величина, то в электроэнергетических установках для измерения работы используется более крупная величина – киловатт-час (кВт·ч). Это работа, которая совершается за 1 ч при постоянной мощности в 1 кВт.

Значит, 1 кВт·ч = 3 600 000 Дж.

Электрические сети низкого напряжения промышленных предприятий, как правило, выполняются четырехпроводными (три фазы и ноль), что дает возможность получить два различных напряжения. Четырехпроводная система широко используется для электроснабжения смешанных осветительно-силовых нагрузок.

Осветительные нагрузки включаются на фазное напряжение, 220 В (между фазой и нулевым проводом), а силовые нагрузки – на линейное напряжение 380 В (между двумя фазными проводами).

Трансформаторы переменного тока и электромагниты

При прохождении электрического тока по проводнику в окружающем пространстве возникает *магнитное поле*. При отключении тока магнитное поле исчезает. Магнитное поле возникает не только вокруг прямолинейного проводника, но и вокруг проводника, свитого в кольцо. Проводник, свитый в несколько колец, называется *катушкой*. Магнитное поле имеет наибольшую интенсивность внутри катушки и зависит от силы тока и числа витков.

Если изменять магнитное поле вокруг проводника, то в проводнике наводится ЭДС, под действием которой в замкнутом проводнике возникает *электрический ток*. Это явление называется *взаимной индукцией* и положено в основу действия трансформатора.

Трансформатор. Электромагнитный аппарат, который превращает переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения (рис. 16), называется *трансформатором*.

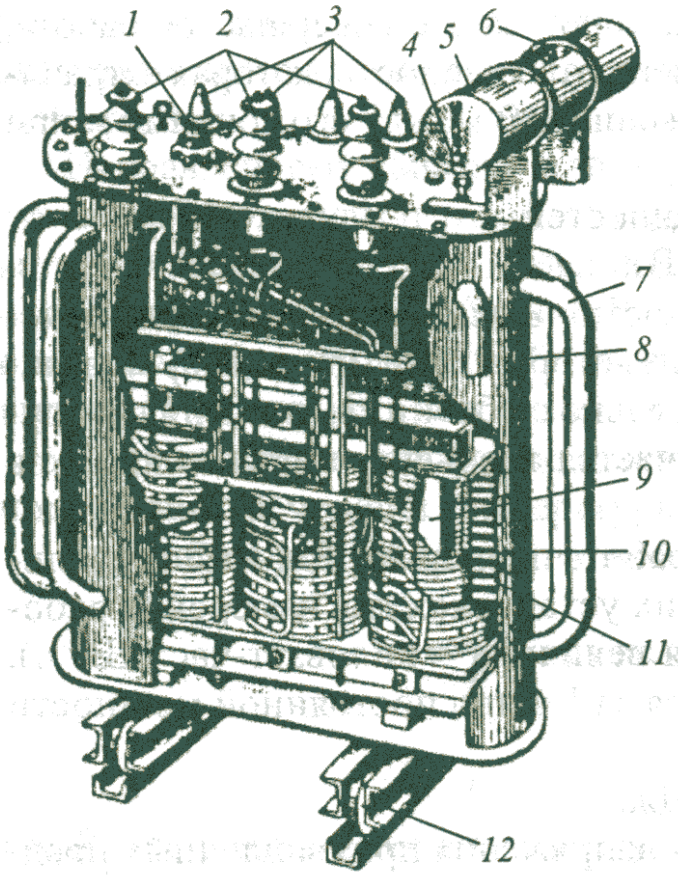




Рис. 16. Трехфазный силовой трансформатор мощностью 320 кВт:

1 – рукоятка переключения ответвлений обмотки высокого напряжения; *2* – выводные изоляторы высокого напряжения; *3* – выводные изоляторы низкого напряжения; *4* – указатель уровня масла; *5* – расширитель; *6* – пробка с фильтром; *7* – радиатор; *8* – кожух трансформатора; *9* – магнитопровод с обмотками; *10* – обмотка высокого напряжения; *11* – обмотка низкого напряжения; *12* – ролики

Обмотка, включенная в сеть источника электрической энергии, называется *первичной,* а обмотка, от которой энергия подается потребителю, – *вторичной.*

Если первичное напряжение меньше вторичного, трансформатор называется *повышающим,* а если больше – *понижающим.*

Принцип работы трансформатора заключается в следующем: если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику переменного тока, то ток образует в стальном сердечнике (магнитопроводе) трансформатора переменный магнитный поток, который, проникая в витки вторичной обмотки трансформатора, будет индуктировать в обмотке ЭДС.

Если вторичная обмотка подключена к потребителю, то под действием индуктированной ЭДС в этой сети будет протекать переменный электрический ток. Таким образом, электрическая энергия будет передаваться из первичной обмотки трансформатора к вторичной, но при другом напряжении, которое зависит от соотношения числа витков в обмотках трансформатора.

Трансформаторы получили широкое применение при передаче электрической энергии на большие расстояния, для распределении энергии между потребителями и в различных устройствах автоматики.

Электромагниты. Если в катушку поместить стальной сердечник и пропустить через нее электрический ток, то сердечник намагничивается и приобретает свойства постоянного магнита.

На использовании явлений электромагнитизма основана работа электромагнитных приводов, где электрическая энергия превращается в механическую энергию перемещения подвижного элемента – *якоря*.

Электромагниты нашли широкое использование в конструкциях реле, магнитных пускателей, переключающих и отключающих газовых клапанов.

В конструкциях клапанов-отсекателей, предназначенных для отключения подачи газа к горелкам котла, якорь электромагнита жестко соединен с клапаном и перемещается (втягивается), когда на обмотку подается напряжение, открывая проход газа. При отключении напряжения якорь с клапаном под действием своего веса опускается на седло и перекрывает проход природному газу. На этом явлении основано действие автоматики безопасности котлов.

Электрооборудование котельных, его назначение и работа

Электрооборудование. Электрическое оснащение современных котельных (рис. 17) включает силовые и осветительные щиты, большое количество электродвигателей различного назначения с пусковой и защитной аппаратурой, устройства автоматического регулирования и безопасности, приборы теплотехнического контроля, систему кабелей и проводов.

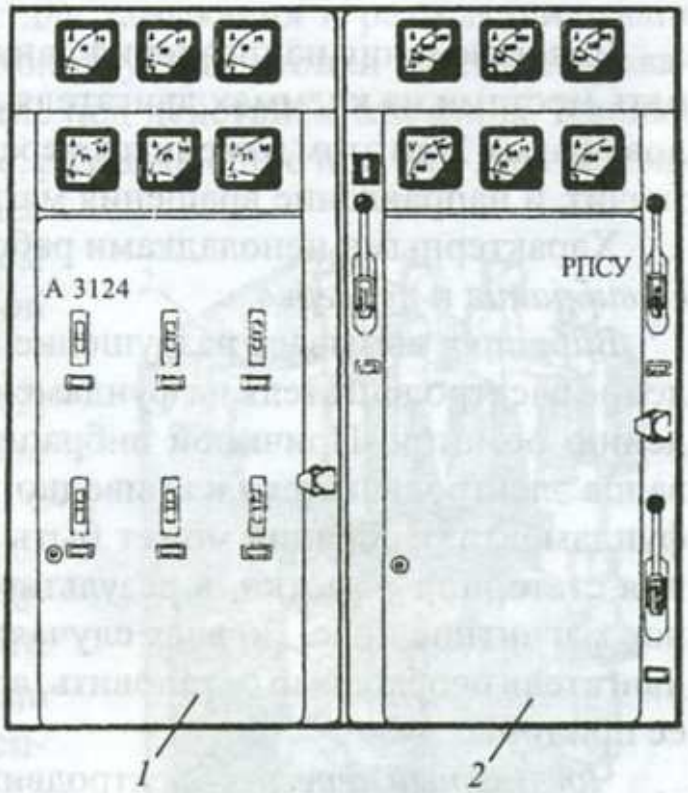


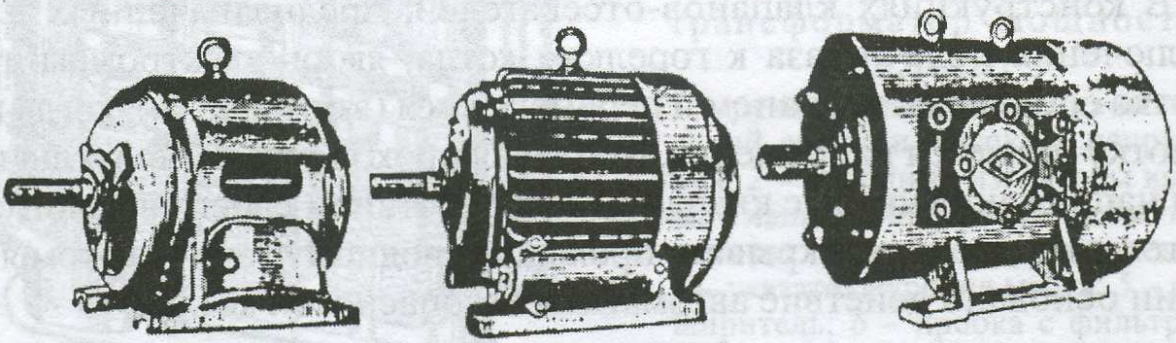
Рис. 17. Главный распределительный щит котельной:
1 – щит ЩО-20; *2* – щит ЩО-58

Электродвигатели состоят из двух основных частей: *статора* – неподвижной части, которая имеет электрические обмотки, и *ротора* – подвижной части, которая находится внутри статора. Между ротором и статором имеется небольшой воздушный зазор.

Обмотка статора при включении в электрическую сеть образует вращающееся магнитное поле, которое пересекает обмотку ротора и индуцирует в ней ЭДС. В результате взаимодействия протекающего при этом в обмотке ротора тока с вращающимся магнитным

полем статора ротор приходит во вращательное движение. Если ротор вращается со скоростью вращения магнитного поля, двигатель называется *синхронным,* а если скорости не одинаковы – *асинхронным.*

На рис. 18 приведены асинхронные двигатели в защищенном (*а*), закрытом (*б*) и взрывозащищенном (*в*) исполнении.



а *б* *в*

Рис. 18. Асинхронные двигатели:
а – защищенный; *б* – закрытый; *в* – взрывозащищенный

Для изменения направления движения ротора достаточно поменять местами на клеммах двигателя два из трех подводящих проводов (фазы). При этом изменится чередование фаз обмотки статора, а значит, и направление вращения магнитного поля.

Характерными неполадками работы электродвигателей являются *вибрация* и *перегрев*.

Вибрация вызывает разрушение подшипников, ослабляет крепление электродвигателя на фундаменте и может привести к повреждению обмоток. Причиной вибрации может быть смещение осей валов электродвигателя и приводного механизма, а также оседание фундамента. Вибрация может быть следствием короткого замыкания статорной обмотки, в результате чего образуется неравномерное магнитное поле. Во всех случаях появления вибрации электродвигатель необходимо остановить, а затем выявить и ликвидировать ее причины.

Чрезмерный перегрев электродвигателя вызывает обгорание изоляции его обмоток и может привести к аварии.

Необходимо помнить, что *перегрев не должен превышать 60 °С как для самой обмотки, так и для стальных частей, которые соприкасаются с ней.*

Например, статор электродвигателя имеет температуру 80 °С при температуре окружающего воздуха 25 °С. Превышение будет составлять 80–25 = 55 °С, что является допустимой температурой перегрева.

Пусковая и защитная аппаратура. Современные устройства включения электродвигателей подразделяются на две основные группы: *ручного* и *автоматического управления*. Конструктивное различие пусковой аппаратуры состоит во включении главных контактов (ручного или нажимного действия) и в защите от окружающей среды (открытая, закрытая, защищенная и взрывобезопасная).

Основными аппаратами *ручного управления* являются рубильники, переключатели и пакетные выключатели.

Рубильники и *переключатели* выпускаются в одно-, двух- и трехполюсном исполнении.

Пакетные выключатели используются в роли ручных пускателей для электродвигателей небольшой мощности и собираются в виде пакетов из изоляционного материала, внутри которых размещены плоские контакты, которые замыкаются при повороте ручки выключателя.

Основной аппаратурой *автоматического управления* являются кнопки управления, магнитные пускатели и автоматические выключатели (автоматы).

Кнопки управления служат для замыкания и размыкания цепи дистанционного управления. Конструкция кнопки предусматривает возврат в исходное положение под действием пружины. Кнопка управления имеет замыкающие, размыкающие или те и другие контакты. Комплект из двух и более кнопок, смонтированных в одном корпусе, называется *кнопочной станцией*.

Магнитные пускатели (рис. 19) представляют собой трехфазные контакторы переменного тока с замыкающими контактами, которые помещены в стальной защитный корпус со съемной крышкой. Магнитный пускатель может иметь двухполюсное тепловое реле.

Включение и выключение магнитного пускателя осуществляются дистанционно с помощью кнопок «Пуск» и «Стоп».

При нажатии на кнопку «Пуск» в катушке магнитного пускателя появляется ток, вокруг нее образуется магнитное поле,

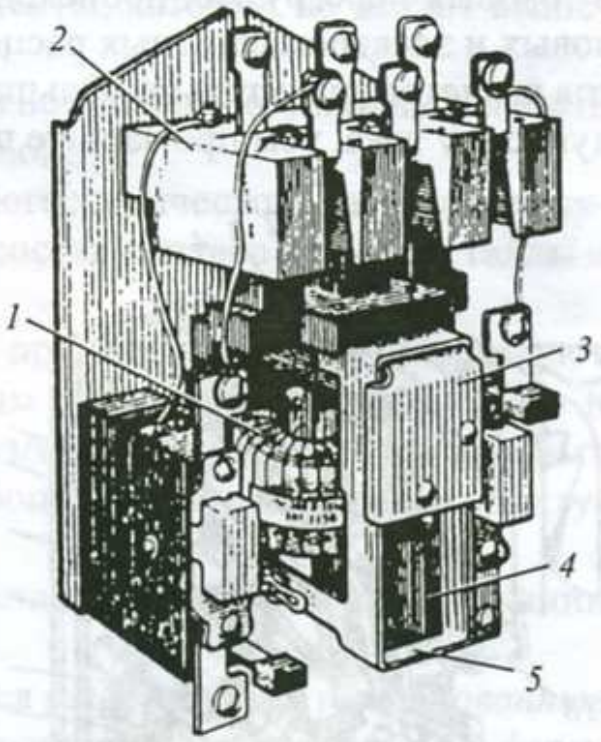


Рис. 19. Магнитный пускатель: *1* – катушка; *2* – дугогасительная камера; *3* – направляющая камера; *4* – якорь электромагнита; *5* – держатель якоря

сердечник намагничивается и притягивает к себе якорь, который замыкает главные контакты в цепи электродвигателя. Одновременно с главными контактами в цепи управления замыкается контакт самоблокирования, который разрешает отпустить кнопку «Пуск», не разрывая электрическую цепь катушки пускателя.

Тепловые элементы, включенные последовательно с обмотками электродвигателя, имеют в цепи управления размыкающий контакт, который разрывает цепь катушки пускателя при опасных токовых перегрузках электродвигателя, что приводит к размыканию главных контактов и остановке двигателя.

Остановка происходит и при нажатии на кнопку «Стоп».

Магнитные пускатели защищают электродвигатели от перегрузки и понижения напряжения в сети более чем на 30–40 % номинальной, а также от самозапуска при исчезновении и повторном появлении напряжения в электрической сети, управляются дистанционно и автоматически.

Для защиты электрических цепей от токов короткого замыкания и длительных перегрузок последовательно с потребителями электроэнергии включаются *плавкие предохранители.* Их работа основана на использовании теплового действия тока.

Автоматические выключатели (автоматы) (рис. 20) могут выполнять функцию пусковой и защитной аппаратуры и состоят из рубильника и предохранителя. Отключение при коротких замыканиях и токовых перегрузках происходит автоматически с помощью тепловых и электромагнитных расцепителей. Преимуществом автоматов является значительно бóльшая точность их настройки на заданную силу тока, чем при защите плавкими вставками.

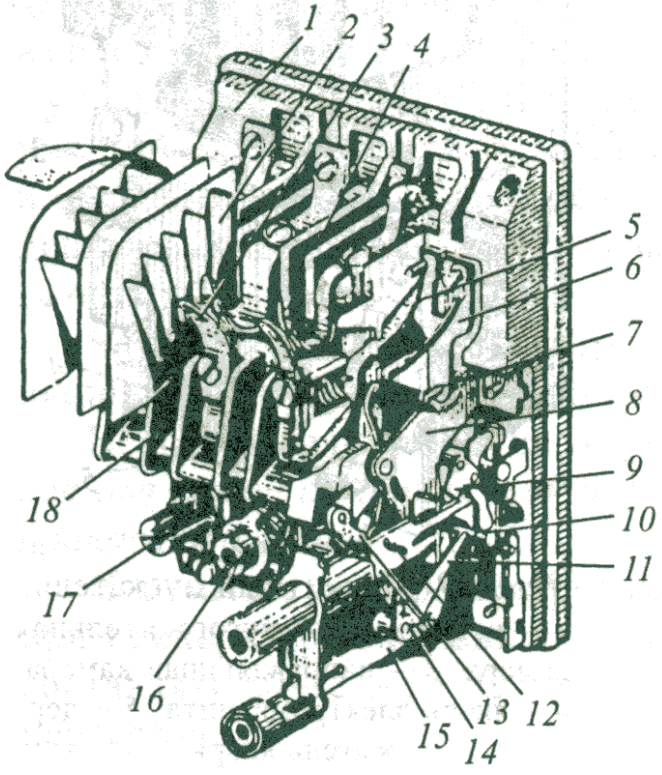


Рис. 20. Автоматический выключатель серии АЗЕ 00:
1 – цоколь кожуха; *2* – дугогасящая камера; *3* – подвижный контакт; *4* – неподвижный контакт; *5* – гибкое соединение; *6* – тепловой расцепитель; *7* – отключающий рельс защиты; *8* – корпус механизма свободного расцепления; *9* – рычаг для изменения вставки по току; *10* – спусковой валик с рычагом; *11* – упорный рычаг механизма; *12* – кнопка включения; *13* – приводные рычаги; *14* – пружина механизма свободного расцепления; *15* – кнопка отключения; *16* – капсула электромагнитного расцепления; *17* – сердечник электромагнитного расцепителя; *18* – изолированная траверса

Заземление служит для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током при прикосновении к корпусу, который оказался под напряжением.

Сопротивление заземления должно быть не больше 4 Ом. Сопротивление заземления замеряется не реже 1 раз в год.

Глава третья

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Краткие сведения о металлах и сплавах, используемых в котельных

Металлы и сплавы. Из общего числа известных в данное время 106 химических элементов 85 относятся к группе *металлов* (железо Fe, медь Cu, алюминий Al, молибден Mo и пр.), остальные – к группе *неметаллов* (углерод C, кислород O_2, сера S, фосфор P и др.).

Металлами называются химические элементы, определяющими признаками которых являются: свойства коваться, вытягиваться в нить и провод, свариваться, хорошо проводить тепло и электрический ток.

Неметаллы – химические элементы, которые не имеют вышеуказанных свойств.

Чистые металлы в технике почти не используются. Большая часть металлов используется в виде сплавов.

Сплавом называется состав любого химического элемента с другими химическими элементами. В состав сплавов входят металлы и неметаллы.

Сплавы железа с углеродом и другими элементами образуют группу черных металлов. К черным металлам относятся *сталь* и *чугун*, которые используются для изготовления элементов паровых и водогрейных котлов, а также трубопроводов, арматуры и гарнитуры котельных.

Сталью называется *сплав железа* с *углеродом* при содержании углерода в сплаве менее 2 %.

В машиностроении применяются *углеродистые* и *легированные стали*, т. е. такие, в которых для улучшения механических и физико-химических свойств используются другие металлы.

Углеродистые стали более дешевые, чем легированные, и поэтому находят широкое применение. В зависимости от содержания в них вредных примесей, способа выплавки и степени однороднос-

ти свойств подразделяются на стали *обычного качества и качественные стали.*

Легированные стали подразделяются на:

низколегированные (до 3,5–4 % легирующих элементов);

среднелегированные (4–10 % легирующих элементов);

высоколегированные (более 10 % легирующих элементов).

Химические элементы, используемые в легированных сталях обозначаются: молибден – М, никель – Н, ванадий – Ф, вольфрам – В, алюминий – Ю, марганец – Г, кремний – С, ниобий – Б, бор – Р, хром – Х, титан – Т. Ниже в качестве примера приводятся марки некоторых сталей, которые принято обозначать следующим образом:

30ХМ – низколегированная хромомолибденовая сталь со средним содержанием углерода 0,30 %, хрома – до 1 % и молибдена – до 1 %;

12Х2МВ – низколегированная сталь со средним содержанием углерода 0,12 %, хрома – 2 %, молибдена – до 1 % и вольфрама – до 1 %.

По способу получения стали подразделяются на: конверторные, мартеновские и электростали.

Чугуном называется *сплав железа* с *углеродом* при количестве углерода в сплаве более 2 % (до 6 %). Кроме углерода чугун содержит также примеси марганца, серы и фосфора.

Основным материалом для получения чугуна является *железная руда*. Чугун выплавляют в доменных печах и в зависимости от физико-химических и специальных свойств подразделяется на *серый, ковкий, жароустойчивый и высокопрочный.* Чугун обозначают следующим образом:

СЧ-12-28 – серый чугун, который имеет границу прочности при растягивании 12 кгс/мм^2 и гнутье 28 кгс/мм^2;

СЧ-18-36 – соответственно при растягивании 18 кгс/мм^2 и гнутье 36 кгс/мм^2;

КЧ-30-6 – ковкий чугун, который имеет границу прочности при сгибании 30 кгс/мм^2 и относительное удлинение при растягивании 6 %;

ВЧ-45-10 – высокопрочный чугун, который имеет границу прочности при сгибании 45 кгс/мм^2 и относительное удлинение при растягивании 10 %.

Цветные металлы в котельных используются для изготовления деталей арматуры и автоматики.

Наибольшее распространение имеют:

алюминий – провода, детали автоматики;

медь – провода, импульсные линии датчиков автоматики;

бронза – детали арматуры;

латунь – трубки водоподогревателей, детали автоматики.

Латунью называется *сплав меди* с *цинком* (до 45 %), а также иногда с легирующими добавками элементов Al, Mn, Sn, Pb и других элементов, повышающих прочность, антикоррозийность и плавкие свойства.

Бронзой называется *сплав* на *основе меди* с добавлением олова, алюминия, свинца, кремния, бериллия.

Сварка металлов. *Электродуговая сварка* осуществляется с помощью трансформаторов переменного тока или электросварочных генераторов постоянного тока. Сварка проводится электродами.

Газовая сварка осуществляется ацетиленовыми генераторами, в которых горючим газом служит ацетилен, получаемый в генераторе из карбида кальция.

В последнее время разработаны горелки для сваривания с помощью пропан-бутана. При газовой сварке используется сварочная проволока.

Пайка и припои. *Пайкой* называется процесс соединения металлических частей с помощью расплавленных металлов и сплавов, которые называются *припоями*. Припои – *мягкие* и *твердые*.

Мягкие припои состоят из олова, свинца, небольшого количества сурьмы и других примесей (медь, висмут и пр.).

Мягкие припои плавятся при температуре до 300 °С и используются для получения соединений, которые требуют высокой герметичности, но они имеют небольшую прочность.

Граница прочности мягких припоев при растягивании составляет 5–7 кгс/мм^2. Марки мягких припоев: ПОС-90; ПОС-60; ПОС-40; ПОС-30; ПОС-18. Буквы ПОС означают, что припой оловянисто-свинцовый, цифры после букв указывают на процентное содержание олова в сплаве.

Твердые припои – тугоплавкие сплавы на основе меди, серебра и прочих металлов. Твердые припои имеют температуру плавления 650–900 °С и высокую механическую прочность. Граница прочности при растягивании 20–40 кгс/мм^2.

Марки твердых припоев: ПМЦ-36; ПМЦ-48; ПМЦ-54; ПСр-25; ПСр-45; ПСр-70.

Флюсы – специальные материалы, которые используются при пайке для удаления пленки оксидов и прекращения окисления в процессе пайки.

Мягкие флюсы – хлористый цинк, канифоль, нашатырь. Твердые флюсы – порошкообразная бура.

Прокладочные материалы. При ремонте трубопроводов и арматуры для того чтобы уплотнить фланцевое соединение, используются прокладочные материалы. Обеспечивая высокую плотность фланцевых соединений, прокладочные материалы должны иметь хорошую пластичность, прочность (чтобы воспринимать внутреннее давление), а также устойчивость к температурным условиям и разъедающему действию среды, в которой материалы находятся.

Основные материалы для прокладок указаны в табл. 2.

Таблица 2

Основные материалы для прокладок

Материал	Рабочая среда			Толщина прокладки, мм
	Название	Давление, кгс/см^2	Температура, °С	
Листовой асбест	Пар	1,5	–	До 4
Шнуровой асбест	Пар	1,5	–	До 6
Парусина	Пар	1,5	50	2–6
Технический картон	Пар	16	120	0,25–3
Сплошная резина	Пар	3	40	1–8
Маслостойкая резина	Масло, нефть	5	60	3–4
Резина из парусины, прокладки	Вода	6	60	1–6
Резина с металлической сеткой	Вода	10	80	3–4
Кожа	Вода	20	40	2–3
Паронит	Вода	50	Не ограничена	0,3–3
Латексный картон	Пар	50	450	0,3–3
	Пар	50	425	0,5–2

Асбест – группа волокнистых минералов, которые состоят из кремнезема (42–59 %), оксида магния (20–41 %) и небольшого количества закиси железа, оксида железа, оксида кальция, а также содержат воду (1–40 %) и имеют высокую огнестойкость, теплоизоляционные свойства и хорошую механическую прочность.

Асбест в котельных используется для соединения секций чугунных котлов при уплотнении ниппелей, для взрывных предохранительных клапанов, для сальников арматуры паровой и в других целях.

Резина техническая листовая – в котельных и системах отопления используется для изготовления прокладок между фланцами водопровода, газопровода, между секциями радиаторов, в узлах автоматических устройств.

Резиновые трубки используются для соединения стеклянных жидкостных манометров с газо- и воздухопроводами и тягомеров с топкой и газоходами.

Паронит – прокладочный материал, изготовленный из асбеста, резины и наполнителей. Наибольшее распространение получил паронит марки В – унифицированный. Используется в виде листов различных размеров, толщиной от 0,4 до 6 мм. Паронит выдерживает рабочее давление до 50 кгс/см^2 и температуру до 450 °С. Его используют для уплотнения фланцевых соединений паропроводов, водопроводов горячей воды и газопроводов среднего и высокого давления.

Картон прокладочный изготавливается двух марок в листах и рулонах толщиной:

А (пропитанный) – 0,2–1,5 мм;

Б (непропитанный) – 0,3–2,5 мм.

Сохраняется в сухом месте. Используется для прокладок на водопроводах холодной воды. Перед установкой между фланцами прокладки смачивают водой и проваривают в масле.

Пластмассы – синтетические полимерные материалы, главным образом на основе синтетических смол (фторопласт). Используются шнур и лента ФУМ.

Набивочные (уплотнительные) материалы. К ним относятся различные сальниковые набивки и мастики, которые служат для предотвращения выхода пара или жидкости через зазоры сальников. Материалы должны иметь небольшой коэффициент трения, высокую коррозийную устойчивость против износа при высоких температурах (табл. 3).

Таблица 3

Набивочные (уплотнительные) материалы

Рабочая среда			Материал набивки
Название	Давление, кгс/см^2	Температура, °С	
Чистая питьевая вода	200	100	Плетеный шнур из хлопчатобумажной пряжи
Вода для хозяйственных потребностей	160	100	Плетеный шнур из конопляной пряжи, пропитанный антифрикционной мастикой

Рабочая среда			Материал набивки
Название	Давление, кгс/см^2	Температура, °С	
Горячая вода Насыщенный пар	25 12	300 30	Асбестовый шнур, пропитанный антифрикционной мастикой
Мазут	25	300	Плетеный шнур из хлопчатобумажной пряжи
Воздух	160	100	Плетеный конопляный или льняной шнур, пропитанный антифрикционной мастикой

Обмуровочные и теплоизоляционные материалы

Обмуровочные материалы. Для выполнения обмуровки паровых и водогрейных котлов используется огнеупорный и строительный красный кирпич.

Материал, который состоит из сырой и огнеупорной глины, выжженной при высокой температуре, называется *шамотом,* а изделия из него – *шамотными*.

В зависимости от огнестойкости шамотные изделия подразделяются на следующие марки:

Марка	ША	ШБ	ШВ, ШУС
Огнестойкость,°С, не ниже	1730	1630	1580

Шамотный кирпич выпускается двух размеров:

большой нормальный: 250×123×65 мм;

малый нормальный: 250×113×65 мм.

Используется также шамотный клиновой кирпич размерами:

250 × 123 × 65/55 и 250 × 113 × 65/55 мм.

При обмуровке котлов в основном используются шамотные изделия марок ШБ и ШВ.

При обмуровке газоходов котлов могут использоваться легкие шамотные изделия, которые имеют предельную температуру 1 150–1 250 °С, выпускаются в виде прямого, клинового и фасонного кирпича и маркируются:

АЛ-1,3 – с предельной температурой использования 1 350–1 400 °С.

БЛ-0,8 и БЛ-0,4 – с предельной температурой использования 1 150–1 250 °С.

Глиняный красный кирпич выпускается размером 250×125×65 мм. Различают пять марок кирпича: 75, 100, 125, 150 и 200. Цифра указывает на границу прочности при сжатии (кгс/см^2).

Теплоизоляционные материалы. Служат для уменьшения передачи тепла в окружающую среду, снижают тепловые потери и улучшают санитарно-гигиенические условия работы.

Теплоизоляционные материалы должны иметь:

низкую теплопроводность;

низкую удельную теплоемкость;

достаточную механическую прочность;

допускать обработку;

не вызывать коррозии металлов.

Эти материалы имеют пористое строение. Вследствие заполнения пор воздухом коэффициент их теплопроводности низкий.

В зависимости от происхождения теплоизоляционные материалы – *органические* и *неорганические*. Органические материалы не выдерживают высоких температур и используются до 100 °С.

В состав большинства изоляционных материалов входит асбест, волокна которого характеризуются высокой прочностью на разрыв и низкой теплопроводностью. Из асбеста изготовляются шнур, картон и асбестовая ткань, которые используются при температуре до 500 °С.

Из смеси разрыхленного асбеста и дешевых горных пород (диатомита, доломита, извести, отходов шиферного производства и пр.) изготовляются различные порошкообразные материалы: асбозурит, асботермит, асбослюда, совелит и используются в виде мастик или после формовки и сушки в виде плит и фасонных изделий (сегментов и скорлупы) при температуре 450–500 °С.

Для теплоизоляции широко используется минеральная вата, которая состоит из тонких, в беспорядке размещенных стекловидных нитей, которые получают, продувая воздухом жидкий шлак (шлаковата) или жидкое стекло (стекловата). Минеральная вата – распространенный материал, который имеет низкую теплопроводность. Ее используют в виде матов, полос, плит и других изделий при температуре до 600 °С.

Теплоизоляционные материалы и изделия приведены в табл. 4.

Таблица 4

Теплоизоляционные материалы и изделия

Название	Марка материала	Плотность, кг/м^3	Предельная температура, °С
Асбестовая ткань	АТ-6 АТ 7, 8, 9	500–700	450 200
Асбостеклоткань	АСТ-1	–	500
Асбозурит (мастика)	600	600	90
Вата минеральная	100	100	600

Название	Марка материала	Плотность, кг/м^3	Предельная температура, °С
Стекловата	–	130	450
Вулканит: плиты скорлупы	 350 400	 350 400	 600 600
Пенодиатомит: кирпич скорлупы	 ПД-350 ПД-400	 365 420	 900 900
Совелит в матрацах из асбеста	–	280	500
Шнур асбестовый	–	–	250–500
Шнур асбестомагнезитовый	–	–	350
Шнур асбестопуховый	–	–	200–500
Стеклоткань	КТ-11	–	1 110

Глава четвертая

ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ

Техническое черчение

Чертежи. Графическое изображение предмета (устройства, оснащения, прибора), дающее полное представление о его конструкции, размерах и материалах, из которых изготовлены отдельные его элементы, называется *чертежом*.

Для составления и оформления чертежей и текстовой части к ним применена Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

В машиностроении в зависимости от содержания различают:

чертежи деталей, содержащие изображения деталей и данные, необходимые для их изготовления (профиль резьбы, шероховатость, покрытие поверхностей и т. д.);

сборочные чертежи – на них приведены изображения изделий и данные, которые необходимы для их сборки, изготовления и контроля, а также спецификация деталей, которые входят в данное изделие. Сборочные чертежи дают представление о форме и приближенных размерах каждой детали, их взаимосвязи, порядке сборки, разборки изделия и монтаже его в общей схеме механизма или установки;

чертежи общего вида – определяют конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и объясняют принцип работы изделия;

схемы – на них условными обозначениями показаны составные части изделия (системы) и связь между ними.

Виды, разрезы, сечения. Все графические изображения предмета на чертеже подразделяются на виды, разрезы и сечения.

Видом называется изображение видимой части предмета (конструкции, устройства), повернутой к наблюдателю.

На чертеже предмет может быть представлен шестью видами (изображениями): спереди, сверху, слева, справа, снизу, сзади. При этом можно вообразить, что предмет находится в центре куба и шесть изображений являются его проекциями на шесть сторон куба.

В основном используются три проекции, дополняя их для полной ясности тремя следующими видами.

Изображение предмета, мысленно рассеченного плоскостью или несколькими параллельными плоскостями, называется *разрезом.* То, что находится между отсеченной плоскостью и наблюдателем, воображается отброшенным, а на разрезе показывают то, что получено в отсечном пересечении и то, что видно за плоскостью сечения. При этом части предмета, которые пересекаются плоскостью сечения, обозначают соответствующей штриховкой.

Различают *продольный разрез,* если пересекающаяся плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета, *и поперечный,* если пересекающиеся плоскости направлены перпендикулярно его длине или высоте.

Если предмет рассечен одной плоскостью, разрез называется *простым*, а если двумя или больше плоскостями – *сложным*.

Сложные разрезы – ступенчатые, если секущие плоскости параллельны, или ломаные, если секущие плоскости пересекаются.

Сечением называется изображение на чертеже плоских геометрических фигур, которые образуются при рассечении мысленно предмета секущей плоскостью. Сечение является частью разреза, так как в нем показывается только то, что находится непосредственно в секущей плоскости.

Длинные предметы, которые имеют постоянное или определенным образом изменяемое сечение, изображаются на чертежах с разрывами, то есть сокращенными.

Чертеж, выполненный от руки без строгого соответствия размеров линий на чертеже соответствующему масштабу, называется *эскизом.* Пропорциональность размеров между собой на чертеже устанавливается на глаз, но цифровые значения размеров должны точно отвечать соответствующим действительности размерам детали. Составляют эскиз детали, используя при этом необходимые измери-

тельные инструменты. В зависимости от сложности детали эскиз включает общие виды, разрезы и сечения.

Масштаб чертежа. Линейные размеры, приведенные на чертеже, могут не совпадать с соответствующими действительности размерами предмета в натуре и могут быть больше или меньше их. Отношение линейных размеров на чертеже к размерам в натуре называется *масштабом.*

Большие предметы чертятся в масштабе уменьшения (1:2; 1:10; 1:100), детали – в натуральную величину (1:1), а очень малые детали – в масштабе увеличения (2:1; 10:1; 100:1).

Линии чертежей. При выполнении чертежей используются линии различного начертания и толщины.

Сплошными толстыми линиями обозначают видимый контур, контур сечения.

Сплошные тонкие – размерные и выносные.

Штрих – невидимый контур.

Штрихпунктирные – оси и центральные линии.

Разомкнутые – линии сечений.

Принципиальные схемы котельных

Условные обозначения:



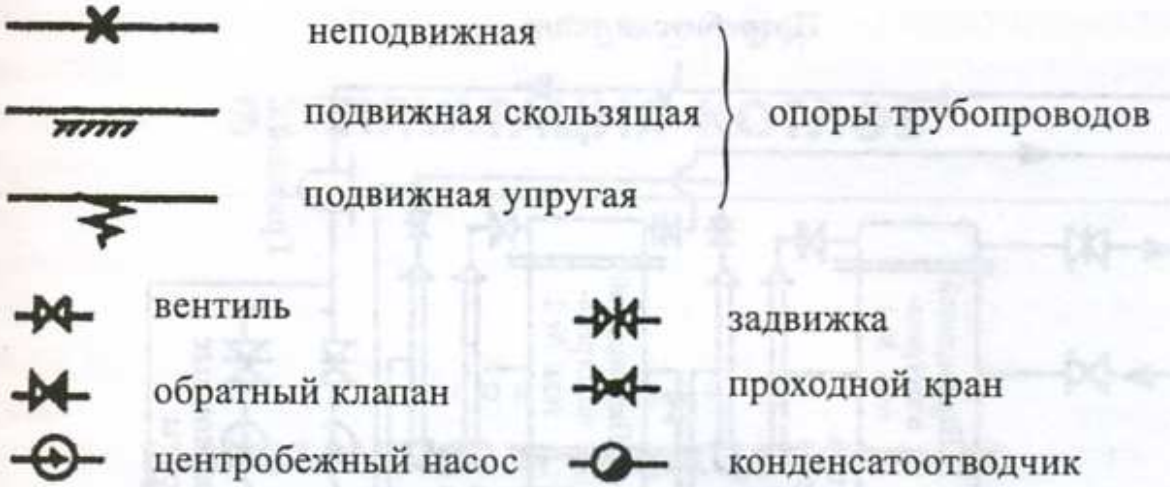


Схема котельной с тремя секционными водогрейными котлами показана на рис. 21.

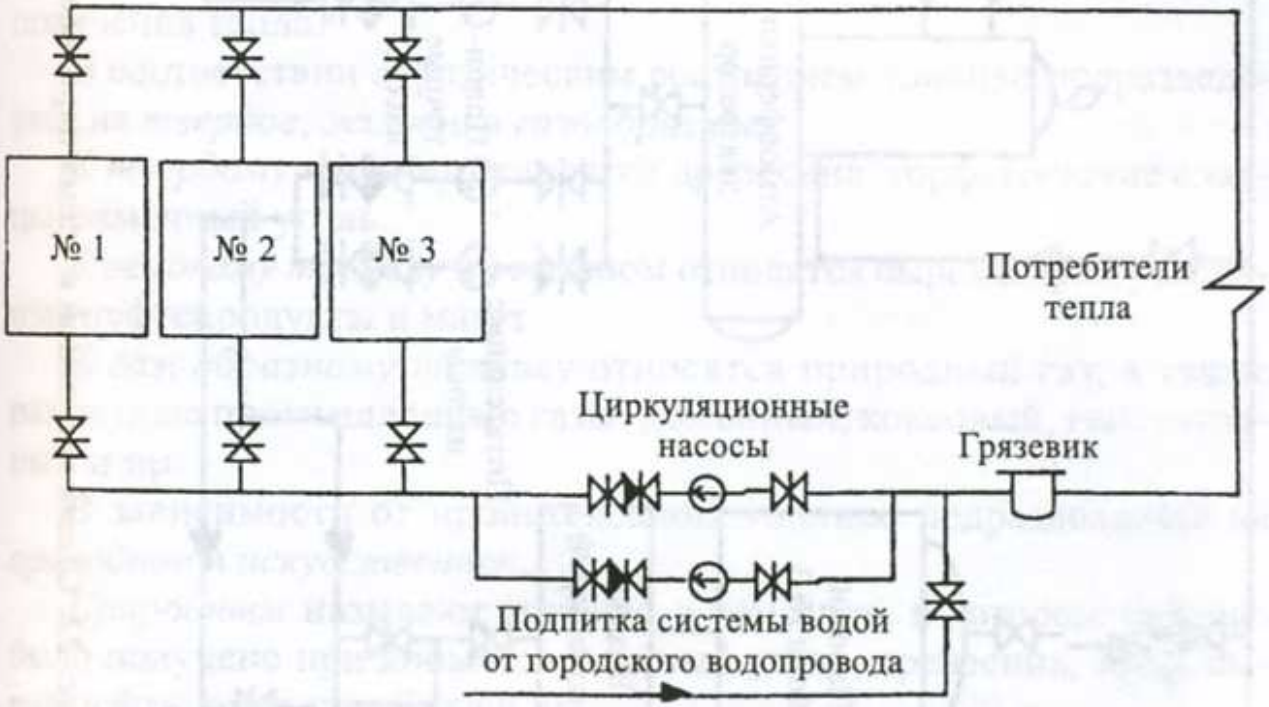


Рис. 21. Схема котельной с тремя секционными водогрейными котлами

Схема котельной с тремя паровыми котлами показана на рис. 22.

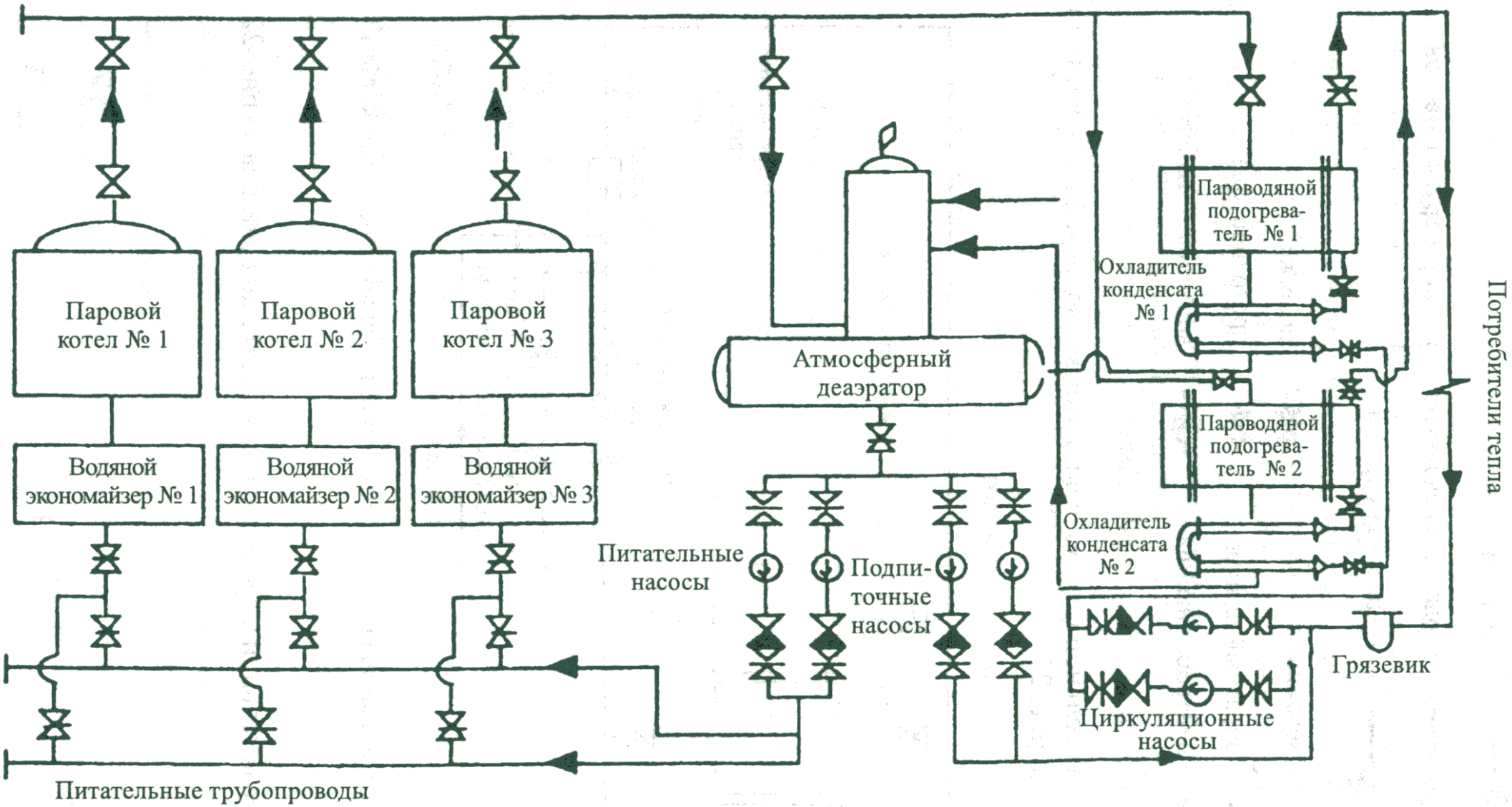


Рис. 22. Схема котельной с тремя паровыми котлами

Раздел второй

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЛОВ

Глава пятая

ГАЗООБРАЗНОЕ И ЖИДКОЕ ТОПЛИВО И ЕГО СЖИГАНИЕ В ТОПКАХ КОТЛОВ

Основные сведения о топливе

Топливом называются *горючие вещества*, которые сжигаются для получения тепла.

В соответствии с физическим состоянием топливо подразделяется на *твердое*, *жидкое* и *газообразное*.

К *твердому топливу* относятся древесина, торф, горючие сланцы, каменный уголь.

К *жидкому топливу* в основном относятся сырая нефть, различные нефтепродукты и мазут.

К *газообразному топливу* относятся природный газ, а также различные промышленные газы: доменный, коксовый, генераторный и пр.

В зависимости от происхождения топливо подразделяется на *природное* и *искусственное*.

Природным называют топливо в том виде, в котором топливо было получено при добыче: каменный уголь, древесина, торф, сырая нефть, природный газ и др.

Искусственное топливо – продукт, полученный при технологической переработке природного топлива. Например: кокс, брикеты, дизельное топливо, мазут, генераторный газ и др.

Топливо, которое по техническим и экономическим соображениям не выгодно перевозить на большие расстояния из-за его низкого качества и, как правило, используется вблизи места его добычи или получения, называется *местным*.

К высококачественному топливу относятся каменный уголь, антрациты, жидкое топливо и природный газ.

Все виды топлива состоят из *горючей* и *негорючей частей*.

К *горючей части* твердого и жидкого топлива относятся: углерод C, водород H_2, сера S.

К *негорючей части* относятся: кислород O_2, азот N_2, влага *W* и зола *A*. Влага *W* и зола *A* составляют внешний балласт топлива, а кислород и азот – внутренний.

Топливо характеризуется *рабочей*, *сухой* и *горючей массами*.

Условия сжигания твердого топлива зависят от количества и свойств имеющихся в нем золы, влаги, количества летучих горючих веществ.

При сжигании жидкого топлива (мазута), имеющего высокую вязкость, одна из основных задач – распыление его на мелкие капли.

Газовое топливо наиболее удобно для смешивания его с воздухом, который необходим для горения, поскольку топливо и воздух находятся в одном агрегатном состоянии.

Физико-химические свойства природных газов

Природные газы не имеют цвета, запаха и вкуса.

Основные показатели горючих газов, которые используются в котельных: состав, теплота сгорания, плотность, температура горения и воспламенения, границы взрываемости и скорость распространения пламени.

Природные газы чисто газовых месторождений состоят в основном из метана (82–98 %) и других более тяжелых углеводородов.

В состав любого газообразного топлива входят *горючие* и *негорючие вещества*. К *горючим* относятся: водород (H_2), углеводороды (C_mH_n), сероводород (H_2S), оксид углерода (CO); к *негорючим* – углекислый газ (CO_2), кислород (O_2), азот (N_2) и водяной пар (H_2O).

Теплота сгорания – количество тепла, которое выделяется при полном сгорании 1 м^3 газа, измеряется в ккал/м^3 или кДж/м^3. Различают *высшую теплоту сгорания* $Q_в^с$, когда учитывается тепло, выделяемое при конденсации водяных паров, которые находятся в дымовых газах, и *низшую* $Q_н^с$, когда это тепло не учитывается. При выполнении расчетов обычно используется $Q_в^с$, так как температура уходящих газов такова, что конденсация водяных паров продуктов сгорания не происходит.

На практике используются газы с различной теплотой сгорания. Для сравнения различных видов топлива, установления норм расхода и т. д. используется так называемое *условное топливо,* за единицу которого принимают 1 кг топлива, имеющего теплоту сгорания $Q^н_н$ = 7 000 ккал/кг (29 300 кДж/кг).

Плотность газообразного вещества $\rho_г$ определяется отношением массы вещества к его объему. Единица измерения плотности кг/м^3.

Отношение плотности газообразного вещества к плотности воздуха при одинаковых условиях (давление и температура) называется *относительной плотностью газа* ρ_o.

Плотность газа $\rho_г = 0{,}73–0{,}85$ кг/м^3 ($\rho_o = 0{,}57–0{,}66$).

Температурой горения называется максимальная температура, которая может быть достигнута при полном сгорании газа, если количество воздуха, необходимого для горения, точно отвечает химическим формулам горения, а начальная температура газа и воздуха равна 0 °С, и такая температура называется *жаропроизводительностью топлива.*

Температура горения отдельных газов составляет 2 000–2 100 °С. Действительная температура горения в топках котлов значительно ниже, составляет 1 100–1 600 °С и зависит от условий сжигания.

Температура воспламенения – это такая температура, при которой начинается горение топлива без влияния источника воспламенения, для природного газа она составляет 645–700 °С.

Границы взрываемости. Газовоздушная смесь, в которой газа находится до 5 % – не горит; от 5 до 15 % – взрывается; больше 15 % – горит при подаче воздуха.

Скорость распространения пламени для природного газа – 0,67 м/с (метан CH_4).

Горючие газы не имеют запаха. Для своевременного определения наличия их в воздухе, быстрого и точного обнаружения мест утечки газ *одоризируют* (придают запах). Для одоризации используется этилмеркаптан (C_2H_5SH). Норма одоризации 16 г C_2H_5SH на 1 000 м^3 газа. Одоризация проводится на газораспределительных станциях (ГРС). При наличии в воздухе 1 % природного газа должен ощущаться его запах.

Использование природного газа имеет ряд преимуществ по сравнению с твердым и жидким топливом:

отсутствие золы, шлака и выноса твердых частиц в атмосферу;

меньше токсичных выбросов (CO, NO_x);

высокая теплота сгорания;

удобство транспортировки и сжигания;

облегчение труда обслуживающего персонала;

улучшение санитарно-гигиенических условий в котельной и в прилегающих районах;

достижение максимального КПД и т. д.

Однако использование природного газа требует особых мер осторожности, так как возможна его утечка через неплотности в местах соединения газопровода с газовой арматурой.

Наличие в помещении *более 20 % газа* вызывает *удушье*, скопление его в закрытом объеме от 5 до 15 % может привести к *взрыву*

газовоздушной смеси, при неполном сгорании выделяется угарный газ CO, который даже при небольшой концентрации оказывает отравляющее воздействие на организм человека.

Горение природного газа

Горение – это сложный физико-химический процесс взаимодействия горючих компонентов топлива с окислителем, сопровождающееся выделением теплоты, света и продуктов горения. Горение – *полное* и *неполное*.

Полное горение происходит при достаточном количестве кислорода, хорошем перемешивании топлива с окислителем и достаточной температуре в топке. При *неполном горении* топлива выделяется меньшее количество тепла, образуется оксид углерода (CO) угарный газ, отравляюще воздействующий на обслуживающий персонал, и образуется сажа, оседающая на поверхности нагрева котла, ухудшающая теплообмен и увеличивающая потери тепла. Это приводит к перерасходу топлива и снижению КПД котла, загрязнению атмосферы.

Реакция горения углеводородов в общем виде описывается уравнением:

$$C_mH_n + (m + n/4) \cdot O_2 = m\,CO_2 + n/2 \cdot H_2O.$$

В соответствии с этим можно записать реакции горения других компонентов природного и сжиженного газов и определить необходимое количество кислорода и воздуха:

метан: $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + H_2O$;

этан: $C_2H_6 + 3{,}5O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$;

пропан: $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$;

бутан: $C_4H_{10} + 6{,}5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$.

Согласно формуле, для сгорания 1 м^3 *метана* необходимо 2 м^3 кислорода, который содержится в 9,5 м^3 воздуха. Для полного сжигания природного газа воздух подается в топку с небольшим избытком. Отношение действительно израсходованного количества воздуха $V_в^д$ к теоретически необходимому $V_в^o$ называется *коэффициентом избытка воздуха* $a = V_в^д / V_в^o$. Этот показатель зависит от конструкции газовой горелки и топки: чем они совершеннее, тем меньше a. Необходимо следить, чтобы коэффициент избытка воздуха не был менее 1, так как это приводит к неполному сгоранию газа. Увеличение коэффициента избытка воздуха сверх необходимого снижает КПД котла.

Полноту сгорания топлива можно определить с помощью газоанализатора и визуально – по цвету и характеру пламени.

Горение регулируется изменением подачи воздуха или газа в топку котла. В процессе сжигания топлива может использоваться так называемый *первичный воздух* (смешивается с газом в горелке – до горения) и *вторичный воздух* (соединяется с газовоздушной смесью в топке котла в процессе горения).

В котлах, оборудованных *диффузионными горелками* без принудительной подачи воздуха, воздух поступает в топку под действием разрежения в топке.

В котлах, оборудованных инжекционными *горелками низкого давления,* первичный воздух поступает в горелку за счет инжекции газовой струей, а вторичный – за счет разрежения в топке.

В котлах со *смесительными горелками* первичный и вторичный воздух подается в горелку вентилятором и регулируется воздушными задвижками.

Подача газа регулируется «рабочими» кранами (задвижками), которые установлены непосредственно перед горелками.

Нарушение соотношения между скоростью газовоздушной смеси на выходе из горелки и скоростью распространения пламени приводит к отрыву или проскакиванию пламени на горелках.

Если скорость газовоздушной смеси на выходе из горелки больше скорости распространения пламени, может произойти *отрыв,* а если меньше – *проскок* пламени в горелку.

При отрыве и проскоке пламени обслуживающий персонал должен аварийно погасить котел, провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин и снова разжечь котел.

Процесс горения газообразного топлива можно разделить на четыре основные стадии:

вытекание газа из сопла горелки в горелочное устройство под давлением с увеличенной скоростью (по сравнению со скоростью в газопроводе);

образование смеси газа с воздухом;

зажигание горючей смеси;

горение горючей смеси.

Жидкое топливо и его характеристики

Основным видом жидкого топлива, которое используется в котельных, служит *топливный мазут* – конечный продукт переработки нефти.

В стационарных котельных используются топливные мазуты М-40 и М-100, а в транспортных (передвижных) котельных – флотский мазут Ф5 и Ф12. Флотские мазуты относятся к категории легких, мазут М-40 – к категории средних, мазут М-100 – к категории тяжелых мазутов.

По элементарному составу мазуты отличаются высоким содержанием углерода (С) – 85–87 %, водорода (H_2) – 10,2–12,5 %, кислорода (O_2) и азота (N_2) – 0,6–1 %.

Мазуты содержат серу (до 3,5 %), влагу (до 2 %), золу (до 0,3 %) и имеют высокую теплоту сгорания (9 500–9 870 ккал/кг; 39 900–41 450 кДж/кг).

Основные характеристики мазутов: вязкость, температура застывания, температуры вспышки и воспламенения, а также содержание серы.

По содержанию серы мазуты подразделяются на три класса: малосернистые (до 0,5 %), сернистые (0,51–2 %) и высокосернистые (2–3,5 %).

Вязкость мазута определяет условия его транспортировки, слива, перекачки и сжигания. Вязкость измеряют вискозиметром в градусах условной вязкости (°ВУ). Условная вязкость показывает, во сколько раз мазут вытекает через калиброванное отверстие вискозиметра медленнее, чем вода. С повышением температуры вязкость мазута уменьшается.

Температура застывания – это температура, при которой мазут теряет свою подвижность и застывает в виде недвижимой массы (–8... +42 °С).

Температура вспышки мазута – это температура, при которой его пары образуют с воздухом смесь, которая загорается при поднесении к ней огня. Эта температура для различных марок мазута находится в пределах 90–150 °С. Температура самовозгорания мазута 350 °С.

Перед подачей на форсунки и сжиганием мазут необходимо подогреть до температуры 80–120 °С.

Для уменьшения жирных отложений при сжигании мазута на поверхностях нагрева и в газоходах, а также на дне резервуаров в мазут добавляют специальные жидкие присадки (типа ВНИИНП-102).

Мазутное хозяйство котельных. Основными элементами мазутного хозяйства (рис. 23) котельных являются:

подъездные пути (железная дорога, шоссе) с приемочным устройством;

мазутные резервуары (баки);

резервуар для присадок к мазуту;

фильтры грубой и тонкой очистки;

подогреватели мазута;

охладители конденсата;

насосы;

система трубопроводов.

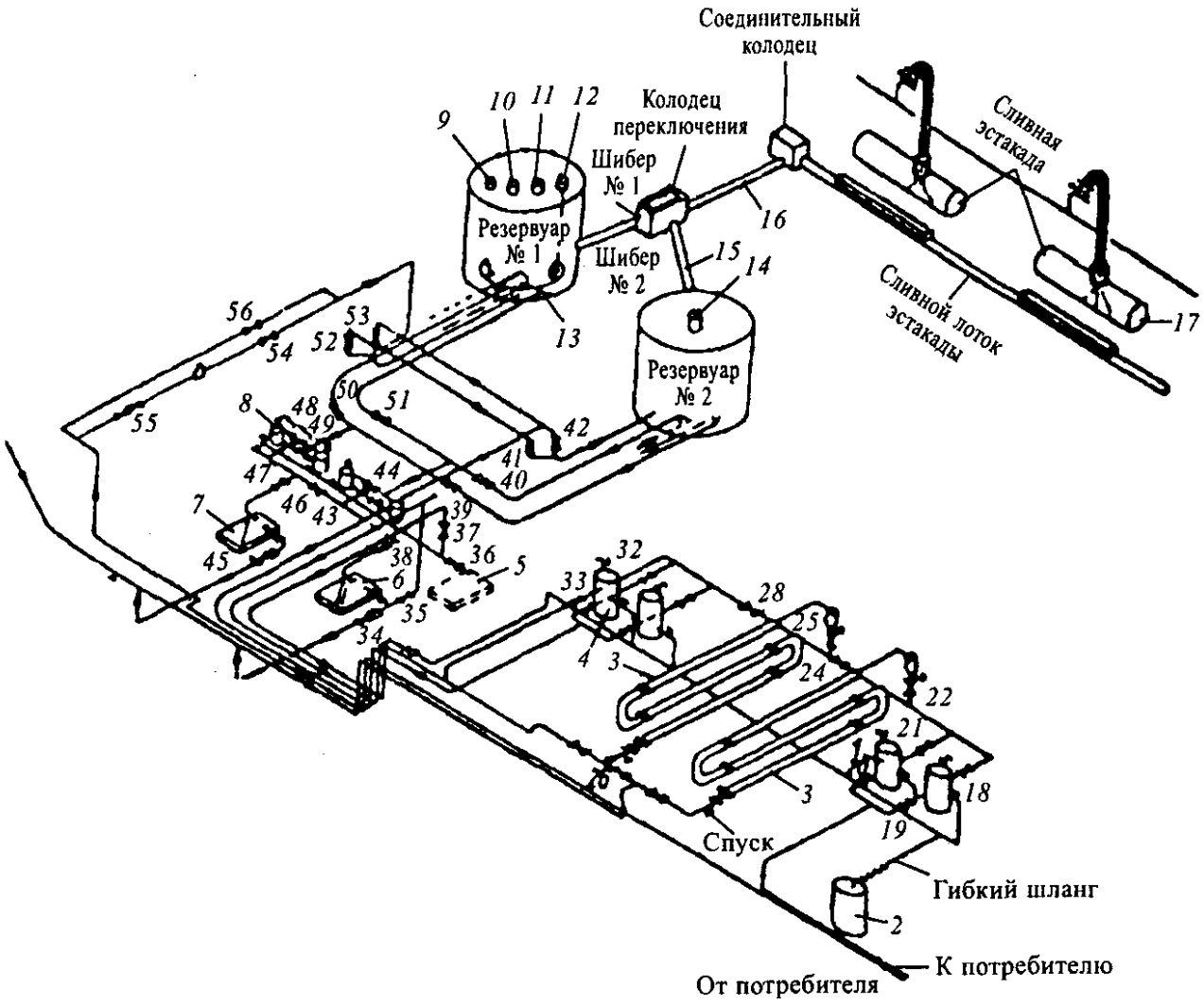


Рис. 23. Схема мазутного хозяйства:
1, 4 – фильтры тонкой очистки; *2* – бадья; *3* – теплообменник; *5* – приямок; *6, 7* – насосы; *8* – спаренные фильтры; *9* – патрубок; *11* – термометр; *10, 12* – указатели уровня; *13* – подогреватель; *14* – люк-лаз; *15* – мазутопровод; *16* – отводящий трубопровод; *17* – цистерна; *18–56* – задвижки и клапаны

Доставленный в железнодорожных или автомобильных цистернах мазут подогревается до температуры 30–60 °С в зависимости от марки. Для этого используется пар с давлением 5–6 кгс/см^2, который подается непосредственно в цистерну.

Мазут, который сливается из цистерны, должен пройти через специальный фильтр, предотвращающий попадание механических примесей в мазутные резервуары.

Мазутные резервуары выполняются металлическими или железобетонными, наземными или подземными (рис. 24, 25).

Резервуары должны соединяться с атмосферой и иметь отстойники для сбора воды. Для того чтобы обеспечить подогрев мазута в резервуаре, используются стальные регистры на дне резервуара, в которые подается пар.

Для перекачивания мазута используются специальные насосы (шестеренчатые, лопатообразные, винтообразные, плунжерные).

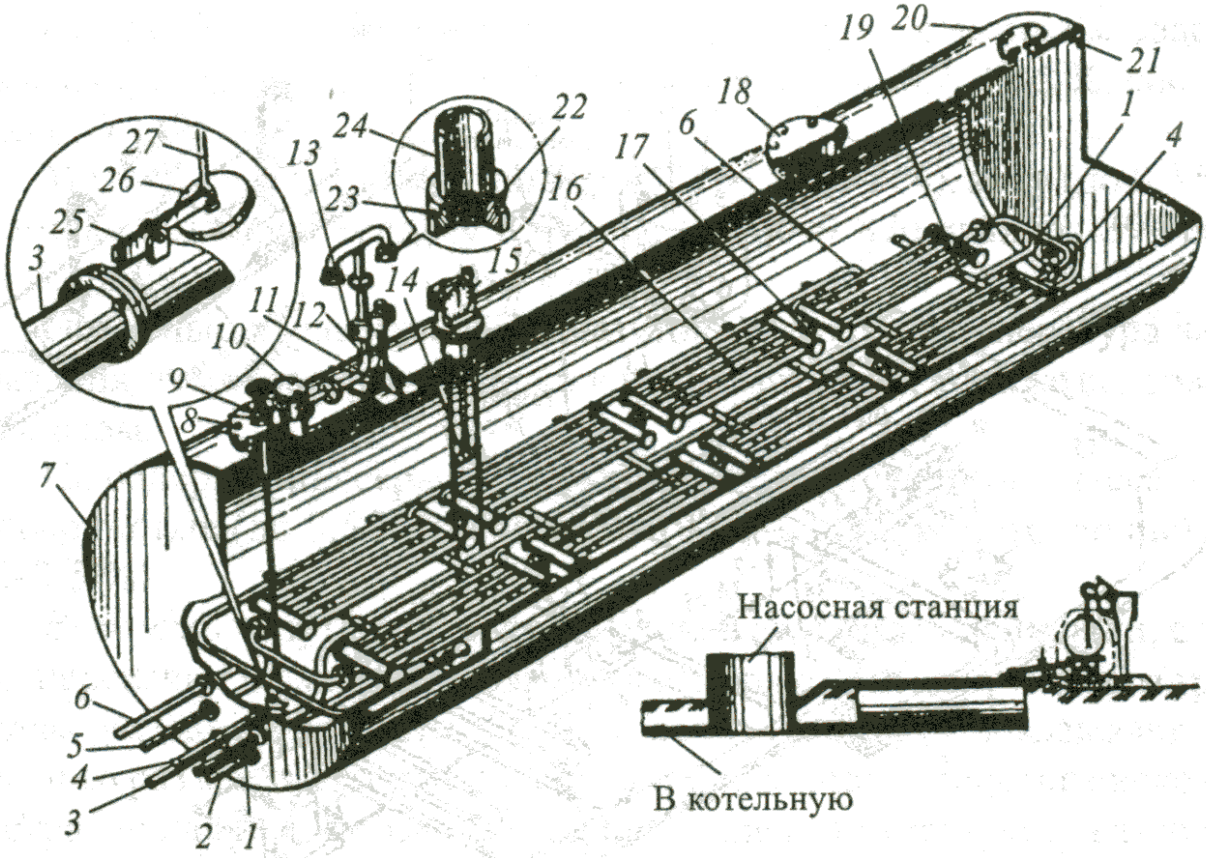


Рис. 24. Горизонтальный металлический резервуар:
1 – конденсатопровод; *2* – всасывающий трубопровод перемешивания; *3* – подающий мазутопровод; *4* – рециркуляционний мазутопровод; *5* – паропровод; *6* – напорный трубопровод перемешивания; *7* – резервуар; *8* – смотровой люк; *9* – управление хлопушкой; *10* – люк для замеров; *11* – стойка крепления трубы; *12* – вентиляционная труба; *13* – хомут; *14* – поплавок уровнемера; *15* – уровнемер; *16* – подогревательный элемент; *17* – фланец; *18* – люк-лаз; *19* – оплот под секционный подогреватель; *20* – сливной патрубок; *21* – угольник; *22* – сетка; *23* – накидная гайка; *24* – труба; *25* – рычаг; *26* – крышка; *27* – тяга

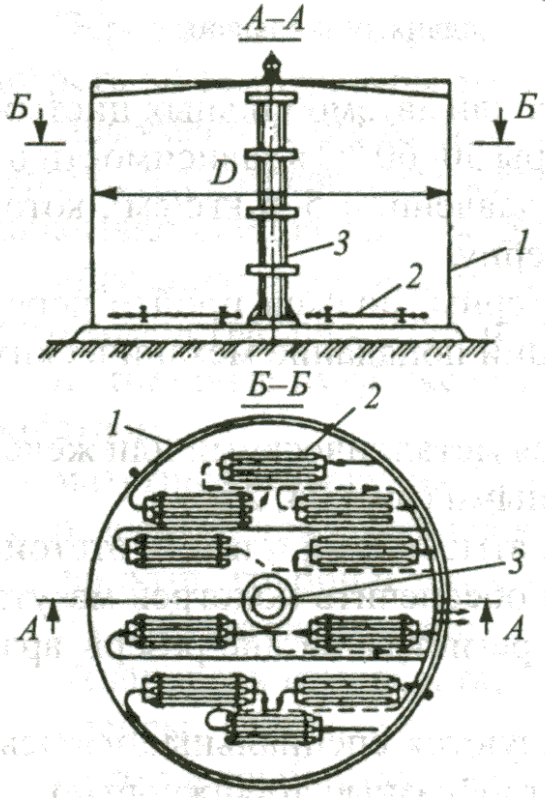


Рис. 25. Наземный металлический бак для мазута:
1 – резервуар; *2* – змеевидный подогреватель; *3* – центральная труба

Мазутопровод к котельной и рециркуляционный мазутопровод к резервуарам прокладывают в траншеях или туннелях вместе с паропроводом и покрывают их общей тепловой изоляцией, чтобы не застывал мазут.

На рис. 26 приведены мазутные фильтры грубой (рис. 26, *а*) и тонкой (рис. 26, *б*) очистки.

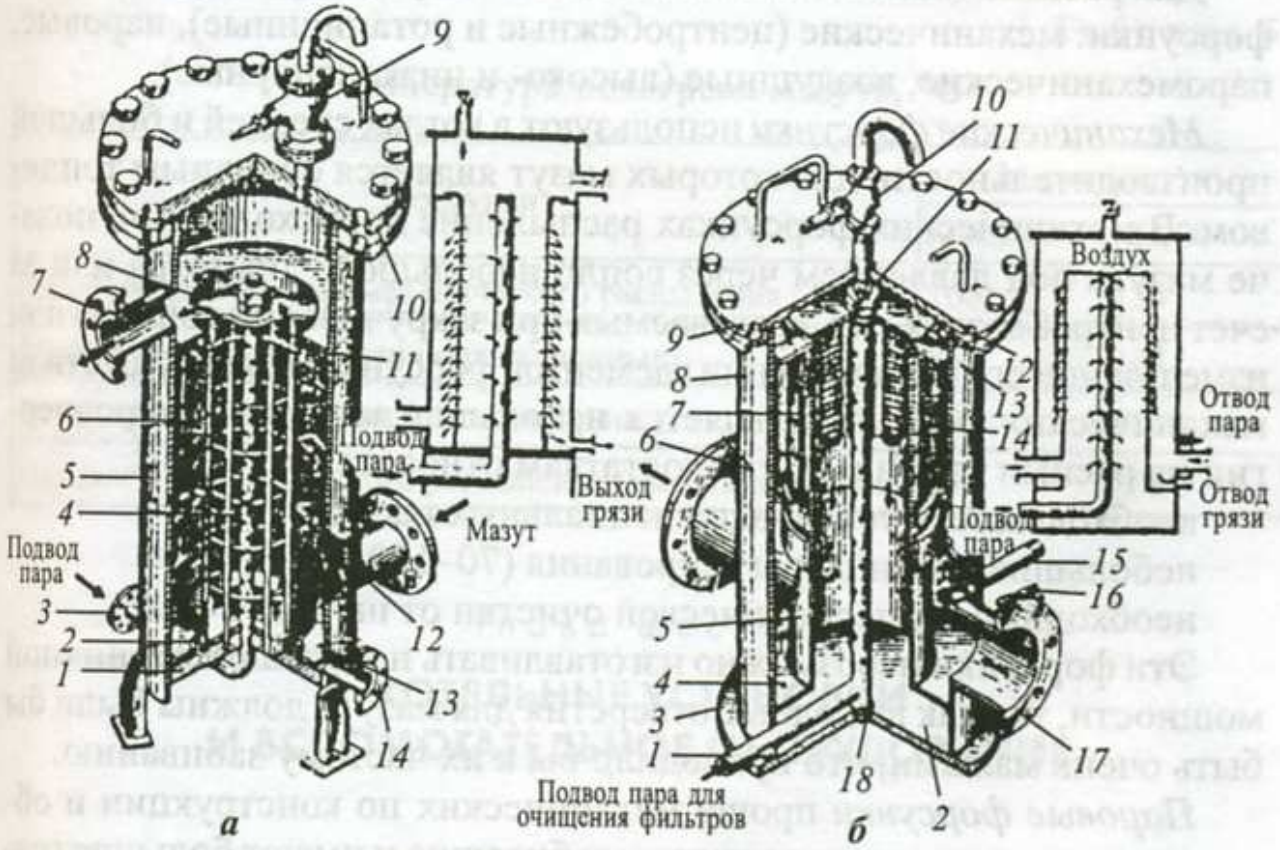


Рис. 26. Мазутные фильтры:

а – фильтр грубой очистки: *1* – днище; *2* – ограничитель; *3* – патрубок подвода пара; *4* – перфорированная труба; *5* – корпус фильтра; *6* – фильтрующий стакан; *7* – патрубок отвода мазута; *8* – перемычка; *9* – воздушный вентиль; *10* – крышка; *11* – провод крепления сетки; *12* – патрубок подвода мазута; *13* – прокладка; *14* – патрубок отвода грязи; *б* – фильтр тонкой очистки: *1* – труба подвода пара; *2* – днище; *3* – кольцо; *4* – патрубок; *5* – патрубок отвода мазута; *6* – хомут крепления сетки; *7* – фильтрующий стакан; *8* – корпус фильтра; *9* – крышка; *10* – воздушный клапан; *11* – заглушка; *12* – крышка каркаса; *13* – центрирующий упор; *14* – перфорированная трубка; *15* – трубка отвода пара; *16* – трубка отвода грязи; *17* – патрубок подвода мазута; *18* – пробка

Сжигание жидкого топлива в топках котлов

Процесс горения жидкого топлива может быть разделен на четыре основные фазы:

распыление жидкого топлива на мельчайшие частицы;

испарение топлива и образование смеси паров жидкого топлива с воздухом;

зажигание образованной горючей смеси;

горение этой смеси.

Сгорание мазута происходит в парогазовом состоянии. При нагревании сначала испаряются легкие углеводороды, которые входят в состав мазута, а затем тяжелые. Чем меньше размер капель топлива, тем больше поверхность испарения и тем быстрее происходит процесс испарения и сгорания.

Для распыления жидкого топлива используются различного типа форсунки: механические (центробежные и ротационные), паровые, паромеханические, воздушные (высоко- и низконапорные).

Механические форсунки используют в котлах средней и большой производительности, для которых мазут является основным топливом. В механических форсунках распыление происходит при подаче мазута под давлением через сопло небольшого диаметра или за счет центробежных сил, создаваемых при закручивании топлива или измельчении его при вращении элементов форсунки. Преимуществом механических форсунок является небольшая затрата электроэнергии на распыл топлива, а к недостаткам относятся:

необходимость установки специальных насосов;

небольшие границы регулирования (70–100 %);

необходимость периодической очистки от нагара.

Эти форсунки невозможно изготавливать небольшой единичной мощности, так как выходные отверстия для мазута должны были бы быть очень малыми, что приводило бы к их частому забиванию.

Паровые форсунки проще механических по конструкции и обслуживанию, меньше подвержены забиванию и имеют большие границы регулирования производительности. Недостаток этих форсунок – большая затрата пара, которая составляет 2–3 % общего количества пара, вырабатываемого котлом. Работа форсунки сопровождается сильным шумом. При паровом распылении используется насыщенный пар с давлением до 20 кгс/см^2 (при номинальном режиме). Затраты пара составляют 0,3–0,5 кг на 1 кг мазута.

Воздушные форсунки в зависимости от давления воздуха для распыления подразделяются на высоко- и низконапорные. В *высоконапорных форсунках* используется воздух с избыточным давлением 3–6 кгс/см^2, затрата воздуха 0,6–1 кг на 1 кг мазута, что составляет 5–8 % воздуха, необходимого для полного сгорания мазута. Воздух подается компрессором, который усложняет и удорожает обслуживание и снижает эксплуатационные показатели.

В *низконапорных форсунках* давление воздуха, который подается вентилятором, составляет 200–300 мм вод. ст. и почти весь воздух, необходимый для горения, поступает через форсунку.

Существенным недостатком работы котлов на мазуте является загрязнение поверхностей нагрева котла, которое вызывает ухудшение условий теплопередачи по сравнению с работой на природном

газе. Коэффициент избытка воздуха при сжигании мазута также несколько выше, чем при сжигании природного газа, что приводит к некоторому снижению КПД котла.

Температура подогрева мазута для форсунок различного типа, приведена в табл. 5.

Таблица 5

Температура подогрева мазута, °С

Форсунки	Марка мазута	
	М-40	М-100
Механического и паромеханического распыления	100	120
Механического распыления (ротационные)	85	105
Воздушного распыления (низконапорные)	90	110
Парового или воздушного распыления (высоконапорные)	85	105

Глава шестая

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Основные понятия о технологии производства тепловой энергии в котельных

Современная *котельная установка* представляет собой сложное техническое сооружение и состоит из котла и вспомогательного котельного оборудования, размещенного в помещении котельной или вне ее границ и предназначенного для производства пара с необходимыми параметрами или для подогрева горячей воды, или того и другого одновременно.

В состав *котла* входят: топка, пароперегреватель, водяной экономайзер, воздухоподогреватель, обмуровка, каркас с лестницами и площадками, а также арматура и гарнитура.

К вспомогательному оборудованию относятся: тягодутьевые и питательные устройства, оборудование водоподготовки, топливоподачи, а также контрольно-измерительные приборы и системы автоматизации.

Технологический процесс получения пара осуществляется в следующей последовательности. Топливо при помощи горелочных устройств вводится в топку, где и сгорает. Воздух, необходимый

для сгорания топлива, подается в топку дутьевым вентилятором или подсасывается через колосниковую решетку – при естественной тяге.

Для улучшения процесса сгорания топлива и повышения экономичности работы котла воздух перед подачей в топку может предварительно подогреваться дымовыми газами в воздухоподогревателе.

Дымовые газы, отдав часть своего тепла радиационным поверхностям нагрева, размещенным в топочной камере, поступают в конвективную поверхность нагрева, охлаждаются и дымососом удаляются через дымовую трубу в атмосферу.

Сырая водопроводная вода проходит через катионитовые фильтры, умягчается и далее поступает в деаэратор, где из нее удаляются коррозионно-активные газы (O_2 и CO_2) и стекает в бак деаэрованной воды. Из бака питательная вода забирается питательным насосом и подается в паровой котел.

Пройдя по поверхностям нагрева, вода нагревается, испаряется и собирается в верхнем барабане. Из котла пар направляется в общекотельный паровой коллектор и затем подается потребителям.

По назначению котельные установки разделяются на *отопительные*, *производственно-отопительные* и *энергетические*.

Тепловой баланс котла

При сжигании топлива в котле не все количество тепла, которое выделилось в топке, полезно используется для нагрева воды или получения пара. Часть тепла теряется с уходящими из котла газами, с химическим и механическим недожогом и пр. Основная задача при эксплуатации котла заключается в снижении этих потерь до минимума.

Тепловым балансом котла называется равенство введенного в котел тепла и использованного, которое складывается из полезно использованного тепла, пошедшего на выработку пара (горячей воды), и тепловых потерь, возникающих в процессе работы котельной установки. Тепловой баланс составляется на 1 кг твердого (жидкого) топлива или 1 м^3 газообразного топлива.

Упрощенный тепловой баланс котла записывается в виде уравнения:

при сжигании твердого топлива, кДж/кг·т

$$Q^{\text{р}}_{\text{н}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6,$$

при сжигании жидкого и газообразного топлива, кДж/кг(м^3)·т

$$Q^{\text{р}}_{\text{н}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5.$$

Если обе части уравнений разделить на $Q^{р}_{н}$ и умножить на 100, то получим уравнения баланса, выраженные в процентах:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6,$$

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4.$$

В формулах Q_1; q_1 – полезно использованное тепло.

Потери тепла:

Q_2; q_2 – с уходящими дымовыми газами;

Q_3; q_3 – от химической неполноты сгорания;

Q_4; q_4 – от механической неполноты сгорания;

Q_5; q_5 – через наружные ограждения обмуровки в окружающую среду:

Q_6; q_6 – с физическим теплом шлака.

Коэффициент полезного действия – полезно использованное в котле тепло:

$$\eta = q_1 = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6;$$

$$\eta = q_1 = 100 - q_2 - q_3 - q_5.$$

КПД котла зависит от величины тепловых потерь:

чем потери меньше, тем КПД выше. Значение КПД может находиться в пределах η = 0,93 – 0,7 (93–70 %), а величина тепловых потерь для котлов малой мощности составляет: q_2 = 12–15 %; q_3 = 2–7 %; q_4 = 1–6 %; q_5 = 0,4–3,5 %; q_6 = 0,5–1,5 %.

Общие сведения о котлах

Паровым котлом называется устройство, в котором для получения пара или нагревания воды с давлением выше атмосферного, используемых вне пределов устройства, применяется тепло, выделяемое при сжигании топлива, а также тепло отходящих газов.

Водогрейным котлом называется устройство, имеющее топку, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для нагревания воды, находящейся под давлением выше атмосферного и используемой в качестве теплоносителя вне самого устройства.

В *котел* входят (рис. 27): топка, поверхности нагрева, пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель, каркас с лестницами и площадками для обслуживания, обмуровка, газоходы, арматура и гарнитура.

Топка предназначена для сжигания топлива и передачи полученного при этом тепла теплоносителю, который нагревается в поверхностях нагрева, покрывающих стены топки.

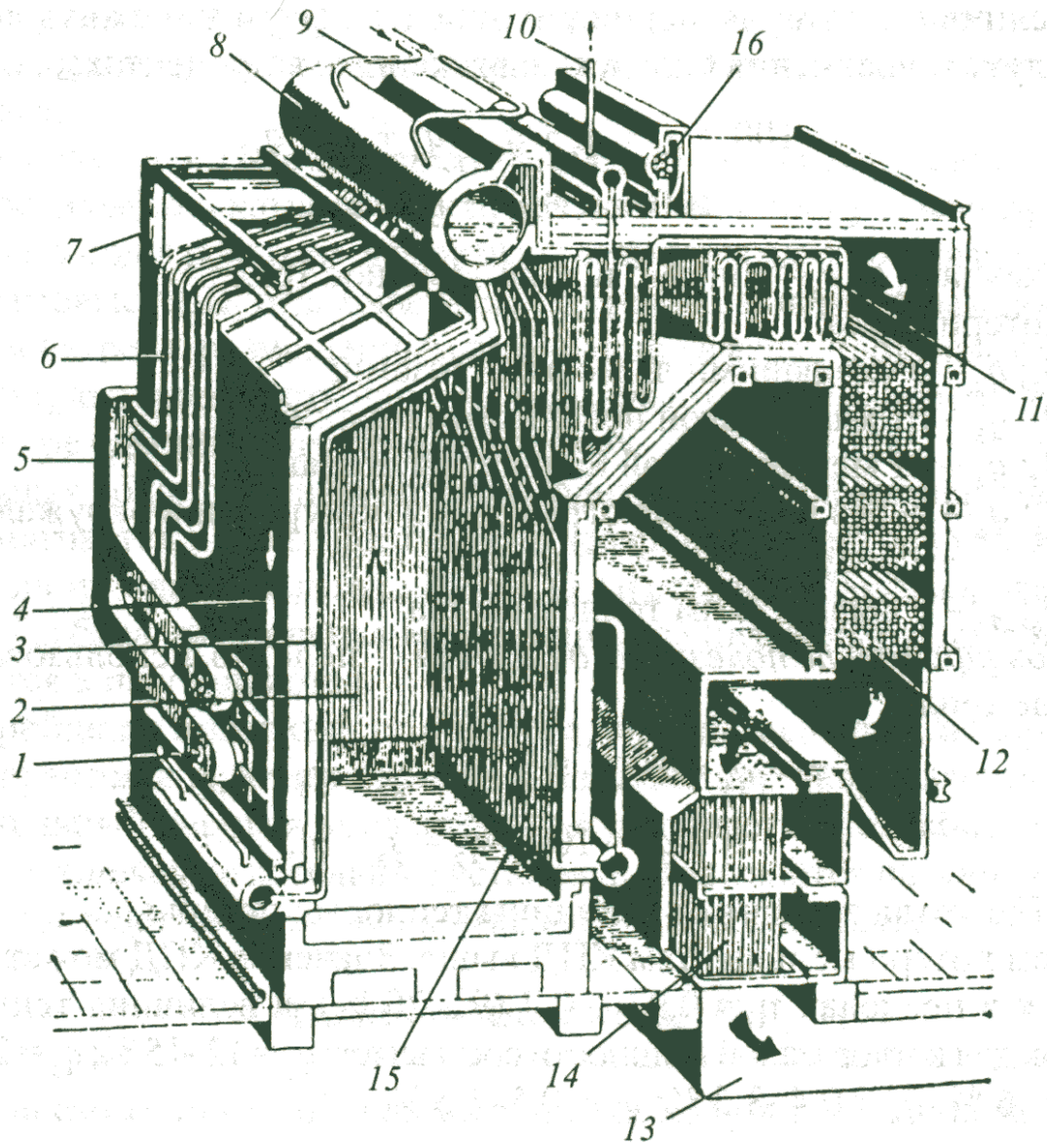


Рис. 27. Примерная компоновка элементов котла:
1 – горелка; *2* – боковой экран; *3* – фронтовой экран; *4* – подвод газа; *5* –воздухопровод; *6* – опускные трубы; *7* – каркас; *8* – барабан котла; *9* – подвод воды; *10* – выход пара; *11* – пароперегреватель; *12* – змеевиковый экономайзер; *13* – газоход; *14* – трубчатый воздухоподогреватель; *15* – задний экран; *16* – регулятор перегрева пара

Поверхности 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.* Площадь поверхностей нагрева котлов измерятся в м^2.

Радиационными поверхностями называются экраны, размещенные на стенках топки. В зависимости от размещения в топке, различают фронтовые, боковые, задние и потолочные экраны. Двухсторонними (двухсветными) называются экраны в виде ряда труб, которые размещены в топочном пространстве и обогреваются с двух сторон (например, в водогрейных котлах ТВГ).

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

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

Внутренняя часть парового котла, заполненная водой, называется *водяным объемом,* а часть, которая заполнена паром, 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 в паровой котел.

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

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

Обмуровка – внешнее изоляционное защитное ограждение котла.

Классификация котлов

Котлы различаются по следующим признакам:

по назначению – отопительные, производственно-отопительные, энергетические;

по материалу конструкций – чугунные и стальные;

по характеру теплоносителя, который вырабатывается, – паровые и водогрейные;

по аэродинамическому режиму топки – с разрежением и наддувом;

по перемещению продуктов сгорания и воды – газотрубные (жаротрубные и с дымогарными трубами), в которых газы движутся внутри труб; водотрубные, в которых вода или пароводяная смесь движутся внутри труб; водотрубно-газотрубные;

по конструктивным особенностям – цилиндрические, горизонтально-водотрубные, вертикально-водотрубные;

по характеру циркуляции рабочего тела – с естественной или принудительной циркуляцией;

по транспортабельности – стационарные и передвижные.

Нагрев воды в котельных, где установлены только паровые котлы, осуществляется в *водоподогревателях (бойлерах)* за счет тепла пара, который поступает из паровых котлов.

Паровой котел, в барабане которого размещено устройство для нагревания воды, используемой вне самого котла, а также паровой котел, в естественную циркуляцию которого включен отдельно стоящий бойлер, называют *котлом-бойлером*.

Паровой или водогрейный котел без топки или с топкой для дожигания газов, в котором в качестве источника тепла используются горячие газы технологических или металлургических производств или других технологических процессов, называется *котлом-утилизатором*.

По принятой в данное время маркировке паровые стационарные котлы в соответствии со схемой циркуляции в них теплоносителя имеют следующие буквенные обозначения:

Е – с естественной циркуляцией;

Еп – с естественной циркуляцией и промежуточным перегревом пара;

ПР – с многократной принудительной циркуляцией;

П – прямоточный;

Пп – прямоточный с промежуточным перегревом пара;

Кп – с комбинированной циркуляцией и промежуточным перегревом пара.

К обозначению котла *цифрами* добавляют:

паропроизводительность, т/ч;

абсолютное давление, кгс/см^2;

индекс топки *буквами* (Г – газ, М – мазут), если топка под наддувом – *буква* н;

температуру перегрева пара показывают *цифрами* в скобках. Например: Е-10-14Г; Е-25-14ГМ; Еп-16-14ГМ (250). Водогрейные котлы теплопроизводительностью 4–180 Гкал/ч обозначают буквами КВ. К обозначению добавляют:

вид сжигаемого топлива – *буквами*;

теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт) – *цифрами*;

температуру нагретой воды, °С – *цифрами*.

Например: КВ-Г-6,5-150; КВ-ГМ-10-150.

Топки котлов

Топкой или *топочным устройством* называется часть котла, предназначенная для сжигания топлива с целью преобразования его химической энергии в тепло (рис. 28). Это может быть камера с колосниками или без них, зольник, устройство для подачи топлива и воздуха и для удаления шлака. Топка должна обеспечить полное и

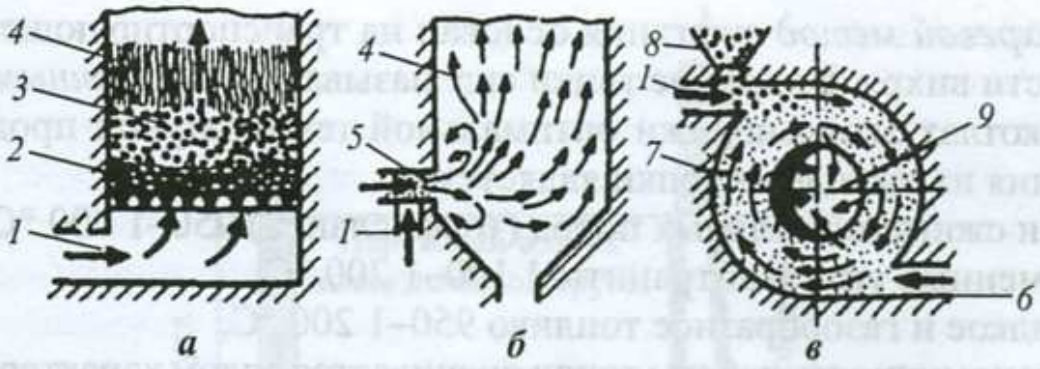


Рис. 28. Схема организации топочных процессов:
а – слоевая топка; *б* – факельная топка; *в* – вихревая топка;
1 – подвод воздуха; *2* – колосниковая решетка; *3* – слой топлива;
4 – топочная камера; *5* – подвод пылевидного топлива (аэропыли);
6 – подвод вторичного воздуха; *7* – камера сгорания; *8* – бункер топлива; *9* – выход продуктов сгорания

устойчивое сгорание топлива с малыми потерями тепла. В топке происходит теплоотдача излучением (радиацией) к экранам.

По способам сжигания топлива топки подразделяются на *слоевые* и *камерные*.

Слоевые топки предназначены для сжигания твердого кускового топлива, *камерные* – для сжигания пылевидного, твердого, жидкого и газообразного топлив. В слоевых топках твердое топливо сжигается на колосниковой решетке.

В зависимости от расположения топки по отношению к котлу различают *внутренние*, *нижние* и *выносные топки*.

Внутренними топками называются топки, которые полностью или почти полностью ограничены поверхностями нагрева, которые воспринимают значительную часть излучаемого тепла. Во внутренних топках успешно сжигается высококалорийное топливо – природный газ и мазут.

Нижними топками называются топки, которые находятся под котлами, главным образом горизонтально-водотрубными и вертикально-цилиндрическими. В этих топках можно сжигать топливо всех видов, за исключением очень влажных.

Выносные топки применяются для сжигания твердого топлива с большой влагой (дрова, торф) и размещаются впереди котла.

Все *слоевые топки* по способу загрузки топлива и обслуживания подразделяются на *ручные, полумеханические и механические.*

В камерных топках отсутствует колосниковая решетка. Топочный объем представляет собой призматическую камеру, близкую к параллелепипеду. С точки зрения аэродинамики камерные топки подразделяются на *факельные* и *вихревые* (*циклонные*).

Факельный метод сжигания характеризуется беспрерывным движением топлива вместе с воздухом и продуктами сгорания в топке.

Вихревой метод сжигания основан на транспортирующей способности вихря. Вихревые топки еще называются *циклонными*.

В котлах экономически оптимальной температурой продуктов сгорания на выходе из топки является:

при сжигании зольных пород (торф, сланец) 950–1 000 °С;

каменные угли и антрациты 1 100–1 200 °С;

жидкое и газообразное топливо 950–1 200 °С.

Экономичность работы топок оценивается рядом характеристик, которые зависят от типа топок, марки и сорта топлива, способа его сжигания. К ним относятся:

нагрузка или *тепловая мощность* – это количество тепла, которое образуется при сжигании определенного количества топлива за единицу времени (МДж/с или МВт);

объемная тепловая нагрузка топки – это отношение нагрузки к активному объему топочной камеры, для различных топок она равна 0,18–0,35 МВт/м^3;

потери тепла (химический и механический недожог, потери в окружающую среду).

Тяга, дутье и тягодутьевые устройства котлов

Для нормальной работы котла необходимо беспрерывно подавать в топку воздух в необходимом количестве и отводить по газоходам в атмосферу продукты сгорания топлива.

Внешняя принудительная сила, которая заставляет воздух поступать в топку, а газообразные продукты сгорания двигаться по газоходам и по дымовой трубе, называется *силой тяги*. Отношение силы тяги к площади сечения дымовой трубы называется *тягой*. Различают *естественную* и *искусственную тягу*.

Естественная тяга возникает за счет *дымовой трубы* (рис. 29), а *искусственная* создается *дымососом*.

Действие дымовой трубы основано на законе сообщающихся сосудов. Столб атмосферного воздуха давит снизу на колосниковую решетку. Топочная камера, газоходы котла и дымовая труба являются системой сообщающихся сосудов. Пока температура воздуха в котельной и дымовой трубе одинакова, в этой системе будет сохраняться равновесие.

Во время работы котла в дымовой трубе находятся горячие газообразные продукты сгорания (t = 130–400 °С) и равновесие в этой системе нарушается. Дымовые газы, которые находятся в дымовой трубе, значительно легче, чем окружающий воздух. Столб наружного воздуха, как более тяжелый, вытесняет столб газообразных продуктов сгорания в дымовой трубе и выталкивает их в атмосферу.

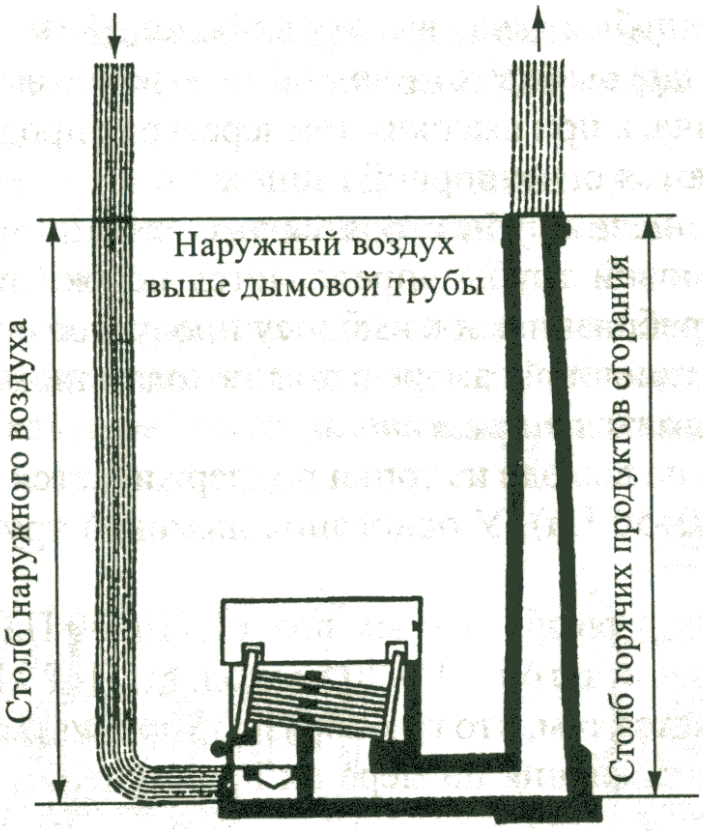


Рис. 29. Схема естественной тяги

Вследствие этого возникает беспрерывное движение воздуха и дымовых газов в котле.

Естественная тяга тем больше, чем ниже температура и выше давление атмосферного воздуха, выше температура продуктов сгорания в дымовой трубе и больше высота дымовой трубы.

Дымовые трубы выполняются *стальными*, *кирпичными* и *железобетонными* (рис. 30, 31).

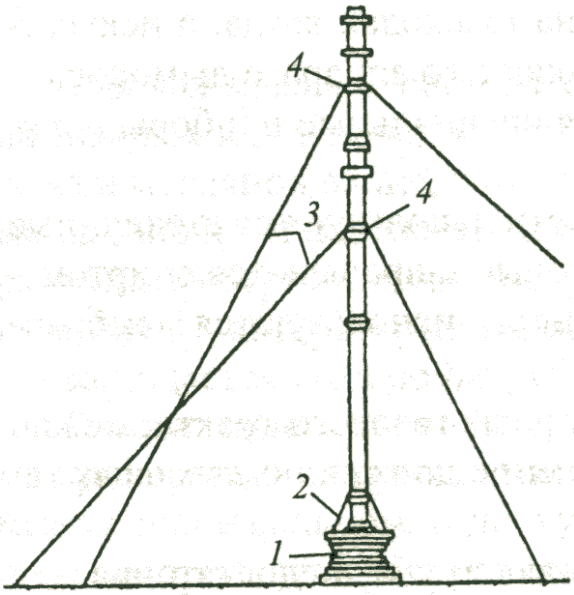


Рис. 30. Металлическая дымовая труба:
1 – цоколь; *2* – цокольная плита; *3* – растяжка; *4* – кольца

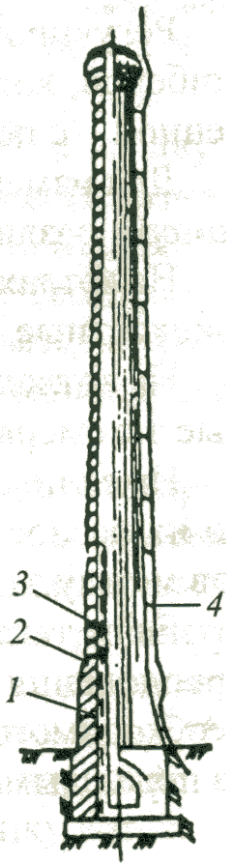


Рис. 31. Кирпичная дымовая труба:
1 – цоколь трубы; *2* – труба; *3* – футеровка; *4* – громоотвод

Стальные трубы имеют высоту не более 35 м.

Кирпичные трубы (высота до 100 м) выкладываются из строительного кирпича, а при высоких температурах продуктов сгорания внутри футеруются огнеупорной глиной.

Железобетонные трубы строятся высотой 100 м и более.

Высота дымовой трубы определяется необходимой тягой или санитарными требованиями к выбросу продуктов сгорания.

Давление в топочной камере и по газоходам ниже атмосферного и поэтому называется *разрежением*.

Разрежение на выходе из топки поддерживается равным от 1 до 5 мм вод. ст. (10–50 Па). У основания дымовой трубы разрежение составляет:

с естественной тягой – 1–3 мм вод. ст. (10–30 Па);

с искусственной тягой – 10–20 мм вод. ст. (1–2 кПа).

Это объясняется тем, что газообразные продукты сгорания теряют часть своего давления по мере их прохождения по газоходам к дымовой трубе.

Если топка имеет значительную высоту, то вследствие заполнения ее газообразными продуктами сгорания с высокой температурой топка действует как дымовая труба, т. е. в ней развивается *естественная тяга*. Благодаря этому в верхней части топки устанавливается разрежение меньшее, чем в нижней ее части. В некоторых случаях в верхней части топки возникает давление больше атмосферного. Это приводит к выбиванию пламени и газов из топки, что недопустимо.

Регулирование естественной тяги осуществляется с помощью шиберов, которые устанавливаются на газоходах котла, а искусственной – с помощью осевого направляющего аппарата дымососа.

Для измерения тяги используются специальные приборы – *тягомеры* различных конструкций.

На котлах малой производительности используются стеклянные жидкостные тягомеры типа ТНЖ, которые заправляются спиртом.

На котлах средней производительности используются мембранные тягомеры ТМ-890.

Имея показания тягомера в двух точках газового тракта, можно по их разности определить сопротивление движению дымовых газов между этими точками.

Если тяга, которую создает дымовая труба, недостаточна для преодоления газового сопротивления котла, то для установления необходимого разрежения используют *искусственную тягу*. Для этого перед дымовой трубой устанавливается *дымосос*.

Устройство и принцип работы дутьевого вентилятора и дымососа

При *искусственной тяге* в топку котла воздух подается *дутьевым вентилятором*, а продукты сгорания топлива удаляются в атмосферу *дымососом*.

Дутьевой вентилятор (рис. 32) состоит из следующих узлов: ходовой части, улиткообразного корпуса с всасывающим и нагнетательным патрубками, рабочего колеса и направляющего аппарата.

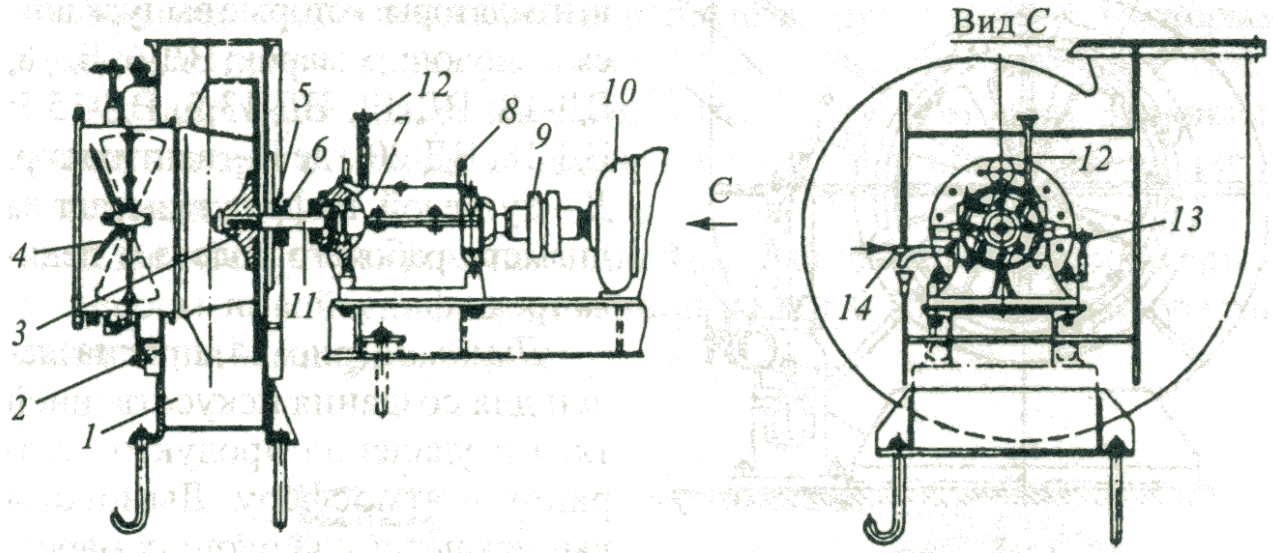


Рис. 32. Дутьевой вентилятор:
1 – улиткообразный корпус; *2* – прокладка; *3* – рабочее колесо; *4* – направляющий аппарат; *5, 6* – уплотнительные сальники; *7* – ходовая часть; *8* – рым-болт; *9* – муфта; *10* – электродвигатель; *11* – вал; *12* – термометр; *13* – указатель уровня масла; *14* – патрубок для ввода воды для охлаждения масла в ходовой части

Ходовая часть 7 состоит из вала, который вращается на двух шариковых или роликовых подшипниках. Вся ходовая часть размещена в масляной ванне, которая имеет крышку и поддон. Масляная ванна заполняется веретенным или турбинным маслом. Температура масла проверяется термометром *12*, а уровень – по указателю уровня масла *13*, который размещен на масляной ванне. Для охлаждения масла подается вода по патрубку *14*.

Рабочее колесо 3 – это устройство, состоящее из диска, к которому приварены или приклепаны лопатки, концы которых соединены между собой кольцом. К диску приварена втулка (ступица), с помощью которой диск закрепляется на валу. При вращении рабочего колеса вентилятора в центре рабочего колеса образуется *разрежение*. Воздух по воздуховоду подводится к центру колеса и за счет центробежной силы отбрасывается от центра к периферии, нагнетается в воздуховод и дальше подается к горелкам и в топку котла.

Направляющий аппарат (рис. 33) устанавливается перед вентилятором на всасывающем патрубке и состоит из металлического патрубка с фланцами, внутри которого размещены поворотные лопатки *2*. Все лопатки имеют общий поворотный механизм, с помощью которого могут поворачивается одновременно на одинаковый угол. Лопатки выполнены таким образом, что придают потоку воздуха предварительное закручивание в ту же сторону, в которую вращается ротор вентилятора, благодаря чему сопротивление входу воздуха уменьшается.

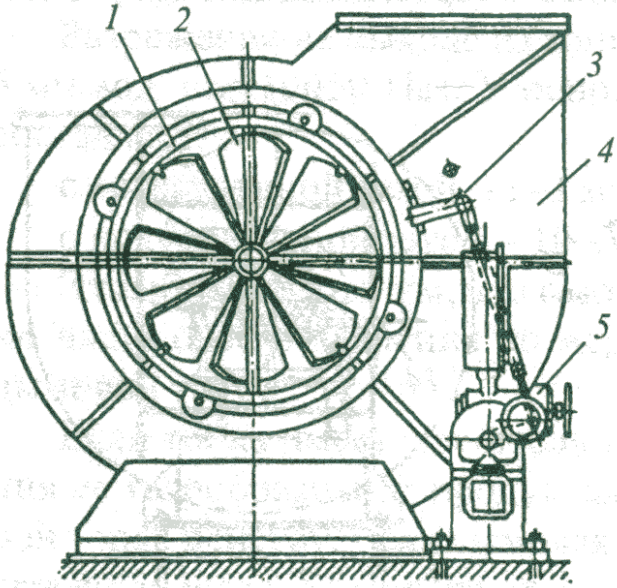


Рис. 33. Схема устройства направляющего аппарата:
1 – кожух направляющего аппарата; *2* – поворотные лопатки; *3* – привод; *4* – кожух дымососа; *5* – колонка дистанционного управления

Наибольшее распространение получили центробежные дутьевые вентиляторы, которые выпускаются следующих марок: ВД-6; ВД-8; ВД-10; ВД-12; ВД-13,5; ВД-15,5; ВД-18; ВД-20, где В – вентилятор, Д – дутьевой, цифра указывает на диаметр рабочего колеса в дециметрах.

Дымосос (рис. 34) предназначен для создания искусственной тяги и удаления продуктов сгорания в атмосферу. Дымососы выпускаются следующих марок: Д-8; Д-10; Д-12; Д-13,5; Д-15,5; Д-18; Д-20. В обозначении: Д – дымосос, цифра указывает диаметр рабочего колеса в дециметрах.

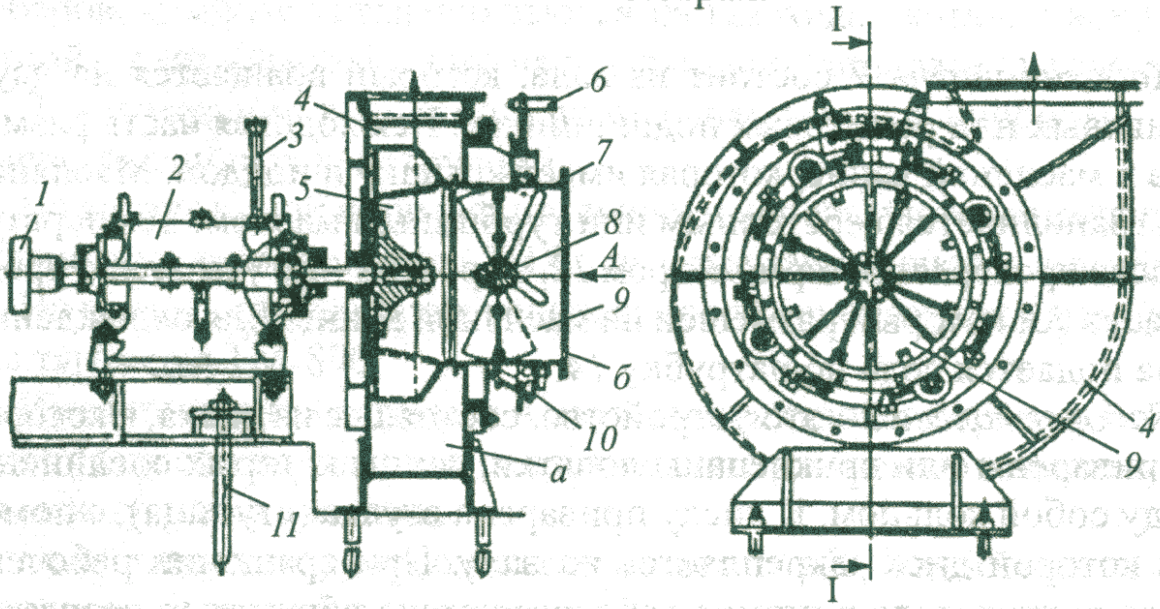


Рис. 34. Центробежный дымосос типа Д одностороннего всасывания:
а – дымосос; *б* – направляющий аппарат; *1* – соединительная муфта; *2* – ходовая часть; *3* – термометр; *4* – кожух-улитка; *5* – ротор (крыльчатка); *6* – рычаг поворота лопаток; *7* – коробка поворотных лопаток; *8* – рассекатель; *9* – поворотные лопатки; *10* – поворотное кольцо; *11* – фундаментные болты

Конструкция дымососа типа Д аналогично конструкции вентилятора типа ВД, но имеет следующие особенности:

корпус, рабочее колесо, ступица рабочего колеса, направляющий аппарат выполняются из жаропрочной стали, это вызвано тем, что дымососы рассчитаны на работу при температуре газов 200–250 °С;

в масляной ванне размещен змеевик с подводом воды для охлаждения масла;

корпус дымососа обязательно покрывается тепловой изоляцией.

Дымосос, как правило, выбирается по производительности больше, чем дутьевой вентилятор, так как продуктов сгорания по объему больше, чем воздуха и рассчитывается на полную нагрузку котла с некоторым запасом: по производительности на 10 % и по напору – на 15 %.

Регулирование нагрузки осуществляется с помощью направляющего аппарата, устроенного аналогично направляющему аппарату вентилятора.

В данное время промышленностью выпускаются вентиляторы и дымососы новой унифицированной серии 0,55-40-1 с загнутыми назад лопатками (рис. 35).

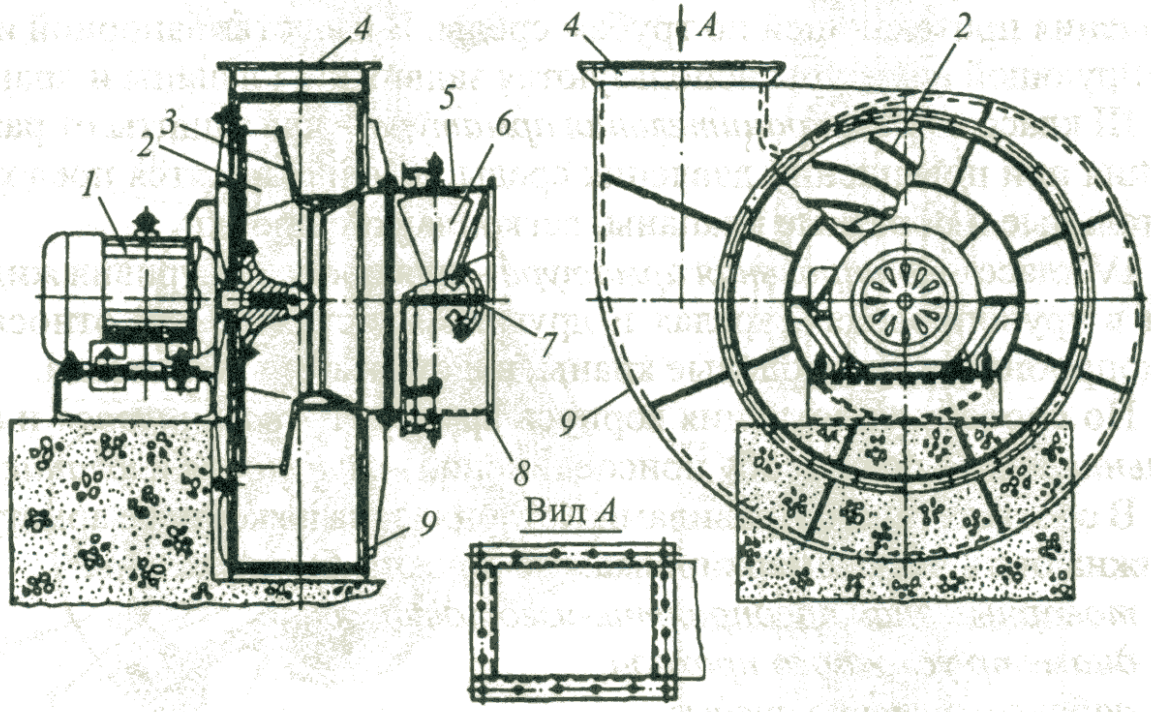


Рис. 35. Дымосос (дутьевой вентилятор) 0,55-40-1 (№ 8 – 12,5):
1 – электродвигатель; *2* – рабочие лопатки; *3* – рабочее колесо; *4* – фланец отводящего патрубка; *5* – направляющий аппарат; *6* – лопатки направляющего аппарата; *7* – приводная рукоятка поворота лопаток направляющего аппарата; *8* – фланец всасывающего патрубка; *9* – кожух

Дымососы и вентиляторы этой серии в зависимости от конструктивного выполнения подразделяются на две группы. Дымососы ДН и дутьевые вентиляторы ВДН № 8, 9, 10, 11,2, 12,5 выпускаются с посадкой рабочего колеса *3* непосредственно на вал электро-

двигателя. Дымососы рассчитаны на долговременную работу при температуре продуктов сгорания 250 °С.

Дымососы ДН и дутьевые вентиляторы ВДН № 15, 17, 19, 21 имеют собственные подшипники (корпуса которых охлаждаются водой), соединяются с валом электродвигателя с помощью муфты и рассчитаны на долговременную работу при температуре продуктов сгорания 200 °С.

Арматура котлов, ее виды и требования к ней

Арматурой называются приборы и устройства, которые обеспечивают безопасную и безаварийную работу котлов и котельного оборудования.

Вся арматура по назначению подразделяется на четыре класса:

I класс – *запорная арматура* – для периодических отключений аппаратуры приборов или одних участков трубопровода от других. Должна обеспечивать высокую плотность при закрывании и иметь небольшое гидравлическое сопротивление при протекании через нее воды, пара, газа.

II класс – *регулирующая арматура* – для изменения количества и давления протекающей по трубам среды. В качестве запорной и регулирующей арматуры используются задвижки, клапаны и краны.

III класс – *предохранительная арматура* – для защиты от разрушения при повышении давления среды. К ней относятся предохранительные и обратные клапаны, легкоплавкие пробки.

IV класс – *контрольная арматура* – для проверки уровня жидкости в трубопроводах, котлах и других емкостях. К ней относятся водопробные и трехходовые краны, водоуказательные стекла.

По способу уплотнения корпуса арматура – *сальниковая* и *бессальниковая*, а по способу присоединения – *муфтовая* и *фланцевая*.

В соответствии с Правилами Котлонадзора на корпусе арматуры должна быть четкая маркировка, где должны быть указаны:

товарный знак предприятия-изготовителя;
диаметр условного прохода;
рабочее давление среды;
направление потока среды (на клапанах).

На маховиках арматуры должно быть обозначение направления вращения при открывании и закрывании.

Запорно-регулирующая арматура

Задвижки предназначены для включения и отключения трубопроводов с условным проходом 50 мм и более, а также для регулирования расхода среды. По конструкции задвижки – *параллельные* и

клиновые, с *выдвижным* и *невыдвижным шпинделем*. Задвижки обеспечивают небольшое гидравлическое сопротивление потока среды. Воду, пар или газ можно подавать в задвижку с любой стороны.

Параллельная задвижка (рис. 36) изготовляется из чугуна и с трубопроводом соединяется с помощью фланцев болтами. Задвижка имеет корпус *4* с крышкой *8* и диски *3*, свободно закрепленные на шпинделе *7*. Между дисками устанавливается распорный клин *2*. При вращении маховика по часовой стрелке шпиндель вместе с дисками опускается, клин, упираясь в корпус, раздвигает диски, которые прижимаются к бронзовым кольцам *1* в корпусе и закрывают проход среде. Для плотного закрывания задвижки диски и кольца в корпусе притираются. Если маховик *14* вращать против часовой стрелки, шпиндель вместе с дисками поднимается, клин опускается и задвижка открывается.

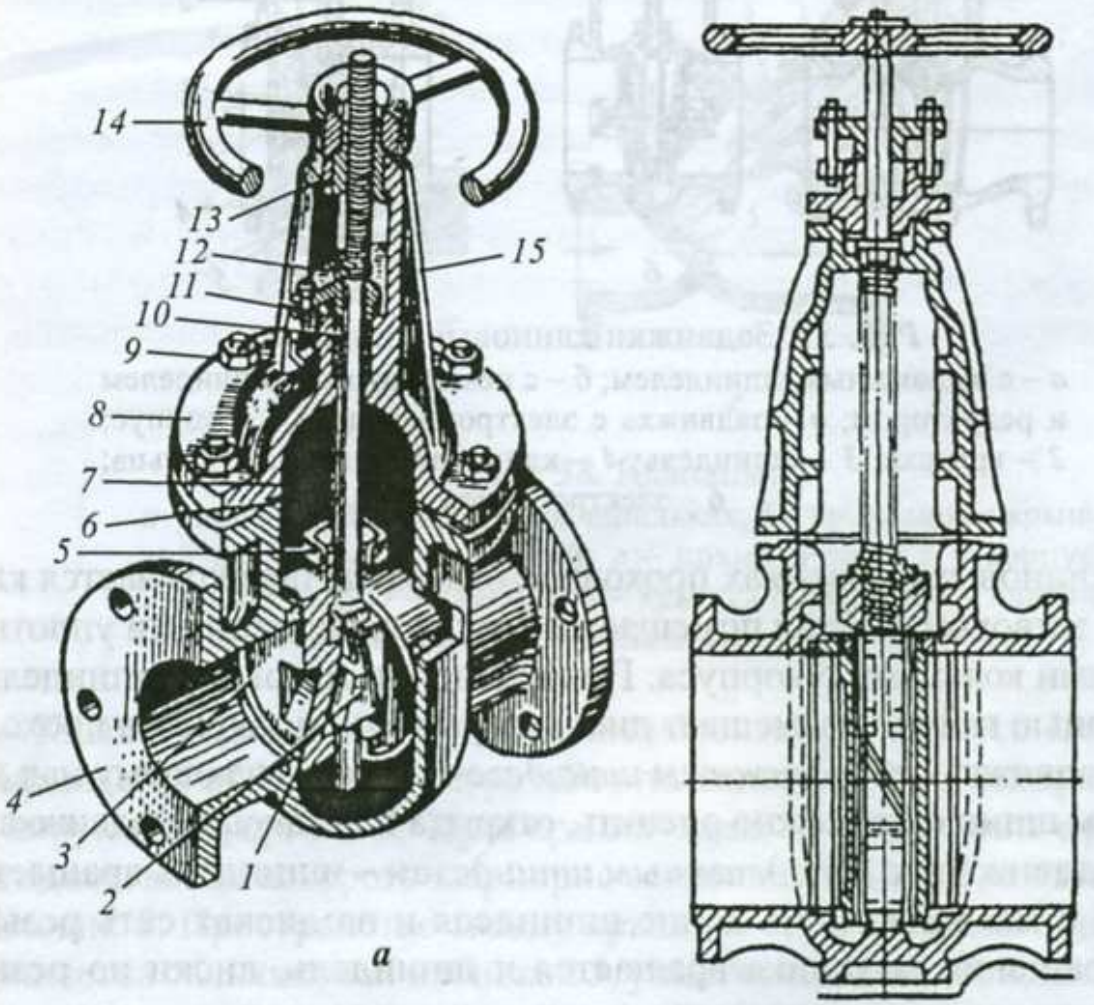


Рис. 36. Параллельная задвижка:
а – с выдвижным шпинделем; *б* – с невыдвижным шпинделем; *1* – кольцо седла; *2* – клин; *3* – диск; *4* – корпус; *5* – обойма диска; *6* – прокладка; *7* – шпиндель; *8* – крышка корпуса; *9* – болт с гайкой; *10* – сальниковая набивка; *11* – болт; *12* – крышка сальника; *13* – гайка; *14* – маховик; *15* – траверса

Параллельные задвижки изготовляются $D_у$ 50, 80, 100, 125, 150, 200, 300, 400 мм.

Клиновые стальные задвижки (рис. 37) применяются для воды и пара с рабочим давлением до 25 кгс/см^2, изготовляются без редуктора с $D_у$ = 50–250 мм, с редуктором $D_у$ = 300–400 мм и электроприводом $D_у$ = 500–1 000 мм.

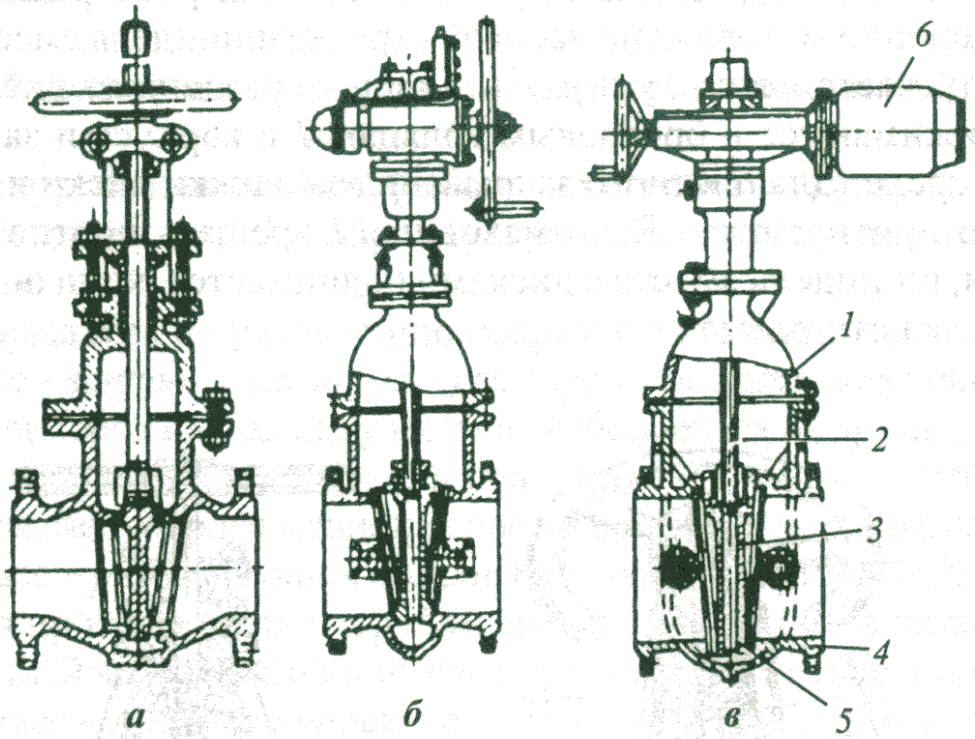


Рис. 37. Задвижки клиновые стальные:
а – с выдвижным шпинделем; *б* – с невыдвижным шпинделем и редуктором; *в* – задвижка с электроприводом; *1* – корпус; *2* – крышка; *3* – шпиндель; *4* – клиновой затвор; *5* – кольца; *6* – электропривод

В клиновых задвижках проходное отверстие перекрывается клиновым затвором *4*. Клин помещается между наклоненными уплотнительными кольцами *5* корпуса. При вращении маховика шпиндель *3* с помощью гайки перемещает диск, открывая или закрывая проход.

В задвижках с *выдвижным шпинделем* по выступающему над маховиком шпинделю можно оценить, открыта или закрыта задвижка.

В задвижках с *неподвижным шпинделем* – шпиндель вращается вместе с маховиком. На конце шпинделя и на дисках есть резьба. При вращении маховика вращается и шпиндель, диски по резьбе поднимаются или опускаются, открывая или закрывая проход.

Уплотнение шпинделя в местах прохода через крышку корпуса в обоих случаях проводится *сальниковой набивкой.*

Клапаны (рис. 38) предназначены для закрывания прохода в трубопроводах Ж15–250 мм и для регулирования расхода жидкости и пара. Клапаны – *муфтовые* (рис. 38, *б, в*) и *фланцевые* (рис 38, *а, г*), с *прямым* и *наклонным шпинделем.*

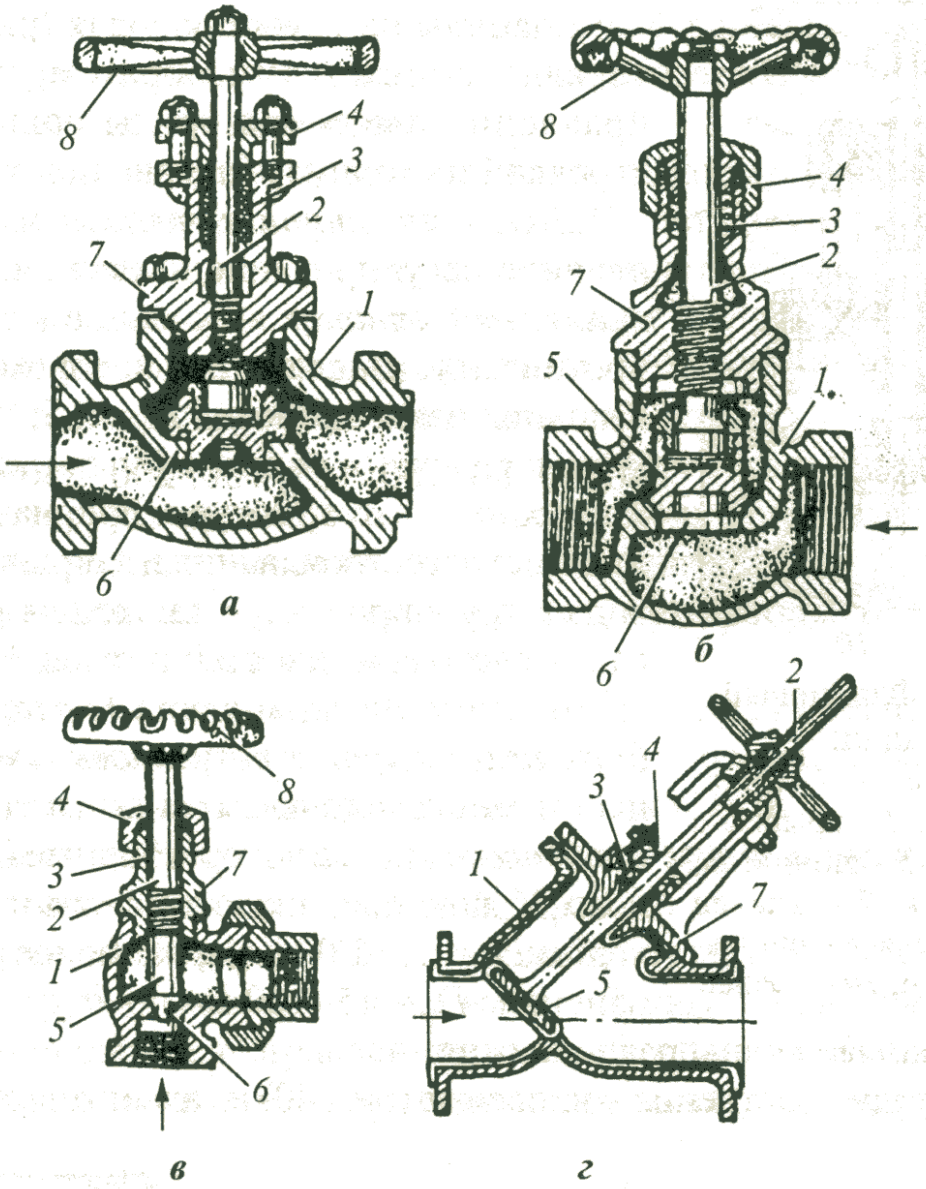


Рис. 38. Клапаны:
а – проходной с крышкой на шпильках; *б* – проходной с крышкой на резьбе; *в* – угловой; *г* – прямоточный; *1* – корпус; *2* – шпиндель; *3* – сальник; *4* – крышка сальника; *5* – клапан; *6* – седло клапана; *7* – крышка корпуса; *8* – маховик

Клапан состоит из чугунного или бронзового корпуса *1*, который закрывается крышкой *7* (на резьбе или шпильками), и запорного (регулирующего) органа *5*. Через крышку проходит шпиндель с резьбой, на одном конце которого шарнирно закреплен клапан *5*, а на другом – маховик *8*. Пространство между крышкой корпуса и шпинделем заполняется сальниковой набивкой *3*, уплотненной втулкой, положение которой регулируется накидной гайкой или крышкой сальника *4*.

В круглое отверстие корпуса впрессовано бронзовое кольцо (седло) *6*. При вращении маховика шпиндель опускается или поднимается и клапан закрывает или открывает проход. Плотность прилегания клапана к седлу обеспечивается прокладкой (из резины, кожи, фторопласта).

В паровых клапанах прокладка отсутствует, а плотность при закрывании обеспечивается притиркой клапана к седлу.

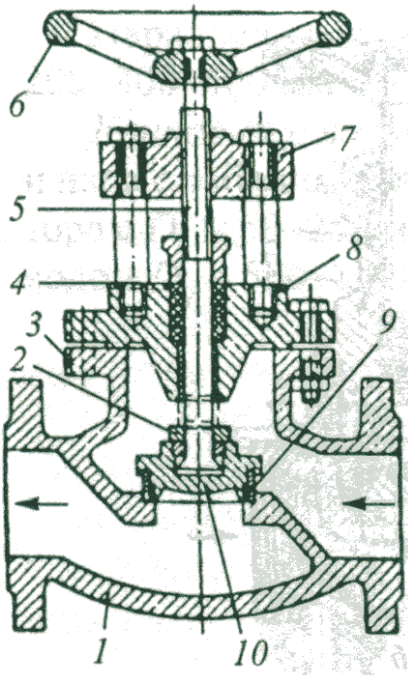


Рис. 39. Фланцевый клапан:
1 – корпус; *2* – гайка; *3* – фланец; *4* – крышка с сальником; *5* – шпиндель; *6* – маховик; *7* – фланец для шпинделя; *8* – шпилька; *9* – седло; *10* – клапан

Клапаны на трубопроводах (рис. 39) устанавливаются таким образом, чтобы направление движения среды совпадало со стрелкой на корпусе (подача под клапан).

Положительное качество клапанов – плавное регулирование и плотность закрывания; *недостаток* – большое местное сопротивление (последствия поворотов среды). Клапаны изготовляются $D_у$ = 15; 20; 25; 32; 40; 50; 80; 100; 125; 150; 200; 250 мм.

Краны – это арматура, предназначенная для быстрого открывания и закрывания прохода в трубопроводе, а также для регулирования расхода жидкостей и газов. Различают краны *проходные*, *многоходовые*, *водоразборные* и *двойного регулирования*. Проходные и многоходовые краны изготовляются *пробкового* типа, а водоразборные – *вентильного*. Краны выпускаются с условным проходом $D_у$ = 15–1 000 мм, наиболее распространены с $D_у$ = 15–100 мм.

Пробковые краны различаются:
по методу уплотнения – натяжные (рис. 40) и сальниковые (рис. 41);

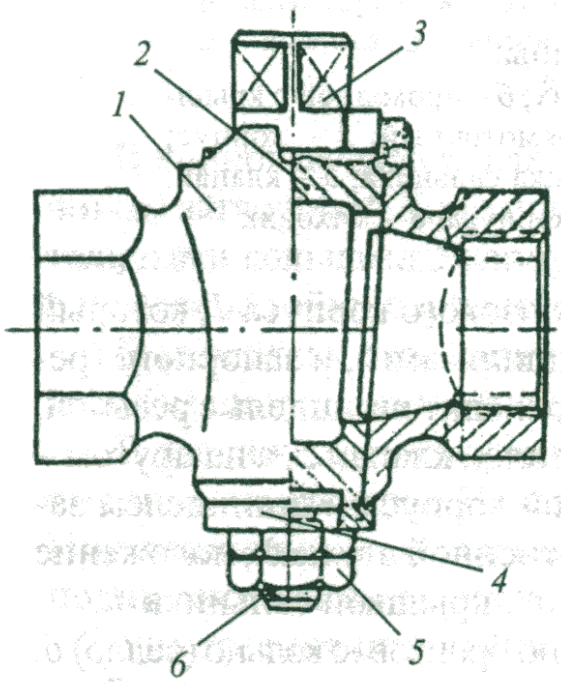


Рис. 40. Кран натяжной газовый муфтовый:
1 – корпус; *2* – пробка; *3* – четырехгранная головка; *4* – шайба; *5* – гайка; *6* – шпилька с резьбой

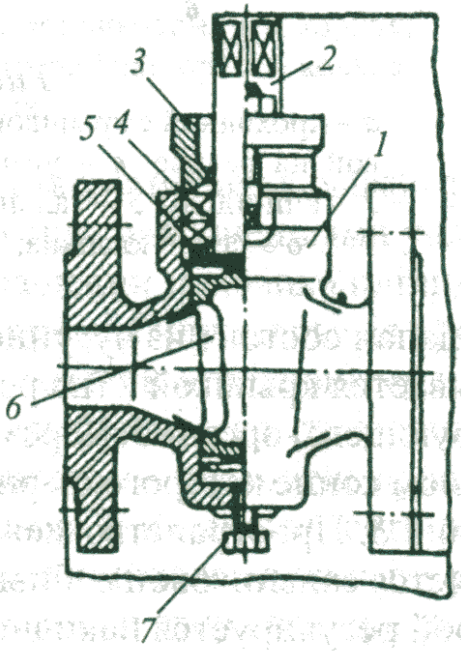


Рис. 41. Кран сальниковый:
1 – корпус; *2* – пробка со штоком; *3* – крышка сальника; *4* – сальниковая набивка; *5* – опорное кольцо; *6* – прорезь в пробке; *7* – болт

по способу присоединения – муфтовые, фланцевые, цапковые;

по материалу корпуса и пробки – стальные, чугунные, бронзовые, латунные, комбинированные.

Основными элементами кранов являются корпус *1* и коническая пробка *2* с прорезью для прохода среды. На четырехгранной головке *3* под ключ наносится риска, которая совпадает с направлением прорези. Если риска на головке совпадает с направлением трубопровода, на котором установлен кран – *проход открыт*, а если риска размещена поперек трубопровода – *проход закрыт*.

В натяжных кранах в нижней части пробки есть шпилька с резьбой *6*, на которую надевается шайба *4* и накручивается гайка *5*. Плотность в этих кранах обеспечивается натяжением гайки. Краны, устанавливаемые на газопроводах, должны иметь упоры, ограничивающие поворот пробки в границах 90°.

Плотность в сальниковых кранах (см. рис. 41) обеспечивается сальниковой набивкой *4*. Уплотнение набивки осуществляется затягиванием сальника с помощью крышки сальника *3*.

Для облегчения разборки сальникового крана в нижней части корпуса устанавливается отжимной болт *7*.

Трехходовой кран (рис. 42) устанавливают между манометром и сифонной трубкой. На его ручке в виде буквы Т нанесены риски, которые совпадают с направлением каналов в пробке. Вращая ручку можно поставить кран в следующие положения (см. I на рис. 42).

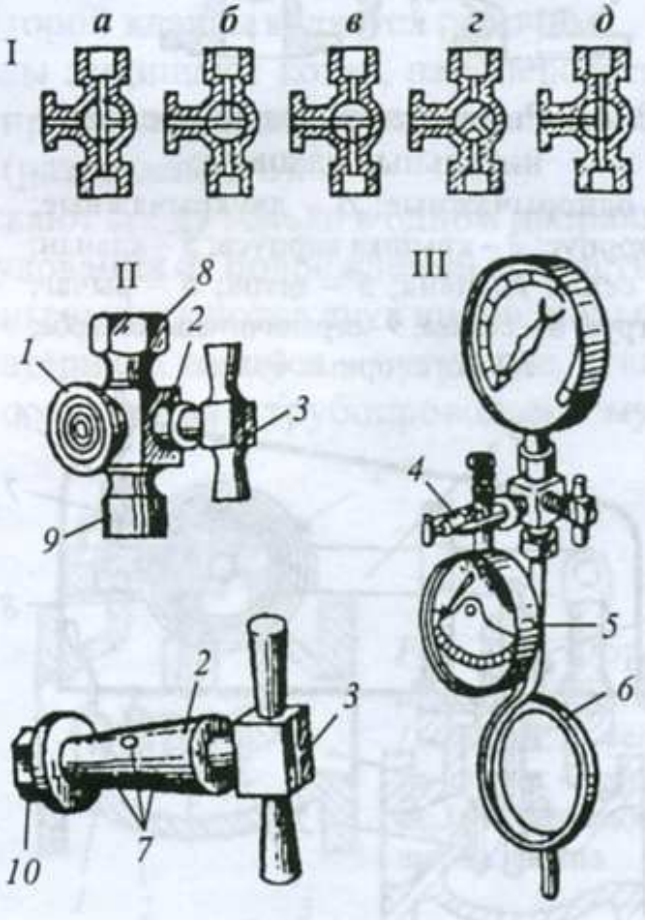


Рис. 42. Трехходовой кран: I – положение трехходового крана: *а* – рабочее; *б* – постановка стрелки на ноль; *в* – продувка сифонной трубки; *г* – промежуточное (набор конденсата в сифонной трубке); *д* – проверка рабочего манометра контрольным; II – детали крана: *1* – фланец для контрольного манометра; *2* – пробка крана; *3* – риски; *7* – отверстия в пробке; *8* – штуцер для манометра; *9* – ниппель для сифонной трубки; *10* – гайка для затяжки пробки; III – крепление контрольного манометра для проверки рабочего манометра: *4* – скоба; *5* – контрольный манометр; *6* – сифонная трубка

Предохранительные клапаны служат для предотвращения разрушения котлов и сосудов при превышении рабочего давления и подразделяются на *грузовые*, *пружинные* и *импульсные*.

Рычажный грузовой клапан (рис. 43) имеет рычаг *6* с грузом *7*, под действием которого клапан закрывается. При нормальном давлении в котле груз прижимает клапан *3* к седлу *4*. При повышении давления сверх установленного клапан поднимается, излишек давления удаляется в атмосферу, а клапан под действием массы груза опускается на седло. Подвешивание дополнительного груза на рычаг или заклинивание клапана с целью устранения неплотности не допускается. Клапаны выпускаются одногрузовыми с *D*у = 25, 32, 40, 80, 100 мм и двухгрузовыми с *D*у = 80, 100, 125, 150, 200 мм. Регулирование клапанов проводится путем передвижения груза по рычагу.

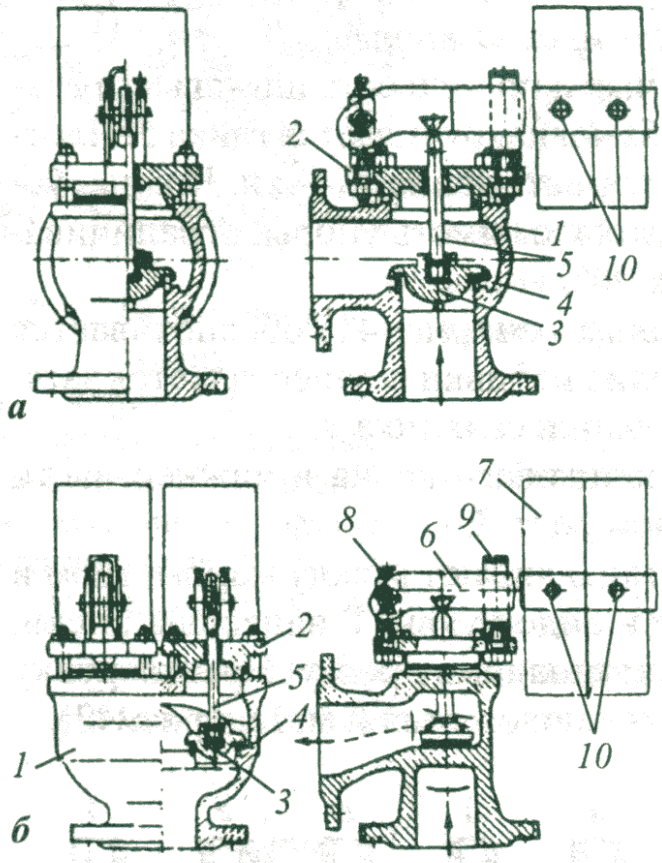


Рис. 43. Рычажно-грузовые предохранительные клапаны:
а – однорычажные; *б* – двухрычажные; *1* – корпус; *2* – крышка корпуса; *3* – клапан; *4* – седло клапана; *5* – шток; *6* – рычаг; *7* – груз; *8* – стойка; *9* –ограничительная скоба; *10* – стопорные болты

На рис. 44 приведен рычажно-предохранительный клапан (контрольный), который в отличие от ранее рассмотренных клапанов имеет закрытый кожух *6*, запирающийся на замок *9*, для предотвращения несанкционированного перемещения груза *8*.

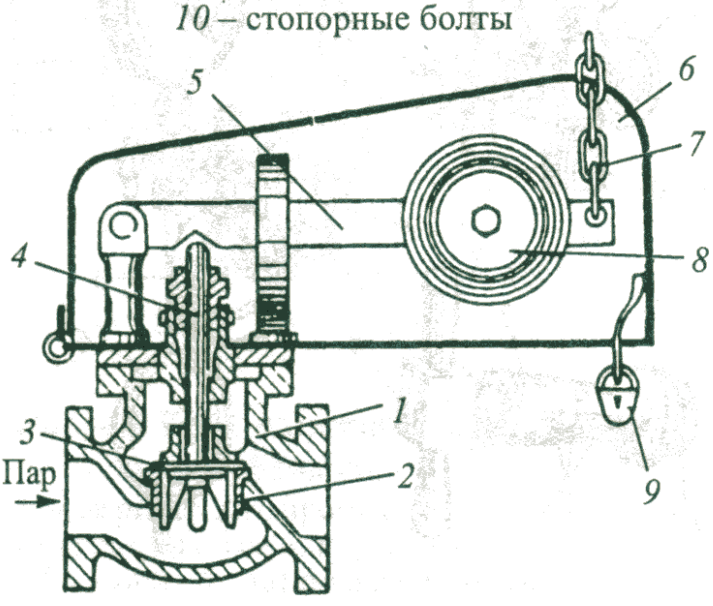


Рис. 44. Предохранительный клапан (контрольный):
1 – корпус; *2* – седло клапана; *3* – клапан; *4* – шток; *5* – рычаг; *6* – кожух контрольного клапана; *7* – цепочка для продувания контрольного клапана; *8* – груз; *9* – замок

«Подрыв» этого клапана осуществляется с помощью цепочки *7*, прикрепленной к концу рычага *5*.

В *пружинных клапанах* (рис. 45) давление в аппаратах уравновешивается силой сжатия пружины. Эти клапаны используются на ресиверах, передвижных котлах, а в последнее время их начали использовать для установки на котлах типа Е и ДЕ. Клапаны выпускаются с *D*у = 25, 40, 50, 80, 100 мм.

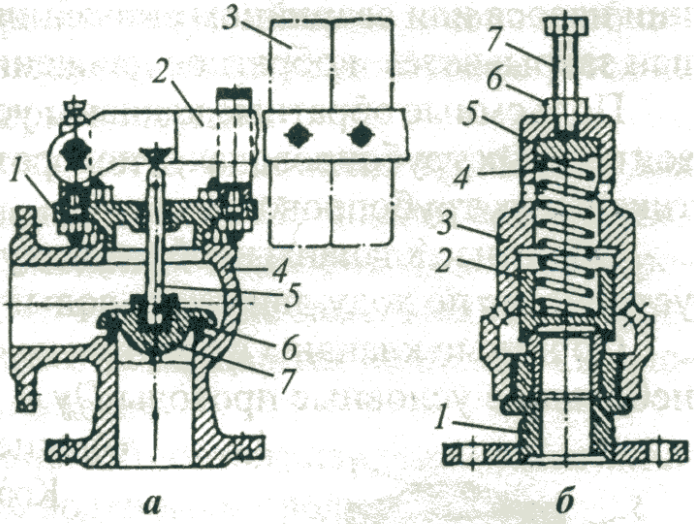


Рис. 45. Предохранительные клапаны: *а* – грузовой клапан: *1* – крышка; *2* – рычаг с грузом; *3* – груз; *4* – корпус; *5* – шпиндель; *6* – седло клапана; *7* – тарелка; *б* – пружинный клапан: *1* – штуцер; *2* – клапан; *3* – корпус; *4* – пружина; *5* – направляющая втулка; *6* – контргайка; *7* – регулировочный винт

Импульсные клапаны устанавливаются на паровых котлах с рабочим давлением более 39 кгс/см^2 (3,9 МПа).

На каждом паровом и водогрейном котле и экономайзере, который отключается по рабочей среде, и пароперегревателе должно быть установлено не менее двух клапанов. Один из клапанов – контрольный (см. рис. 44), который должен быть в металлическом кожухе *6*, закрыт на замок *9* или опломбирован и иметь устройство для его подрыва (цепочка *7*). Второй клапан является рабочим.

Предохранительные клапаны защищают котел, пароперегреватели и водяные экономайзеры при превышении в них давления более чем на 10 % от расчетного (разрешенного).

Обратные клапаны пропускают среду только в одном направлении и служат для защиты оборудования от повреждений вследствие обратного потока среды. Клапаны выпускаются двух видов: подъемные и поворотные и по виду материала корпуса – чугунные, стальные и бронзовые. По способу соединения с трубопроводом – муфтовые и фланцевые.

Обратный подъемный клапан (рис. 46) состоит из корпуса *1*, в круглое проходное отверстие которого впрессовано седло *2*. Для плотного закрывания клапан *3* притирается к седлу. Корпус имеет крышку *4*, и в крышку заходит направляю-

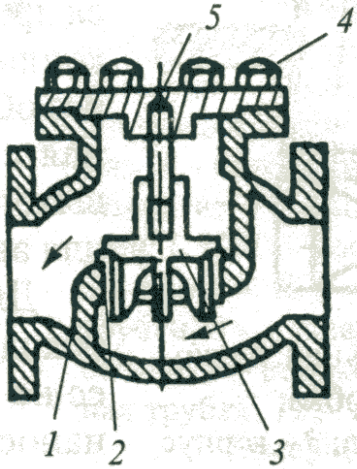


Рис. 46. Обратные клапаны: *1* – корпус; *2* – седло; *3* – клапан; *4* – крышка; *5* – неправляющий шток клапана

щий шток клапана *5*. При движении воды в обратном направлении клапан опускается и обратное движение воды прекращается.

Обратный поворотный клапан (рис. 47) состоит из корпуса *2* с шарнирно закрепленным клапаном *3*, который под давлением движущейся среды поднимается, и клапан открывается. При отключении насоса или аварийном снижении давления после клапана – клапан закрывается и обратное движение воды прекращается.

Подъемные обратные клапаны устанавливаются только на горизонтальных трубопроводах, а поворотные – на горизонтальных и вертикальных трубопроводах.

Обратные клапаны необходимо устанавливать на отключающем устройстве по ходу движения воды.

Обратные клапаны с муфтовым соединением изготовляются на небольшие условные проходы *D*у = 15, 20, 25, 32, 40, 50, 80 мм, а с фланцевым – *D*у = 20–200 мм.

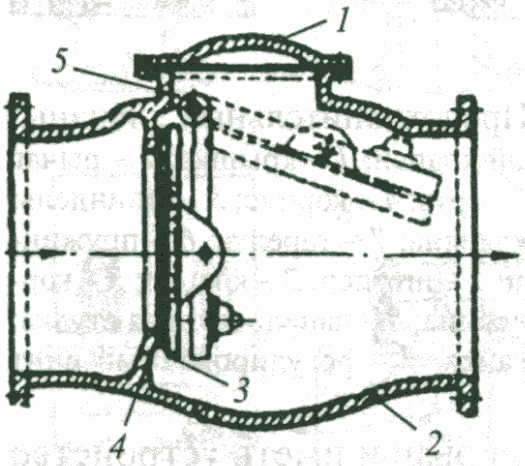


Рис. 47. Поворотный обратный клапан:
1 – крышка; *2* – корпус; *3* – клапан; *4* – седло клапана; *5* – ось клапана

Краны с условным проходом до 50 мм изготовляются с крышкой на резьбе, а более 50 мм – с крышкой на шпильках.

Легкоплавкие пробки (рис. 48) предназначены для предотвращения повреждений котлов ДКВР при упуске воды из барабана, имеют коническую форму с внешней резьбой и вкручиваются в нижнюю часть верхнего барабана со стороны топки.

Отверстие пробки заливается легкоплавким сплавом (90 % свинца и 10 % олова), температура плавления которого 280–310 °С.

При нормальном уровне воды в паровом котле легкоплавкий сплав охлаждается водой и не плавится. При упуске воды пробки не охлаждаются, а вместе с тем продолжают нагреваться продуктами сгорания топлива и легкоплавкий сплав расплавляется и через образованное отверстие пароводяная смесь под давлением с шумом выходит в топку, что служит сигналом для аварийного останова котла.

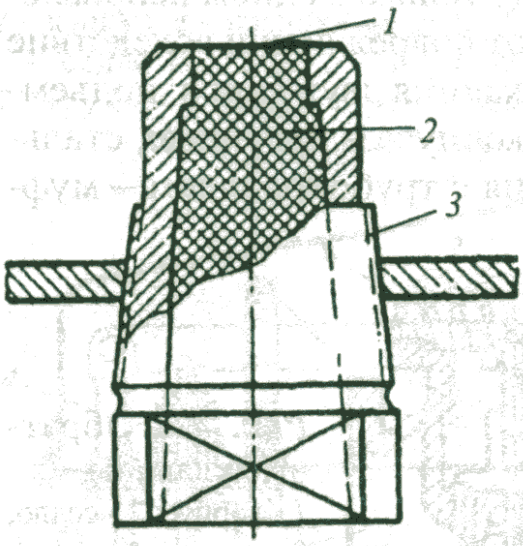


Рис. 48. Контрольная легкоплавкая пробка:
1 – клеймо; *2* – сплав; *3* – корпус

Для надежной работы пробки необходимо заменять или перезаливать ее не реже 1 раза в 3 мес. При замене наносится клеймо с указанием даты.

Водоуказательные приборы

В котельных для определения уровня воды используются *водоуказательные приборы* с круглым и плоским стеклом, сниженные указатели уровня и водопробные краны.

Работа водоуказательных приборов основана на законе сообщающихся сосудов: вода в сообщающихся сосудах устанавливается на одном уровне независимо от формы сосудов.

Водоуказательный прибор является основным прибором для определения уровня воды в паровых котлах. На каждом котле должно быть *не менее двух* водоуказательных приборов. В котлах паропроизводительностью менее 0,7 т/ч возможна замена одного из них двумя пробными кранами, которые размещаются на низшем и высшем допустимых уровнях воды в котле.

Водоуказательный прибор (рис. 49) состоит из *круглого* или *плоского стекла* и *кранов* (парового, водяного и продувочного).

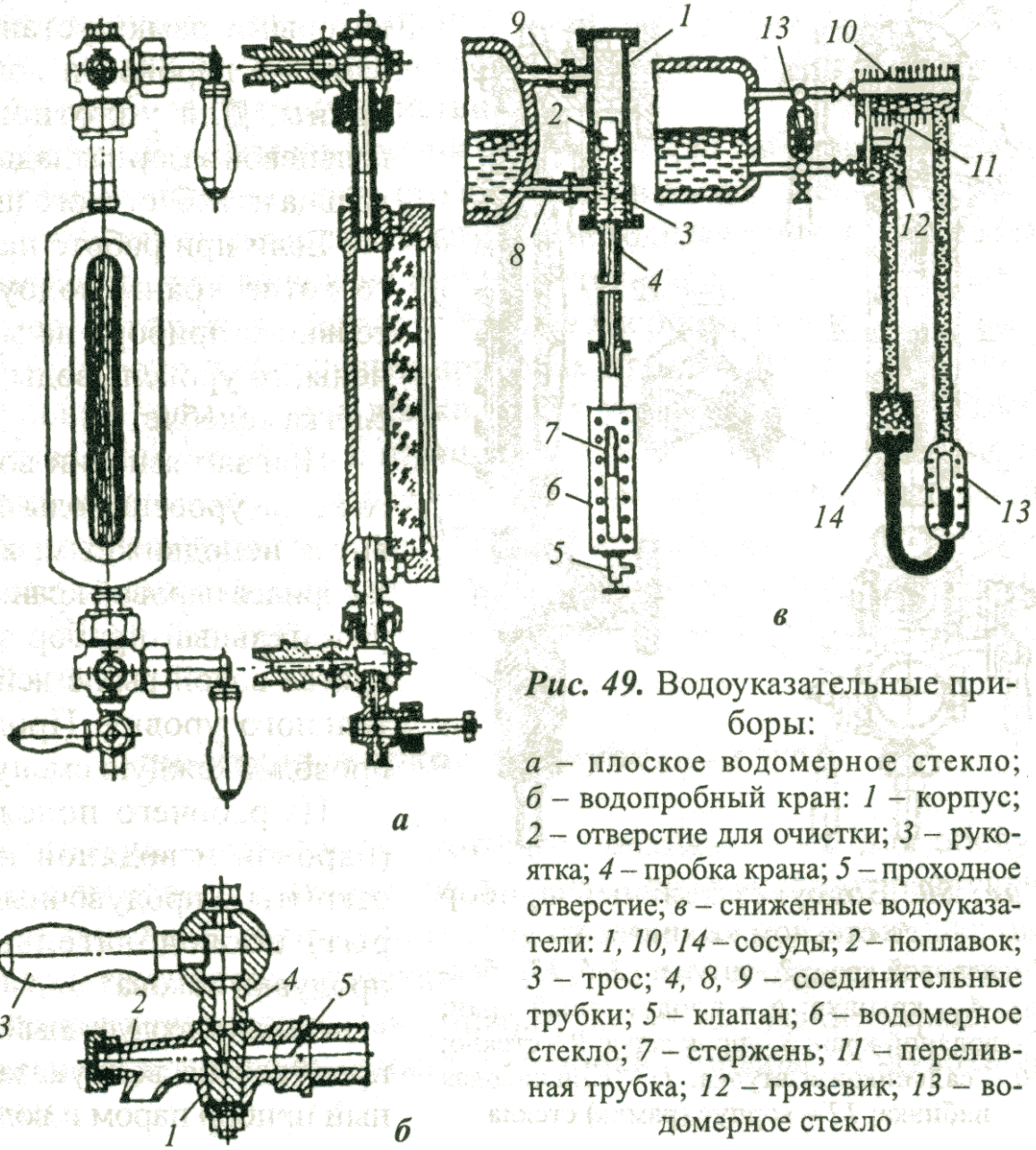


Рис. 49. Водоуказательные приборы:
а – плоское водомерное стекло; *б* – водопробный кран: *1* – корпус; *2* – отверстие для очистки; *3* – рукоятка; *4* – пробка крана; *5* – проходное отверстие; *в* – сниженные водоуказатели: *1, 10, 14* – сосуды; *2* – поплавок; *3* – трос; *4, 8, 9* – соединительные трубки; *5* – клапан; *6* – водомерное стекло; *7* – стержень; *11* – переливная трубка; *12* – грязевик; *13* – водомерное стекло

Водоуказательные приборы с *круглым стеклом* устанавливаются на паровых котлах и баках с давлением до 0,7 кгс/см^2. Высота стекла в водоуказательном приборе может быть от 200 до 1 500 мм, диаметр – 8–20 мм, толщина стекла 2,5–3,5 мм. Стеклянные трубки устанавливаются в краны и уплотняются с помощью набивки из колец.

Водоуказательный прибор с *плоским стеклом* (рис. 49, *а*) состоит из металлической рамки, в гнездо которой вставляется на тонкой паронитовой прокладке плоское стекло, плотно прижатое к рамке крышкой с болтами.

Плоское стекло может быть гладким или рифленым. Рифленое стекло «Клингер» (рис. 50) с внутренней стороны имеет вертикальные призматические канавки, а с внешней стороны отполировано. В таком стекле вода кажется темной, а пар светлым. Рифленое стекло выпускается с 1-го по 9-й номер длиной 115–340 мм, а гладкое – шести номеров – 140–340 мм.

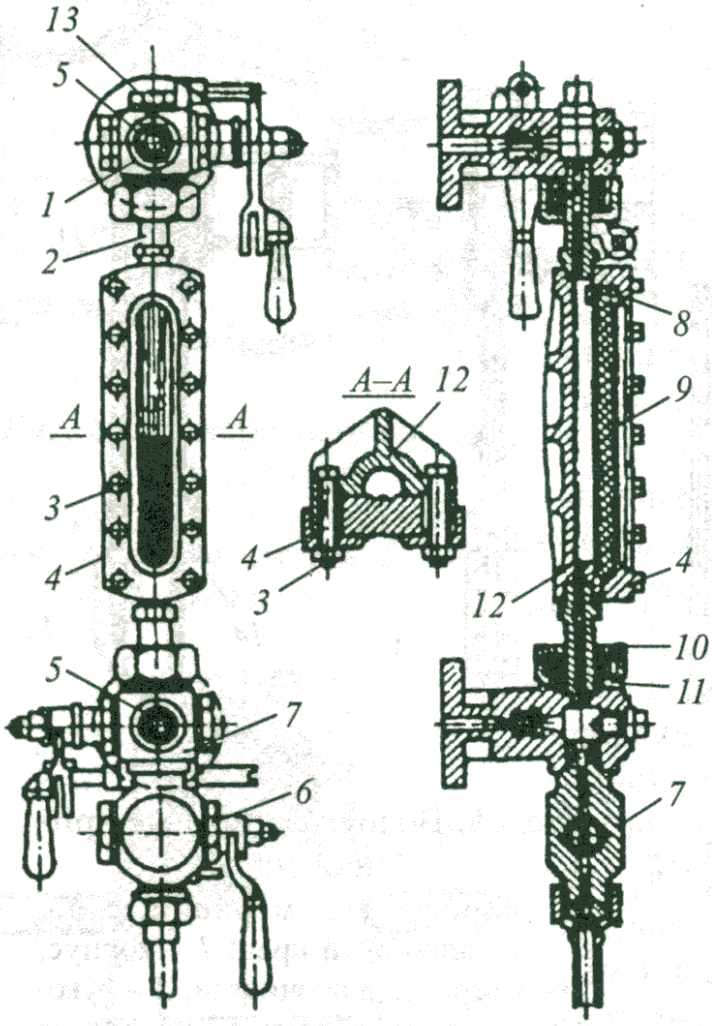


Рис. 50. Водоуказательный прибор со стеклом «Клингер»:
1 – паровой кран; *2* – штуцер; *3, 5, 13* – болты; *4* – крышка; *6* – продувочный кран; *7* – водяной кран; *8* – прокладка; *9* – стекло; *10* – сальниковая втулка; *11* – сальниковая набивка; *12* – корпус (рамка) стекла

В рамку сверху и снизу вкручиваются штуцеры *2*, которыми рамка устанавливается в паровой и водяной краны. Для уплотнения в кольцевой зазор закладывают кольца из асбестового шнура.

Если при работе парового котла краны водоуказательного прибора не загрязнены, то уровень воды в нем слегка колеблется.

При загрязнении водяного крана уровень воды становится неподвижным, а если засорился паровой кран, водоуказательный прибор заполняется водой выше действительного уровня. Продувку проводят каждую смену.

Из рабочего положения (паровой и водяной краны открыты, а продувочный закрыт) последовательность продувки такова:

открыть продувочный кран – продувается водоуказательный прибор паром и водой;

закрыть водяной кран – продувается водоуказательный прибор только паром;

открыть водяной кран – продувается водоуказательный прибор паром и водой;

закрыть паровой кран – продувается водоуказательный прибор только водой;

открыть паровой кран – продувается водоуказательный прибор паром и водой;

закрыть продувочный кран – вода должна быстро подняться к определенному уровню и слегка колебаться – этот уровень должен быть одинаковым с уровнем второго водоуказательного стекла. При такой последовательности продувки стекло водоуказатльного прибора будет все время горячим – это и обеспечит его целостность.

Если водоуказательный прибор находится на высоте более 6 м от площадки наблюдения или уровень воды плохо просматривается, допускается установка *двух сниженных указателей уровня воды*. На них должны быть нанесены низший и высший допустимые уровни воды по водоуказательному прибору, который установлен на этом же котле. В этих случаях допускается установка одного водоуказательного прибора прямого действия.

Сниженный указатель уровня (см. рис. 47, *в*) работает по принципу уравновешивания двух столбов воды в соединительных трубках. Цветная тяжелая жидкость, которая находится в них, имеет бóльшую вязкость, чем вода и не смешивается с ней. Это может быть, например, четырехбромистый углерод с хлороформом и бензолом.

На всех водоуказательных приборах против допустимого низшего уровня воды в котле должен быть установлен неподвижный металлический указатель с надписью «НДУ». Этот указатель должен быть установлен не менее чем на 25 мм выше нижней видимой кромки стекла водоуказательного прибора. Такой же указатель устанавливается ниже на 25 мм верхней видимой кромки стекла с надписью «ВДУ», соответствующей высшему допустимому уровню воды в котле.

Гарнитура, каркас и обмуровка котла

Гарнитура – устройства, которые предназначены для обслуживания дымового тракта котла и защиты обмуровки от разрушения при взрыве. К гарнитуре котлов относятся: топочные дверцы для твердого топлива, фронтальная плита для жидкого и газообразного топлива; люки-лазы; лючки, дверные глазки; взрывные клапан; поворотные и выдвижные заслонки (шиберы); обдувочные аппараты.

Фронтальная плита служит для крепления газовых горелок (мазутных форсунок) и некоторых узлов систем автоматики.

Люки-лазы служат для осмотра, очистки и ремонта внутренних частей котлов, топок и газоходов.

Лазы в барабанах котлов должны быть круглой, эллиптической или овальной формы. Диаметр круглого лаза должен быть не менее 400 мм, а размеры по осям эллиптического или овального лаза – не менее 300×400 мм. Крышка лаза массой больше 30 кг должна иметь устройство для облегчения открывания и закрывания.

В стены топки и газоходов устанавливаются *лазы, гляделки* (рис. 51) *и лючки,* обеспечивающие возможность контроля за горением и состоянием поверхностей нагрева обмуровки, а также за изоляцией частей барабанов и коллекторов, которые обогреваются.

Прямоугольные лазы (рис. 52) должны быть размером не менее 400×450 мм и круглые не менее 450 мм для обеспечения возможности доступа в глубь топки и газоходов и осмотра внешних поверхностей элементов котла.

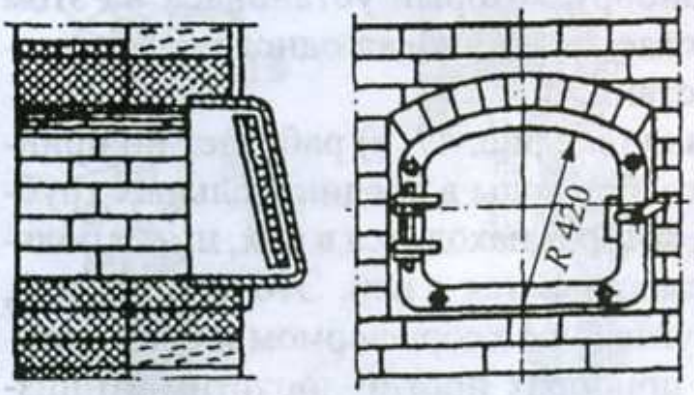


Рис. 51. Лазовые дверцы

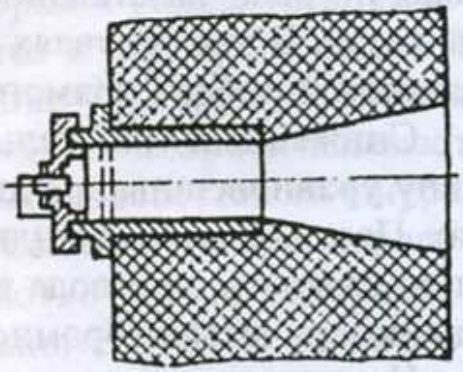


Рис. 52. Дверной глазок

В качестве лазов могут использоваться топочные дверцы и амбразуры горелочных устройств, при условии, что их размеры не меньше указанных. Лючки также служат для установки обдувочных устройств и термометров сопротивления, для внесения запальников при розжиге горелок.

Дверцы и крышки лазов и лючков должны быть крепкими и плотными, их конструкция должна исключать возможность самооткрывания.

Взрывные клапаны (рис. 53) устанавливаются на котлах с камерным сжиганием топлива и служат для смягчения силы взрыва и предохранения обмуровки котлов и кладки газоходов от разрушения. Клапаны размещают в тех местах, где они не представляют опасности для обслуживающего персонала. Если это не выполнено клапаны, оборудуются с отводными коробами или огораживают щитами со стороны возможного нахождения людей. Количество, размещение и размеры проходного сечения взрывных клапанов определяются проектом котла.

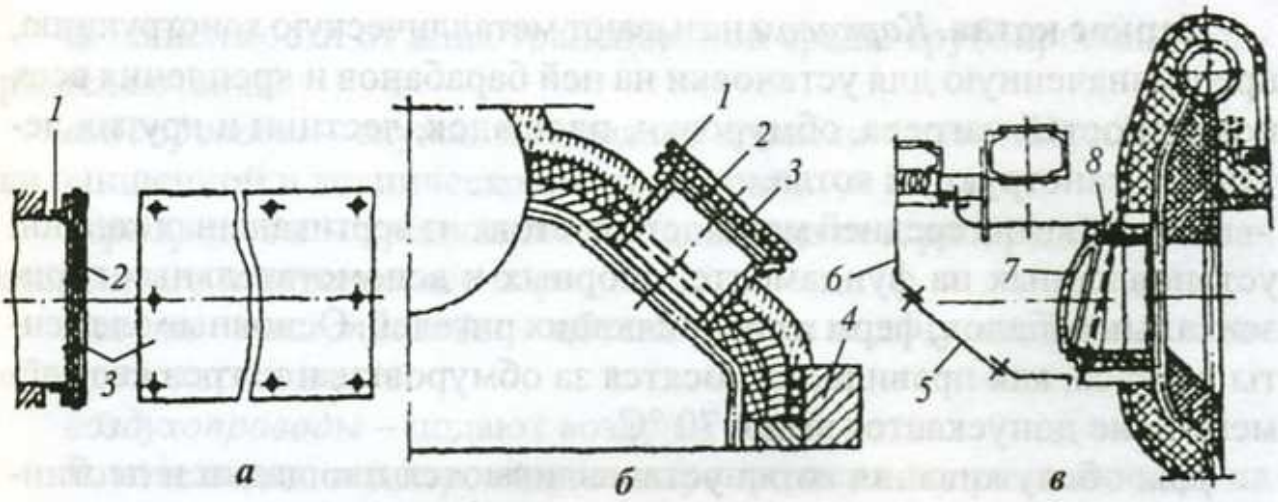


Рис. 53. Конструкция взрывных клапанов:
а – прямоугольного; *б* – круглого; *в* – створчатого: *1* – рамка; *2* – сетка; *3* – асбестовый лист; *4* – обмуровка; *5* – люк; *6* – отводящий короб; *7* – створка клапана; *8* – корпус

Поворотные и выдвижные заслонки (шиберы) служат для регулирования тяги. В котлах, работающих на газообразном топливе, в верхней части вертикального шибера должно быть отверстие, размер которого устанавливается проектом, но не менее 50 мм. В шиберах, размещенных горизонтально, отверстие может быть в любом месте. Это отверстие выполняется для осуществления вентиляции топки неработающего котла, поскольку при негазоплотной запорной арматуре газ может накапливаться в топке.

Обдувочные аппараты (рис. 54) предназначены для очистки паром или сжатым воздухом наружных поверхностей нагрева котла от загрязнения и сажи. Выпускаются стационарные (вращающиеся и выдвижные) и переносные (с ручным обслуживанием) обдувочные аппараты.

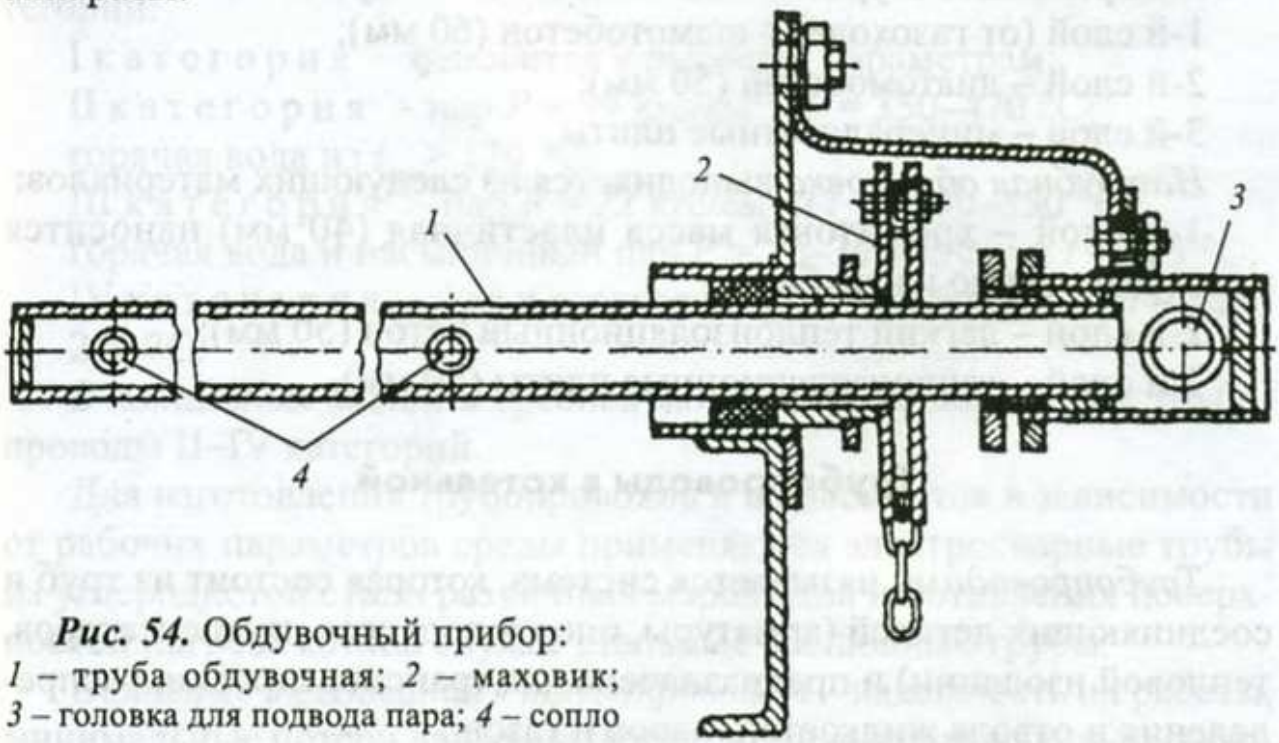


Рис. 54. Обдувочный прибор:
1 – труба обдувочная; *2* – маховик; *3* – головка для подвода пара; *4* – сопло

Каркас котла. *Каркасом* называют металлическую конструкцию, предназначенную для установки на ней барабанов и крепления всех поверхностей нагрева, обмуровки, площадок, лестниц и других деталей и конструкций котла.

Каркас котла средней мощности состоит из вертикальных колонн, установленных на фундаменте, опорных и вспомогательных горизонтальных балок, ферм и соединяющих ригелей. Основные элементы каркаса, как правило, выносятся за обмуровку, и нагрев его элементов не допускается выше 70 °С.

Для обслуживания котла устанавливаются площадки и лестницы с перилами высотой 1 м со сплошной обшивкой снизу высотой 100 мм.

Обмуровка котла. Ограждающие поверхности, которые отделяют топочную камеру и газоходы котла от окружающего воздуха, называют *обмуровкой.*

Различают *тяжелую* и *облегченную* обмуровку.

Тяжелая обмуровка применяется на котлах небольшой мощности. Стены тяжелой обмуровки выкладывают в два кирпича. Внутри, где температура больше 700 °С, устанавливается огнеупорный кирпич (в полкирпича), а извне – красный строительный.

Облегченная обмуровка котлов средней мощности выполняется двух типов: *накаркасная* – крепится на каркасе котла, и *натрубная* – непосредственно к экранным трубам. Обмуровка выполняется многослойной из различных легких огнеупорных и теплоизоляционных материалов, имеющих небольшую теплопроводность и большую механическую прочность.

Накаркасная обмуровка выполняется из следующих материалов:

1-й слой (от газохода) – шамотобетон (60 мм);

2-й слой – диатомобетон (50 мм);

3-й слой – минераловатные плиты.

Натрубная обмуровка выполняется из следующих материалов:

1-й слой – хромитовая масса пластичная (40 мм) наносится непосредственно на трубы;

2-й слой – легкий теплоизоляционный бетон (50 мм);

3-й слой – теплоизоляционные плиты (50 мм).

Трубопроводы в котельной

Трубопроводами называется система, которая состоит из труб и соединяющих деталей (арматуры, опор и подвесок, компенсаторов, тепловой изоляции) и предназначена для транспортировки, распределения и отвода жидкостей, паров и газов.

В зависимости от вида транспортной среды трубопроводы подразделяются на:

водопроводы – служат для подачи воды: питательной, химически очищенной и технической и конденсата.

паропроводы – предназначены для подачи и распределения насыщенного и перегретого пара;

мазуто- и газопроводы – обеспечивают подачу жидкого и газообразного топлива;

воздухопроводы – подают воздух в топку котла.

В котельных водопроводы и паропроводы подразделяются на *главные (основные),* работающие под давлением, которые подлежат котлонадзору, и *вспомогательные* трубопроводы.

К основным *трубопроводам* относятся:

питательные трубопроводы, которые соединяют питательные насосы с паровыми котлами и предназначены для подачи питательной воды в котлы;

паропроводы насыщенного и перегретого пара, соединяющие паровые котлы со сборным коллектором, к которому подключены потребители.

К *вспомогательным трубопроводам* относятся служебные трубопроводы (обдувочные, подающие пар на форсунки, и выхлопные), а также трубопроводы продувочные, спускные и дренажные.

Трубопроводы, которые транспортируют пар с давлением выше 0,7 кгс/см^2 и горячую воду с температурой выше 115 °С, изготовляются, монтируются и эксплуатируются по «Правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды». Согласно Правилам, все трубопроводы подразделяются на четыре категории:

I категория – относится к высоким параметрам;

II категория – пар P = 39 кгс/см^2; $t_{пе}$ = 350–470 °С;
горячая вода из $t_{г.в}$ > 120 °С;

III категория – пар P = 22 кгс/см^2 и $t_{пе}$ = 250–350 °С;
горячая вода и насыщенный пар P = 16–39 кгс/см^2 и t = 115 °С;

IV категория – пар и горячая вода P = 1–16 кгс/см^{2}и t = 120–250 °С.

В котельных малой и средней мощности используются трубопроводы II–IV категорий.

Для изготовления трубопроводов и их элементов в зависимости от рабочих параметров среды применяются электросварные трубы из углеродистой стали различных марок. Для изготовления поверхностей нагрева котлов служат стальные бесшовные трубы.

Основные требования к трубопроводам – надежность их работы, минимальные потери давления и потери тепла в окружающую среду.

Элементы трубопроводов соединяются сваркой, присоединение трубопроводов к оборудованию и арматуре допускается сваркой или на фланцах.

Питательные трубопроводы предназначены для питания паровых котлов водой. В паровых котлах паропроизводительностью до 4 т/ч допускается один трубопровод, а при большей производительности – два. Пропускная способность каждого питательного трубопровода должна обеспечить номинальную производительность котлов с учетом потери на продувку.

Во избежание ожогов обслуживающего персонала и для уменьшения потерь тепла на горячие трубопроводы наносится *тепловая изоляция*. Изолированный трубопровод покрывают сверху мешковиной или алюминиевой фольгой.

Во избежание гидравлических ударов в паропроводах предусматриваются дренажные линии и трубопроводы прокладываются с наклоном не менее 0,001 в сторону движения пара.

При подаче пара или горячей воды в трубопроводах происходит *температурное удлинение*. Удлинение трубопроводов из углеродистых сталей при нагревании на 100 °С составляет около1,2 мм/м. В зависимости от температуры среды в стенках трубопроводов возникает напряжение, которое может привести к их разрыву и повреждению. Поэтому для компенсации температурных удлинений и избежания разрывов применяются *компенсаторы* (рис. 55).

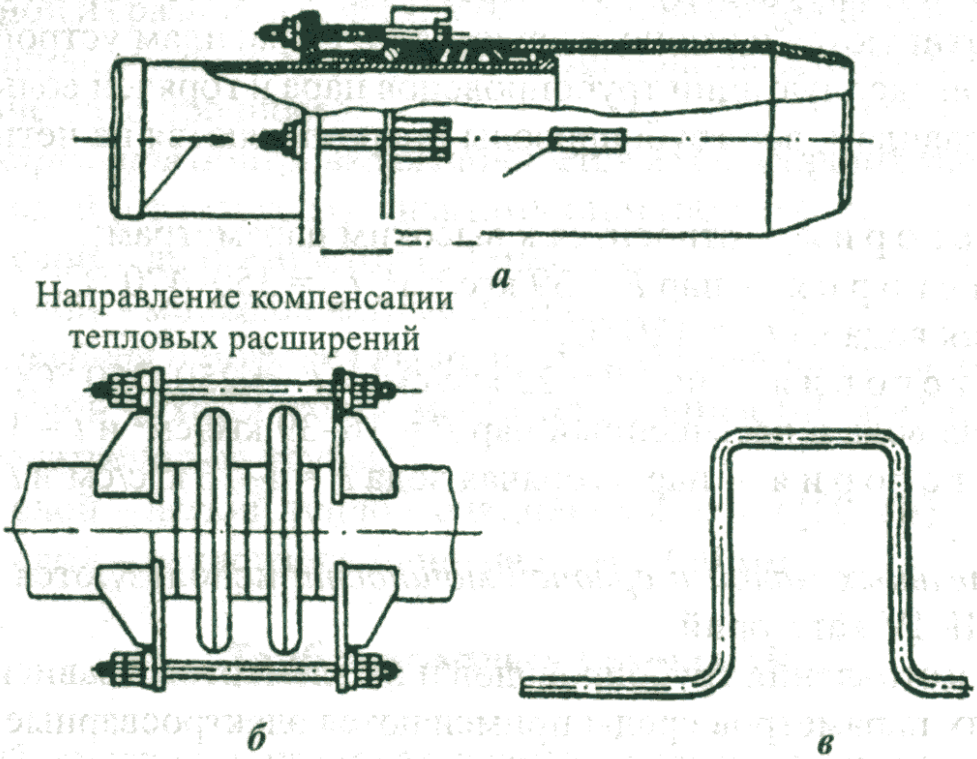


Рис. 55. Компенсаторы, обеспечивающие удлинения трубопроводов:
а – сальник (для низкого давления); *б* – линзовые (для низкого давления); *в* – П-образные (на любое давление)

Наибольшее распространение получили гнутые *П-образные компенсаторы*. В стесненных условиях на трубопроводах низкого давления (тепловые сети) используются *сальниковые* компенсаторы.

Для крепления трубопроводов применяются *опоры* или *подвески*. Трубопроводы – неподвижные и подвижные (скользящие, качающиеся, роликовые).

Для распознания, какая среда проходит по трубопроводам, их окрашивают в различные цвета. Пар перегретый – красный; насыщенный – красный с желтыми кольцами; вода питательная – зеленый; газопровод– желтый, с красными кольцами и нанесением стрелки, указывающей направление движения газа; воздух – синий и пр.

Приборы для измерения расхода жидких и газообразных веществ

Количество вещества, которое проходит по трубопроводу за единицу времени, называется *расходом*.

Количество и расход вещества выражается в объемных и массовых единицах измерения. Объемными единицами количества служат *литр* (л) *и кубический метр* ($м^3$), а массовыми – *килограмм (кг) и тонна* (т). Наиболее распространенными единицами объемного расхода является: л/ч, $м^3/с$, $м^3/ч$, а массового – кг/с, кг/ч, т/ч.

Приборы, измеряющие расход, называются *расходомерами* и в зависимости от вида измеряемого вещества подразделяются на водомеры, паромеры, газомеры и др. Расходомеры – *показывающие* и *самопишущие*. К приборам, которые измеряют расход, относятся также *счетчики*.

Газовый счетчик РГ. Ротационный газовый счетчик РГ (рис. 56) состоит из корпуса (измерительной камеры *1*), двух роторов восьмеричной формы *2*, счетного механизма и дифманометра *3*.

Под действием движущегося газа роторы вращаются в противоположных направлениях. Вал одного из них соединен с редуктором счетного механизма, фиксирующего объем газа в соответствии с количеством оборотов ротора. Нормальное направление движения потока – сверху вниз.

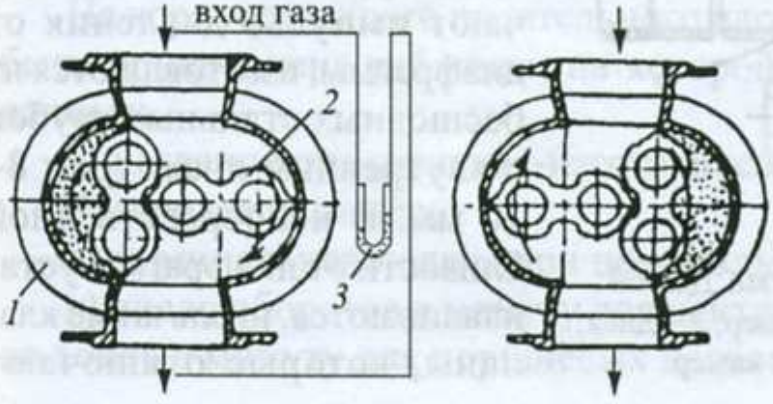


Рис. 56. Принципиальная схема ротационного газового счетчика типа РГ:
1 – измерительная камера; *2* – роторы восьмеричной формы; *3* – дифмонометр

По дифманометру определяют перепад давления газа на счетчике и, пользуясь специальными таблицами в паспорте счетчика, определяют степень загрязнение газа и необходимость его очистки.

Количество газа, который протекает через счетчик, равно разности показаний в конце и в начале определенного периода времени.

Газовые счетчики выпускаются с номинальной пропускной способностью 40, 100, 250, 400, 600 и 1 000 м^3/ч.

Расчет с газоподающей организацией проводится за газ, приведенный к нормальным условиям: $t_2 = 0$ °С; $P_{бар} = 760$ мм рт. ст.

Коэффициент перевода в нормальные условия рассчитывается по формуле

$$K_н = \frac{273}{T_г} \cdot \frac{P_{бар} + P_{газ}}{760},$$

где $T_г$ – абсолютная температура газа перед счетчиком, К;

$P_{бар}$ – барометрическое давление, мм рт. ст.;

$P_{газ}$ – избыточное давление газа перед счетчиком, мм рт. ст.

Дроссельные расходомеры. Принцип измерения расхода с помощью дроссельных расходомеров основан на сужении потока среды, движущейся по трубопроводу. Это приводит к возрастанию его средней скорости, и к увеличению кинетической и уменьшению потенциальной энергии. Перепад давления до и после сужающего устройства зависит от расхода проходящей среды: чем больший перепад, тем больше расход.

Наиболее распространенными суживающими устройствами, которые используются при измерении расходов, являются *диафрагмы* (рис. 57). Диафрагмы – *камерные* и *бескамерные*. Их диски из нержавеющей стали толщиной 3–6 мм имеют конусное отверстие под углом 30°, направленное суженной частью навстречу потоку. Диафрагмы зажимаются болтами между фланцами трубопровода. Трубки, которые получают импульс давления от диафрагмы, изготовляются из бесшовных стальных трубок с внутренним диаметром 8–10 мм. В непосредственной близости от диафрагмы устанавливаются, игольчатые клапаны, которые отключают

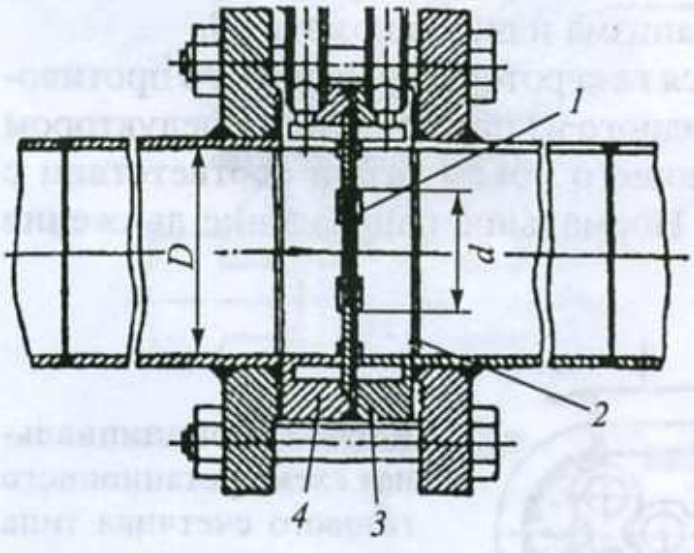


Рис. 57. Камерная диафрагма ДН-64:
1 – прорез кольцевого канала камер; *2* – диск; *3, 4* – корпуса кольцевых камер

трубопровод от соединительных линий на случай ремонта вторичного прибора.

Перепад давления на диафрагме измеряется показывающими и самопишущими *дифманометрами-расходомерами,* шкала которых проградуирована в единицах расхода.

Для измерения расхода *пара* на импульсных трубках, ведущих к дифманометру, устанавливаются уравнительные *(конденсационные) сосуды,* предназначенные для поддержки постоянного уровня конденсата в обеих соединяющих линиях.

Питательные устройства котлов и требования к ним

Питание котлов может быть *групповым* с общим для подключения котлов питательным трубопроводом или *индивидуальным* – только для одного котла. Включение котлов в одну группу по питанию допускается при условии, что разность рабочих давлений в различных котлах не превышает 15 %.

Для питания котлов водой допускается использование:

центробежных и поршневых насосов с электроприводом;

центробежных и поршневых насосов с паровым приводом;

паровых инжекторов;

насосов с ручным приводом;

водопроводной сети.

Использование водопровода допускается только при условии, что минимальное давление воды в водопроводе перед регулирующим органом питания котла будет превышать расчетное или разрешенное давление в котле не менее чем на 1,5 кгс/см^2.

Питательные насосы, которые присоединены к общей магистрали, должны иметь характеристики, допускающие параллельную работу насосов.

Ручные насосы могут быть использованы для периодической подпитки паровых котлов с рабочим давлением не более 4 кгс/см^2 и паропроизводительностью не более 150 кг/ч.

Паровой инжектор приравнивается к насосу с паровым приводом.

На корпусе каждого питательного насоса или инжектора должна быть прикреплена табличка, на которой указываются следующие данные:

а) название предприятия-изготовителя или его товарный знак;

б) заводской номер;

в) номинальная подача при номинальной температуре воды;

г) число оборотов в минуту для центробежных насосов или число ходов в минуту для поршневых насосов;

д) номинальная температура воды перед насосом;

е) максимальный напор при номинальной подаче. После каждого капитального ремонта насоса необходимо провести его опробование для определения подачи и напора.

Результаты опробования должны быть оформлены актом.

Для питания *паровых котлов* устанавливается не менее двух насосов с электроприводом и один или два насоса с паровым приводом. Суммарная подача насосов с электроприводом должна быть не менее 110 %, а с паровым приводом – не менее 50 % номинальной производительности всех работающих котлов.

При паропроизводительности не более 1 т/ч допускается один питательный насос с электроприводом, если котел оборудован автоматикой безопасности, которая исключает возможность снижения уровня воды и повышения давления пара выше нормы.

Для подпитки водонагревательных котлов с естественной циркуляцией необходимо не менее двух подпиточных насосов, а с принудительной – не менее чем по два подпиточных и циркуляционных. Вместо одного подпиточного насоса можно использовать водопровод, если давление в водопроводе превышает сумму статического и динамического напоров в системе не менее чем на 1,5 кгс/см^2.

Насосы для водонагревательных котлов теплопроизводительностью 4 Гкал/ч (4,65 МВт) и более должны иметь два независимых источника питания электроэнергией.

Напор, который развивается циркуляционными и подпиточными насосами, должен исключать возможность вскипания воды в котле и системе.

Классификация насосов

Насос – это машина, в которой происходит преобразование механической энергии приводного механизма в энергию перекачивающей жидкости, благодаря чему осуществляется ее движение.

Насосы классифицируются по многим признакам.

По *принципу действия* насосы подразделяются на *динамические*, *объемные* и *струйные*.

В *динамических насосах* прирост энергии происходит в результате взаимодействия потока жидкости с вращающимся рабочим органом. Насосы подразделяются на две группы: *лопастные и вихревые*.

Лопастные насосы, в свою очередь, подразделяются на *центробежные* – радиальные (рис. 58, а), диагональные (рис. 58, *б*) и осевые (рис. 58, *в*).

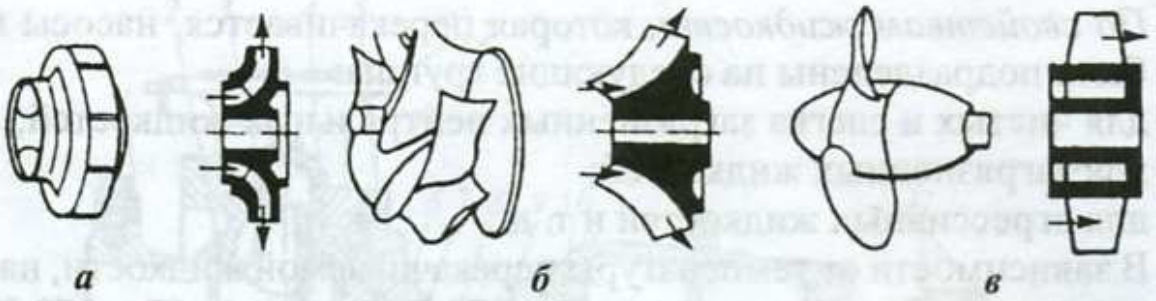


Рис. 58. Схемы центробежных лопастных насосов:
а – радиальный; *б* – диагональный; *в* – осевой

В насосах *объемного типа* определенный объем жидкости перекачивается, отсекается и перемещается от входного патрубка к напорному. При этом жидкости придается дополнительная энергия главным образом в виде давления.

Объемные насосы подразделяются на следующие группы: *поршневые*, *роторные* (шестеренчатые, винтовые, пластинчатые) (рис. 59, *а, б, в*).

В *струйных насосах* прирост энергии достигается за счет движения потока рабочей среды (рис. 60). Эти насосы – следующих видов: *эжекторы, инжекторы и тараны.*

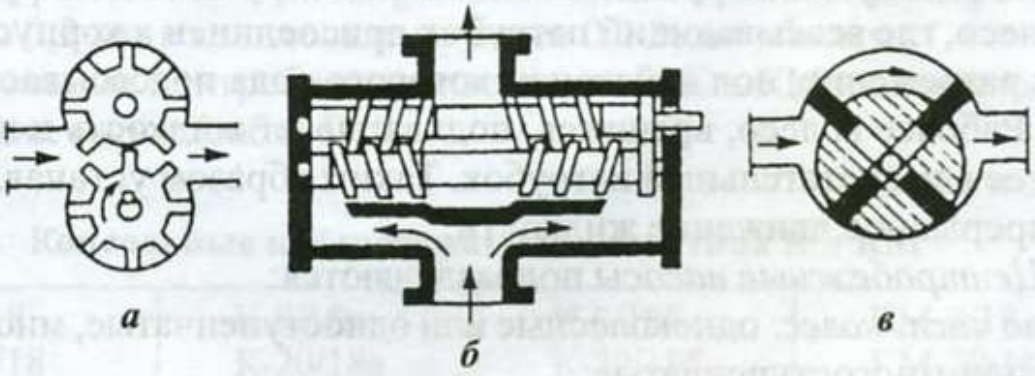


Рис. 59. Конструктивные схемы роторных насосов:
а – шестеренчатые; *б* – винтовые; *в* – пластинчатые

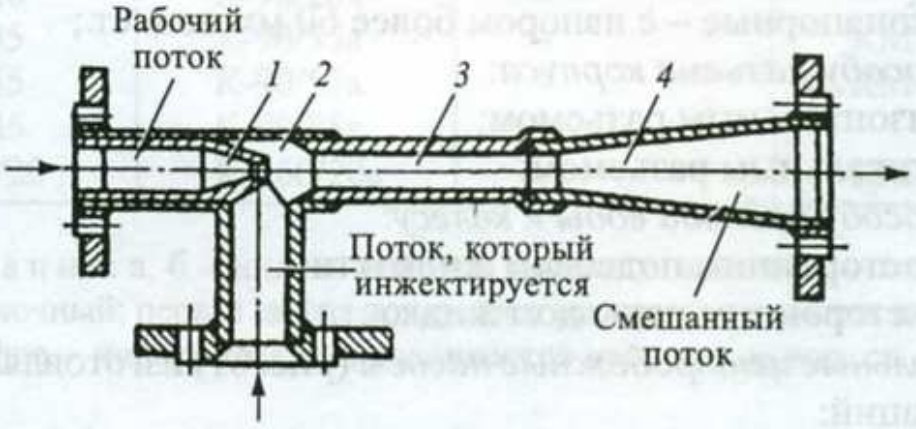


Рис. 60. Водоструйный насос:
1 – сопло насоса; *2* – приемная камера; *3* – камера смешивания; *4* – диффузор

По свойствам жидкости, которая перекачивается, насосы могут быть подразделены на следующие группы:

для чистых и слегка загрязненных нейтральных жидкостей;

для загрязненных жидкостей;

для агрессивных жидкостей и т. д.

В зависимости от температуры перекачиваемой жидкости, насосы подразделяются на *холодные* ($T \geq 373$ К) и *горячие* ($T > 373$ К).

По *назначению* насосы подразделяются на две группы:

насосы тепловой схемы – питательные, конденсатные, циркуляционные;

вспомогательные насосы – насосы химводоочистки, топливоподающие, подпиточные.

Центробежные насосы

В настоящее время наибольшее распространение получили *центробежные насосы* благодаря простоте и надежности в эксплуатации.

При вращении рабочего колеса жидкость, налитая в насос перед его пуском, закручивается лопатками, под действием центробежной силы движется от центра к периферии вдоль лопаток и подается через спиральную камеру в нагнетательный патрубок. Поэтому на входе в колесо, где всасывающий патрубок присоединен к корпусу, создается разрежение, под действием которого вода подсасывается в насос. Рабочее колесо, вращаясь, подхватывает жидкость и выбрасывает ее в нагнетательный патрубок. Таким образом устанавливается беспрерывное движение жидкости.

Центробежные насосы подразделяются:

по числу колес: одноколесные или одноступенчатые, многоколесные или многоступенчатые;

по создаваемому напору:

низконапорные – с напором до 20 мм вод. ст.;

средненапорные – с напором 20–60 мм вод. ст.;

высоконапорные – с напором более 60 мм вод. ст.;

по способу разъема корпуса:

с горизонтальным разъемом;

с вертикальным разъемом;

по способу подвода воды к колесу:

с односторонним подводом жидкости;

с двухсторонним подводом жидкости.

Консольные центробежные насосы (рис. 61) изготовляются двух модификаций:

К – с горизонтальным валом на отдельной стойке;

КМ – с горизонтальным валом, моноблочные, с электродвигателем. Насосы типа К и КМ предназначены для перекачивания воды, а

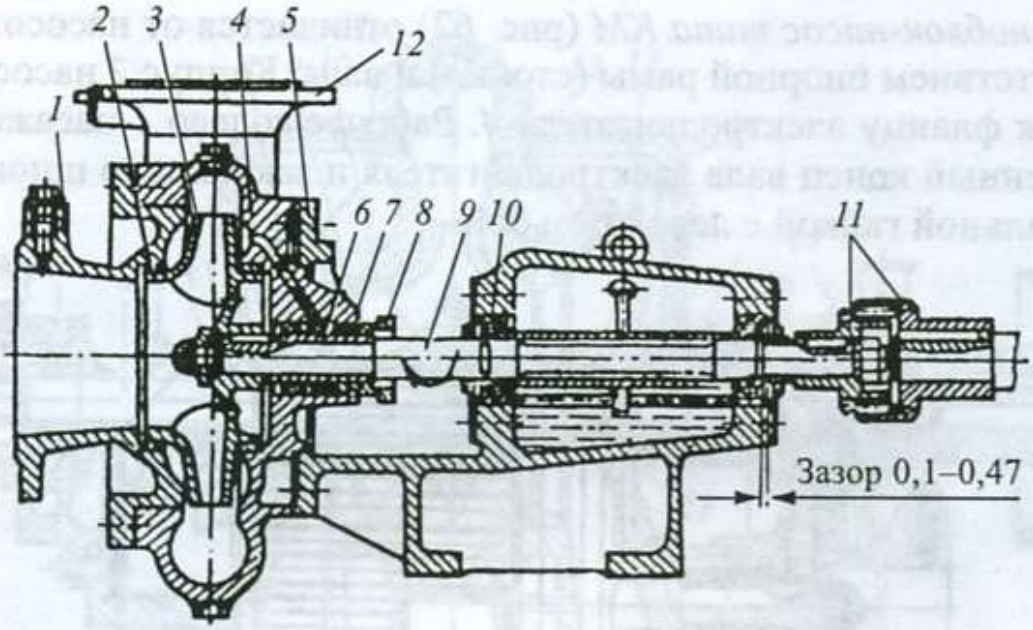


Рис. 61. Продольный разрез консольного насоса К90/55:
1 – всасывающий патрубок; *2* – уплотнительное кольцо; *3* – рабочее колесо; *4* – спиральный корпус; *5* – кронштейн опорный; *6* – втулка; *7* – сальник; *8* – крышка сальника; *9* – вал насоса; *10* – подшипник; *11* – полумуфты; *12* – напорный патрубок

также других жидкостей, схожих с водой по плотности и вязкости, с температурой до 85 °С и содержанием механических примесей размером до 0,2 мм в количестве не более 0,1 % по объему.

Консольные центробежные насосы типа К и КМ изготовляются следующих марок (табл. 6).

Таблица 6

Консольные центробежные насосы типа К и КМ

К-8/18	К-8/18а	К-8/18б	КМ-8/18
К-20/18	К-20/18а	К-20/18б	КМ-20/18
К-20/30	К-20/30а	К-20/30б	КМ-20/30
К-45/30	К-45/30а	–	КМ-45/30
К-45/55	К-45/55а	–	КМ-45/55
К-90/20	К-90/20а	–	–
К-90/35	К-90/35а	–	КМ-90/35
К-90/55	К-90/55а	–	КМ-90/55
К-90/85	К-90/85а	–	–
К-160/20	К-160/20а	–	КМ-160/20

Примечания: а, б – индекс обточки рабочего колеса; К – консольный; М – моноблочный; первая цифра показывает производительность насоса, м³/ч: вторая цифра – напор, который развивается насосом, м вод. ст.

Центробежные насосы типа К (см. рис. 61) состоят из корпуса *4* с напорным патрубком *12*; крышки корпуса с всасывающим патрубком *1*; рабочего колеса *3*; вала *9* с подшипником *10*; опорной рамы (стойки).

Моноблок-насос типа КМ (рис. 62) отличается от насосов типа К отсутствием опорной рамы (стойки) и вала. Корпус *2* насоса крепится к фланцу электродвигателя *4*. Рабочее колесо *1* насажено на удлиненный конец вала электродвигателя и закреплено шпонкой и специальной гайкой с левой резьбой.

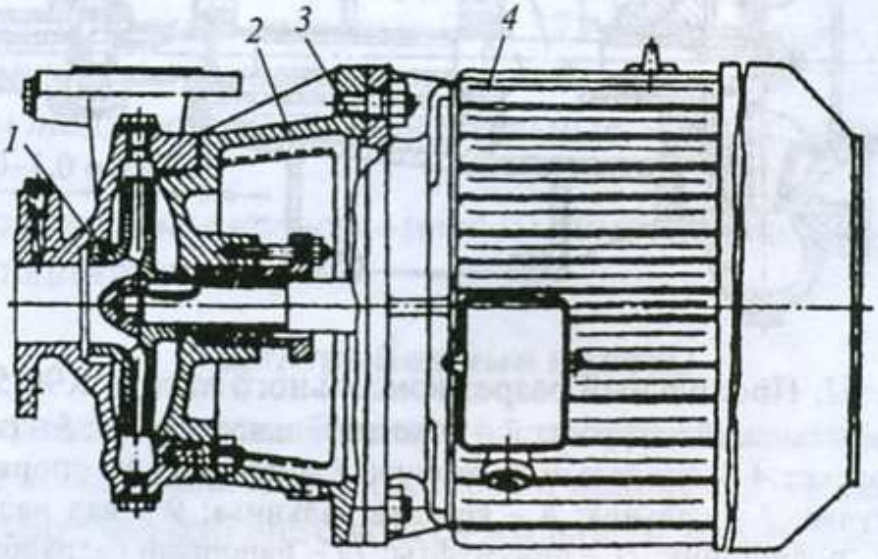


Рис. 62. Моноблок-насос:
1 – рабочее колесо насоса; *2* – корпус насоса; *3* – болты, которые соединяют фланец насоса с фланцем электродвигателя; *4* – корпус электродвигателя;

Центробежные насосы с двухсторонним подводом воды к рабочему колесу. К этому типу насосов относятся горизонтальные центробежные одноступенчатые насосы типа Д (рис. 63). Насосы используются в качестве циркуляционных насосов в квартальных и районных котельных. Насосы выпускаются разной производительности: Д-200-50; Д-320-50; Д-320-70 и т. д.; в обозначении – Д – двухсторонний подвод воды; 200 (320) – производительность насоса, м^3/ч; 50 (70) – напор, создаваемый насосом, м вод. ст.

Насосы состоят из корпуса *1*, крышки корпуса *8, 13*, чугунного рабочего колеса *12* и стального вала *3*. Рабочее колесо находится посередине вала и закреплено шпонкой и защитными втулками с резьбой. В нижней части корпуса размещены повернутые на 180° один к другому, а к оси насоса – на 90° всасывающий и нагнетательный патрубки. Конструкция насоса обеспечивает возможность горизонтального демонтажа со снятием крышки.

Центробежные секционные насосы. В качестве питательных насосов для котлов ДКВР и ДЕ используют центробежные многоступенчатые секционные насосы: ЦНСГ-38-220– ЦНСГ-44-220 (2–10 ст.), ЦНСГ -60-330– ЦНСГ-66-330 (2–10 ст.);

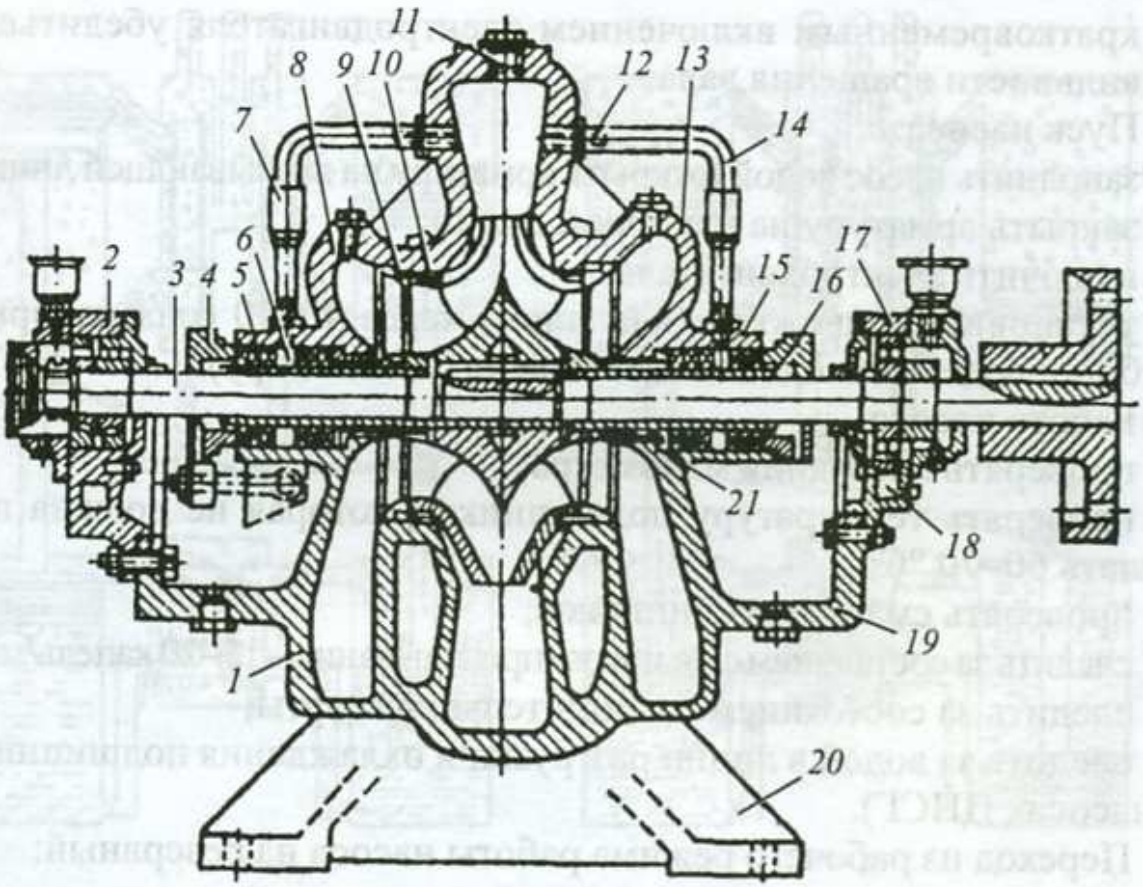


Рис. 63. Продольный разрез насоса типа Д:
1 – корпус; *2, 17* – корпуса подшипников; *3* – стальной вал; *4* – разъемная крышка сальника; *5* – сальниковая набивка; *6* – кольцо гидравлического уплотнения; *7, 14* – трубки для подвода воды; *8, 13* – крышка корпуса; *9, 10* – защитно-уплотнительное кольцо; *11* – отверстие присоединения вакуум-насоса; *12* – рабочее колесо; *15* – отверстие для подвода воды; *16* – защитная втулка; *18* – камера охлаждения подшипника; *19* – кронштейн; *20* – опорные лапы; *21* – грундбукса

Ц – центробежный; Н – насос; С – секционный; Г – горячей воды; 38 (60) – производительность насоса, $м^3/ч$; 44 (330) – напор, создаваемый насосом, м вод. ст.

На центробежных насосах устанавливается арматура и КИП:

всасывающая линия – задвижка (клапан), термометр, мановакуумметр,

нагнетательная линия – обратный клапан, задвижка (клапан), манометр.

Эксплуатация центробежных насосов. Подготовка к пуску: проверить и убедиться в надежности крепления насоса к фундаменту, наличии и закреплении кожуха муфты, отсутствии посторонних предметов, наличии заземления электродвигателя;

проверить наличие и уровень масла в масляной ванне (смазки в подшипниках);

проверить состояние сальников;

проверить от руки легкость вращения ротора насоса (насос ЦНСГ – положение риски);

кратковременным включением электродвигателя убедиться в правильности вращения вала.

Пуск насоса:

заполнить насос водой (открыть арматуру на всасывающей линии);

закрыть арматуру на напорной линии;

включить электродвигатель;

установить задвижкой (клапаном) через 40–50 с на напорном трубопроводе необходимое давление (по манометру).

Работа насоса:

проверять показания манометра;

проверять температуру подшипников, которая не должна превышать 60–70 °С;

проверять смазку подшипников;

следить за состоянием сальников (прокапывание – 15–20 капель/мин);

следить за состоянием соединительной муфты;

следить за водой в линии разгрузки и охлаждения подшипников (в насосах ЦНСГ).

Переход из рабочего режима работы насоса на резервный:

заполнить резервный насос водой;

включить электродвигатель резервного насоса;

открывать одновременно на резервном насосе, а на рабочем – закрывать арматуру на напорном трубопроводе;

выключить электродвигатель рабочего насоса после закрытия арматуры на напорном трубопроводе;

сделать запись в сменном журнале о переходе из рабочего режима работы насоса на резервный с указанием времени.

Паровые поршневые насосы

Паровые поршневые насосы применяются в котельных в качестве резервных устройств для питания паровых котлов водой.

Вертикальный прямодействующий поршневой насос (рис. 64) состоит из двух блоков, причем, если в одном блоке происходит всасывание, то в другом – нагнетание. Каждый блок состоит из *поршневой паровой машины* и *поршневого водяного насоса*.

Паровая часть насоса состоит из парового цилиндра с поршнем и пароразделяющей коробки с цилиндрическим золотником, в которой есть два крайних канала для впуска пара и два средних – для выпуска отработанного пара.

Водяная часть насоса состоит из водяного цилиндра с поршнем и коробки с всасывающими и нагнетательными клапанами. Поршень водяного цилиндра приводится в движение от поршня паровой машины, которая находится на одном с ним штоке.

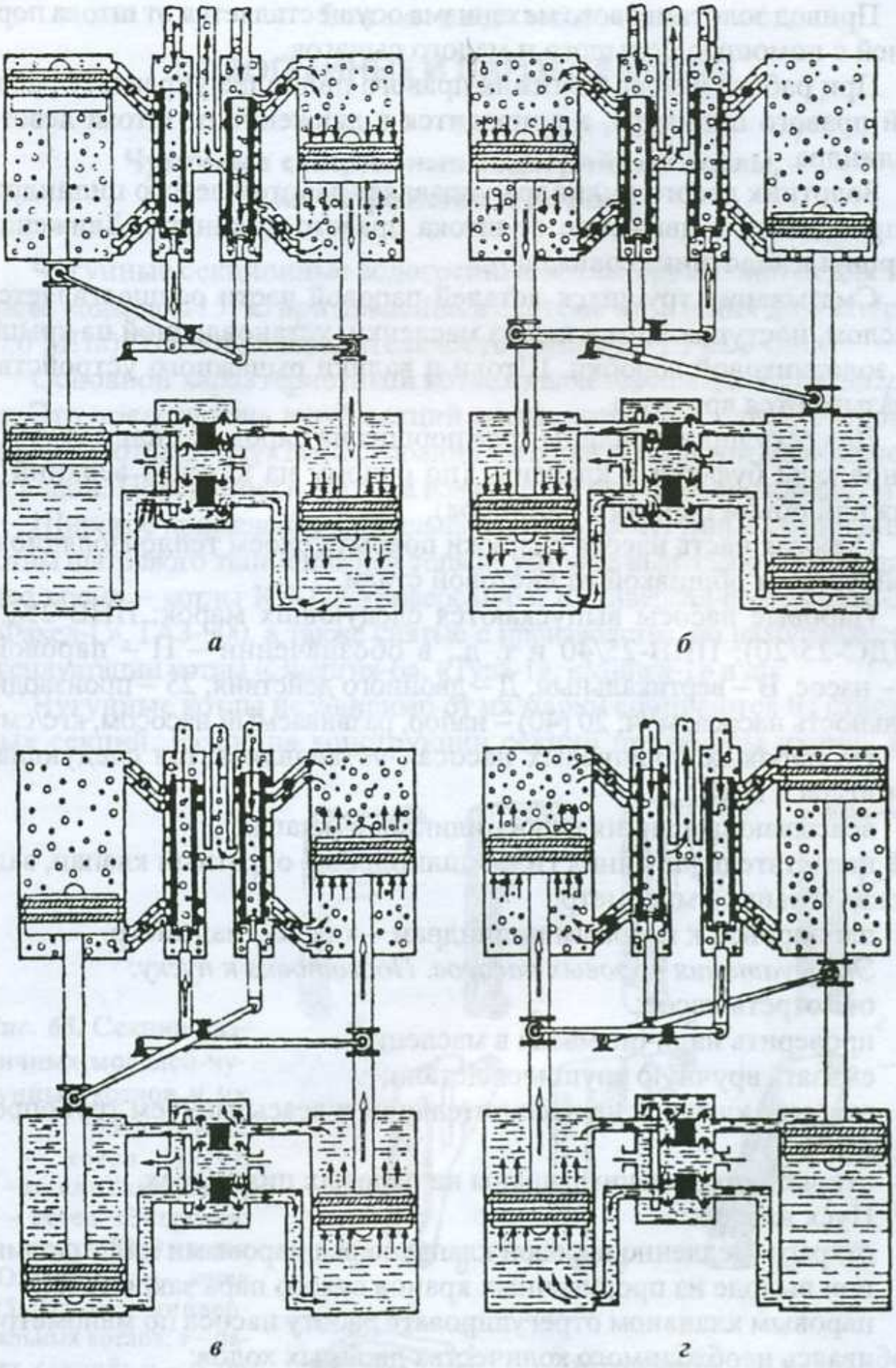


Рис. 64. Схема работы парового насоса:
а – подача пара в верхний объем правого парового цилиндра; *б* – подача пара в верхний объем левого парового цилиндра; *в* – подача пара в нижний объем правого парового цилиндра; *г* – подача пара в нижний объем левого парового цилиндра

Привод золотникового механизма осуществляется от штока поршней с помощью большого и малого рычагов.

При работе насоса золотник правого цилиндра управляет работой правого цилиндра, а приводится в движение от штока левого цилиндра.

Золотник левого цилиндра управляет работой левого цилиндра, а приводится в движение от штока правого цилиндра. Движения поршня и золотника совпадают.

Смазывание трущихся деталей паровой части осуществляется маслом, поступающим в пар из масленки, установленной на крышке золотниковой коробки. Штоки и валики рычажного устройства смазываются вручную.

Для регулировки длины хода поршня на паровых цилиндрах установлены буферные клапаны, (по одному на каждый верхний и нижний объем парового цилиндра).

Паровая часть насоса снаружи покрыта слоем теплоизоляционной массы и обшивкой из листовой стали.

Паровые насосы выпускаются следующих марок: ПНВ-25/20 (НДС-25/20); ПНВ-25/40 и т. д., в обозначении – П – паровой, Н – насос, В – вертикальный, Д – двойного действия; 25 – производительность насоса, $м^3/ч$; 20 (40) – напор, развиваемый насосом, $кгс/см^2$.

На паровых поршневых насосах устанавливается следующая арматура и КИП:

всасывающая линия гидроцилиндров (клапан);

нагнетательная линия гидроцилиндров – обратный клапан, задвижка (клапан), манометр;

паропровод к паровым цилиндрам – клапан, манометр.

Эксплуатация паровых насосов. Подготовка к пуску:

осмотреть насос;

проверить наличие масла в масленках;

смазать вручную трущиеся детали;

открыть клапаны на нагнетательном и всасывающем трубопроводах;

открыть продувочные краны на паровых цилиндрах.

Пуск насоса:

открыть медленно паровой клапан перед паровыми цилиндрами;

при выходе из продувочных кранов сухого пара закрыть их;

паровым клапаном отрегулировать работу насоса по манометру, добиваясь необходимого количества двойных ходов;

при появлении ударов увеличить смазку.

Остановка насоса:

закрыть паровой клапан;

закрыть клапан на нагнетательном и всасывающем патрубках;

открыть продувочные краны на паровых цилиндрах.

ВОДОГРЕЙНЫЕ И ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

Чугунные секционные водогрейные котлы, их устройство и работа

Чугунные секционные водогрейные котлы применяются для нагрева воды до 115 °С при давлении в системе отопления до 6 кгс/см^2 (0,6 МПа). Теплопроизводительность котлов до 1 Гкал/ч.

Основной характеристикой котлов является *поверхность нагрева*. Это *поверхность труб* секций котла, которые с одной стороны обогреваются продуктами сгорания топлива, а с другой охлаждаются водой. Поверхность нагрева измеряется по газовой стороне, м^2.

Широкое применение в котельных получили чугунные секционные котлы шатрового типа с нижней топкой, которые выпускаются в настоящее время – котлы КЧ-1, «Универсал-6», «Универсал-6М», «Тула-3», «Факел-Г», ГАЗ-900, а также снятые с производства, но находящиеся в эксплуатации котлы «Энергия-6», «Тула-1», «Минск-1» и др.

Чугунные котлы независимо от их марки собираются из отдельных секций. Различия конструкции секций приведены на рис. 65.

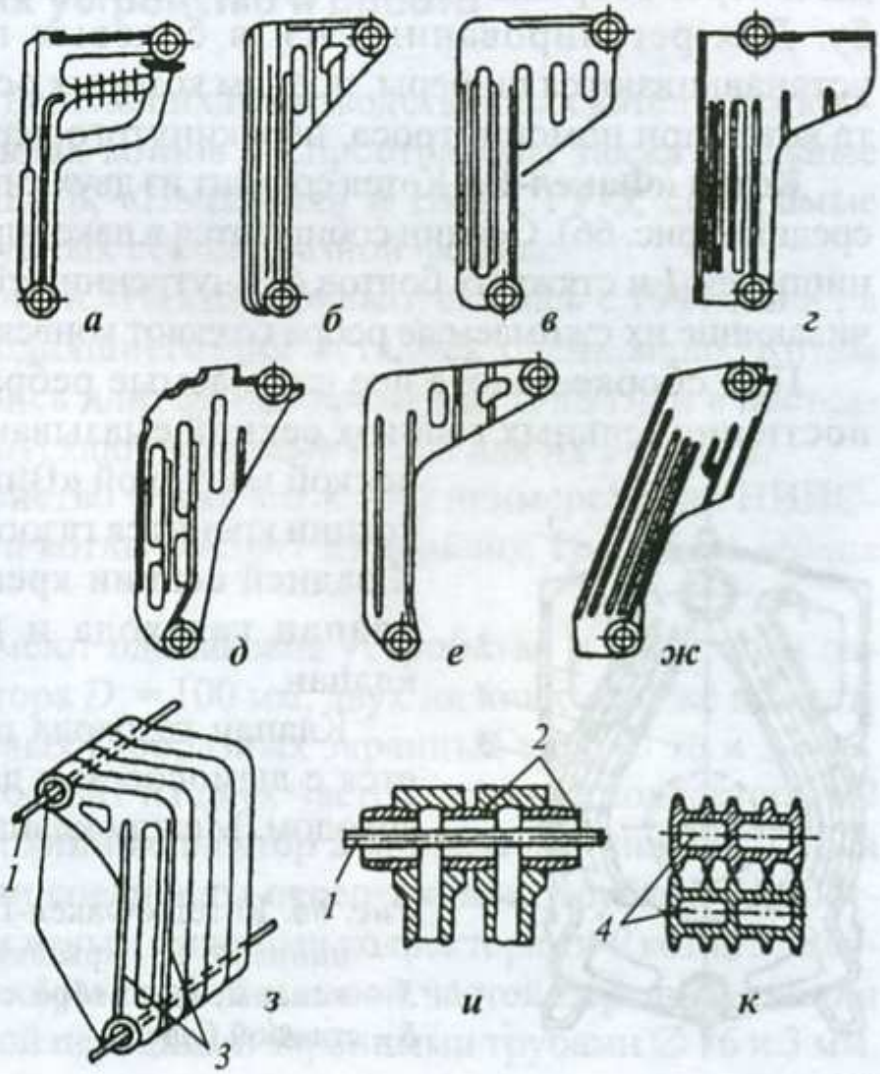


Рис. 65. Секции различных моделей чугунных котлов и их соединение: *а* – котел НР(ч); *б* – котел «Универсал»; *в* – котел «Энергия»; *г* – котел МГ2; *д* – котел «Отопитель»; *е* – котел Э5-Д2; *ж* – универсальных котлов; *з* – пакет секций; *и* – ниппельные соединения; *к* – каналы для движения воды; *1* – стяжные болты; *2* – ниппели; *3* – ребра; *4* – каналы для воды

Секции соединяются между собой с помощью конических ниппелей *2* и стяжных болтов *1*, которые проходят через отверстия в ниппелях. Для создания герметичности ниппеля в отверстия секций вставляется на графитной или суриковой пасте с подмоткой асбестовый шнур, пропитанный той же пастой. Зазор между секциями допускается не более 2 мм. Собранные таким образом два пакета устанавливаются на огнеупорную каменную кладку, которая представляет собой топку и боковые газоходы.

Пакеты соединяются между собой коллекторами: через задний нижний коллектор обратная вода подается в котел на подогрев, а через передний верхний коллектор горячая вода поступает в систему отопления или горячего водоснабжения. На верхние ниппельные отверстия задних секций и нижние отверстия передних ставятся заглушки. К передним нижним заглушкам подсоединяются спускные или продувочные линии с клапанами.

Стенки котла покрываются теплоизоляционной мастикой (70 % белой глины и 30 % асбестовой крошки) и обмуровываются огнеупорным, а затем красным кирпичом.

В топке котла устанавливаются газовые горелки. Продукты сгорания газа поднимаются вверх, обогревая секции, которые заполнены водой, и, затем повернув на 180°, опускаются в боковые газоходы и через сборный газоход (лежак) направляются в дымовую трубу. Для регулирования тяги в боковых газоходах за котлом устанавливаются шиберы, подъем которых осуществляется с фронта котла при помощи троса, перекинутого через блоки.

Котел «Факел-Г». Котел состоит из двух типов секций – крайних и средних (рис. 66). Секции собираются в пакет при помощи конических ниппелей *1* и стяжных болтов *8*. Внутренние стенки секций и ограничивающие их сжимаемые ребра создают конвективные газоходы.

При сборке пакета все сжимаемые ребра и торцевые поверхности ниппельных головок секций смазываются кремнийорганической мастикой «Виксисант». К передней секции крепится газогорелочный блок Л1-Н. К задней секции крепится регулирующий клапан газохода и предохранительный клапан.

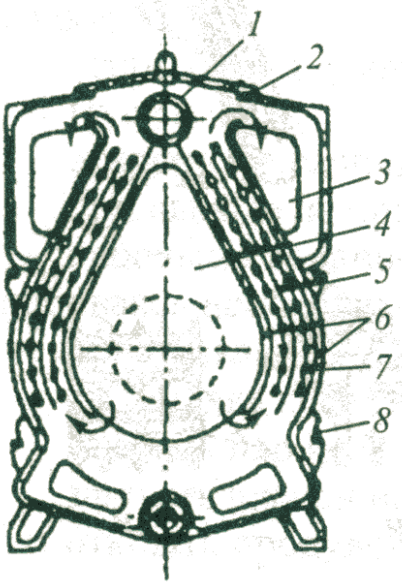


Рис. 66. Котел «Факел-Г»:
1 – ниппель; *2* – крышка; *3* – газоход; *4* – топка; *5* – каналы; *6* – ребра секций; *7* – завихрители, *8* – стяжной болт

Клапан газохода при монтаже соединяется с дымососом и дальше со сборным газоходом. Между клапаном газохода и дымо-

сосом должен быть установлен ручной шибер, который отключает котел от дымового тракта.

Пакет котловых секций закрыт декоративным кожухом, выполненным в виде отдельных съемных панелей.

Продукты сгорания топлива, отдав часть тепла топочной камере через проемы в нижней части топки, двумя потоками направляются в конвективные газоходы секций *3*. В верхней части секций продукты сгорания поворачивают, омывают низкотемпературные газоходы пакета секций и через клапан газохода удаляются в дымоход, соединенный с общекотельным газоходом, и отводятся в дымовую трубу.

Вода в котел подводится через нижний патрубок и поступает в заднюю секцию. В результате того, что нижний коллектор в каждом ниппеле имеет шайбу, которая приварена к стяжному болту, вода по задней секции поднимается вверх.

При помощи специальных литых вставок, установленных в верхних головках секций, обеспечивается винтообразное движение воды по средним секциям. Вода, пройдя последовательно по всем секциям, нагревается и через патрубок на фронте котла отводится в систему теплоснабжения.

Стальные секционные водогрейные котлы, их устройство и работа

В отопительных и небольших производственных котельных кроме секционных чугунных котлов распространены также стальные секционные котлы НР-18, «Надточия» и НИИСТУ-5, собирамые методом сварки из трубных секций разной формы.

Котлы Н. Ревокатова и «Надточия» выпускались с 1947 г. и их в эксплуатации до сегодняшнего дня осталось очень мало. Котлы НИИСТУ-5 выпускались длительное время (до 1988 г.), и в настоящее время заводы выпускают запасные части для их ремонта.

Рассмотрим устройство таких котлов на примере котла НИИСТУ-5 (рис. 67, 68). Эти котлы состоят из *крайних, средних* и *задних* секций.

Средние секции имеют одинаковое устройство и состоят из одного верхнего коллектора $D_у = 100$ мм, двух нижних того же диаметра и трех правых и левых Г-образных экранных труб ∅ 76 × 3 мм.

Передняя секция состоит из двух частей, верхние коллекторы *12* которых вварены в верхний коллектор *2* котла, а два нижних *11* для улучшения циркуляции соединены перепускными трубами *13* соответственно с правым и левым нижними коллекторами *9* котла *5*. Верхние и нижние коллекторы правой и левой частей передней секции соединены между собой передними экранными трубами ∅ 76 × 3 мм.

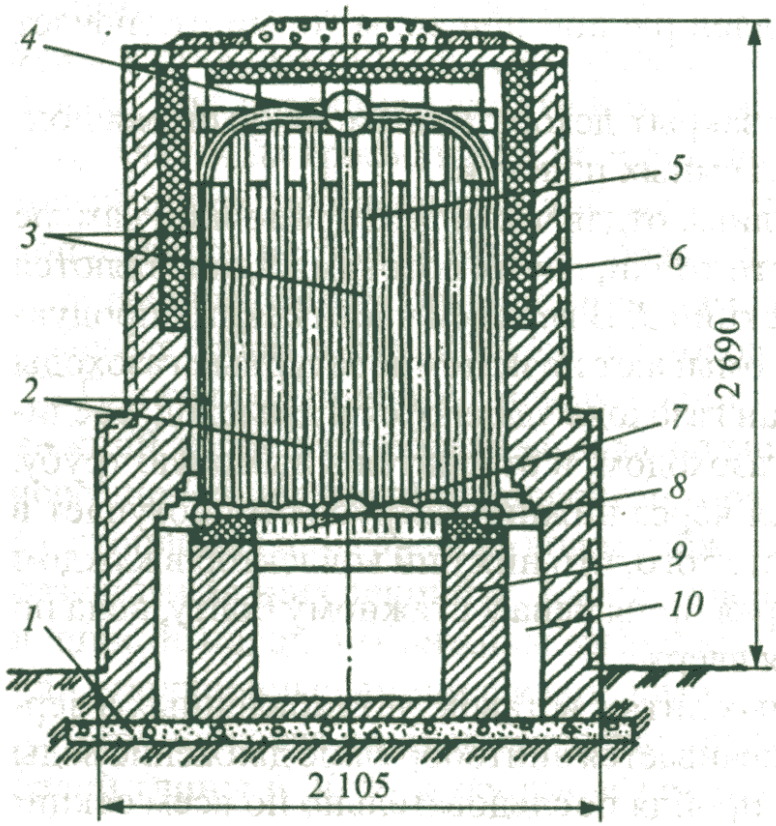


Рис. 67. Водогрейный котел НИИСТУ-5:
1 – фундамент; *2* – трубы; *3* – газонаправляющие перегородки; *4* – верхний коллектор; *5* – задняя секция; *6* –наружная обмуровка; *7* – колосниковая решетка; *8* – нижние коллекторы; *9* – внутренние стенки обмуровки; *10* – дымовые каналы

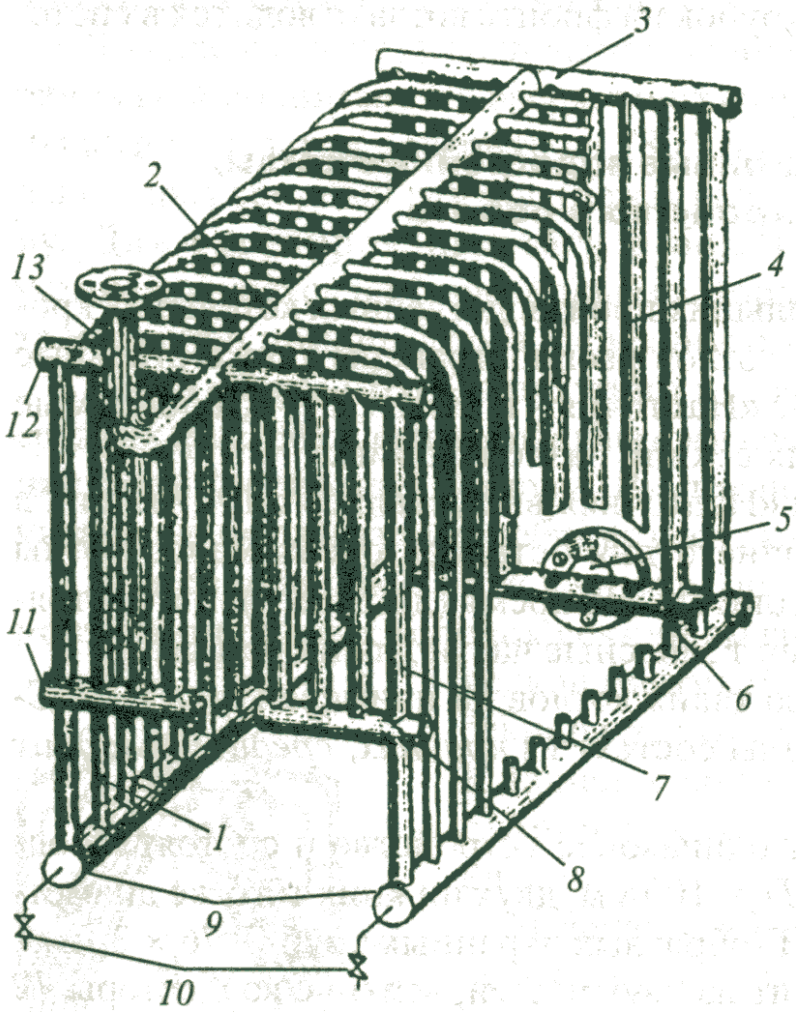


Рис. 68. Трубная часть котла НИИСТУ-5:
коллекторы: *1* – выхода воды к потребителю; *2* – верхний; *3* – верхний заднего топочного экрана; *5* – входа воды в котел; *6* – нижний заднего топочного экрана; *9* – нижних боковых топочных экранов; *11* – нижние переднего топочного экрана; *12* – верхний переднего топочного экрана; трубы топочных экранов: *4* – заднего; *7* – бокового; *8* – переднего; *10* – клапаны на продувочных линиях; *13* – перепускные трубы

Задняя секция состоит из верхнего *3* и нижнего *6* коллекторов, которые соединены между собой задними экранными трубами ∅ 76 × 3 мм. Верхний коллектор этой секции приварен к верхнему коллектору котла, а нижний – к правому и левому нижним коллекторам котла.

К вертикальным участкам труб боковых экранов приварены стальные полосы, образующие газонаправляющие перегородки. Такие же полосы приварены к экранным трубам задней секции.

Средних секций в этих котлах может быть от двух до пяти. Данные о поверхностях нагрева при работе на природном газе в указанных котлах приведены ниже:

Количество секций, шт	2	3	4	5
Поверхность нагрева, м^2	25,2	32,3	39,4	46,5
Теплопроизводительность, Гкал/ч	0,4	0,5	0,6	0,7

Металлическая часть котла, включающая также переднюю и заднюю секции, устанавливается на внутренние стенки фундамента из огнеупорного кирпича. Для лучшего использования поверхности нагрева обмуровка выполняется огнеупорной, а снаружи обкладывается красным кирпичом вокруг котла.

Топка котла (см. рис. 67) размещается под котлом и может быть использована для сжигания различных видов топлива. Дымовые газы из топки поднимаются вверх, омывают газонаправляющие перегородки *3* и по параллельным каналам между трубами опускаются в дымоходы *10* справа и слева. В конце котла на дымоходах установлены вертикальные шиберы для регулировки тяги, привод которых осуществляется через тросы впереди котла. Из дымоходов котла дымовые газы поступают в общекотельный дымоход (лежак) и по нему направляются в дымовую трубу.

Для создания прямотока в котлах НИИСТУ-5 в верхнем и нижних коллекторах приварены перегородки.

Вода в котел поступает через патрубок на нижнем (верхнем) коллекторе заднего экрана, проходит по котлу, нагревается и через передний патрубок на верхнем коллекторе направляется в тепловую сеть.

Водогрейные котлы ТВГ, их устройство и работа

Котлы ТВГ (теплофикационные водогрейные газовые) выпускаются двух типоразмеров: ТВГ-4Р и ТВГ-8М. Эти котлы разработаны Институтом газа АН УССР и серийно выпускались Монастырищенским машиностроительным заводом (Черкасская обл.) Котлы имеют одинаковое устройство и отличаются только размерами. Трубная часть котла ТВГ-8 приведена на рис. 69, продольный разрез котла – на рис. 70.

Котлы ТВГ – прямоточные, секционные, оборудуются отдельными дымососами и вентиляторами. Имеют две поверхности нагрева.

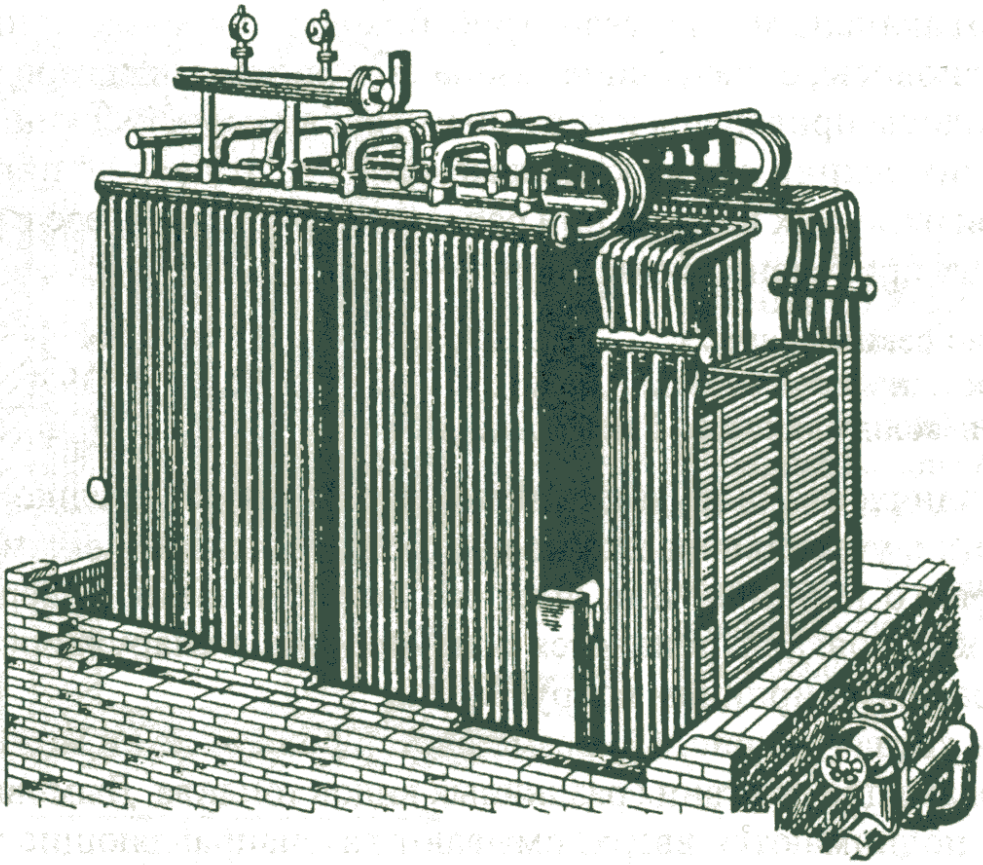


Рис. 69. Водогрейный котел ТВГ-8 (трубная часть)

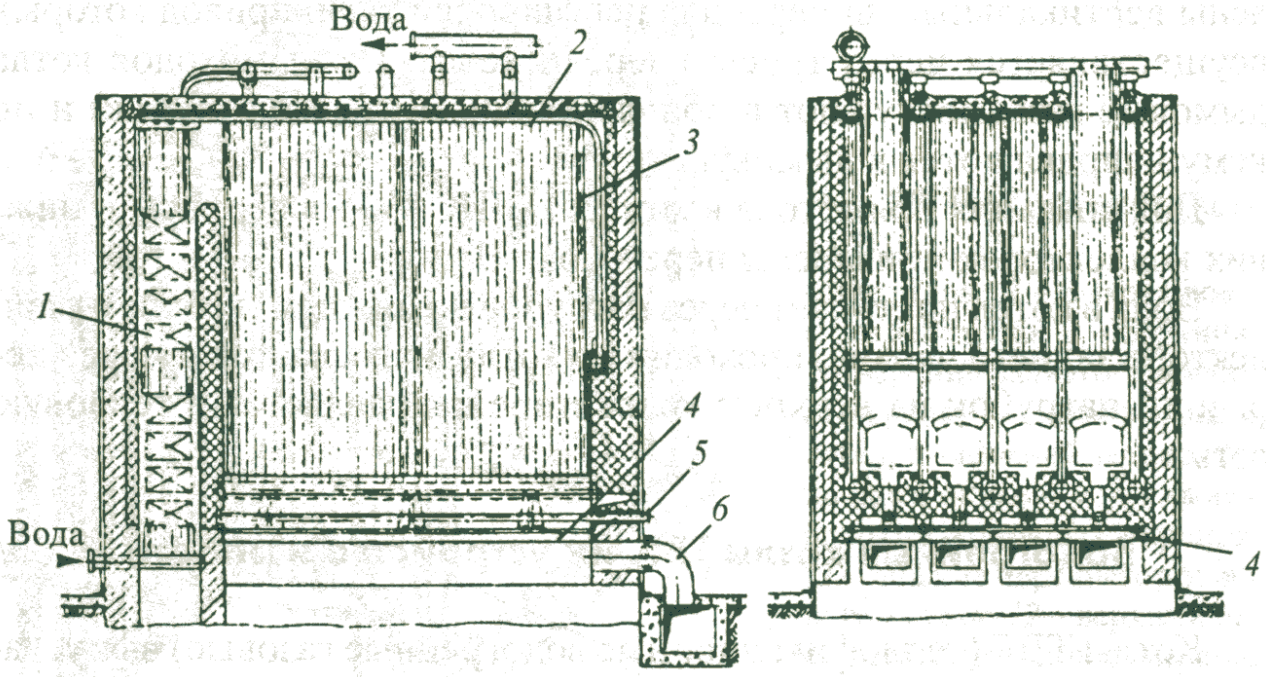


Рис. 70. Водогрейный котел ТВГ-8:
1 – конвективная поверхность нагрева; *2* – потолочный экран; *3* – вертикальный потолочный экран; *4* – опорная рама; *5* – подовые горелки; *6* – воздухопровод

Радиационная – выполнена из пяти топочных экранов, два из которых односветные, три – двухсветные. Экраны образуют четыре отсека, в которые установлены газовые диффузионные подовые горелки. Каждый топочний экран состоит из верхнего и нижнего коллекторов, в которые вварены по 40 вертикальных труб ∅ 51 × 2,5 мм.

Для создания двух ходов движения воды верхние коллекторы каждого топочного экрана имеют посередине перегородки.

Технические характеристики водогрейных котлов ТВГ в табл. 7.

Таблица 7

Технические характеристики водогрейных котлов ТВГ

Наименование	ТВГ-4Р	ТВГ-8М
Теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт)	4,3 (5)	8,3 (9,6)
Температура воды, °С:		
на входе	70	70
на выходе	150	150
Давление воды, кгс/см^2 (МПа):		
max	14 (1,4)	14 (1,4)
min	8 (0,8)	8 (0,8)
Водный объем, м^3	2,8	4
Расход газа, м^3/ч	557	1 100
Расход воды, т/ч	53	104
Площадь поверхности нагрева, м^2:		
радиационная	35,5	76
конвективная	54,8	109,6
КПД котла, %	90	90
Габаритные размеры, мм:		
длина	3 410	4 870
ширина,	3 840	3 840
высота	3 970	4 650

К радиационной поверхности нагрева относится также потолочный экран *2*, который переходит в фронтовой и состоит из 32 (8 × 4) труб ∅ 51 × 2,5 мм, имеет передний (нижний) и задний (верхний) коллекторы.

Конвективная поверхность нагрева *1* состоит из двух секций с верхними и нижними коллекторами, соединенными между собой 8-ю стояками ∅ 51 × 2,5 мм, в каждый из них вварены по четыре тройных змеевика ∅ 28 × 3 мм. Для направления движения воды по змеевикам в стояках есть перегородки.

Циркуляция воды в котлах ТВГ. Обратная вода из тепловой сети циркуляционным насосом подается в нижние коллекторы (левый и правый) конвективной поверхности нагрева. Из этих коллекторов вода двумя потоками движется по стоякам и змеевикам и поступает в верхние коллекторы. Повернув из коллекторов на 90°, вода проходит по 16 средним (8 справа, 8 слева) трубам потолочного, переходящего во фронтовой, экрана и поступает в передний коллектор с перегородкой посередине. Здесь вода разделяется вправо и влево и

проходит по 16 (8 справа, 8 слева) крайним трубам потолочного экрана, попадая в его задний (верхний) коллектор. В этом коллекторе вода смешивается и одним потоком через две перепускные трубы попадает в заднюю часть верхнего коллектора левого бокового экрана. Дальше вода проходит по 20 экранным трубам и поступает в нижний коллектор, перемещается по нему вперед и, двигаясь вверх, поступает в переднюю часть верхнего коллектора. Затем через две перепускные трубы (калачи) переходит в следующий топочный экран и таким образом последовательно проходит все поверхности нагрева и подается в тепловую сеть.

На выходном коллекторе котла установлены: манометр, термометр и предохранительные клапаны.

Все перепускные трубы (калачи) в своих верхних точках имеют воздушники, которые служат для удаления воздуха при заполнении котла водой и выпуска пара при аварийном останове котла после отключения электроэнергии.

Все нижние коллекторы котла имеют продувочные трубопроводы с клапанами. Для осмотра и ремонта экранов и топки на фронтовой стене котла между потолочными экранами предусмотрены лазы. Для этого могут быть использованы два взрывных клапана, которые размещены на задней стене конвективного газохода.

Котлы ТВГ выпускались на заводе в виде экранов, а сборка котла проводилась в котельной.

Водогрейные котлы КВ-Г, их устройство и работа

Котлы КВ-Г (котел водогрейный газовый) (рис. 71) выпускаются теплопроизводительностью 4 и 6,5 Гкал/ч (4,65 и 7,56 МВт) вместо котлов ТВГ. Это прямоточные секционные котлы, работающие на газовом топливе, и представляют собой трубную систему, скомпонованную в одном транспортабельном блоке. Трубная система состоит из радиационной и конвективной поверхностей нагрева.

К радиационной поверхности относятся четыре топочных экрана и потолочный. Трубы крайних односветных топочных экранов и потолочного по всей высоте (длине) соединены между собой металлическими пластинами. Каждый топочный экран представляет собой отдельную секцию, состоящую из прямых труб, вваренных в верхний и нижний коллекторы. Для заданного направления движения воды по топочным экранам верхние коллекторы имеют смещенную от центра глухую перегородку (15 и 23 трубы). Топочные экраны соединяются между собой перепускными трубами.

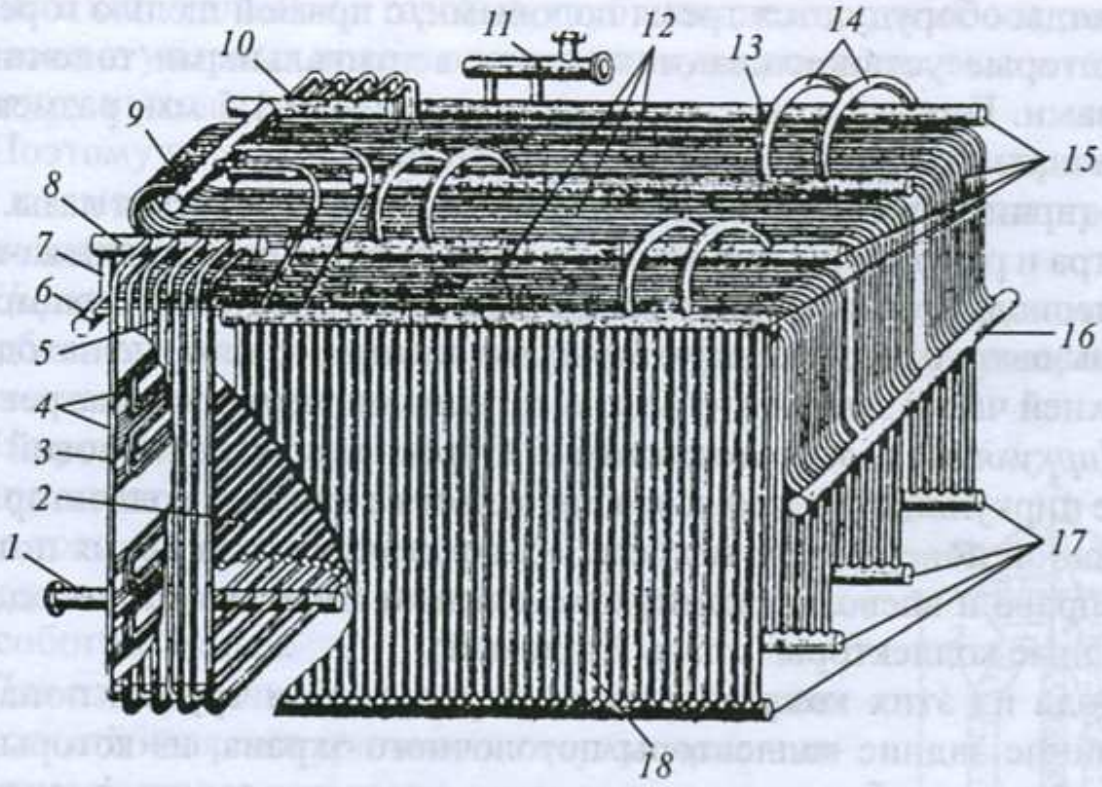


Рис. 71. Трубная часть котла водогрейного КВГ-6,5-150: коллекторы: *1* – входа обратной воды; *6* и *9* – задние; *8* и *10* – верхние боковые конвективной части; *11* – выход горячей воды; *15* – верхние потолочные экраны; *16* – передний; *17* – нижние топочные экраны; перегородки: *2* – из труб; *3* – в трубах конвективной части; *13* – в верхних коллекторах топочных экранов; *4* – пакеты змеевиков; экраны: *5* – конвективные; *12* – потолочный, переходящий во фронтовой; *18* – боковой; *7* и *14* – перепускные трубы

Конвективная поверхность нагрева состоит из двух секций – правой и левой, в каждой по семь труб ∅ 51×2,5 мм, вваренных одними концами в верхние, а другими – в нижний коллекторы, т. е. представляют собой нижние и боковые части поверхности нагрева. В боковые трубы вварены четыре пакета трехтрубных змеевиков ∅ 28×3 мм. Для направления движения воды в змеевиках в боковых трубах установлены глухие перегородки.

Радиационную поверхность от конвективной отделяет перегородка из горизонтально размещенных труб ∅ 28×3 мм, соединенных между собой металлическими пластинами. Эта перегородка в верхней части находится на уровне верхних змеевиков. Таким образом, через оставленное сверху пространство продукты сгорания топлива из радиационной поверхности нагрева переходят в конвективную, обогревая змеевики, а затем через газоходы и дымовую трубу удаляются в атмосферу.

Для очистки от накипи и шлама все коллекторы вертикальных и потолочных экранов имеют съемные лючки на торцах, а верхние коллекторы топочных экранов – съемные лючки и сверху (по одному).

Котлы оборудуются тремя подовыми, с прямой щелью горелками, которые устанавливаются между вертикальными топочными экранами. Горелка имеет два ряда отверстий ∅ 1,5 мм, размещенных в шахматном порядке.

В гарнитуру котла входят взрывные клапаны, лючки и лазы. Для осмотра и ремонта внутри топки на фронте котла есть три люка-лаза. Для периодического осмотра состояния поверхности нагрева можно использовать отверстия двух взрывных клапанов, которые находятся в верхней части задней стены конвективной поверхности нагрева.

Циркуляция воды в котлах КВ-Г. Обратная вода из тепловой сети после циркуляционного насоса поступает во входной коллектор конвективной поверхности нагрева. Из коллектора вода двумя потоками, вправо и влево, проходит по стоякам и змеевикам и попадает в выходные коллекторы (правый и левый).

Вода из этих коллекторов по перепускным трубам попадает в крайние задние коллекторы потолочного экрана, из которых по 11 крайним трубам проходит по потолку, переходя во фронтовой экран и по нему в передний коллектор. В коллекторе потоки смешиваются и по 11 средним трубам вода попадает в задний (средний) коллектор потолочного экрана. Из этого коллектора вода двумя перепускными трубами подается в заднюю часть верхнего коллектора левого топочного экрана. Затем по 16 трубам вода опускается вниз и попадает в нижний коллектор. По нему вода проходит вперед и по 24 трубам поднимается в переднюю часть верхнего коллектора.

Вода, двигаясь последовательно по всем экранам, нагревается и из задней части верхнего коллектора правого экрана поступает в выходной коллектор котла. На коллекторе установлены манометр, термометр, предохранительный и обратный клапаны, и из коллектора вода поступает в тепловую сеть.

Общие сведения о паровых котлах

Паровые стационарные котлы в соответствии с ДСТ 3619 регламентируются по паропроизводительности – от 0,16 до 2 500 т/ч и давлению от 9 до 255 кгс/см^2.

Простейшим паровым котлом может быть чугунный или стальной секционный водогрейный котел с установленным над ним паросборником с соответствующей арматурой. Такие котлы вырабатывают насыщенный пар с давлением до 0,7 кгс/см^2.

Вертикально-цилиндрические котлы ММЗ, ВГД и ТМЗ отличались простотой конструкции, компактностью, транспортабельностью, отсутствием тяжелой огнеупорной обмуровки. К их недостаткам можно отнести сложность очистки от накипи и сажи, сложность

ремонта кипятильных и газовых труб, ненадежность их соединения с помощью упорных колец, плохую циркуляцию воды, высокую температуру выходящих дымовых газов и др.

Поэтому паровые котлы старых конструкций сняты с производства и заменены новыми усовершенствованными автоматизированными котлами.

Циркуляция – это беспрерывное движение воды в паровом котле для обеспечения его нормальной работы (рис. 72). Циркуляция – *естественная* и *искусственная*.

Искусственная происходит с помощью циркуляционного насоса, а *естественная* – вследствие того, что пароводяная смесь, которая образуется на обогревочных участках, легче, чем вода на необогреваемых.

Для *естественной циркуляции* основной характеристикой является *кратность циркуляции* – отношение расходов жидкости, которая проходит по циркуляционному контуру, к паропроизводительности этого контура. Для котлов малой и средней производительности кратность циркуляции 8–50.

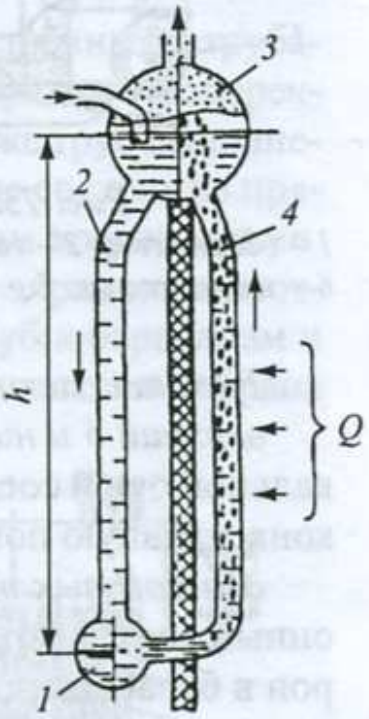


Рис. 72. Схема естественной циркуляции в простейшем контуре парового котла:
1 – коллектор; *2* – опускная труба; *3* – барабан котла; *4* – подъемная труба

Паровые котлы Е-1/9, их устройство и работа

Паровые котлы Е-1/9 принадлежат к вертикально-водотрубным двубарабанным котлам с естественной циркуляцией и предназначены для производства насыщенного пара для обеспечения технологических потребностей и отопления (обозначение: Е – естественная циркуляция; 1 – паропроизводительность, т/ч; 9 – абсолютное давление пара в котле, кгс/см^2).

Котлы Е-1/9 выпускаются трех модификаций:

Котел Е -1/9-1Т – для работы на твердом топливе (топка оборудована колосниковой решеткой);

Котел Е-1/9-1М – для работы на мазуте (комплектуется ротационной форсункой АР-90 (РМГ-1);

Котел Е-1/9-1Г – для работы на естественном газе (оборудуется смесительной горелкой Г-1,0). Схема этого котла приведена на рис. 73.

Котел состоит из следующих основных узлов: трубной системы; обмуровки и изоляции; каркаса с обшивкой.

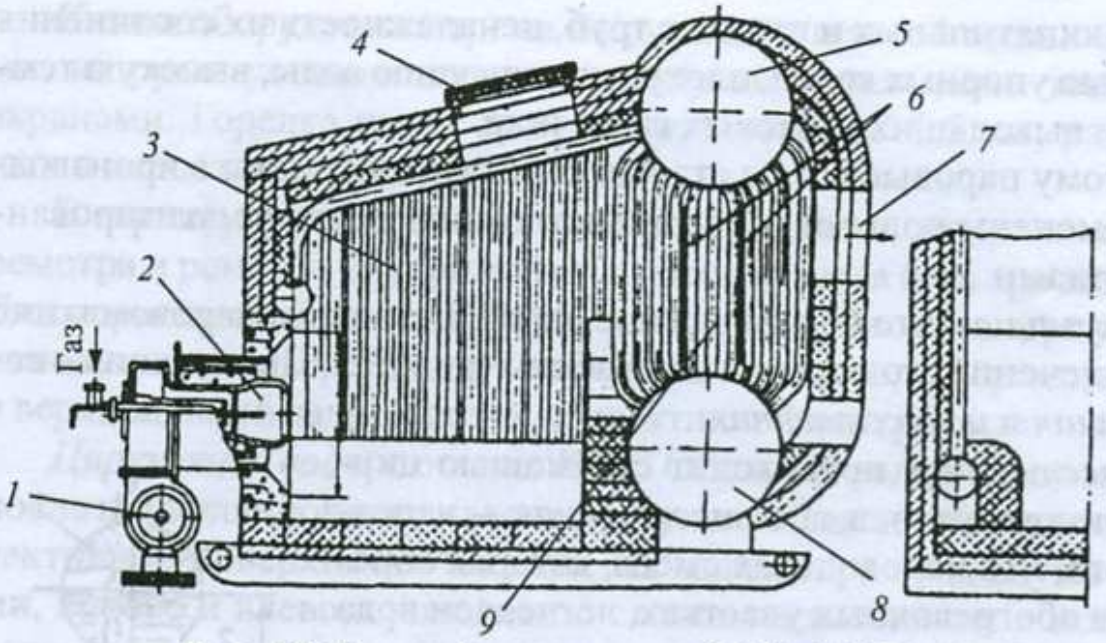


Рис. 73. Паровой котел серии Е-1/9-1Г (ММЗ-1Г):
1 – вентилятор; *2* – горелка; *3* – топка; *4* – взрывной клапан; *5* – верхний барабан; *6* – перегородки; *7* – окно для выхода продуктов сгорания; *8* – нижний барабан; *9* – конвективный пучок

Трубная система имеет:

верхний 5 и нижний барабаны 8, размещенные на одной вертикальной оси и соединенные между собой пучком труб, образующих конвективную поверхность нагрева *9*;

два боковых топочных экрана; экраны включены в циркуляционный контур котла через коллекторы, которые вварены с двух сторон в барабаны;

фронтовой экран, который переходит *в потолочный;* трубы экрана одними концами вварены в верхний барабан, а другими – в поперечный фронтовой коллектор, который двумя перепускными трубами соединен с нижними коллекторами левого и правого экранов.

Верхние и нижние коллекторы боковых экранов находятся в одной вертикальной плоскости, что облегчает условия для механической очистки от накипи труб боковых экранов. Для доступа к трубам верхние коллекторы имеют лючки; для очистки и обзора коллекторов в их торцевой части также имеются лючки.

Доступ к внутренней части барабана и к трубам конвективного пучка возможен через люки барабанов, расположенных с левой стороны котла.

Трубы конвективного пучка разделены двумя перегородками *6* из жароустойчивой стали, которые изменяют направление движения потока дымовых газов и улучшают теплообмен.

На нижнем барабане и нижних коллекторах размещены продувочные штуцеры.

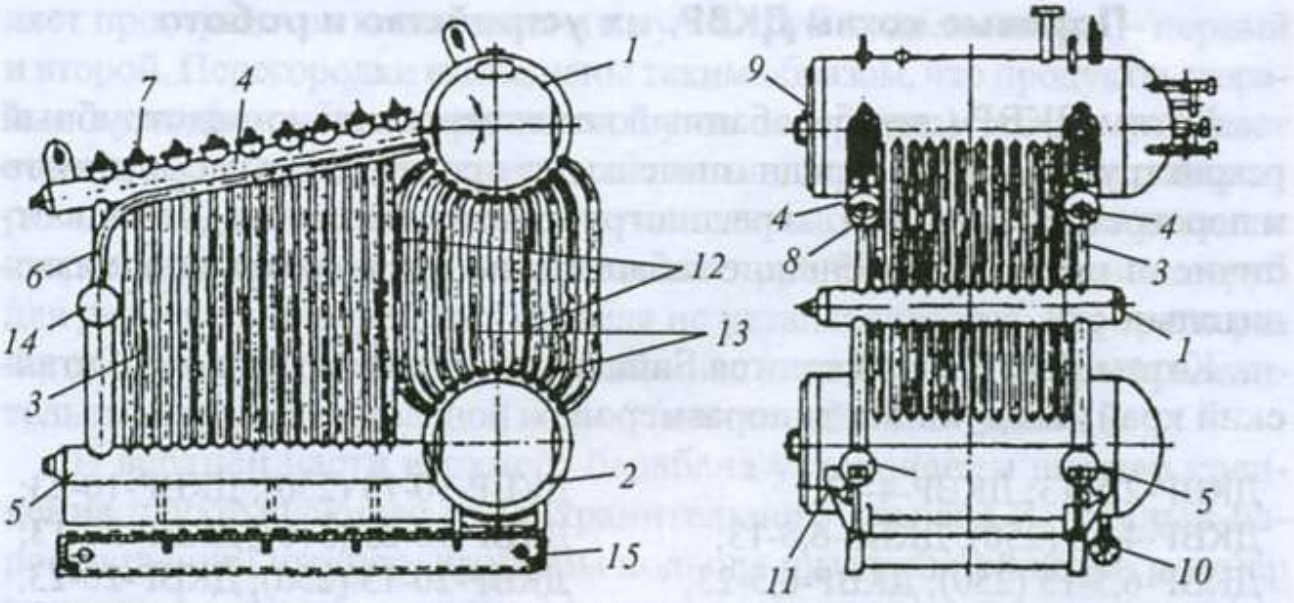
На правом сферичном днище верхнего барабана расположены патрубки водоуказательной арматуры и уровнемерной колонки.

В верхней части верхнего барабана установлены штуцеры крепления двух пружинных предохранительных клапанов, главный пароотводящий штуцер и трубка для манометра.

Внутри верхнего барабана расположены сепарационное устройство и труба распределения питательной воды, ввод которой находится сзади барабана.

Верхний и нижний барабаны имеют внутренний диаметр 650 мм при толщине стенки 8 мм.

Конвективний пучок образован стальными бесшовными трубами ∅ 51×2,5 мм, размещенными в коридорном порядке с поперечным шагом 80 мм и продольным – 94 мм. Из таких же труб выполнены потолочный и боковые экраны. Боковые экраны состоят из прямых труб, которые соединены с верхним и нижним коллекторами. Циркуляционные контуры боковых и потолочного экранов питаются водой из нижнего барабана. Присоединение труб к барабанам и коллекторам выполнено электросваркой. Трубная система собрана на общей раме (рис. 74).



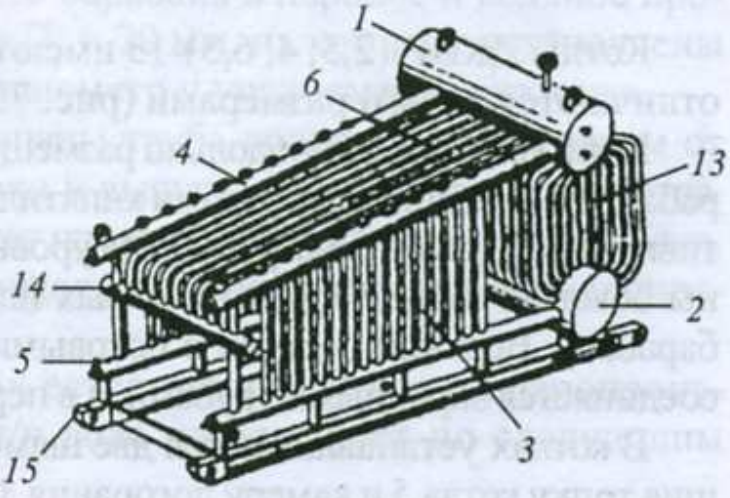


Рис. 74. Трубная система парового котла Е-1/9:
1 – верхний барабан; *2* – нижний барабан; *3* – боковой экран; *4* – верхний коллектор; *5* – нижний коллектор; *6* – потолочный экран; *7* и *8* – лючки; *9* – люклаз; *10* и *11* – продувочные патрубки; *12* – перегородки из жароупорной стали; *13* – конвективный пучок; *14* – фронтовой коллектор; *15* – опорная рама

Конструкция котла обеспечивает при работе циркуляцию воды по параллельным контурам:

1-й контур: верхний барабан → трубы конвективного пучка → нижний барабан → нижние коллекторы → трубы боковых экранов → верхние коллекторы → верхний барабан.

2-й контур: верхний барабан → трубы конвективного пучка → нижний барабан → нижние коллекторы → перепускные трубы → передний коллектор → трубы потолочного экрана → верхний барабан.

Обмуровка боковых экранов и задней стенки конвективного пучка состоит из трех слоев, а потолочного экрана – из четырех.

В первом слое выкладывается огнеупорный кирпич, все последние слои выкладываются теплоизоляционными плитками из вулканита.

В обмуровке – температурные швы, выполненные с помощью асбестового шнура.

Футеровка топки состоит из двух слоев: нижний слой – диатомовый кирпич; верхний слой – шамотный кирпич.

Сверху обмуровка по каркасу с угла покрыта декоративной обшивкой из тонкой листовой стали.

Паровые котлы ДКВР, их устройство и работа

Котлы ДКВР (двухбарабанный котел вертикально-водотрубный реконструированный) предназначены для производства насыщенного и перегретого пара. Котлы реконструированы из котлов ДКВ и в отличие от них имеют меньшие габариты, но прежнюю паропроизводительность.

Котлы ДКВР выпускаются Бийским котельным заводом (Алтайский край) следующих типоразмеров:

ДКВР-2,5-13; ДКВР-4-13; ДКВР-4-13 (250); ДКВР-6,5-13; ДКВР-6,5-13 (250); ДКВР-6,5-23; ДКВР-6,5-23 (250); ДКВР-10-13; ДКВР-10-13 (250); ДКВР-10-23; ДКВР-10-23 (370); ДКВР-20-13; ДКВР-20-13 (250); ДКВР-20-23.

Котлы ДКВР-(2,5; 4; 6,5)-13 имеют аналогичную конструкцию и отличаются только размерами (рис. 75).

Котлы состоят из продольно размещенных верхнего *6* и нижнего барабанов *1*, соединенных рядами кипятильных труб, образующих конвективную поверхность нагрева *2*. На уровне нижнего барабана установлены боковые коллекторы, от которых идут перепускные трубы к этому барабану. Верхний барабан с боковыми коллекторами в районе топки соединяется экранными трубами, а в передней части – опускными.

В котлах устанавливаются две шамотные перегородки *4*, образующие топку котла *5* и камеру догорания *3*, а чугунная перегородка разде-

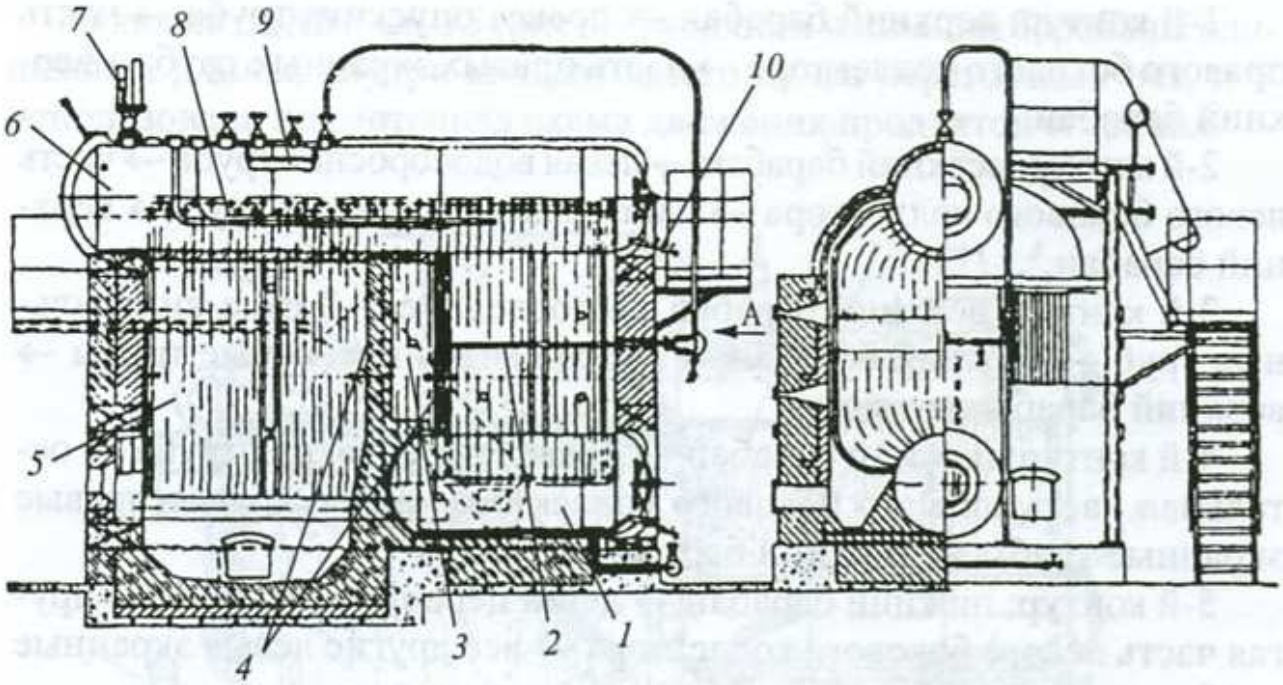


Рис. 75. Паровой котел ДКВР-6,5-13:
1 – нижний барабан; *2* – конвективная поверхность нагрева; *3* – камера догорания; *4* – шамотные перегородки; *5* – топка котла; *6* – верхний барабан; *7* – предохранительный клапан; *8* – распределительные трубы питательной воды; *9* – сепарационное устройство; *10* – устройство непрерывной продувки

ляет пространство конвективного пучка труб на два газохода – первый и второй. Перегородки выполнены таким образом, что продукты сгорания омывают трубы конвективного пучка поперечным потоком, что дает возможность эффективнее использовать тепло. В котлах с пароперегревателем – пароперегреватель размещается в первом газоходе после второго или третьего ряда кипятильных труб. Часть кипятильных труб для размещения пароперегревателя не устанавливается. Внутри верхнего барабана размещено сепарационное устройство *9*, две распределительных трубы питательной воды *8* (в котлах 2,5 т/ч – одна).

В верхней части верхнего барабана установлены штуцер крепления двухрычажного предохранительного клапана *7*, главный пароотводящий штуцер, штуцеры подвода питательной воды, штуцер подвода фосфатов и другие вспомогательные штуцеры.

В переднюю часть верхнего барабана в паровое и водяное пространство вварены две трубы D_y = 70 мм, на которых установлены водоуказательные приборы, манометр и уровнемерная колонка.

В нижнем барабане размещены труба подогрева котла паром от других котлов, штуцер продувки и выпуска воды при ремонте котла. Непрерывная продувка *10* может производиться из верхнего барабана.

Боковые коллекторы оборудованы штуцерами для периодической продувки.

Циркуляция воды в котлах естественная. В котлах паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 т/ч вода циркулирует по следующим контурам:

1-й контур: верхний барабан → правая опускная труба → часть правого бокового коллектора → часть правых экранных труб → верхний барабан;

2-й контур: верхний барабан → левая водосбросная труба → часть левого бокового коллектора → часть левых экранных труб → верхний барабан;

3-й контур: верхний барабан → последние 2–3 ряда кипятильных труб → нижний барабан → все другие кипятильные трубы → верхний барабан;

4-й контур: нижний барабан → правая перепускная труба → остальная часть правого бокового коллектора → все другие правые экранные трубы → верхний барабан;

5-й контур: нижний барабан → левая перепускная труба → другая часть левого бокового коллектора → все другие левые экранные трубы → верхний барабан.

Котел ДКВР-10-13 (рис. 76) имеет дополнительные коллекторы: передний коллектор соединяется с верхним барабаном опускными и экранными трубами, задний коллектор – с нижним барабаном опускными трубами, а с верхним – экранными. Оба коллектора соединены с линиями периодической продувки.

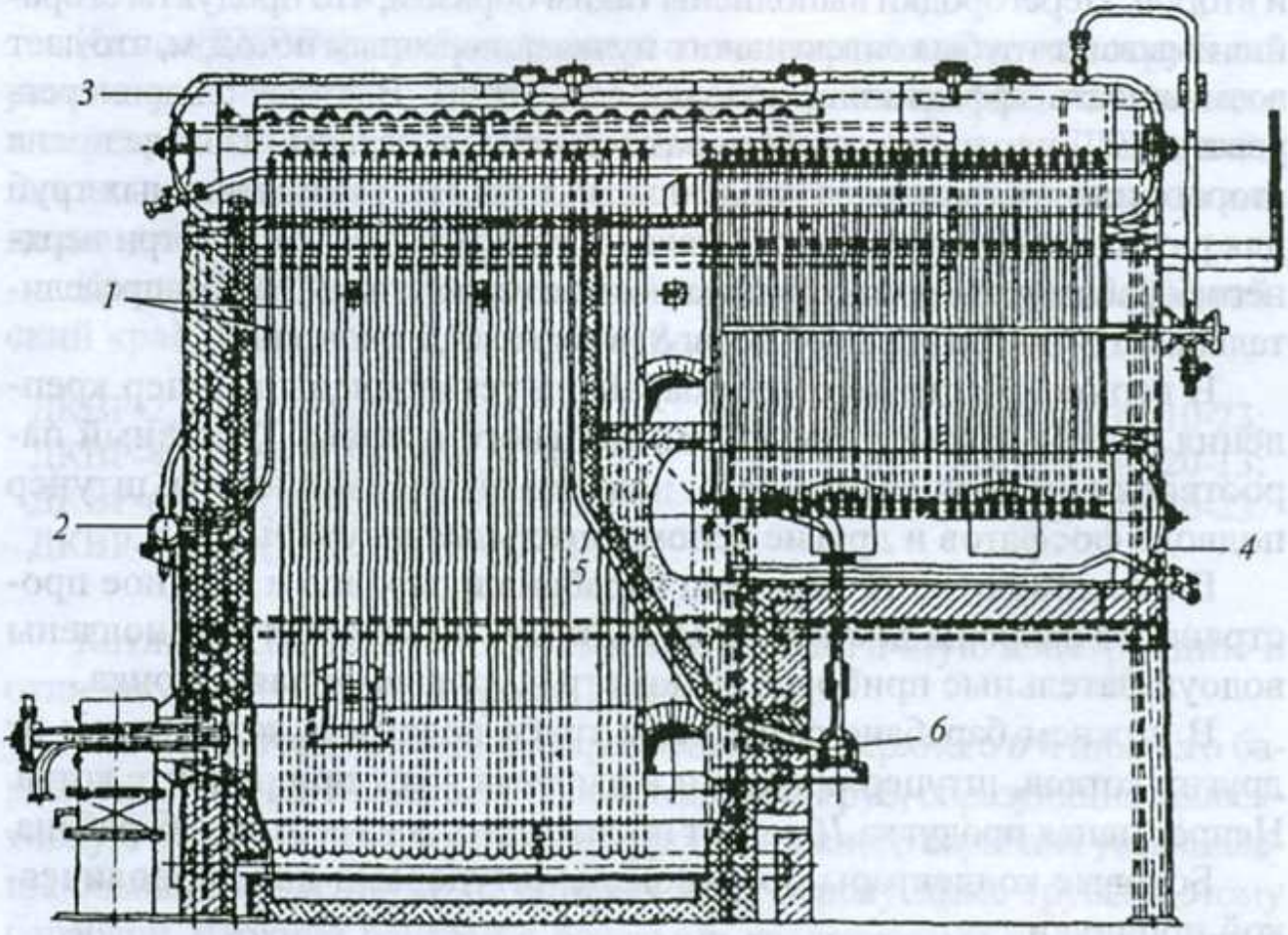


Рис. 76. Паровой котел ДКВР-10-13 с газомазутной топкой:
1 – трубы фронтового экрана; *2* – коллектор фронтового экрана; *3* – верхний барабан; *4* – нижний барабан; *5* – трубы заднего экрана; *6* – коллектор заднего экрана

В *котлах ДКВР-20-13* (рис. 77) верхний и нижний барабаны одинаковой длины, внутри конвективного пучка перегородок нет, т. е. использована прямоточная схема движения продуктов сгорания.

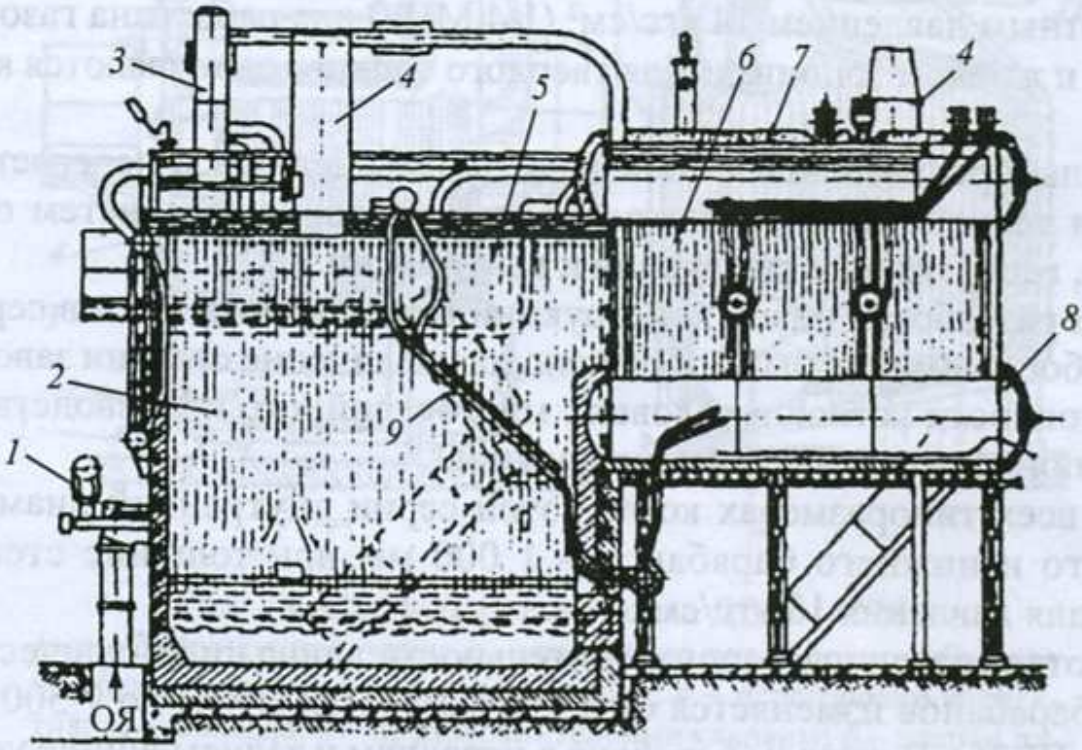


Рис. 77. Паровой котел ДКВР-20-13:
1 – газомазутная горелка; *2* – топка; *3* – выносные циклоны; *4* – взрывные клапаны; 5 – боковой экран; *6* – трубы конвективного пучка; *7* – верхний барабан; *8* – нижний барабан; 9 – задний экран

Котлы ДКВР-20-13 состоят из трех основных блоков.

В первый блок входят фронтовой и два передних боковых экрана, которые переходят из верхней части в потолочный экран.

Во второй блок входят два задних боковых экрана, которые также переходят в верхней части в потолочный и задний экраны.

В третий блок входят верхний и нижний барабаны и конвективный пучок труб.

Все котлы ДКВР с рабочим давлением 13 кгс/см^2 имеют:

верхние и нижние барабаны ∅ 1026×13 мм;

конвективные и экранные трубы ∅ 51×2,5 мм;

опускные трубы имеют диаметр: ∅ 127×4 мм – котел ДКВР-2,5-13; ∅ 140×4,5 мм – котел ДКВР-4-13; ∅ 159×4,5 мм – котел ДКВР-(6,5;10)-13;

все коллекторы котлов выполняются из труб ∅ 219×10 мм. Во всех котлах ДКВР (за исключением котла ДКВР-20-13) на нижней части верхнего барабана установлены две контрольные легкоплавкие пробки.

Паровые котлы ДЕ, их устройство и работа

Паровые котлы ДЕ выпускает Бийский котельный завод. Котлы ДЕ выпускаются паропроизводительностью 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч с абсолютным давлением 14 кгс/см^2 (1,4 МПа) для работы на газообразном и жидком топливах. Для твердого топлива выпускаются котлы КЕ.

Котлы предназначены производить насыщенный и перегретый пар для технологических потребностей предприятий, систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции.

При разработке новой конструкции газомазутных котлов серии ДЕ особое внимание было обращено на увеличение степени заводской готовности котлов в условиях многосерийного производства и снижения металлоемкости конструкции.

Во всех типоразмерах котлов этой серии внутренний диаметр верхнего и нижнего барабанов – 1 000 мм при толщине стенки 13 мм для давления 13 кгс/см^2.

В котлах различной производительности длина цилиндрической части барабанов изменяется от 2 240 мм (котел ДЕ-4) до 7 500 мм (котел ДЕ-25). В каждом барабане в переднем и заднем днище установлены лазовые затворы, которые обеспечивают доступ в барабаны при осмотре и ремонте.

Ширина топочной камеры всех котлов этой серии по осям экранных труб одинакова и составляет 1 830 мм.

Средняя высота топочной камеры всех котлов также одинакова – 2 600 мм.

Котлы ДЕ состоят из топочной камеры и конвективного пучка труб (рис. 78).

Топочная камера 13 размещена справа от конвективного пучка *14* и отделена от него перегородкой из плотно поставленных и сваренных между собой труб ∅ 51×4 мм.

Трубы ∅ 51×2,5 мм *правого бокового экрана* покрывают также дно и потолок топочной камеры, установлены с шагом 55 мм и вальцованы в верхний и нижний барабаны.

Трубы *заднего топочного экрана* такого же диаметра приварены к верхнему и нижнему коллекторам, связанным рециркуляционной необогреваемой трубой. Коллекторы присоединены к верхнему и нижнему барабанам.

Фронтовой экран отличается от заднего только отсутствием части труб внутри для размещения амбразуры горелки и лаза. Фронтовой экран котлов ДЕ-16 и ДЕ-25 образован четырьмя трубами, вальцованными в верхний и нижний барабаны.

Дно топки закрыто слоем огнеупорного кирпича.

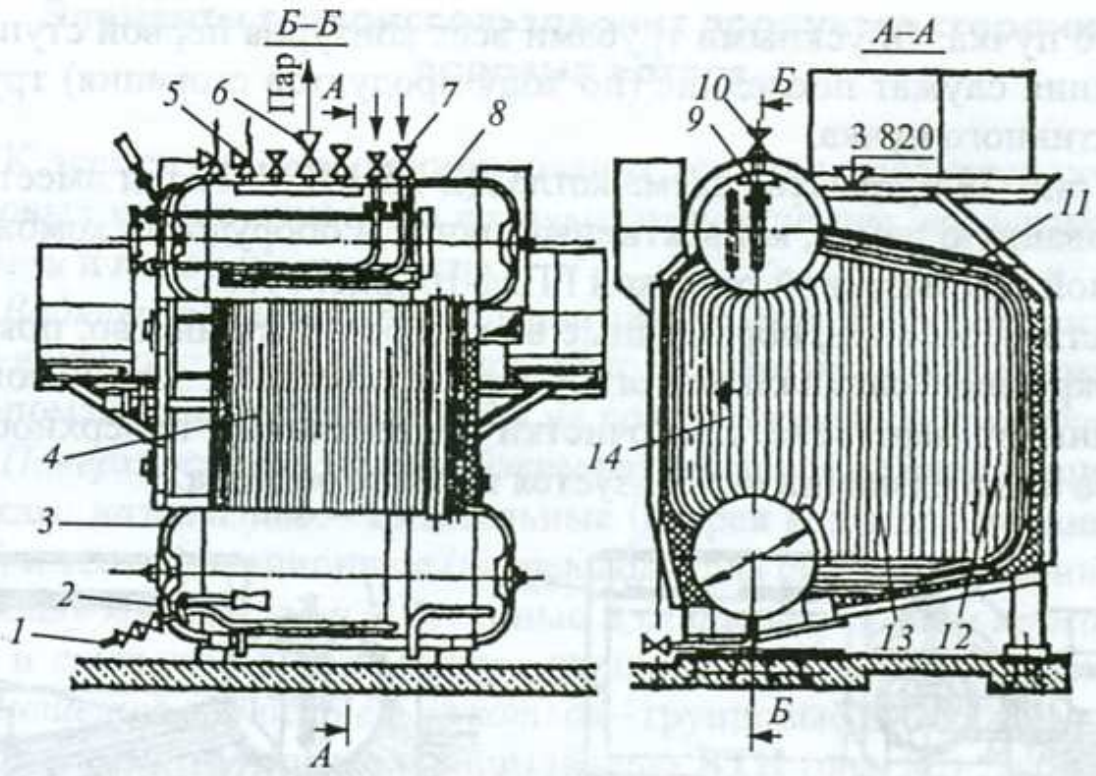


Рис. 78. Схема парового котла ДЕ-4-14ГМ:
1 – трубопровод продувки; *2* – устройство для парового обогрева во время розжига; *3* – нижний барабан; *4* – перегородки конвективного газохода; *5* – предохранительные клапаны; *6* – клапан паровой; *7, 10* – клапаны питательной воды; *8* – верхний барабан; *9* – сепарационное устройство; *11* – экран потолочный; *12* – экран задний; *13* – топочная камера; *14* – конвективный пучок

Конвективный пучок образован расположенными в коридорном порядке вертикальными трубами ∅ 51×2,5 мм, ввальцованными в верхний и нижний барабаны. Шаг труб вдоль барабана – 90 мм, поперек – 110 мм.

В котлах ДЕ-4; 6,5; 10 конвективный пучок разделен тремя ступенчатыми перегородками; в котле ДЕ-16 – одна ступенчатая перегородка; котел ДЕ-25 перегородок в конвективном пучке не имеет.

Продукты сгорания топлива из топочной камеры через окно, размещенное в конце топки с левой стороны, направляются в конвективную поверхность нагрева, проходят от задней стенки к фронтовой, а затем, повернув на 180 °С, – в обратном направлении. Продукты сгорания через окно 380×1 557 мм в задней стенке котла по газоходу отводятся в водяной экономайзер.

В верхней части фронтовой стены установлены *два взрывных предохранительных клапана:* один – в топочной камере, другой – в конвективном газоходе.

В котлах ДЕ-4; 6,5 для доступа в топку имеются специальные люки-лазы.

Во всех котлах этой серии предусмотрено двухступенчатое испарение. Во вторую ступень испарения выделена часть труб конвек-

тивного пучка. Опускными трубами всех контуров первой ступени испарения служат последние (по ходу продуктов сгорания) трубы конвективного пучка.

На рис. 79 приведена схема котла ДЕ-25-14ГМ. Котел имеет экранированную рамку, конвективный пучок и оборудован комбинированной газомазутной горелкой ГПМ-16 (рис. 79, *в*).

Части барабанов, обращенные в огневое пространство, покрыты торкретом – специальной огнеупорной обмазкой, защищающей барабаны от перегрева. Для очистки конвективных поверхностей нагрева от загрязнений используется паровая обдувка.

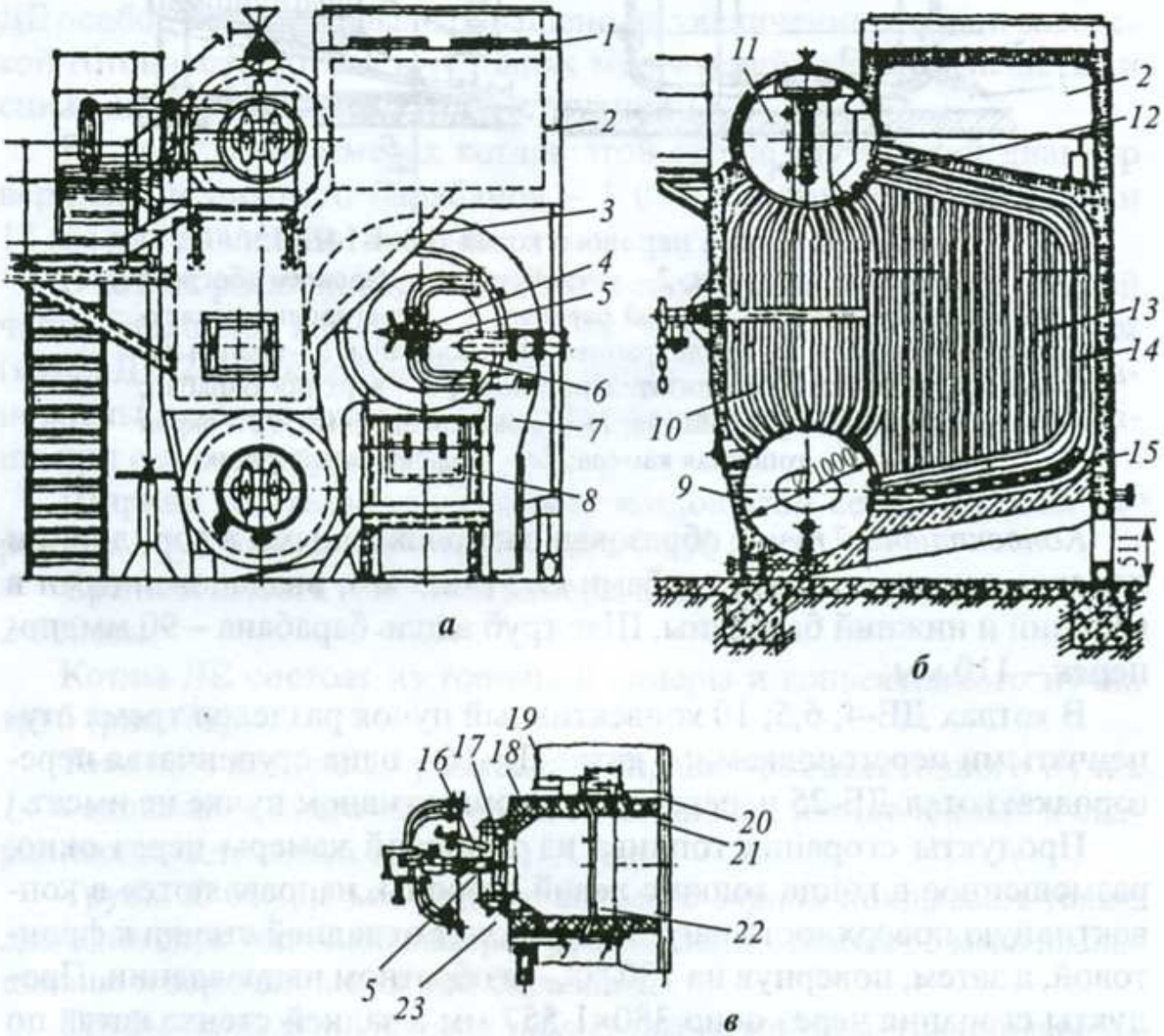


Рис. 79. Паровой котел ДЕ-25-14ГМ:
а – фронтальный вид; *б* – поперечный разрез; *в* – компоновка горелки ГПМ-16: *1* – фланец для отвода продуктов сгорания; *2* – газоход; *3* – горелочное устройство; *4* – устройство для паровой обдувки; *5* – мазутный ствол; *6* – газомазутная горелка; *7* – воздухопровод; *8* – лаз; *9* – нижний барабан; *10* – конвективный пучок; *11* – верхний барабан; *12* – торкрет; *13* – топочная камера; *14* – боковой экран; *15* – обмуровка; *16* –запально-защитное устройство; *17* – завихритель первичного воздуха; *18* – корпус; *19* – короб улитки; *20* – фланец крепления; *21* – теплоизоляционный слой; *22* – завихритель вторичного воздуха; *23* – газовый коллектор

Элементы теплоиспользования продуктов сгорания паровых котлов

К элементам теплоиспользования теплоты продуктов сгорания паровых котлов относятся *водяные экономайзеры*, *воздухоподогреватели* и *пароперегреватели*.

Водяные экономайзеры предназначены для подогрева питательной воды, поступающей в котел отходящими продуктами сгорания. Экономайзеры подразделяются на *поверхностные* и *контактные*.

Поверхностные экономайзеры различаются по следующим признакам: *назначению* – питательные (нагрев воды для питания котлов) и теплофикационные (нагрев воды для систем отопления); *материалу конструкции* – чугунные и стальные; *схемам присоединения и степени нагрева воды* – «кипящего» и «некипящего» типа; *размещению относительно котлов* – групповые и индивидуальные.

Водяные чугунные экономайзеры ВТИ (рис. 80). Экономайзеры собираются из чугунных оребренных труб длиной 2 и 3 м, соединенных между собой чугунными калачами *6* (коленами). Более подробно соединение труб приведено на рис. 81. К месту монтажа чугунные экономайзеры поставляются россыпью или блоками. Несколько

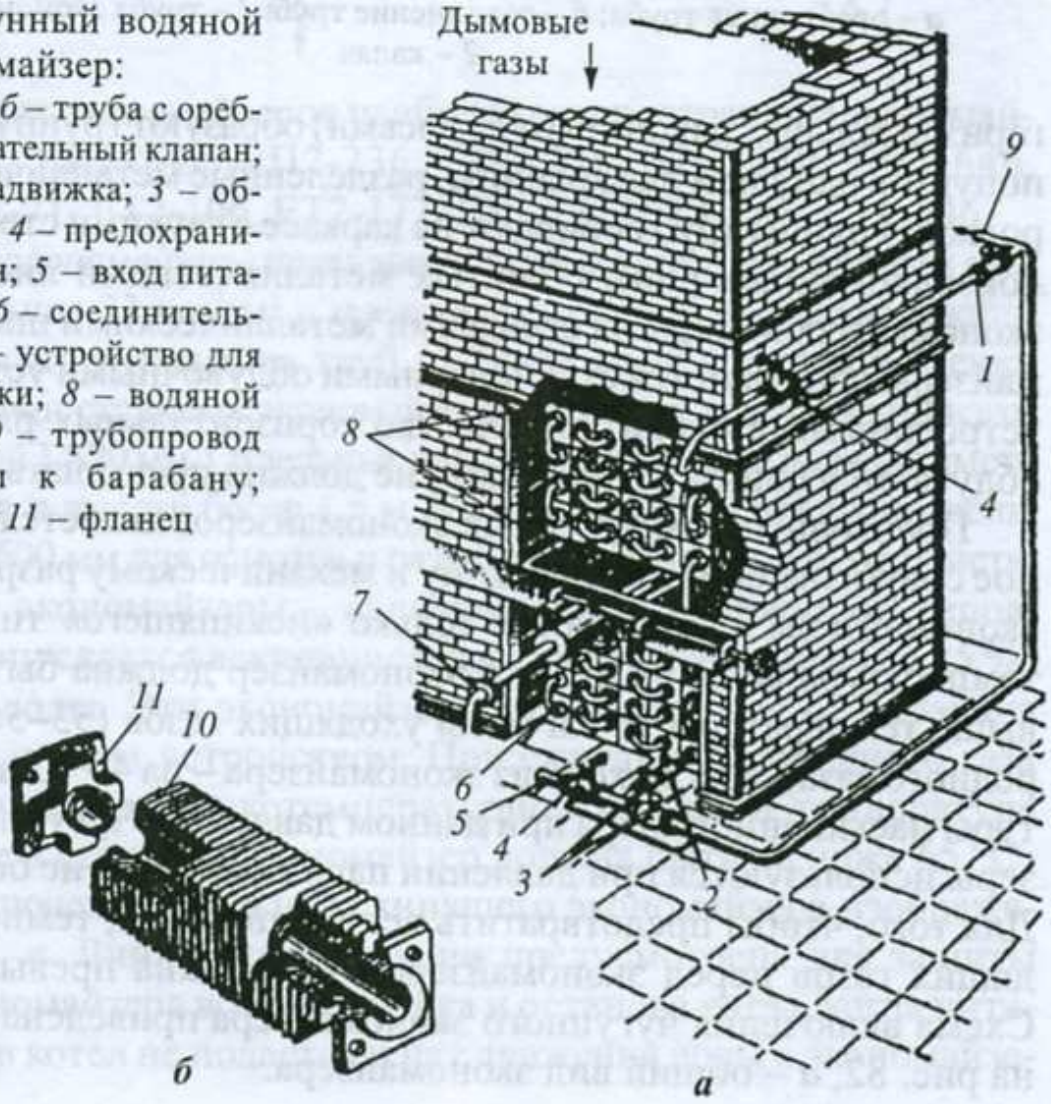


Рис. 80. Чугунный водяной экономайзер:
а – общий вид; *б* – труба с оребрением; *1* – питательный клапан; *2* – запорная задвижка; *3* – обратный клапан; *4* – предохранительный клапан; *5* – вход питательной воды; *6* – соединительные калачи; *7* – устройство для паровой обдувки; *8* – водяной экономайзер; *9* – трубопровод горячей воды к барабану; *10* – ребра; *11* – фланец

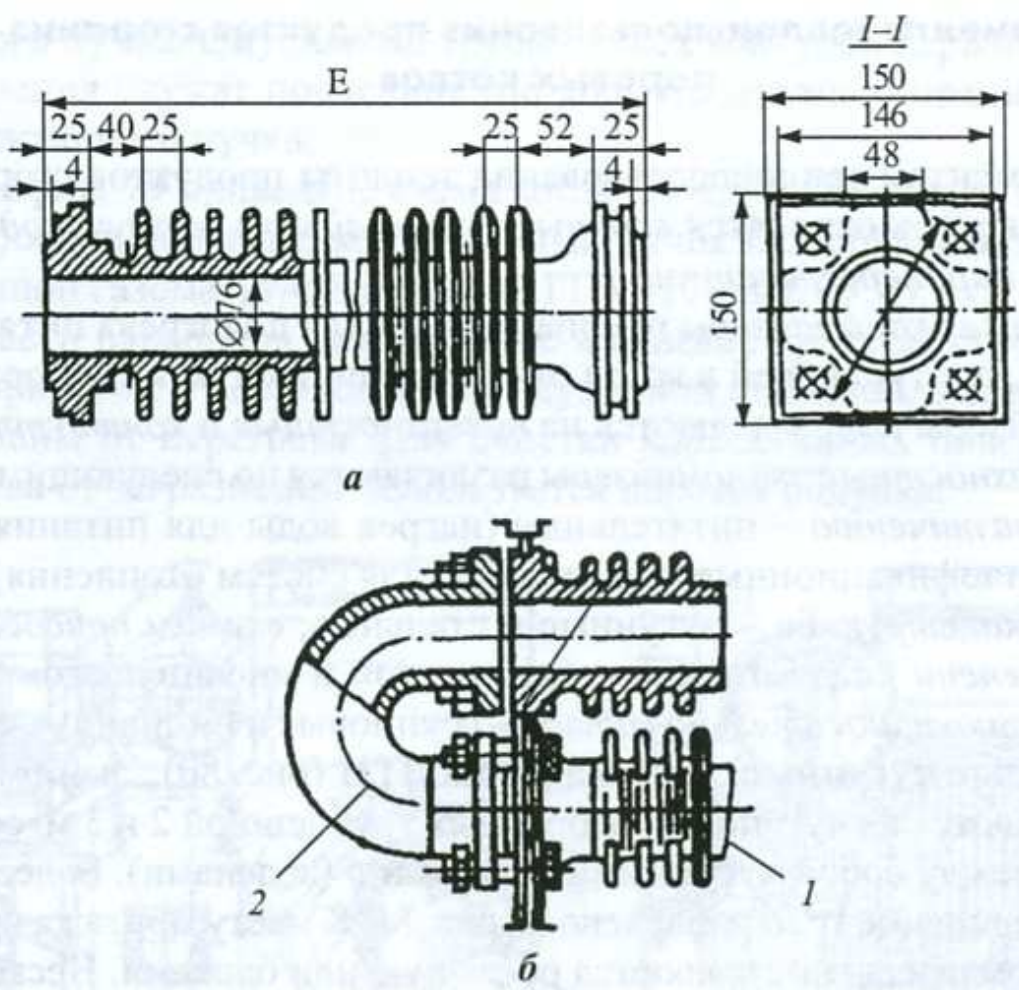


Рис. 81. Детали чугунного экономайзера ВТИ:
а – оребренная труба; *б* – соединение труб: *1* – труба экономайзера; *2* – калач

горизонтальных рядов труб (до восьми) образуют группу, группы компонуют в одну или две колонны, разделенные металлической перегородкой. Группы труб собирают на каркасе с глухими стенками из теплоизоляционных плит, обшитых металлическими листами. Торцы экономайзеров закрыты съемными металлическими щитами. Экономайзеры оборудуются стационарными обдувочными устройствами *7*, встроенными в блоки. Количество горизонтальных рядов, которые обдуваются одним устройством, не должно превышать четырех.

Преимуществом чугунных экономайзеров является их повышенное сопротивление химическому и механическому разрушению. Эти экономайзеры выполняются только «некипящего» типа. При этом температура воды на входе в экономайзер должна быть на 5–10 °С выше температуры точки росы уходящих газов (53–56 °С для природного газа), а на выходе из экономайзера – на 40 °С ниже температуры насыщенного пара при данном давлении. Чугунные экономайзеры используются при давлении пара в барабане не более 2,4 МПа. Для того, чтобы предотвратить вскипание воды, температура отходящих газов перед экономайзером не должна превышать 400 °С. Схема включения чугунного экономайзера приведена на рис. 82, *б*, на рис. 82, *а* – общий вид экономайзера.

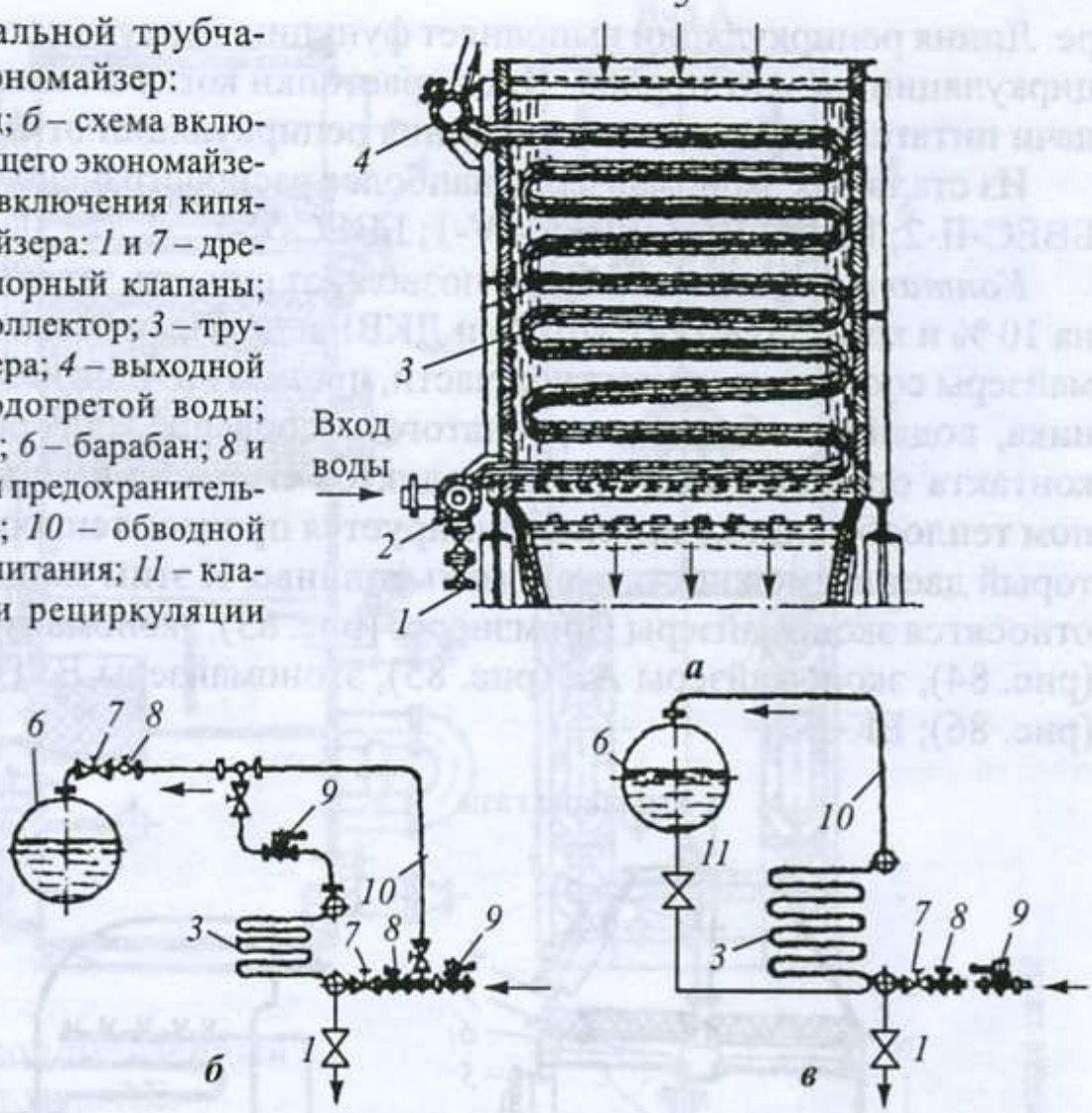


Рис. 82. Стальной трубчатый экономайзер:
а – общий вид; *б* – схема включения некипящего экономайзера; *в* – схема включения кипящего экономайзера: *1* и *7* – дренажный и запорный клапаны; *2* – входной коллектор; *3* – труба экономайзера; *4* – выходной коллектор подогретой воды; *5* – вход газов; *6* – барабан; *8* и *9* – обратный и предохранительный клапаны; *10* – обводной трубопровод питания; *11* – клапан на линии рециркуляции

Из чугунных экономайзеров наиболее распространены экономайзеры ЕП2-94, ЕП2-142, ЕП2-236, ЕП1-236, ЕП1-330, ЕП1-646, ЕП1-848, ЕТ2-71, ЕТ2-106, ЕТ2-177, ЕТ1-177, ЕТ1-248, ЕТ1-646.

Стальные экономайзеры применяются для котлов с избыточным давлением пара выше 23 кгс/см^2 и представляют собой несколько секций змеевиков, изготовленных из труб ∅ 28–38 мм с толщиной стенки 3–4 мм. Змеевики стальных экономайзеров типовых конструкций изготовляют длиной 1 820 мм. Отдельные пакеты змеевиков не должны иметь более 25 рядов и высоту более 1,5 м. Между пакетами предусмотрены разрывы 550–600 мм для осмотра и размещения обдувочных устройств.

Стальные экономайзеры – «*некипящего*» и «*кипящего*» типов. В кипящих допускается вскипание и частичное испарение (до 25 %) питательной воды. Эти экономайзеры не отделяются от барабана котла отключающим устройством. При сжигании природного газа для предотвращения низкотемпературной коррозии температура воды на входе в стальной экономайзер должна быть не ниже 65 °С.

Схема включения стального кипящего экономайзера изображена на рис. 82, *в*. Линия рециркуляции предусмотрена для защиты водяного экономайзера во время пуска и останова котла, когда питательная вода в котел не подается и нет движения воды в экономайзе-

ре. Линия рециркуляции выполняет функцию контура естественной циркуляции на этот период. После растопки котла и включения подачи питательной воды в котел линия рециркуляции отключается.

Из стальных экономайзеров наиболее распространены БВЕС-I-2; БВЕС-II-2; БВЕС-III-2; БВЕС-IV-1; БВЕС-V-1.

Контактные экономайзеры позволяют снизить затраты топлива на 10 % и компонуются с котлами ДКВР и другими котлами. Экономайзеры состоят из контактной части, промежуточного теплообменника, водяного объема и трубчатого водораспределителя. За счет контакта орошающей воды и продуктов сгорания на промежуточном теплообменнике интенсифицируется процесс теплообмена, который дает возможность экономить топливо. К этим экономайзерам относятся экономайзеры Промэнерго (рис. 83), экономайзеры КТАН (рис. 84), экономайзеры АЕ (рис. 85), экономайзеры ВУГ-1, ЕК-Б-1 (рис. 86); ЕК-5-2.

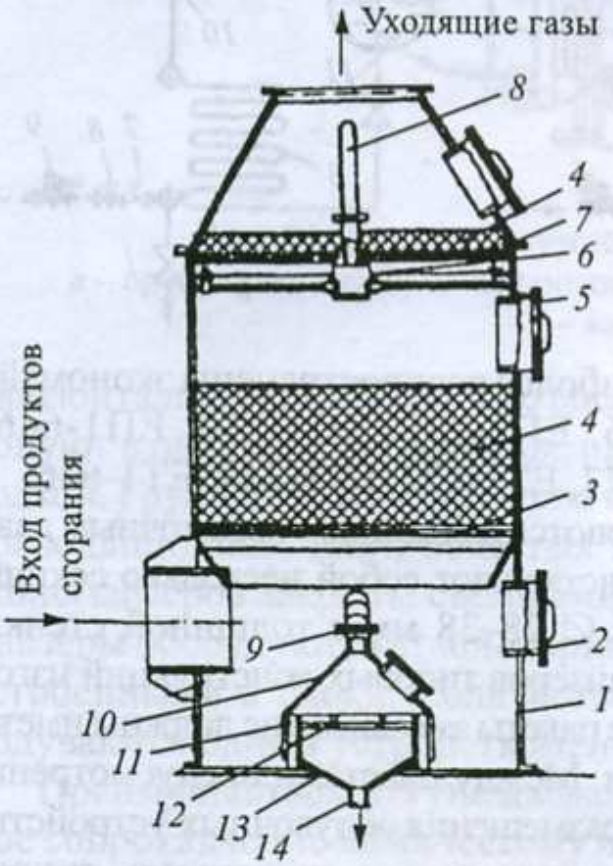


Рис. 83. Контактный экономайзер Промэнерго:
1 – корпус; *2* – лаз; *3* – нижняя опора с решеткой; *4* – кольца Рашига; *5* – распределительные трубы; *6* – коллектор; *7* – верхняя опора с решеткой; *8* – труба для подвода холодной воды; *9* – труба для отсоса углекислого газа; *10* – колпак; *11* – гидрозатвор; *12* – сито; *13* –воронка; *14* – штуцер для нагретой воды

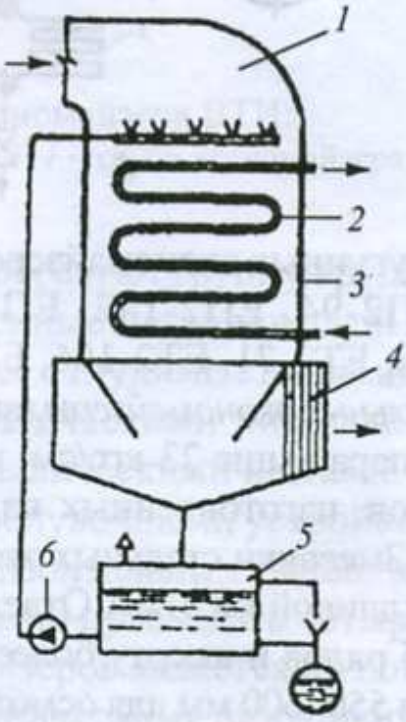


Рис. 84. Экономайзер типа КТАН:
1 – система орошения; *2* – пучок труб водяного экономайзера; *3* – корпус; *4* – сепаратор; *5* – бак рециркуляционной воды; *6* – насос

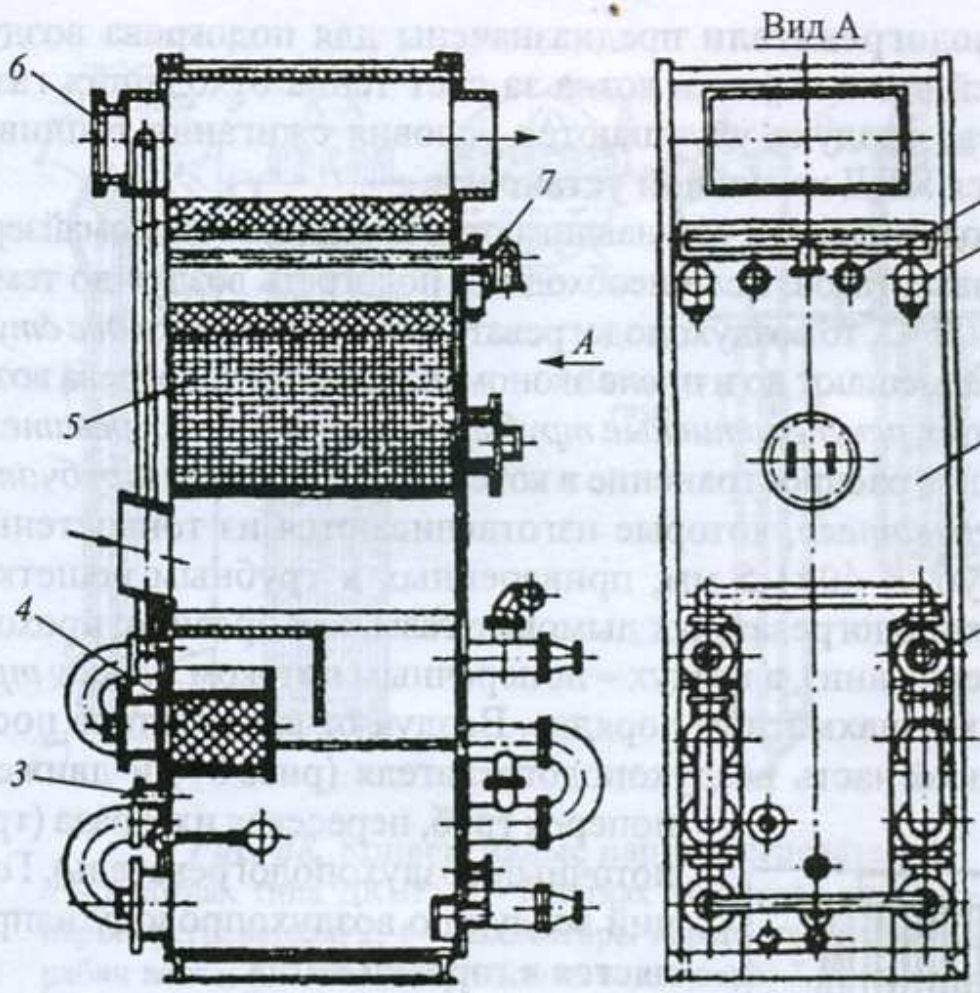


Рис. 85. Экономайзерный агрегат типа АЕ:
1 – контактная часть; *2* – теплообменник; *3* – труба для подвода воздуха; *4* – декарбонизатор; *5* – рабочая насадка; *6* – предохранительный клапан; *7* – водораспределитель; *8* – гляделка; *9* – электрическая лампа

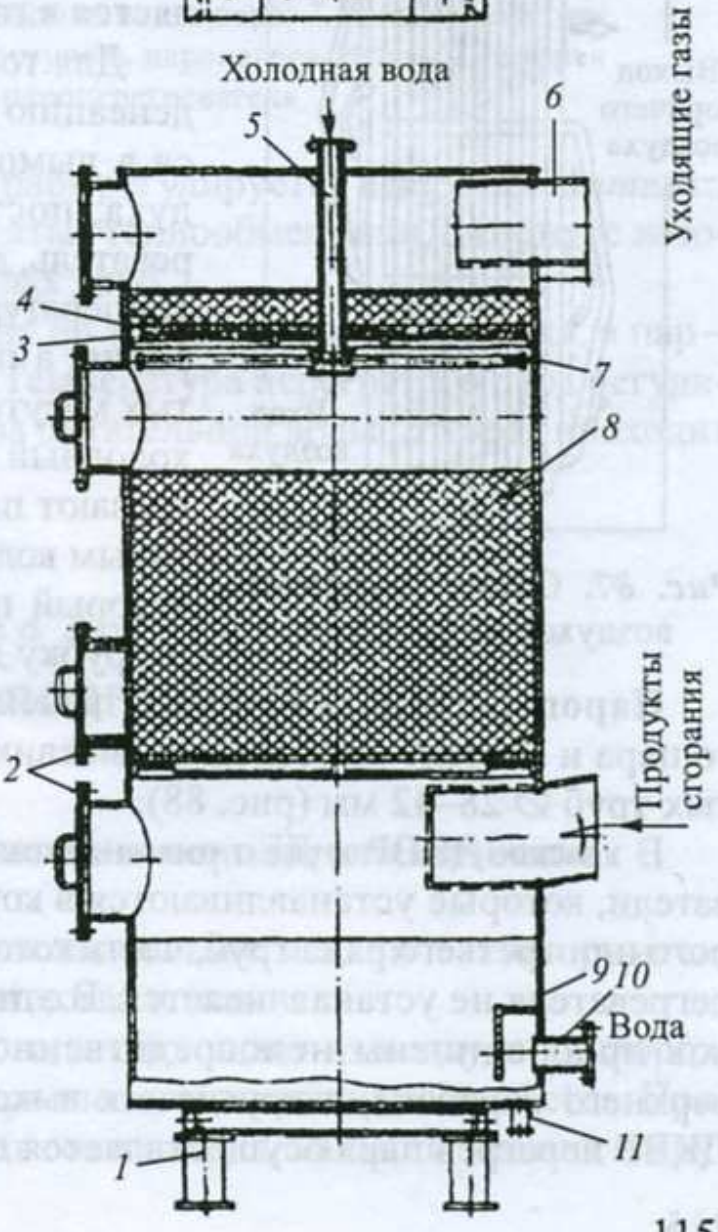


Рис. 86. Контактный экономайзер ЕК-Б:
1 – опорная рама; *2* – люки; *3* – опорные решетки; *4* – каплеулавливательная насадка; *5* – коллектор водораспределителя; *6* – патрубок для выхода газов; *7* – труба водораспределителя; *8* – рабочая насадка; *9* – корпус; *10* – штуцер для забора горячей воды; *11* – спускной штуцер

Воздухоподогреватели предназначены для подогрева воздуха перед подачей его в горелки котла за счет тепла отходящих газов. При подогреве воздуха улучшаются условия сжигания топлива и увеличивается КПД котельной установки.

Воздухоподогреватели устанавливаются за водяным экономайзером по ходу дымовых газов. Если необходимо подогреть воздух до температуры 300–400 °С, то воздухоподогреватель выполняется в *две ступени,* которые размещают до и после экономайзера. Для подогрева воздуха используются *рекуперативные трубчатые воздухоподогреватели.*

Наибольшее распространение в котельных получили *трубчатые воздухоподогреватели*, которые изготавливаются из тонкостенных стальных труб ∅ 40×1,5 мм, приваренных к трубным решеткам. В этих воздухоподогревателях дымовые газы, как правило, проходят по трубам сверху вниз, а воздух – поперечным потоком *между труб*, размещенных в шахматном порядке. Воздух от вентилятора поступает в нижнюю часть воздухоподогревателя (рис. 87) и движется поперек труб, пересекая их 3 раза (трехпоточный воздухоподогреватель). Горячий воздух по воздухопроводу направляется в горелки котла.

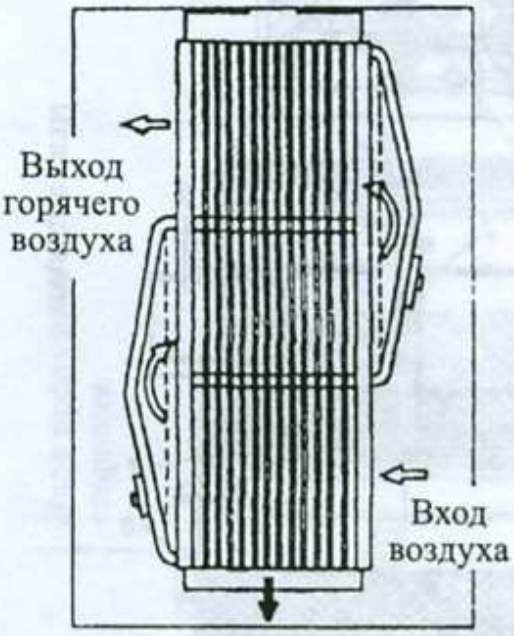


Рис. 87. Схема трубчатого воздухоподогревателя

Для того чтобы предотвратить конденсацию водяных паров, находящихся в дымовых газах, температура воздуха, поступающего в воздухоподогреватель, должна быть на 5–10 °С выше температуры точки росы продуктов сгорания, а при сжигании высокосернистых мазутов – не ниже 80 °С. Для этого холодный воздух предварительно подогревают паром или смешивают с некоторым количеством нагретого воздуха, который подводится к всасывающему патрубку дутьевого вентилятора.

Пароперегреватели предназначены для перегрева насыщенного пара и состоят из стальных змеевиков, согнутых из цельнотянутых труб ∅ 28–42 мм (рис. 88).

В котлах ДКВР и ДЕ применяются вертикальные пароперегреватели, которые устанавливаются в конвективном пучке после второго или третьего ряда труб, часть которых для размещения пароперегревателя не устанавливается. В этих котлах одни концы змеевиков присоединены непосредственно к паровому пространству верхнего барабана, а другие – к выходному коллектору. В котлах ДКВР перегрев пара осуществляется до температуры 250 и 370 °С.

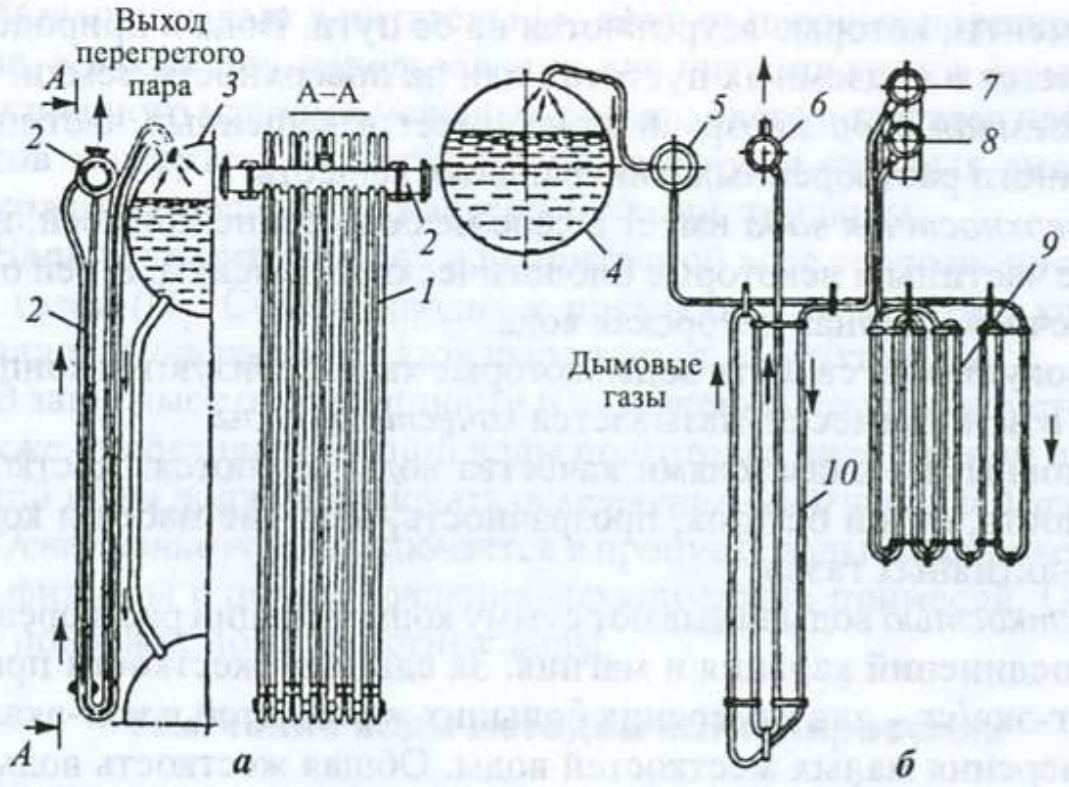


Рис. 88. Конвективные пароперегреватели:
а – в котлах типа ДКВР; *б* – в котлах экранного типа; *1* – труба пароперегревателя; *2, 6* – коллекторы перегретого пара; *3, 4* – барабан котла; *5* – коллектор насыщенного пара; *7, 8* – промежуточные коллекторы; *9* – первая ступень паронагревателя; *10* – вторая ступень пароперегревателя

Температура перегретого пара регулируется в *пароохладителях,* представляющих собой трубчатые теплообменники, в корпусе которых размещены пучки стальных труб.

Питательная вода проходит по трубкам пароохладителя, а пар – в межтрубном пространстве. Температура перегретого пара регулируется изменением количества питательной воды, которая проходит через пароохладитель.

Глава восьмая

ВОДОПОДГОТОВКА

Состав воды, ее качество и показатели качества

Природная вода имеет в своем составе механические примеси, растворенные химические вещества и газы.

Атмосферная (дождевая) вода поглощает из воздуха кислород, азот, углекислый газ, пыль и прочие загрязняющие ее вещества. Проникая в почву, вода растворяет соли натрия, кальция, магния и дру-

гие элементы, которые встречаются на ее пути. Вода в природе накапливается в подземных пустотах или на поверхности Земли.

Подземная вода прозрачная, не имеет взвешенных частиц, но имеет много растворенных минеральных веществ.

Поверхностная вода имеет в себе механические примеси, взвешенные частицы и некоторые биологические элементы. К ней относится речная, озерная и морская вода.

Совокупность свойств воды, которые характеризуются концентрацией в ней примесей, называется *качеством воды.*

Основными показателями качества воды являются: жесткость, щелочность, сухой остаток, прозрачность, наличие масел и коррозионно-активных газов.

Жесткостью воды называют сумму концентраций растворенных в ней соединений кальция и магния. За единицу жесткости принимают мг-экв/кг – для измерения больших жесткостей и мкг-экв/кг – для измерения малых жесткостей воды. Общая жесткость воды состоит из *временной* (карбонатной) и *постоянной* (некарбонатной).

При питании котлов жесткой водой на стенках барабанов, коллекторов и труб откладывается *накипь*, которая соединяется с поверхностью металла. Накипь и шлам имеют низкую теплопроводность, в результате чего ухудшается теплопередача через загрязненные стенки. Это вызывает отрицательные явления:

местный перегрев стенок котла, из-за чего образуются выпучины и свищи;

разрывы жаровых, кипятильных, экранных и дымогарных труб и взрывы котлов;

снижение тепло- и паропроизводительности котлов;

ускорение процесса коррозии;

перерасход топлива:

Толщина слоя накипи, мм	1	2	3	4	5
Перерасход топлива, %	2–3	4–5	6–7	7,5–8	8,5–9

Щелочность представляет собой суммарную концентрацию растворенных в воде бикарбонатов, карбонатов, гидратов и гуматов (солей слабых органических кислот). Щелочность измеряется теми же единицами, что и жесткость.

Щелочность котловой воды характеризуется величиной pH. Если pH = 7 – вода нейтральная; pH > 7 – вода щелочная; pH < 7 – вода кислая.

Сухой остаток – это общее количество растворенных в воде солей и щелочей, которые остались после выпаривания воды и высушивания остатка при температуре 110 °С до достижения постоянной массы, и определяет пригодность данной воды для питания паровых котлов. Сухой остаток выражается в мг/кг чистой воды.

Масло попадает в питательную воду от паровых поршневых насосов, а также при использовании для питания котлов конденсата, загрязненного маслом в условиях змеевикового подогрева нефтепродуктов и отсутствия достаточной плотности паровых змеевиков. Содержимое масла выражается в мг/кг чистой воды.

Наличие в питательной и подпиточной воде коррозионно-активных газов (O_2, CO_2) приводит к появлению и развитию коррозии металлов. Содержимое газов выражается в мкг/кг воды.

В зависимости от мощности и назначения котельных установок, а также от состава исходной воды подготовка питательной и подпиточной воды должна включать *осветление, умягчение и деаэрацию.*

Осветление воды заключается в пропуске воды через осветительные фильтры с целью удаления механических примесей. Осветлению подлежат поверхностные воды.

Умягчение воды методом катионирования

Умягчением называется удаление из воды образующих накипь соединений кальция и магния. Применяется *докотловая* и *котловая обработка воды.*

Наиболее распространенным в отопительно-производственных котельных методом умягчения воды является *катионитовый.* Метод основан на способности нерастворимых в воде катионитов (сульфоугля, синтетических смол КУ-1 и КУ-2) заменять катионы Na^+ и H^+, которые находятся в них, на катионы Ca^{++} и Mg^{++}, находящиеся в воде.

В котельных используются Na-катионитовый и H-катионитовый методы умягчения воды. При катионировании происходят следующие реакции ионного обмена:

$$2Na(K) + Ca(HCO_3)_2 / Mg(HCO_3)_2 = Ca(K)_2\downarrow / Mg(K)_2\downarrow + 2NaHCO_3$$

$$2Na(K) + CaS0_4 / MgS0_4 = Ca(K)_2\downarrow / Mg(K)_2\downarrow + Na_2S0_4$$

$$2H(K) + CaS0_4 / MgS0_4 = Ca(K)_2\downarrow / Mg(K)_2\downarrow + H_2S0_4.$$

После Na-катионирования – *щелочный фильтрат,* а после H-катионирования – *кислый,* и если смешать оба фильтрата в определенной пропорции, то можно получить практически полностью умягченную воду с заданной величиной щелочности.

Основными элементами катионитовых установок служат фильтры. Катионитовый фильтр (рис. 89) состоит из цилиндрического корпуса *1* (∅ 670, 1 030, 1 525, 2 000, 2 500, 3 040 мм) со сферическим днищем. Фильтр загружается катионитом через верхний люк *5*, а выгружается – через нижний *11*. Высота слоя катионита в зависимости от жесткости исходной воды может достигать 3–4 м. Внизу фильтра на бетонной подушке *15* устанавливается дренажное устройство *14*, состоящее из коллектора с системой дренажных труб, к которым

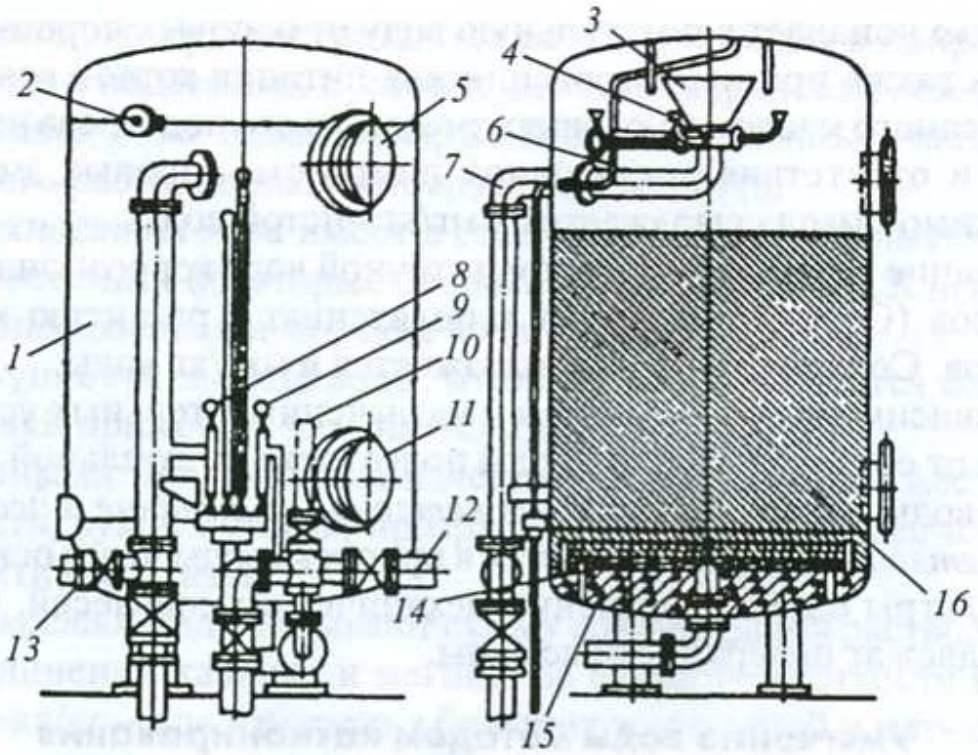


Рис. 89. Na-катионитовый фильтр:
1 – корпус; *2* – трубопровод реагентов; *3* – воронка; *4* – устройство распределения реагентов; *5, 11* – люки; *6* – воздушная трубка; *7* – труба; *8, 9* – манометры; *10* – трубопровод промывочной воды; *12* – отводный трубопровод; *13* – трубопровод подачи воды; *14* – дренажное устройство; *15* – бетонная подушка; *16* – катионит

приварены патрубки с накрученными колпачками. Колпачки, изготовленные из пластмассы или фарфора (рис. 90), имеют на своих гранях щели шириной 0,3 мм.

Вода поступает в верхнюю часть фильтра, где находится водораспределительное устройство (рис. 91), проходит через слой катионита, отводится через дренажное устройство (рис. 92) в деаэрационную колонку и поступает в бак питательной воды.

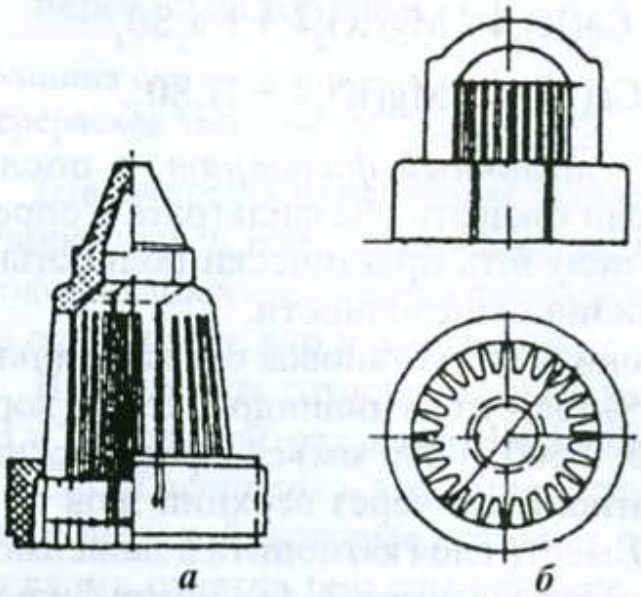


Рис. 90. Пластмассовый щелевой колпачок ВТН-К (*а*) и фарфоровый щелевой колпачок ВТН-5 (*б*)

В процессе умягчения катионитовый материал насыщается кальцием и магнием и теряет свою способность к обмену с солями жесткости. Для возобновления *(регенерации)* обменной способности через фильтр пропускается раствор поваренной *соли* (8–10 %) или *соляной кислоты* (1,5–2 %) в зависимости от способа катионирования. Схема солерастворителя приведена на рис. 93.

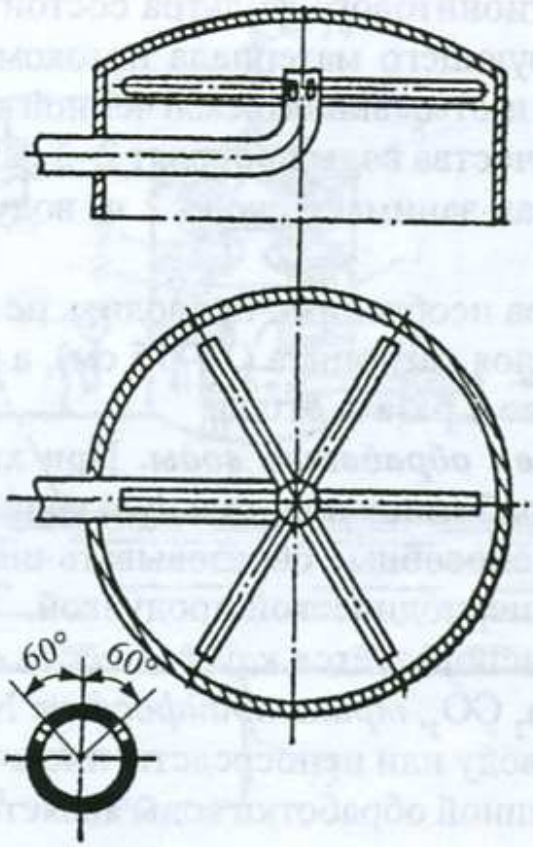


Рис. 91. Объединенное верхнее распределительное устройство для фильтров типа «звезда»

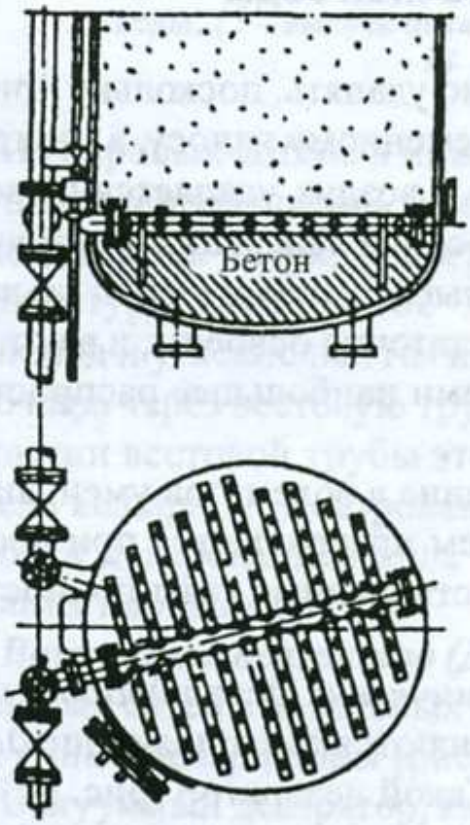


Рис. 92. Нижнее дренажное устройство фильтра

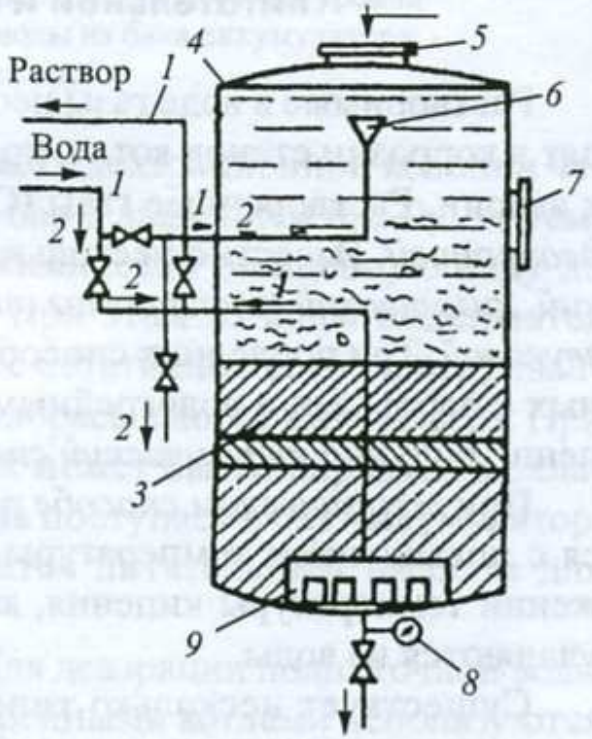


Рис. 93. Солерастворитель:
1 – подача воды при растворении соли; *2* – подача воды при промывке солерастворителя; *3* – кварцевый фильтр; *4* – корпус; *5* – крышка; *6* – воронка; *7* – люк; *8* – манометр; *9* – нижняя дренажная система

Регенерация катионитового фильтра состоит из трех операций: взрыхление фильтрующего материала потоком воды снизу вверх, самой регенерации и отмывки его смягченной водой. Регенерацию в зависимости от качества воды проводят 2–3 раза в сутки. Во время регенерации, которая занимает около 2 ч, воду пропускают через резервный фильтр.

Ревизию фильтра необходимо проводить не менее 1 раза в год с заменой верхнего слоя катионита (10–15 см), а ремонт с выгрузкой катионита – не менее 1 раза в 2 года.

Внутрикотловая обработка воды. При химическом способе внутрикотловой обработки в питательную воду паровых котлов добавляют вещества, способные образовывать шлам, который удаляется затем из котла периодической продувкой.

Для этой цели используется *каустическая сода* NaOH, *кальцинированная сода* Na_2CO_3, *тринатрийфосфат* Na_3PO_4. Раствор вводят в питательную воду или непосредственно в барабан котла. Важным условием успешной обработки воды является дозирование этих реагентов, так как излишек приводит к кристаллизации или вспениванию и выносу воды из барабана.

Деаэрация умягченной воды и нормы качества питательной и подпиточной воды

Растворимые в воде газы необходимо удалять, поскольку приводят к коррозии стенок котла, преждевременному износу, а иногда и к аварии. Растворенные газы (O_2, CO_2) и воздух удаляется из воды *деаэрацией.* Известно несколько ее способов деаэрации: *термический, химический, электромагнитный, высокочастотный и ультразвуковой.* Три последних способа недостаточно освоены, и в котельных с паровыми и водогрейными котлами наибольшее распространение получил *термический способ.*

При *термическом способе* растворение в воде газов уменьшается с повышением температуры и совсем прекращается при достижении температуры кипения, когда растворенные газы полностью удаляются из воды.

Существует несколько типов *термических деаэраторов*, но в котельных с паровыми котлами применяются смешивающие *деаэраторы атмосферного типа (ДСА).* Такой деаэратор (рис. 94) состоит из вертикальной цилиндрической колонки *1* диаметром 1–2 м и высотой 1,5–2 м, установленной на горизонтальном цилиндрическом баке *2*, предназначенном для сохранения запаса деаэрованной воды.

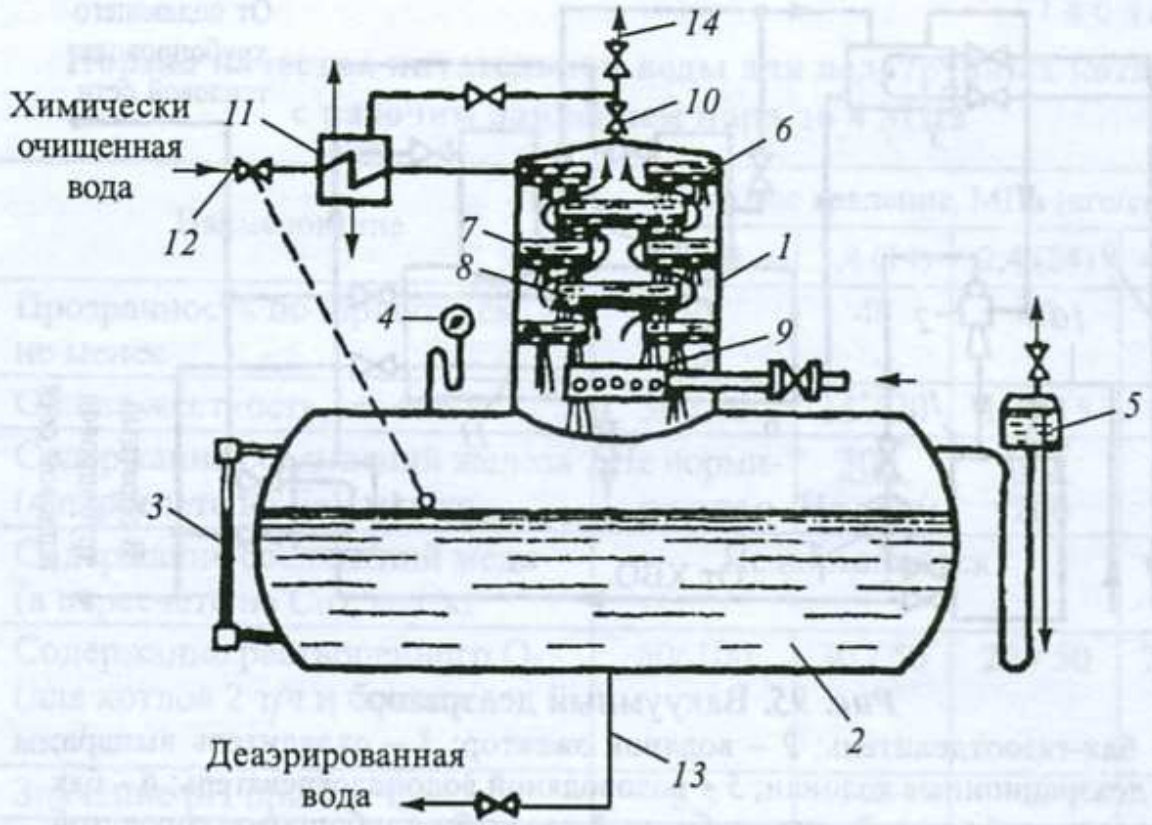


Рис. 94. Атмосферный деаэратор смешивающего типа: *1* – колонка; *2* – бак-аккумулятор; *3* – водоуказательное стекло; *4* – манометр; *5* – гидрозатвор; *6* – распределительное устройство; *7, 8* – тарелки; *9* – распределитель пара; *10* – клапан; *11* – охладитель выпара; *12* – регулятор уровня воды; *13* – выпуск питательной воды из бака-аккумулятора; *14* – вестовая труба

Из паровых котлов в нижнюю часть деаэрационной колонки через парораспределитель *9* подается пар с давлением 0,2–0,3 кгс/см^2 и, поднимаясь вверх, подогревает химически очищенную воду до температуры кипения 102–104 °С. При этом из воды выделяются кислород и углекислый газ и вместе с остатками несконденсированного пара через вестовую трубу *14* выбрасываются в атмосферу. При закрытии вестовой трубы этот поток может быть направлен в охладитель выпара *11*. Деаэрованная вода поступает в бак-аккумулятор. Из бака деаэрованная вода забирается питательным насосом для питания паровых котлов.

Вакуумный деаэратор (ДСВ). Для деаэрации подпиточной воды тепловых сетей в котельных с водогрейными котлами используются *вакуумные деаэраторы* (рис. 95).

Вакуумный деаэратор, как и атмосферный, состоит из колонки *4* и бака деаэрованной воды *6*.

Вакуум в деаэрационной колонке создается водоструйным эжектором *2*, присоединенным к верхней части колонки. Для облегчения работы эжектора перед ним устанавливается охладитель выпара *3*,

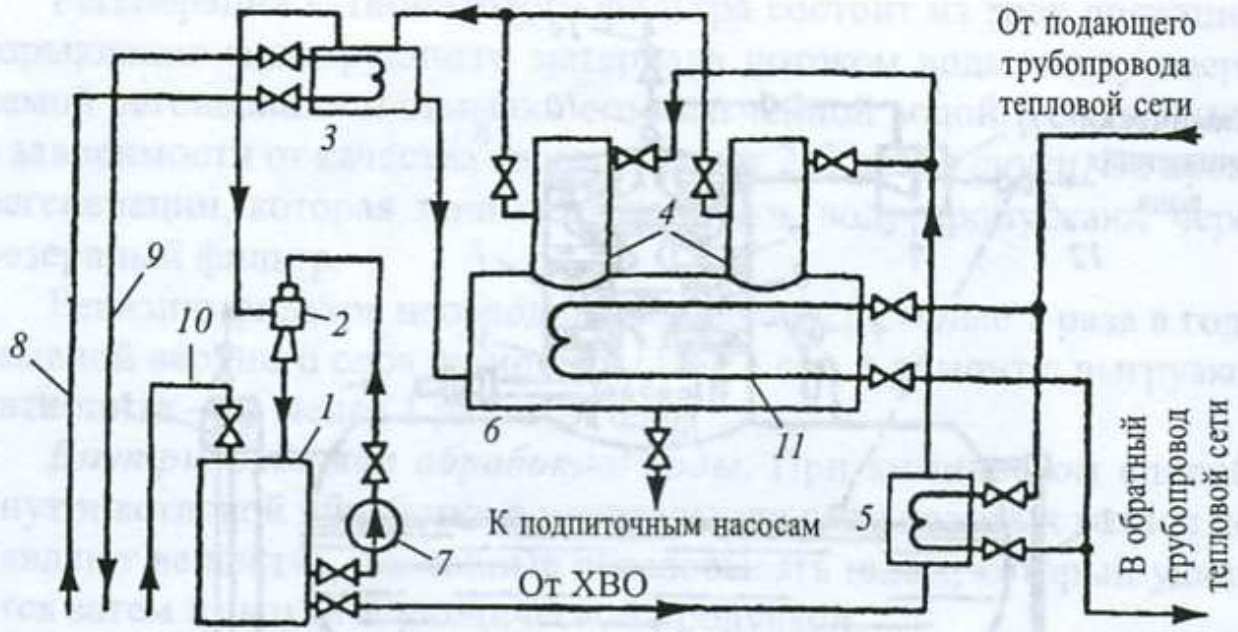


Рис. 95. Вакуумный деаэратор:
1 – бак-газоотделитель; *2* – водяной эжектор; *3* – охладитель выпара; *4* – деаэрационные колонки; *5* – водоводяной водоподогреватель; *6* – бак деаэрованной воды; *7* – центробежный насос; *8* – трубопровод городской воды; *9* – трубопровод воды к ХВО; *10* – трубопровод заполнения бака-газоотделителя; *11* – змеевик

так как водоструйный эжектор работает лучше, когда температура испарения ниже. Вода через эжектор перекачивается центробежным насосом *7*, создает разрежение, за счет которого из деаэрационной колонки отсасывается выпар и, смешавшись с водой, поступает в бак-газоотделитель *1*. В баке вода опускается вниз, а выпар остается наверху и удаляется в атмосферу.

Вода после умягчения, пройдя водоводяной подогреватель *5*, нагревается до 75–80 °С и подается в деаэрационную колонку *4*, где закипает при давлении ниже атмосферного. Освободившись от кислорода и углекислого газа, вода стекает в бак деаэрированной воды. Вода из бака подается подпиточным насосом на подпитку тепловой сети.

Для сохранения температуры деаэрованной воды в деаэраторном баке устанавливают змеевик *11*, через который проходит горячая вода из водогрейных котлов.

Вакуумные деаэраторы работают при давлении 0,3 абсолютной атмосферы ($P_{вак}$ = 0,7 кгс/см^2), которому соответствует температура кипения воды 68,9 °С.

Нормы качества питательной воды для водотрубных котлов с рабочим давлением пара до 4 МПа приведены в табл. 8.

Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов даны в табл. 9.

Таблица 8

Нормы качества питательной воды для водотрубных котлов с рабочим давлением пара до 4 МПа

Наименование	Рабочее давление, МПа (кгс/см^2)			
	0,9 (9)	1,4 (14)	2,4 (24)	4,0 (40)
Прозрачность по шрифту, см, не менее	30	40	40	40
Общая жесткость, мг-экв/кг	30*/ 40	15*/ 20	10*/ 15	5*/ 10
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe), мкг/кг	Не нормируется	300* / Не норм.	100* / 200	50* / 100
Содержание соединений меди (в пересчете на Cu), мкг/кг	Не нормируется			10
Содержание растворенного O_2 (для котлов 2 т/ч и больше), мкг/кг	50/ 100	30*/ 50	20*/ 50	20*/ 30
Значение pH при 25 °С	8,5	–	–	10,5
Содержание нефтепродуктов, мг/кг	5	3	3	0,5

*Для котлов, работающих на мазуте.

Таблица 9

Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов

Наименование	Система теплоснабжения					
	Открытая			Закрытая		
	Температура сетевой воды, °С					
	115	150	200	115	150	200
Прозрачность по шрифту, см, не более	40	40	40	30	30	30
Карбонатная жесткость: при pH < 8,5 мкг-экв/кг	800* / 700	750* / 600	375* / 300	800* / 700	750* / 600	375* / 300
при pH > 8,5 мкг-экв/кг	Не допускается			По расчету		
Содержание растворенного O_2, мкг/кг	50	30	20	50	30	20
Содержание соединений железа, (в пересчете на Fe), мкг/кг	300	300* / 250	250* / 200	600* / 500	500* / 400	375* / 300
Значение pH при 25 °С	7	7	8,5	7	7	11
Содержание нефтепродуктов, мкг/кг	1,0					

*Для котлов, работающих на мазуте.

Глава девятая

СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Системы водяного отопления, их назначение и виды

Для отопления помещений используются *местные* и *центральные* системы отопления.

Местной называется такая система отопления, в которой тепло используется непосредственно в отапливаемом помещении – печное отопление, газовые или электрические водонагреватели.

Центральной называется система отопления, в которой генератор тепла (котел или теплообменник) находится за пределами отапливаемого помещения.

В зависимости от количества отапливаемых домов системы центрального отопления – *домовые*, *групповые*, *квартальные* и *районные*, а от используемого теплоносителя (вода, пар или воздух) – *водяные*, *паровые* или *воздушные*.

Системы *водяного отопления* наиболее распространены, гигиеничны и легко регулируются в соответствии с температурой окружающего воздуха.

Системы *парового отопления* не гигиеничны из-за пригорания пыли, которая находится в воздухе, на поверхности нагревательных приборов, плохо поддаются регулированию и из-за этого используются, как исключение, для производственных, коммунальных и общественных помещений.

Воздушные системы отопления из-за плохого регулирования можно использовать только для отопления больших промышленных помещений и магазинов.

Центральные системы водяного отопления подразделяются:

по способу циркуляции – с естественной и искусственной;

по размещению распределительных трубопроводов – с верхней и нижней разводкой;

по схеме присоединения нагревательных приборов к стоякам – однотрубные и двухтрубные.

Системы отопления с естественной циркуляцией. Работа системы отопления с естественной циркуляцией основана на свойстве воды увеличиваться в объеме при нагревании и уменьшаться – при охлаждении. С увеличением температуры плотность воды уменьшается, т. е. вода в обратном стояке – тяжелее, чем в подающем и благодаря этому охлажденная вода опускается вниз, своей массой

вытесняет нагретую воду из котла в трубопровод горячей воды и поступает в котел, где нагревается.

Системы отопления с естественной циркуляцией допускаются только в малоэтажных зданиях с индивидуальной котельной при радиусе действия не более 30 м.

Системы отопления с искусственной циркуляцией. Для многоэтажных домов с радиусом действия более 30 м используются системы отопления с искусственной (насосной) циркуляцией, которая наиболее полно обеспечивает преодоление сопротивления движению воды по трубам.

При эксплуатации система отопления всегда заполнена водой. Установленные в котельной циркуляционные насосы должны создавать напор, необходимый для преодоления сопротивления сети и подключенных систем отопления.

Высокое давление в трубопроводах дает возможность одной котельной обогревать большое количество домов.

Двухтрубные системы отопления. Двухтрубными системы называются потому, что в них используются для питания нагревательных приборов и для отвода охлажденной воды используются две самостоятельные трубы. Такие системы водяного отопления с естественной и искусственной циркуляцией могут быть с *верхней* или *нижней разводкой*.

В системе с *верхней разводкой* нагретая в котле вода по главному стояку подается вверх в разводящую магистраль, которая проходит по чердаку или техническому этажу помещения и по распределительным стоякам движется сверху вниз, поступая в нагревательные приборы.

Воздух из котла, трубопроводов и нагревательных приборов удаляется через клапаны, которые установлены в верхних точках отопительной системы.

В системах отопления с *нижней разводкой* вода из котла поступает в подающий трубопровод, который проложен в подвалах или в каналах под полом первого этажа и по распределительным стоякам движется снизу вверх, поступая в нагревательные приборы.

Воздух выпускается через *краны в верхних пробках нагревательных приборов* на верхнем этаже помещения.

Однотрубные системы отопления. В этих системах нагревательные приборы обеими подводками подключены к одному и тому же стояку.

Системы горячего водоснабжения, их назначение и устройство

Горячее водоснабжение используется для жилых и общественных помещений. Вода при этом должна иметь температуру не менее 60 °С и отвечать требованиям ГОСТа к питьевой воде.

Системы горячего водоснабжения могут быть *местные* и *централизованные*.

В *местных системах,* рассчитанных на одну-две квартиры, вода нагревается вблизи места потребления в газовых водонагревателях, колонках, змеевиках. В *централизованных системах* вода нагревается в определенном месте (ЦТП, котельная) и затем транспортируется по трубам к многочисленным точкам водоразбора.

При этом вода нагревается:

в водоподогревателях котельных с паровыми или водогрейными котлами;

в водоводяных подогревателях ЦТП, с использованием теплоносителя от квартальных (районных) котельных или ТЭЦ (закрытые системы теплоснабжения);

от тепловой сети квартальных (районных) котельных или ТЭЦ (закрытые системы теплоснабжения).

В котельных с паровыми или водогрейными котлами вода для горячего водоснабжения нагревается в емкостных или скоростных водонагревателях. Такие системы горячего водоснабжения могут быть с верхней и нижней разводкой (рис. 96).

Вода нагревается по следующей схеме: пар из котла поступает в змеевик емкостного водоподогревателя, нагревает воду, которая находится в межтрубном пространстве и конденсируется. Вода подогретая до 60–70 °С под давлением городского водопровода подается в водоразборные краны, а конденсат по конденсатопроводу поступает в котел. Если водоподогреватель находится выше паросборника, конденсат двигается в котел самотеком, а если на уровне или ниже – с помощью насоса.

Схема принципиально не изменится, если в водоподогреватель будет подаваться не пар, а горячая вода от водогрейного котла. В этом случае охлажденная вода через обратный трубопровод поступает в котел для повторного нагревания.

Системы горячего водоснабжения разделяются на *тупиковую* и с *циркуляционными стояками*.

На рис. 96, *а* показана *тупиковая схема* горячего водоснабжения с нижней разводкой, в которой не предусмотрена возможность циркуляции воды при отсутствии водоразбора, в результате чего вода в трубах охлаждается.

Поэтому такие схемы предусматриваются в основном в малоэтажных жилых домах, а также в столовых, банях, прачечных, где горячая вода используется беспрерывно.

Если к системам горячего водоснабжения домов любой этажности подключены полотенцесушители, то в таких схемах предусматривается циркуляция воды через специальные *циркуляционные сто-*

яки (рис. 96, *б*). При этом даже при длительном отсутствии водоразбора в кранах всегда будет горячая вода, так же – в помещениях высотой более четырех этажей, если в них не установлены полотенцесушители.

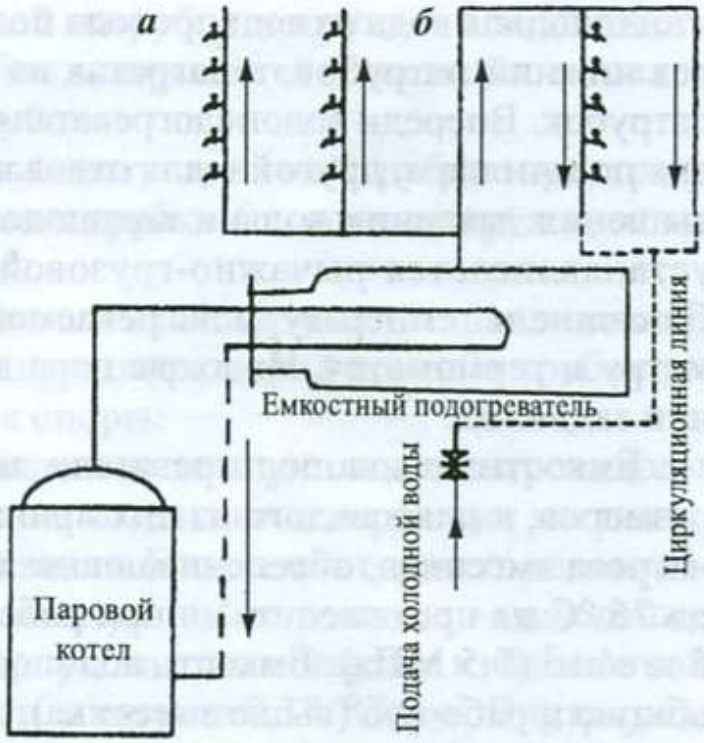


Рис. 96. Система горячего водоснабжения с нижней и верхней разводной:
а – тупиковая с нижней разводкой;
б – с циркулярными стояками и верхней разводкой

Водоподогреватели, их назначение, типы, устройство

В системах отопления и горячего водоснабжения используются *водоподогреватели* (бойлеры) и по конструктивному выполнению подразделяются на *емкостные* и *скоростные* (кожухотрубные и пластинчатые).

Емкостные водоподогреватели. применяются в системе горячего водоснабжения с периодическим разбором горячей воды, т. е. используются как баки-аккумуляторы.

Емкостные водоподогреватели типа СТД и «Энергия» (рис. 97) состоят из корпуса, внутри которого размещен змеевик из стальных труб. Для надежной эксплуатации змеевик устанавливается на опорах, а отдельные части скрепляются скобами.

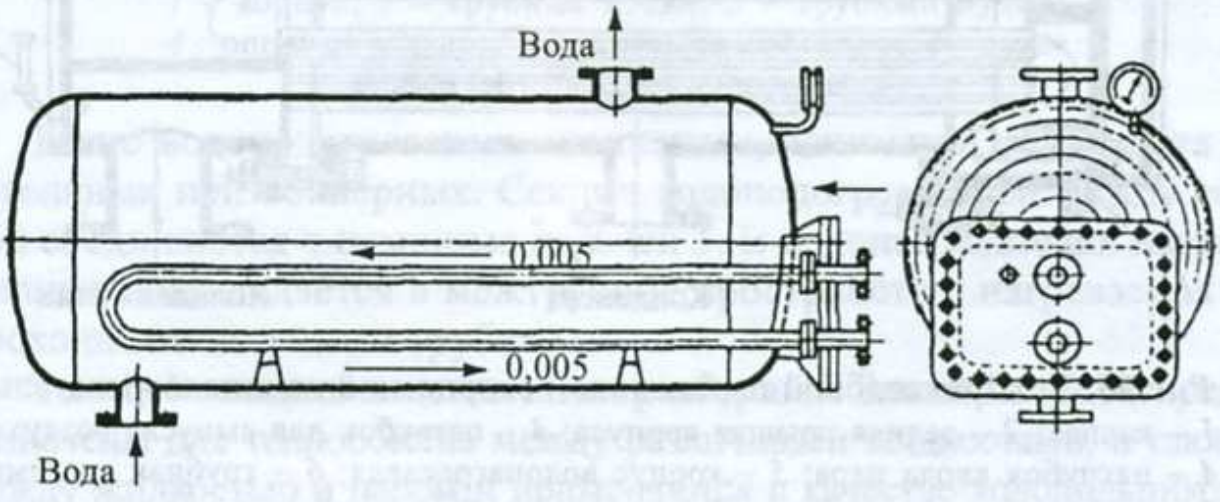


Рис. 97. Горизонтальный емкостный подогреватель «Энергия»

Холодная вода из водопровода подается в водоподогреватель через нижний патрубок, а нагретая на потребление – через верхний патрубок. Впереди водоподогревателя имеются два патрубка: один – для подачи пара, другой – для отвода с него конденсата. Против повышения давления воды в водоподогревателе более чем на 10 %, устанавливается рычажно-грузовой предохранительный клапан. Давление и температуру нагреваемой воды определяется по манометру и термометру. На входе пара в змеевик должен быть клапан или задвижка.

Емкостные водоподогреватели выполняются нескольких типоразмеров, и для каждого из них принята определенная поверхность нагрева змеевика, обеспечивающая температуру нагрева воды от 5 до 75 °С на протяжении 1 ч при рабочем давлении пара в змеевике 5 кгс/см^2 (0,5 МПа). Емкость водоподогревателя подразделяется на общую и рабочую (выше змеевика).

Пароводяные четырехходовые скоростные водоподогреватели (рис. 98) состоят из корпуса, к которому на болтах присоединены передняя и задняя камеры (в последней размещен колпак).

В водоподогревателе латунные трубки ∅16 × 1 мм или ∅16 × 0,75 мм с обеих сторон ввальцованы в трубные решетки: передняя жестко закреплена фланцами между корпусом и передней камерой, а задняя соединена с внутренним колпаком, свободно размещенным в задней камере, которая дает возможность перемещаться и таким образом компенсировать удлинение трубок при их нагреве. Такие водоподогреватели не требуют компенсаторов.

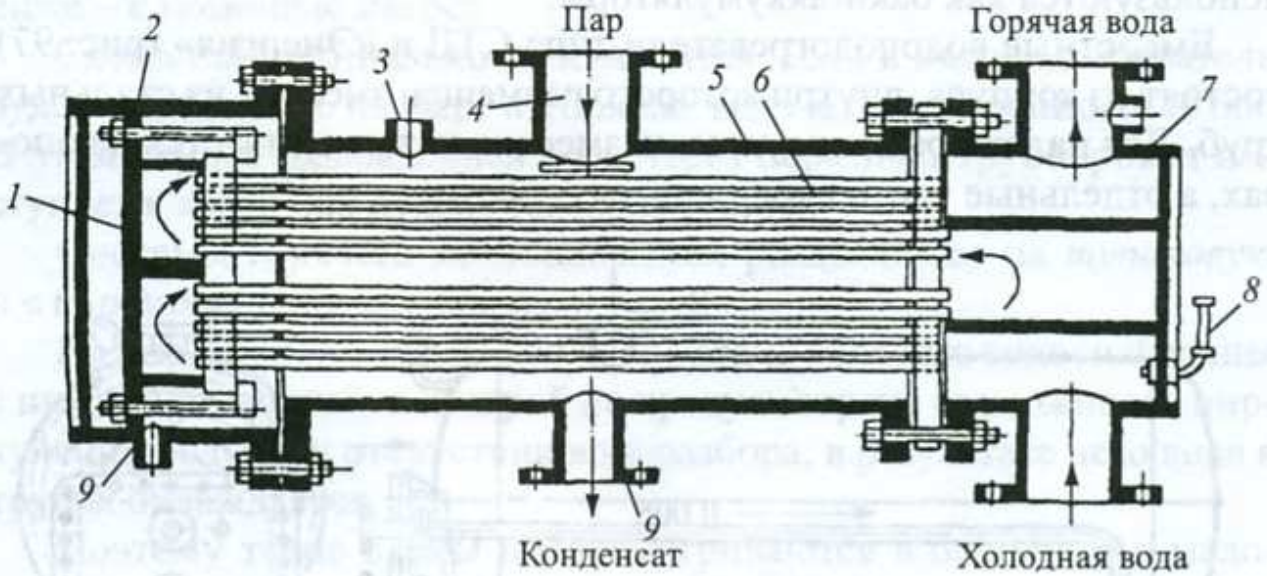


Рис.98. Четырехходовой пароводяной скоростной водоподогреватель: *1* – колпак; *2* – задняя крышка корпуса; *3* – патрубок для выпуска воздуха; *4* – патрубок ввода пара; *5* – корпус водонагреваеля; *6* – трубная система; *7* – передняя крышка корпуса; *8* – термометр; *9* – патрубок отвода конденсата

Холодная вода через входной патрубок поступает в водоподогреватель, циркулирует по трубам, нагревается и подается в тепловую сеть через выходный патрубок.

Пар через верхний патрубок *4* поступает в межтрубное пространство водоподогревателя, нагревает трубки *6* и, конденсируясь, отводится через нижний патрубок *9*.

В скоростных водоподогревателях такого типа устанавливаются трубки длиной 2 или 4 м. Для предотвращения прогиба трубок их устанавливают на специальные опоры.

Пароводяные водоподогреватели используются для нагрева воды в системах водяного отопления на котельных с паровыми котлами.

Водоводяные водоподогреватели. В системах горячего водоснабжения на ЦТП и котельных используются скоростные водоводяные подогреватели (рис. 99, 100). Корпус *1* изготавливается из бесшовной трубы ∅ 57–530 мм с поверхностью нагрева 0,37–83,4 м². Внутри размещены латунные трубки ∅16 × 1 мм в количестве от 4 до 151 шт.

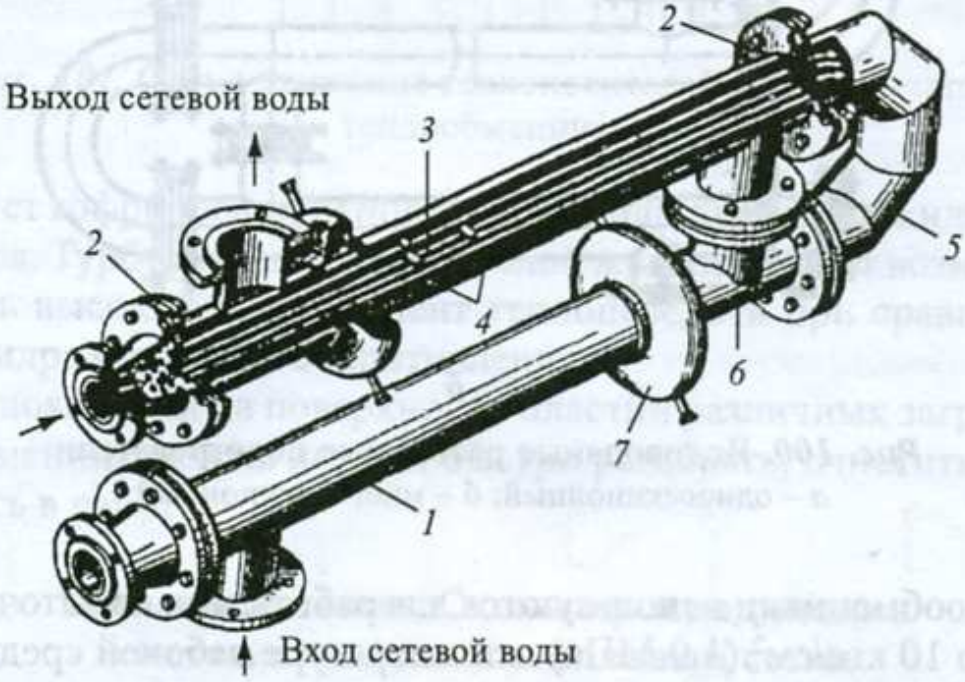
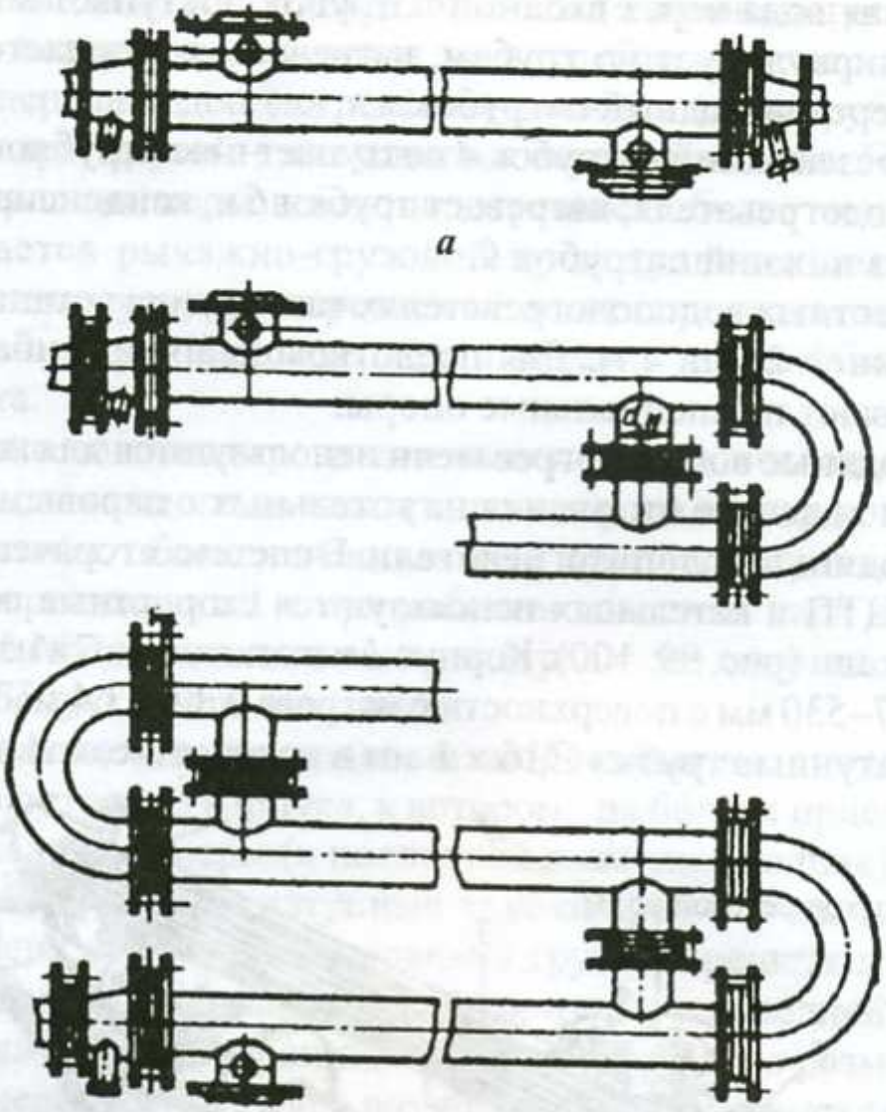


Рис. 99. Водоводяной подогреватель:
1 – корпус; *2* – трубные доски; *3* – трубный пучок; *4* – опорные кольца; *5* – соединительный калач; *6* – переходной патрубок; *7* – компенсатор

Такие водоподогреватели компактны, занимают мало места в котельных или бойлерных. Секции водоподогревателей между собой соединяются с помощью калачей *5*. В водонагревателях нагревающая вода подается в межтрубное пространство, нагреваемая – проходит по латунным трубкам.

Теплообменники пластинчатые разборные. Теплообменники предназначены для теплообмена между различными жидкостями, а также между жидкостью и паром и применяются в качестве холодильников, подогревателей, конденсаторов в различных областях промышленности.



а

б

Рис. 100. Водоводяные разъемные подогреватели:
а – односекционный; *б* – многосекционный

Теплообменники используются для работы при избыточном давлении до 10 кгс/см² (1,0 МПа) и температуре рабочей среды от –30 до +180 °С и собираются из унифицированных сборных единиц и деталей и могут иметь поверхность теплообмена от 3 до 800 м². Теплообменник состоит из тонких штампованных пластин из нержавеющей стали с гофрированной поверхностью, собранных на раму консольного типа.

Рама состоит из неподвижной плиты с закрепленными штангами, прижимной плиты и стяжных болтов. Пластины собираются на раму так, чтобы одна пластина относительно другой была повернута на 180°, причем резиновые прокладки повернуты в сторону прижимной плиты. Пустоты между соседними пластинами являются каналами для прохода теплоносителя.

Группа пластин, образовывающих систему каналов, в которых рабочая среда движется только в одном направлении, составляет

пакет. Один или несколько пакетов, зажатых между неподвижной и прижимной плитами, называются *секцией*. По углам пластин есть отверстия, которые образуют в собранной секции распределительные коллекторы для теплоносителя. Уплотнение пластин между собой осуществляется по уплотняющему пазу резиновой прокладкой.

По щелевым каналам из соответствующих коллекторов по одну сторону каждой пластины движется горячий теплоноситель, по другую – холодный. Теплоносители движутся противотоком (рис. 101).

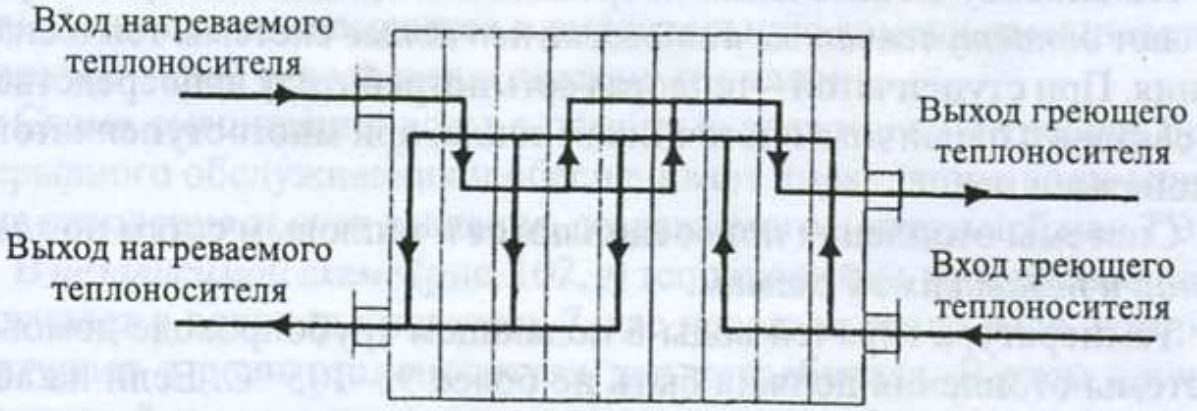


Рис. 101. Схема движения теплоносителей в пластинчатом теплообменнике

За счет гофрированной поверхности пластин поток жидкости завихряется. Турбулизация и тонкий слой жидкости дают возможность получить высокий коэффициент теплопередачи при сравнительно малых гидравлических сопротивлениях.

При появлении на поверхности пластин различных загрязнений теплообменник можно легко и быстро разобрать, очистить и снова запустить в работу.

Теплоснабжение. Схемы присоединения систем отопления к тепловым сетям

Теплоснабжение – это централизованное снабжение потребителей теплом с помощью теплоносителей – *пара* или *воды*. Различают *паровое* и *водяное* теплоснабжения.

Паровое теплоснабжение применяется на больших промышленных предприятиях, которые имеют свои котельные или ТЭЦ. Для обеспечения теплом жилищно-коммунального сектора используется вода с температурой до 150 °С – *водяное теплоснабжение*.

Система теплоснабжения – это источник теплоснабжения, тепловые сети и потребляющие объекты. В зависимости от числа и характера потребителей теплоснабжение различается:

местное – обеспечивает один дом;

групповое – для группы близко размещенных домов;

районное – для жилого района или массива;
промышленное.

Источником тепла служат теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), тепловые электростанции (ТЭС), районные или квартальные котельные.

Тепловыми сетями принято называть систему трубопроводов, предназначенную для подачи теплоносителя от источника теплоснабжения к абонентским вводам – узлам присоединения потребителей к тепловым сетям.

По способу обеспечения потребителей тепловой энергией различают *одноступенчатые и многоступенчатые* системы теплоснабжения. При ступенчатой – тепловая сеть потребителя непосредственно связана с первичным источником тепла, при многоступенчатой – такой связи нет.

Системы отопления присоединяются к тепловым сетям по *зависимой и независимой* схемам.

Температура горячей воды в подающем трубопроводе домовой системы отопления должна быть не более 95–105 °С. Если на абонентских вводах температура выше указанной, то ее можно снизить подмешиванием охлажденной воды из обратного трубопровода с помощью *элеватора* (рис. 102, *б*) или *насоса* (рис. 102, *в*) при присоединении домовой системы по *зависимой схеме*.

На рис. 102 показаны зависимая непосредственная схема (*а*), зависимая с элеваторным смешиванием (*б*), зависимая схема с насосным смешиванием (*в*), независимая схема (*г*).

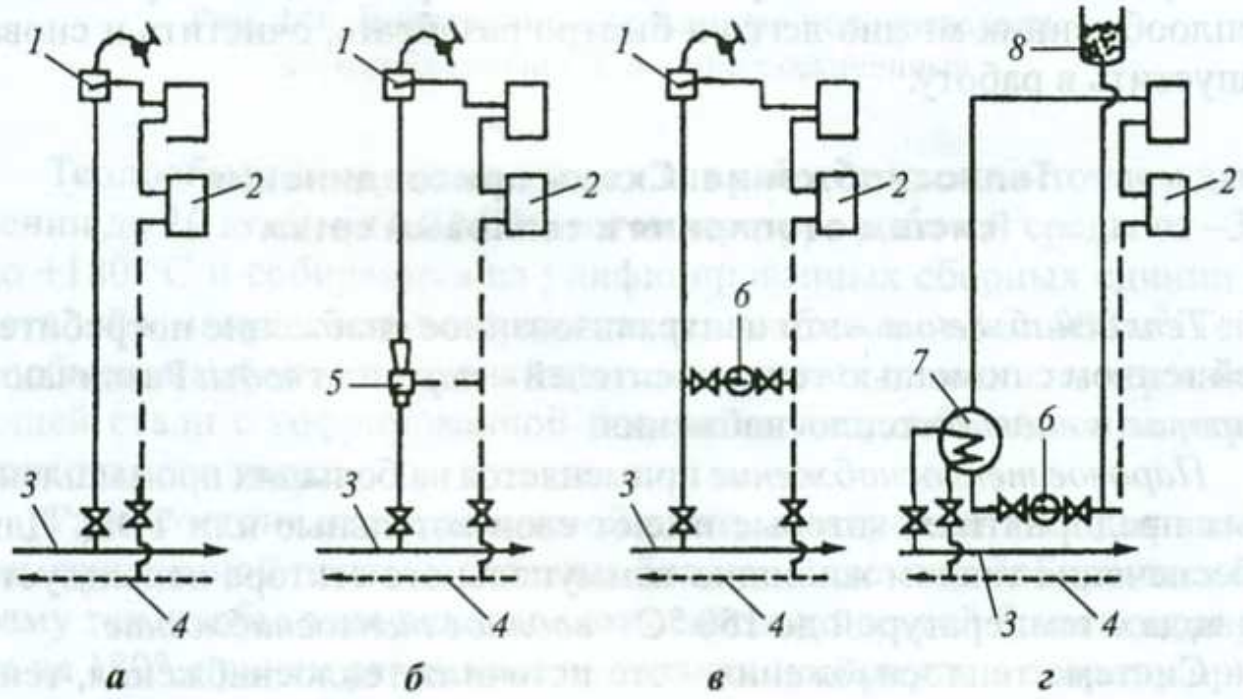


Рис. 102. Схемы систем отопления:
1 – воздухосборник; *2* – нагревательный прибор; *3* – подающий трубопровод; *4* – обратный трубопровод; *5* – элеватор; *6* – насос; *7* – водоподогреватель; *8* – расширительный сосуд

Наибольшее распространение получила схема смешивания воды с помощью элеватора. Водоструйный элеватор работает только в том случае, если разность давлений в подающем и обратном трубопроводах составляет 7-15 м вод. ст. (0,07–0,15 МПа). Элеватор изготавливается из чугуна или стали и состоит из конического сопла, камеры всасывания, смесительной камеры и диффузора. Вода через коническое сопло, двигаясь с большой скоростью, поступает в смесительную камеру. В кольцевом пространстве между соплом и конусом создается разрежение, под действием которого вода из обратной линии подсасывается в смесительную камеру, смешивается с горячей водой и подается в систему отопления.

Схема смешивания воды с помощью элеватора не требует беспрерывного обслуживания и обеспечивает циркуляцию воды в системе отопления за счет давления, создаваемого в котельной или ТЭЦ.

В *независимой схеме* (рис. 102, *г*) теплоноситель из тепловой сети поступает в водоподогреватель 7, где передает тепло воде, которая выступает в роли теплоносителя для потребителя. В этом случае первичный и вторичный теплоносители разделены поверхностью нагрева водоподогревателя. Каждый из них может иметь свои параметры. Для первичного теплоносителя параметры определяются условиями работы источника тепла, для вторичного – требованиями потребителя. Это обеспечивает наиболее экономичную работу.

Глава десятая

ГАЗОВЫЕ ГОРЕЛКИ И МАЗУТНЫЕ ФОРСУНКИ

Газовые горелки, их основные типы. Диффузионные и инжекционные горелки

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

По способу смешивания газа с воздухом горелки различают:

без предварительного смешивания (диффузионные);

с полным предварительным смешиванием (кинетические);

с частичным смешиванием;

с неполным смешиванием.

По давлению газа – низкого, среднего и высокого давления.

По способу подачи воздуха – за счет разрежения в топке; путем подсоса воздуха за счет инжекции газовой струей; с помощью дутьевого вентилятора.

Диффузионные горелки. В этих горелках газ смешивается с воздухом не в горелке, а в топке вследствие взаимной диффузии газа и воздуха на границах вытекающего потока. Горелки называют еще горелками *внешнего смешивания*. Примером такой горелки является *диффузионная подовая горелка* (рис. 103), представляющая собой трубу с заглушенным торцом. По длине трубы выполнены один или два ряда отверстий, просверленных в шахматном порядке. Диаметр (0,5–3 мм), количество отверстий 8 шт. и шаг между ними (∅ отв. 4–16 мм) зависит от производительности горелки.

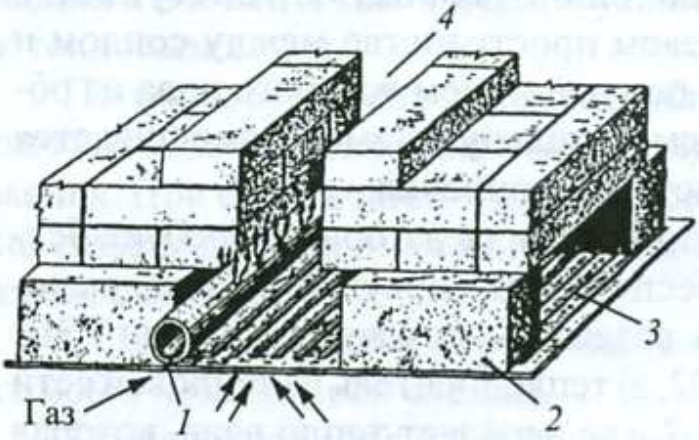


Рис. 103. Диффузионная подовая горелка: *1* – газовый коллектор; *2* – кирпич «на ребро»; *3* – колосниковая решетка; *4* – огневая щель

Горелки отличаются простотой конструкции и обслуживания, бесшумностью в работе. Основные недостатки этой горелки связаны с регулированием горения и для полного полного сжигания топлива требуется высокий коэффициент избытка воздуха.

Подовая горелка представляет щель *4*, стенки которой выполнены из огнеупорного кирпича и в нижней части которой размещается газовый коллектор *1* (∅ 32–80 мм).

Газ через отверстия в коллекторе выходит в щель горелки, равномерно распределяясь по ее длине. Воздух для горения поступает в ту же щель снизу и перемешивается с газом. В щели начинается горение газа. В процессе работы щель разогревается и обеспечивает надежную стабилизацию пламени на всех режимах работы горелки.

Подовые горелки могут работать на низком (130 или 200 мм вод. ст.) и среднем (3 000 мм вод. ст.) давлении газа, при естественной и искусственной тяге.

При достаточной площади топки для повышения равномерности теплоотдачи и уменьшения теплового напряжения щели устанавливается несколько горелок, расстояние между коллекторами которых 500 мм и более. Расстояние от горелок до боковых стен должно быть не менее 400 мм.

Ширина щели в горелке низкого и среднего давления одинакова и составляет 110 мм, номинальное давление воздуха 50 мм вод. ст.

Инжекционные горелки. В этих горелках воздух подсасывается за счет инжекции газовой струей, выходящей из сопла с большой скоростью.

Инжекционная горелка низкого давления (рис. 104, *а*) состоит из трубопровода подачи газа, сопла *2*, смесителя, состоящего из конфузора *3*, горловины *4* и диффузора *5*.

На выходе из горелки устанавливается огневой насадок *6*. Воздух, необходимый для сжигания топлива, подается двумя потоками. Первичный поток в количестве от 30 до 70 % необходимого для полного сжигания топлива поступает за счет инжекции газовой струей. Количество этого воздуха регулируется с помощью регулятора *1*. Вторичный поток воздуха поступает в зону горения за счет разрежения в топке.

В инжекционной горелке среднего давления (рис. 104, *б*) за счет энергии газа подсасываются в смесь 100 % воздуха, необходимого для сжигания топлива.

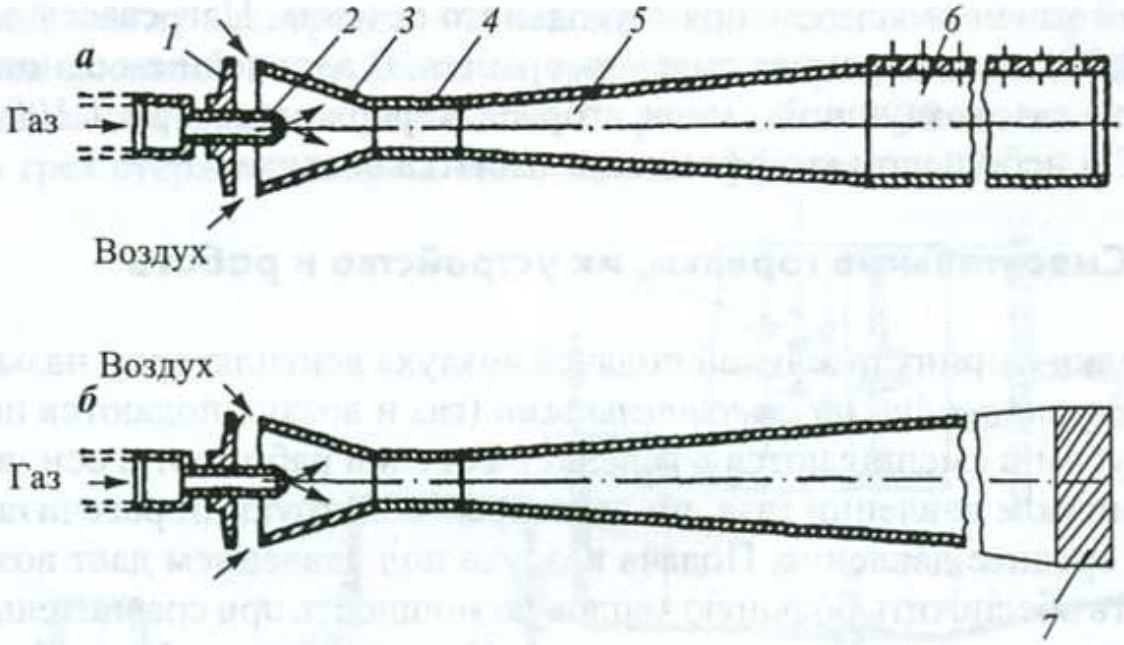


Рис. 104. Схемы инжекционных горелок:
а – низкого давления; *б* – среднего давления инженера Казанцева; *1* – воздушно-регулировочная заслонка (шайба); *2* – сопло; *3* – конфузор; *4* – горловина; *5* – диффузор; *6* – огневой насадок; *7* – стабилизатор горения

На выходе из горелки устанавливается стабилизатор горения *7*, который препятствует проскоку пламени в горелку и уменьшает возможность отрыва факела от горелки.

Разновидностью инжекционных горелок являются разработанные Укргипроинжпроектом *форкамерные горелки,* получившие широкое применение (рис. 105). Они бывают низкого и среднего давления и работают при номинальном давлении газа соответственно 130 мм вод. ст. (1,3 кПа) и 3 000 мм вод. ст. (30 кПа).

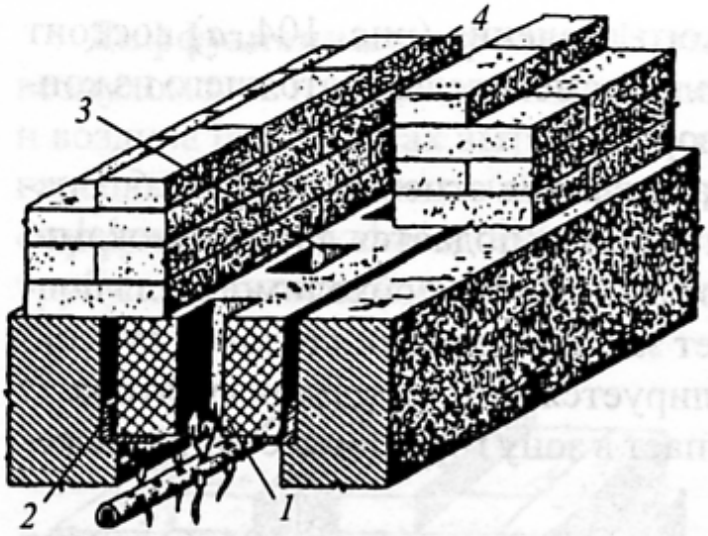


Рис. 105. Форкамерная горелка:
1 – газовый коллектор; *2* – опора каменного моноблока, *3* – канал-смеситель; *4* – форкамера

Идентичные по конструкции, горелки состоят из трех частей:

заглушенной с одного конца стальной газовой трубы, вдоль которой для выхода газа в один ряд просверлены отверстия ∅ 3–6 мм с шагом 140 мм;

каменного моноблока с каналами-смесителями сечением 150–180 мм и высотой 250 мм;

форкамеры (туннеля) из огнеупорного кирпича высотой 170 мм. Над каждым газовым отверстием имеется свой самостоятельный канал-смеситель прямоугольного сечения. Нагреваясь до 700–800 °С, газовоздушная смесь загорается. В дальнейшем основная часть газовоздушной смеси сгорает в форкамере при 1 100–1 200 °С и небольшом коэффициенте избытка воздуха.

Смесительные горелки, их устройство и работа

Горелки с принудительной подачей воздуха вентилятором называются *двухпроводными смесительными* (газ и воздух подаются по двум трубам и смешиваются в горелке). Горелки работают в основном на низком давлении газа, но некоторые конструкции рассчитаны и на среднее давление. Подача воздуха под давлением дает возможность обеспечить бóльшую тепловую мощность при сравнительно небольших размерах горелки.

Газ для лучшего перемешивания выходит через многочисленные отверстия, направленные под углом к потоку воздуха. В зависимости от направления газового потока различают горелки с *центральной* подачей газа, если поток направлен от центра к периферии, и горелки с *периферийной* подачей газа, если поток газа направлен от периферии к центру горелки.

Во многих конструкциях горелок этого типа воздуху придается вращательное движение. Для этого используются завихрители с постоянным и регулируемым углом установки лопаток, горелке придают лепестковую форму или вводится воздух тангенциально в горелку цилиндрической формы.

Горелки позволяют регулировать длину и светимость факела, а также подавать к месту горения воздух, предварительно подогретый за счет тепла отходящих газов. Полнота сгорания газа

может быть обеспечена при минимальном коэффициенте избытка воздуха.

Недостатком смесительных горелок являются:

затрата электроэнергии на привод вентилятора;

необходимость своевременного и надежного отключения подачи газа при остановке вентилятора.

Промышленностью выпускаются смесительные горелки ГА; ГГВ; Г-1,0; ГМГ; НГМГ; ГМГБ и др.

Горелки Г-1,0 (рис. 106). Эти горелки устанавливают на котлах небольшой теплопроизводительности (Е-1/9; «Факел-Г»).

Газовая часть горелки состоит из коллектора ($D_у$ = 70 мм) с газовыпускными отверстиями и размещенной внутри зажигательной трубки ($D_у$ = 10 мм), к которой газ поступает по самостоятельному газопроводу через электромагнитный автоматический клапан. Зажигание газа, выходящего из запальной трубки *12*, осуществляется искрой между электродом зажигания и корпусом горелки при подаче тока высокого напряжения от трансформатора зажигания. Для стабилизации пламени запальника на расстоянии ≈ 30 мм от его торца на трех стержнях закреплена стабилизирующая шайба.

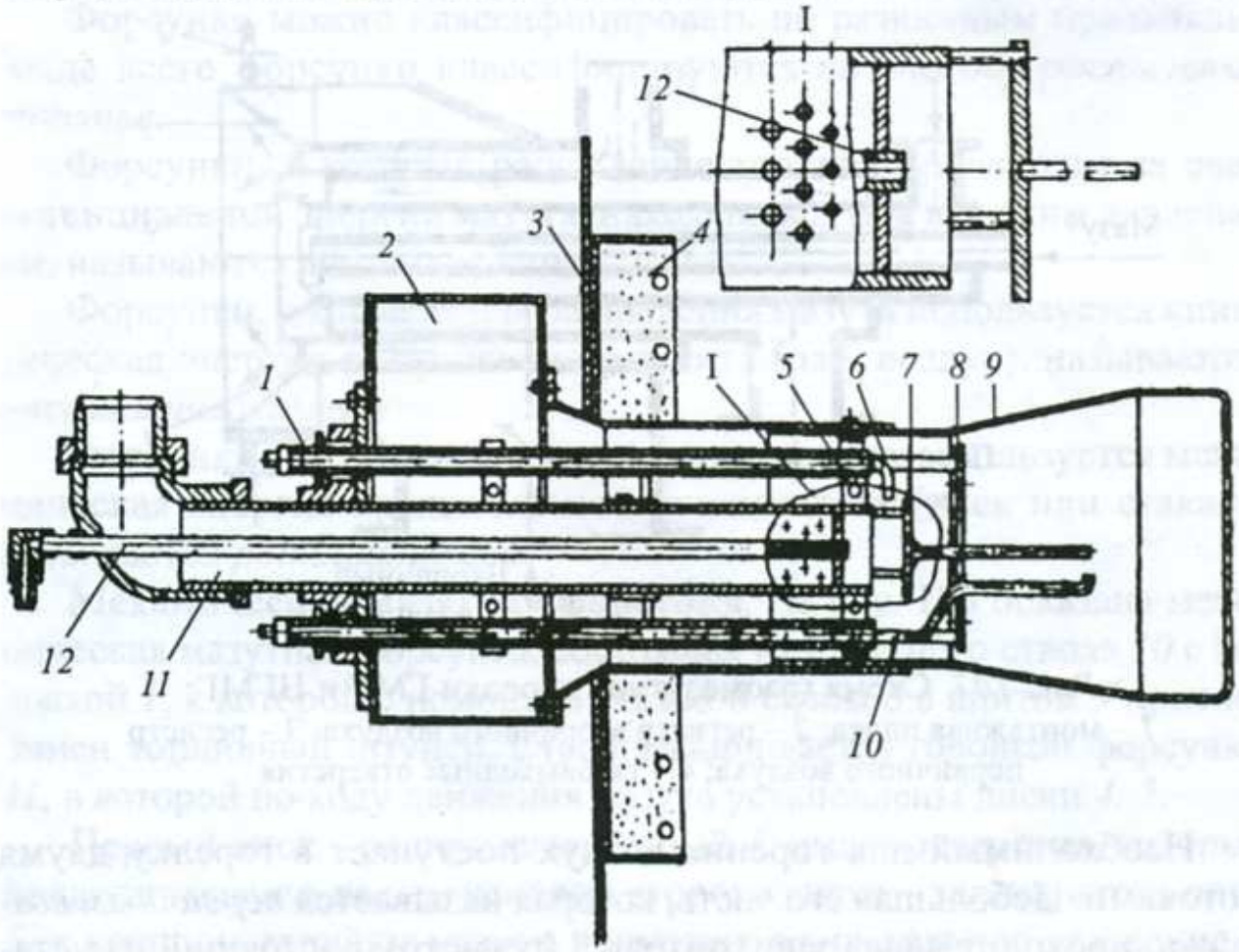


Рис. 106. Горелка газовая Г-1,0:

1 – фарфоровая изолирующая трубка; *2* – воздушный короб; *3* – фронтальный лист; *4* – тепловая изоляция фронтального листа; *5* – хомут для крепления электродов; *6* – электрод зажигания; *7,8* – стабилизующая шайба запальника и горелки; *9* – смеситель; *10* – электрод контроля пламени; *11* – основная газовая труба; *12* – запальная трубка

Конец газовой трубы *11* заглушен, и газ выходит через три ряда отверстий ∅ 6,5; 5,0 и 3,5 мм, просверленных в трубе перпендикулярно потоку воздуха.

Газовая часть горелки размещена в воздушном коробе *2*, в который поступает воздух от дутьевого вентилятора.

Горелка имеет два электрода – зажигания *6* и контроля пламени *10*, защищенного диэлектрическими фарфоровыми трубками. Электрод контроля пламени контролирует наличие пламени, и при погасании пламени в топке подача газа к горелке автоматически прекращается.

Горелка к котлу крепится с помощью фронтальной плиты *3*, покрытой со стороны топки тепловой изоляцией *4*.

Газомазутные горелки. В котельных установках широко используются паромеханические (ГМГ) и низконапорные пневмомеханические (НГМГ) газомазутные горелки.

Горелки (рис. 107) состоят из трех концентрических, т. е. установленных одна в одну, цилиндрических камер. Газ поступает в среднюю узкую камеру и выходит через один или два ряда отверстий небольшого диаметра, размещенных по кругу. В центре горелки размещена форсунка, которая включается при работе на мазуте.

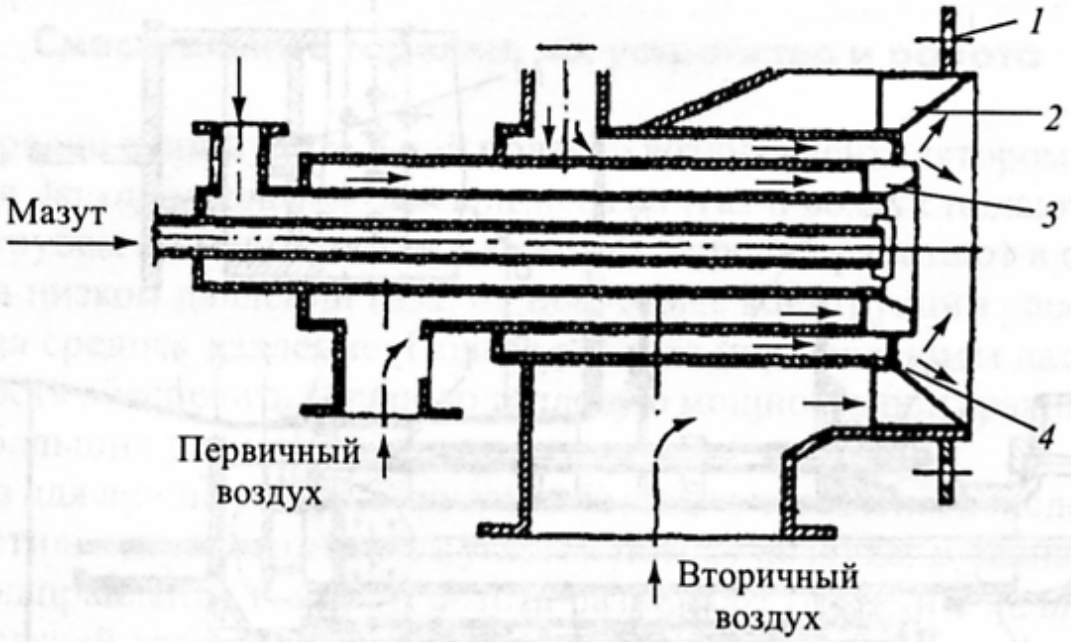


Рис. 107. Схема газомазутной горелки ГМГ и НГМГ:
1 – монтажная плита; *2* – регистр вторичного воздуха; *3* – регистр первичного воздуха; *4* – газовыходные отверстия

Необходимый для горения воздух поступает в горелку двумя потоками. Небольшая его часть, которая называется *первичным воздухом*, проходит через завихритель *3* (регистр), состоящий из установленных под углом лопаток, непосредственно к корню факела. Этот воздух, в особенности при малых тепловых нагрузках котла, улучшает перемешивание с газом. Количество его составляет примерно 15 % общего объема.

Основной поток воздуха, который называется *вторичным*, также проходит через завихритель *3* и закрученным потоком поступает к месту горения.

Горелки работают с коэффициентом избытка воздуха на природном газе $a = 1{,}05$; на мазуте $a = 1{,}15$; длина факела 1,1–2 м; диапазон регулирования 20–100 %.

Мазутные форсунки, их классификация

Эффективное и экономичное сжигание мазута достигается в результате его тонкого и однородного распыления, хорошего смешивания с воздухом и создания условий для стабилизации фронта загорания и стойкого факела необходимой формы и направления.

Мазутные горелки состоят из форсунки, воздухонаправляющего устройства и амбразуры.

Форсунки предназначены для распыления жидкого топлива и регулирования его подачи, а *воздухонаправляющие устройства* и *амбразуры* – для создания однородной воздушно-мазутной смеси и ее распределения в топочном пространстве.

Форсунки можно классифицировать по различным признакам. Чаще всего форсунки классифицируются *по способу распыления топлива*.

Форсунки, в которых распыление топлива происходит за счет потенциальной энергии мазута, находящаяся под высоким давлением, называются *механическими*.

Форсунки, в которых для распыления мазута используется кинетическая энергия распыляющего агента (пар, воздух), называются *пневматическими*.

Форсунки, в которых для распыления мазута используется механическая энергия вращательного распылителя (диск или стакан), называются *ротационными*.

Механическая мазутная форсунка. На рис. 108 показана механическая мазутная форсунка, состоящая из мазутного ствола *10* с колодкой *1*, к которой с помощью стяжной скобы *8* с винтом *9* присоединен топливный штуцер. Ствол заканчивается головкой форсунки *11*, в которой по ходу движения мазута установлены диски *4, 5*.

Первый диск – распределительный *4*, имеет отверстия, которые подводят мазут к косым каналам второго диска – **завихрительного** *5*, в котором струйки мазута получают вращательное движение и выходят через выходное отверстие (сопло) *6*.

Промышленностью выпускаются мазутные форсунки:
механические малые ОН-521-01 – ОН-521-10;
механические средние ОН-547-01 – ОН-547-06.

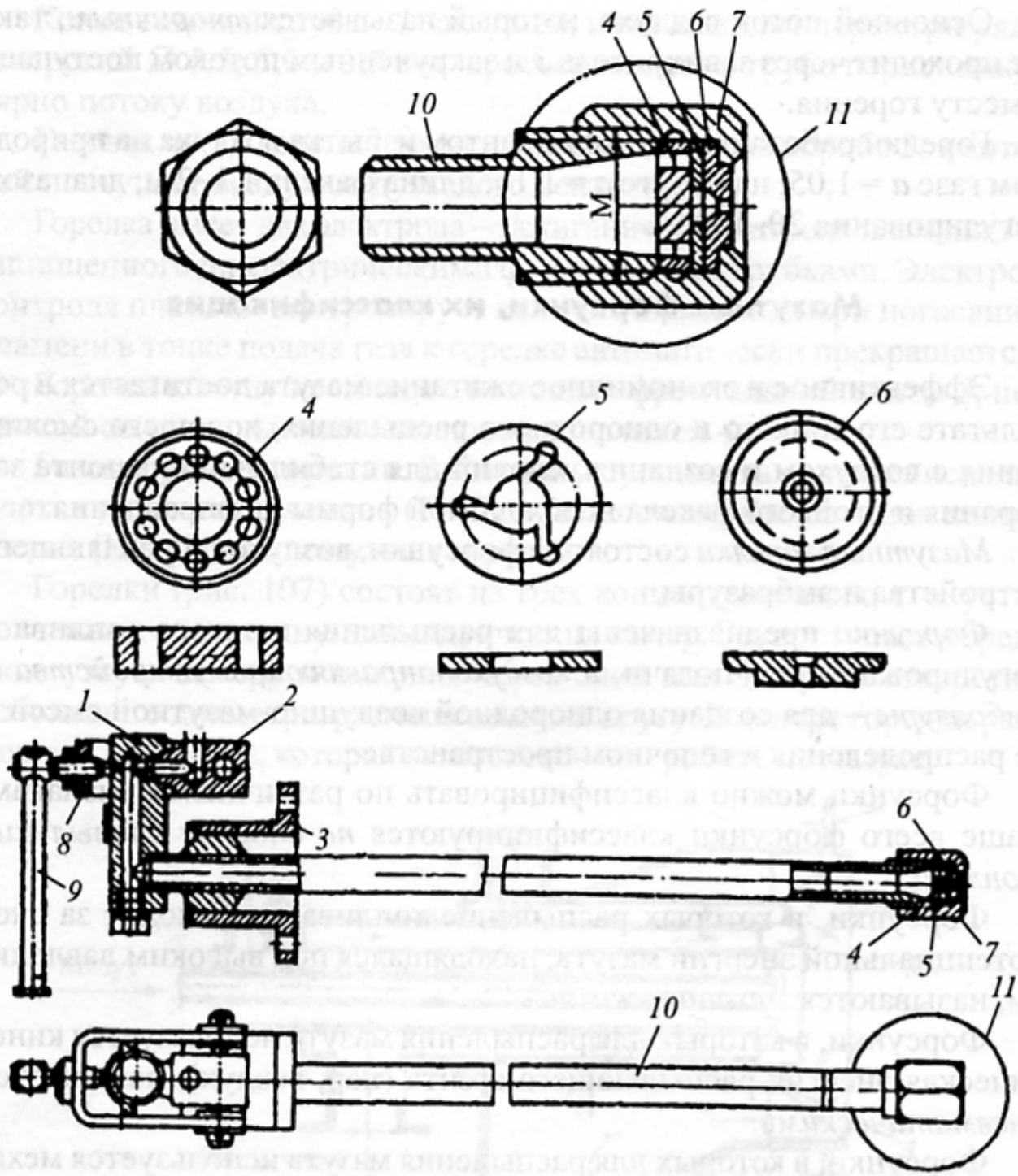


Рис. 108. Мазутная механическая форсунка завода «Ильмарине»:
1 – колодка; *2* – топливный штуцер; *3* – фланец; *4* – распределительный диск; *5* – завихрительный диск; *6* – сопло; *7* – гайка; *8* – скоба; *9* – зажимной винт; *10* – ствол; *11* – головка форсунки

Крепление форсунки к амбразуре топки или к воздушному регистру горелки осуществляется с помощью фланца болтами.

Механические форсунки обеспечивают экономичное и надежное сжигание мазутов М-40 и М-100 при условной вязкости не выше 4°ВУ, которая достигается подогревом мазута до 100–120 °С.

Механические форсунки используются в котлах средней и большой производительности, для которых мазут – основное топливо. Преимущество их – небольшая затрата электроэнергии, недостатки – установка специальных насосов, узкие границы регулирования

(70–100 %), необходимость периодической очистки от нагара и твердых отложений. Их невозможно изготавливать небольшой единичной мощности, так как выходные отверстия должны быть очень малыми, что ведет к частому их забиванию.

Мазутная форсунка с паровым распылом. На рис. 109, *а, б* изображены мазутные форсунки с механическим и паровым распылом. Мазутная форсунка с паровым распылом (рис. 109, *б*) состоит из корпуса *13*, штуцеров подвода мазута и пара. Пар походит в форсунке по центральному трубопроводу, а мазут по каналу, образованному между внутренней *11* и внешней *12* трубками. Пар с большой скоростью выходит через расширяещееся сопло. Мазут, пройдя концевой канал, попадает в поток пара через кольцевую щель, образуемую соплом *10* и внутренней конической поверхностью диффузора *9*, где и распыляется.

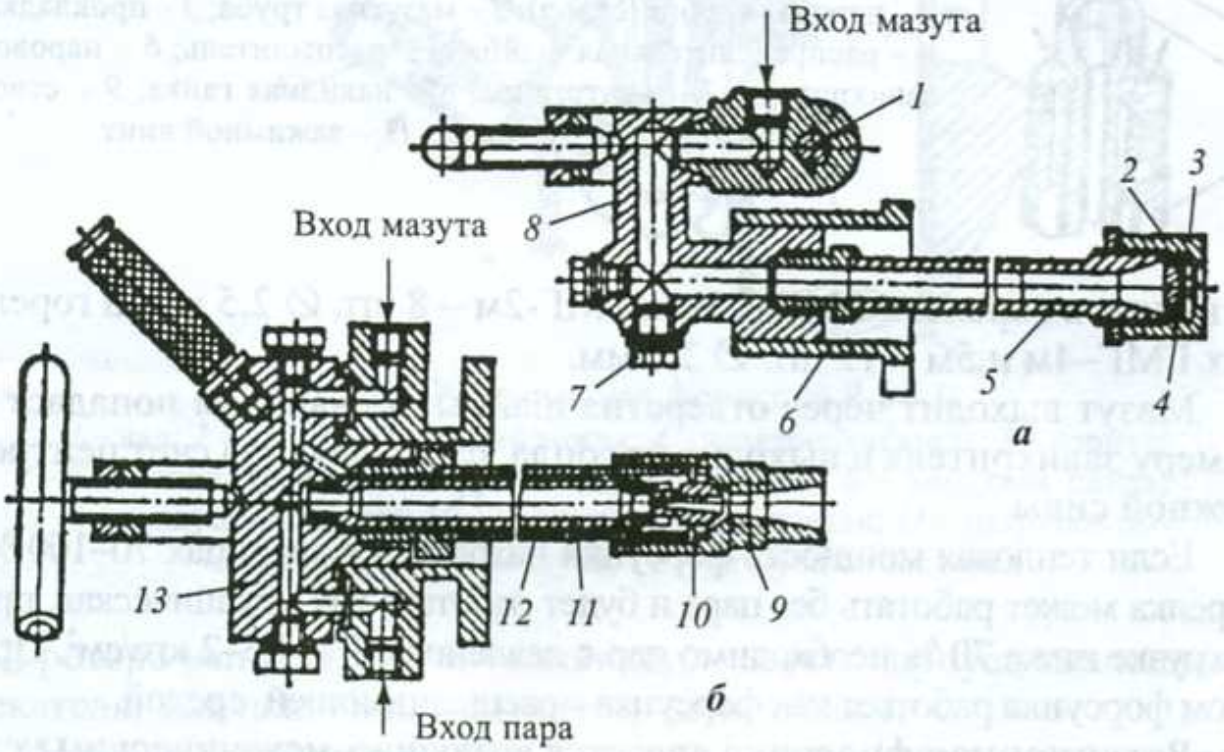


Рис. 109. Мазутные форсунки с механическим (*а*) и паровым (*б*) распылом:

1 – конечная часть мазутопровода; *2* – гайка; *3* – распылительная головка; *4* – завихрительный диск; *5* – ствол с наконечником; *6* – втулка; *7* – пробка; *8, 13* – корпус; *9* – диффузор; *10* – сопло; *11* – внутренняя трубка; *12* – внешняя трубка

Комбинированные паромеханические форсунки. В горелках ГМГм и ГМ используются *паромеханические форсунки* (рис. 110). Мазут подается в распределительную головку, в которой установлены шайба распределительная с одним рядом отверстий, завихрители топливный и паровой *6*, которые имеют по три тангенциальных канала. Шайба и завихрители крепятся с помощью накидной гайки *8*. Количество и диаметр отверстий в распределительной шайбе сле-

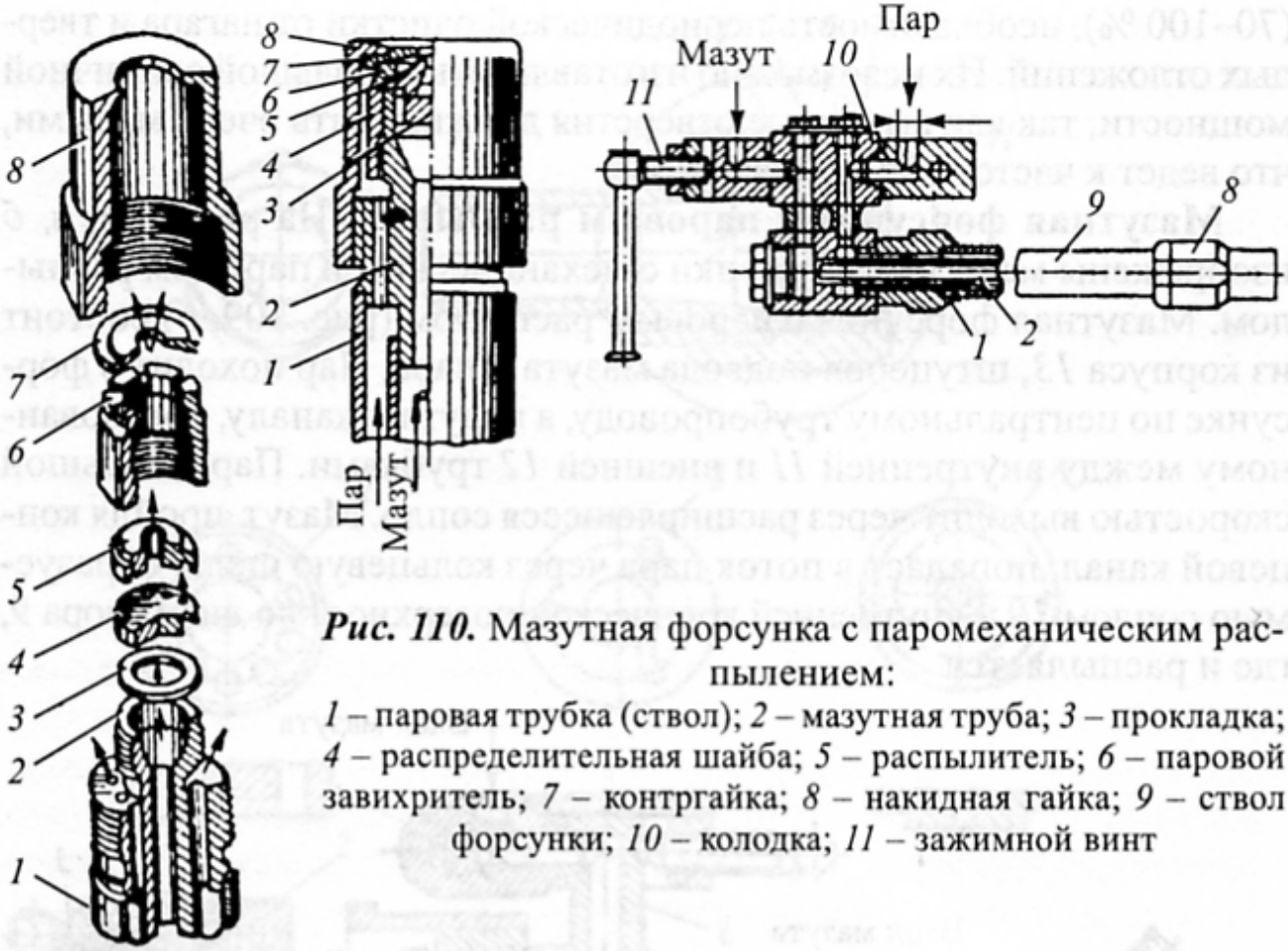


Рис. 110. Мазутная форсунка с паромеханическим распылением:

1 – паровая трубка (ствол); *2* – мазутная труба; *3* – прокладка; *4* – распределительная шайба; *5* – распылитель; *6* – паровой завихритель; *7* – контргайка; *8* – накидная гайка; *9* – ствол форсунки; *10* – колодка; *11* – зажимной винт

дующие: в горелках ГМГ-1,5м и ГМГ-2м – 8 шт. ∅ 2,5 мм; в горелках ГМГ–4м и 5м – 12 шт. ∅ 3,0 мм.

Мазут выходит через отверстия шайбы, по каналам попадает в камеру завихрителя и выходит из сопла, распыляясь за счет центробежной силы.

Если тепловая мощность форсунки находится в границах 70–100 %, горелка может работать без пара и будет работать как механическая, при нагрузке ниже 70 % необходимо пар с давлением P = 1,5–2 кгс/см^2. При этом форсунка работает как форсунка с распыливающей средой.

Ротационная форсунка является воздушно-механическим устройством, в котором распыление жидкого топлива осуществляется под действием центробежных сил, создаваемых ротором, вращающимся с частотой 55–80 об/с (3 300–4 800 об/мин).

Ротационные форсунки выпускаются нескольких типов таллинским заводом «Ильмарине»: форсунки Р-1 производительностью 162 кг/ч; форсунки Р-2 производительностью 30,6 кг/ч; форсунки Р-3 производительностью 50 кг/ч.

Горелочное устройство АР-90 (РМГ-1) устанавливается на паровых котлах Е-1/9 и состоит из следующих узлов: ротационной форсунки Р-90-II; воздухонаправляющего короба; щита управления.

Ротационная форсунка Р-90-II. На рис. 111 показана ротационная форсунка Р-90-II, состоящая из следующих узлов и деталей: корпуса форсунки *5*; вала форсунки *1* с распылительным стаканом

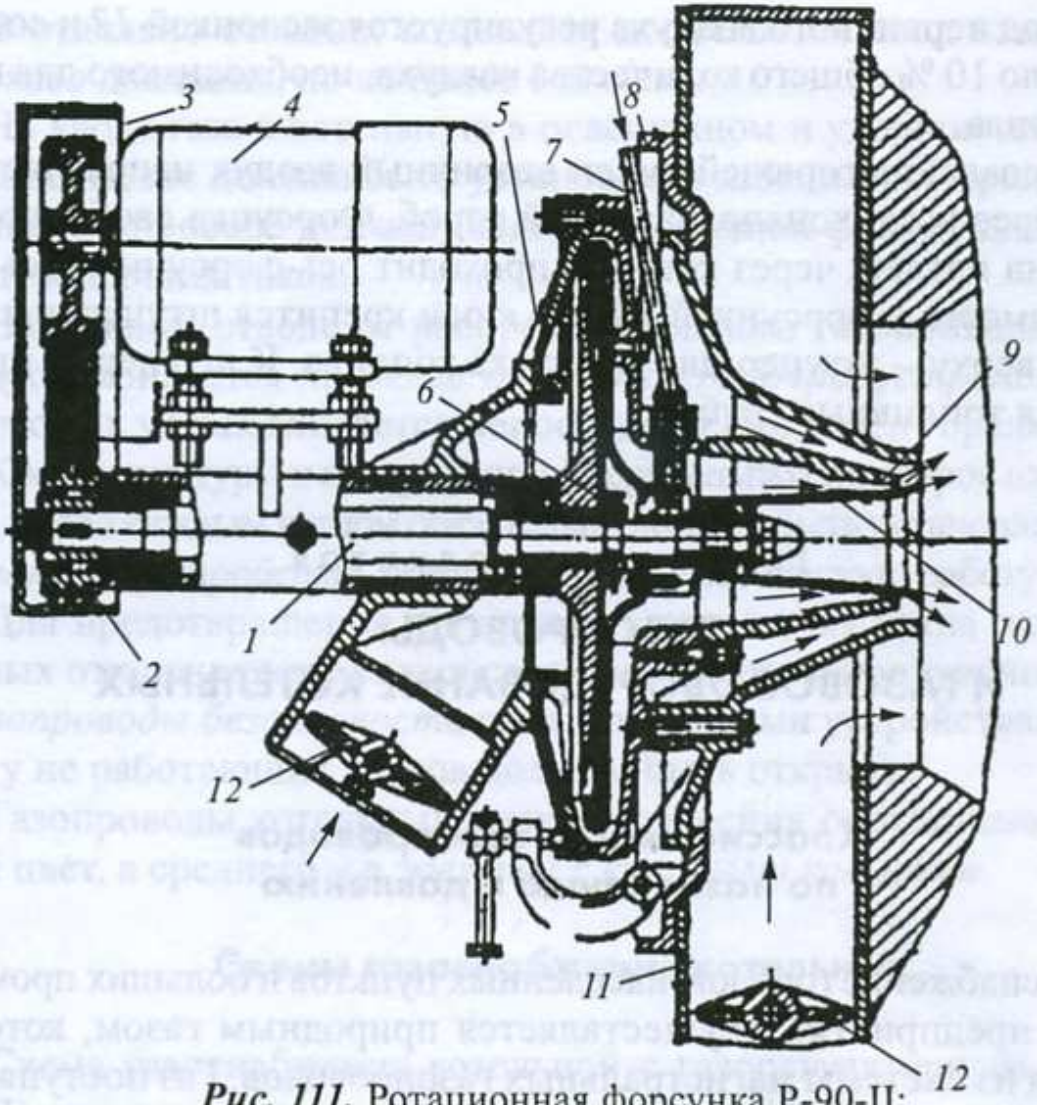


Рис. 111. Ротационная форсунка Р-90-II:
1 – вал; *2* – пас; *3* – защитный кожух; *4* – электродвигатель; *5* – корпус; *6* – вентилятор; *7* – патрубок подачи топлива; *8* – передняя плита; *9* – воздушный конус; *10* – распылительный стакан; *11* – патрубок подачи вторичного воздуха; *12* – воздушная заслонка

10; ротора вентилятора *6*; топливного насоса; корпуса клапана-отсекателя; монтажной плиты; электродвигателя *4*.

На валу форсунки жестко крепятся ротор вентилятора и распылительный стакан. Вал приводится в движение от электродвигателя через клинопасовую передачу (два паса). Топливный насос в действие приводится от вала форсунки через червячную передачу. Топливо от насоса по трубке подается в корпус клапана-отсекателя. Для регулировки подачи топлива в корпусе клапана имеется шпиндель с ручным приводом. Через пустотелый вал форсунки топливо подается от клапана-отсекателя в питатель распылительного стакана, от питателя – в распылительный стакан *10*. Под действием центробежной силы топливо прижимается к стенке стакана и перемещается по конусной поверхности к кромке стакана, из которого срывается в виде тонкой пленки. Топливная пленка распыливается с помощью первичного воздуха, поступающего между воздушным конусом и распылительным стаканом.

Расход первичного воздуха регулируется заслонкой *12* и составляет около 10 % общего количества воздуха, необходимого для горения топлива.

Для создания горючей смеси вторичный воздух направляется в топку через воздухонаправляющий короб. Форсунка свободно вращается на петлях, через которые проходит ось форсунки. Ось вращается вместе с форсункой. Снизу к оси крепится штуцер для подвода, а сверху – штуцер для пропуска топлива. К штуцерам привариваются топливные трубки.

Глава одиннадцатая

ГАЗОПРОВОДЫ И ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЕЛЬНЫХ

Классификация газопроводов по назначению и давлению

Газоснабжение городов, населенных пунктов и больших промышленных предприятий осуществляется природным газом, который подается из системы магистральных газопроводов. Газ поступает на главную газораспределительную станцию (ГРС), размещенную за городом, и от нее по газопроводам высокого давления (до 6 кгс/см^2) подается на газорегуляторные пункты (ГРП) среднего давления для районов города или в газорегуляторные пункты (ГРП) и газорегуляторные установки (ГРУ) промышленных предприятий.

Газопроводы на территории городов и населенных пунктов, а также промышленных, коммунальных и бытовых потребителей:

низкого давления – до 0,05 кгс/см^2;

среднего давления – от 0,05 до 3 кгс/см^2,

высокого давления – от 3 до 6 кгс/см^2 и от 6 до 12 кгс/см^2.

Газопроводы по размещению на территории предприятия подразделяются на *внешние* (дворовые, межцеховые) и *внутренние* (цеховые), а по месторасположению относительно поверхности земли – на *подземные и надземные.*

Участок от распределительного газопровода городской сети к помещению вместе с отключающим устройством называется *вводом.* Вводным газопроводом считают участок от отключающего устройства на вводе, если установлен снаружи помещения к внутреннему газопроводу.

В котельных прокладываются газопроводы только *низкого и среднего* давления.

В отдельно стоящих котельных допускается ввод газопровода *высокого* давления, но не более 6 кгс/см^2.

На вводе газа в котельную в освещенном и удобном для обслуживания месте должна быть установлена *задвижка*. Перед задвижкой на газопроводе должен быть *изолирующий фланец* для защиты от блуждающих токов.

На каждом отводе от распределительного газопровода к котлу предусматривается *не менее двух отключающих устройств,* одно из которых устанавливается непосредственно перед горелкой.

Кроме арматуры и контрольно-измерительных приборов на газопроводе, перед каждым котлом обязательно должно быть установлено *автоматическое устройство,* обеспечивающее безопасную работу котла.

Для предотвращения попадания газа в топку котла при неисправных отключающих устройствах необходимы продувочные *свечи и газопроводы безопасности* с отключающими устройствами, которые у не работающих котлов должны быть открыты.

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

Схемы газоснабжения котельных

Схема газоснабжения котельной с газорегуляторным пунктом (ГРП) среднего давления приведена на рис. 112.

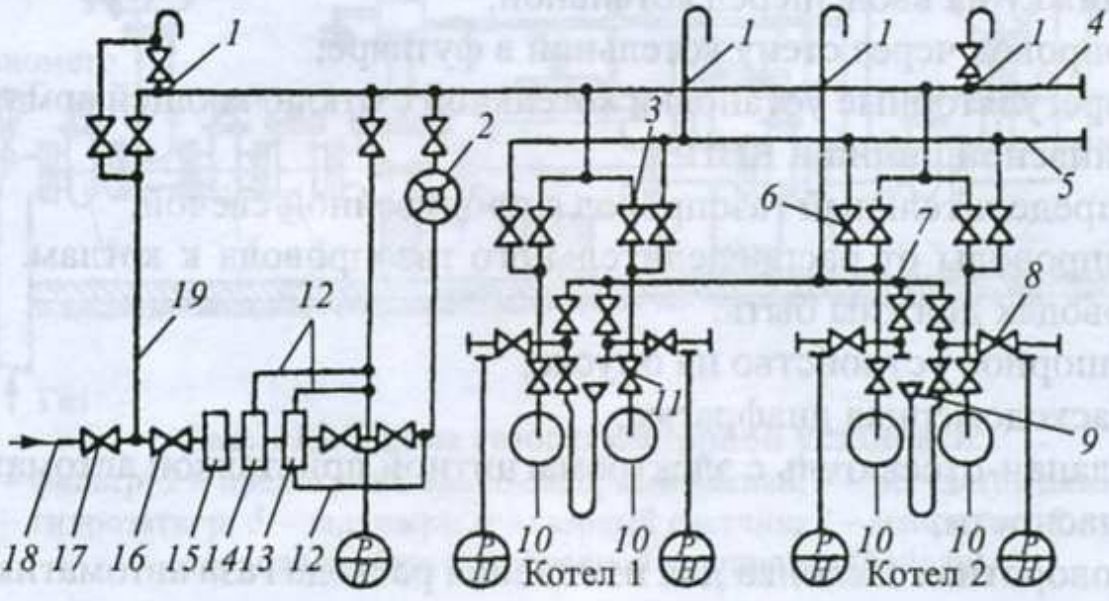


Рис. 112. Схема газоснабжения котельной с регуляторным пунктом среднего давления:

1, 7 – трубопроводы продувочных свечей; *2* – газовый счетчик; *3, 11, 16, 17* – задвижка; *4* – главный газопровод котельной; *5* – газопровод безопасности; *6* – кран для подключения газопровода безопасности; *8* – кран манометра; *9* – газовый запальник; *10* – газовые горелки; *12* – импульсные трубки; *13* – регулятор давления; *14* – предохранительно-запорный клапан; *15* – фильтр; *18* – газовый ввод; *19* – обводной газопровод (байпас)

Котельная низкого давления (до 0,7 кгс/см²) включает в себя:

подземный газопровод от городской распределительной сети;

контрольную трубку возле помещения котельной;

электроизолирующий фланец;

задвижку на вводе перед котельной;

газопровод через стену котельной в футляре;

узел измерения расхода газа (задвижка к счетчику, отстойник, ротационный газовый счетчик РГ, задвижки за счетчиком и на байпасной линии);

манометр и термометр для определения давления и температуры газа на входе в котельную;

распределительный газопровод котельной, от которого идут газопроводы к котлам. На газопроводах установлены:

а) кран на опуске;

б) система автоматики;

в) продувочная свеча;

г) кран перед горелкой;

д) манометр перед горелкой.

Котельная среднего давления включает в себя:

подземный газопровод;

контрольную трубку на газопроводе возле котельной;

электроизолирующий фланец;

задвижку на вводе перед котельной;

газопровод через стену котельной в футляре;

газорегуляторные установки котельной с отключающей арматурой, байпасной линии и КВП;

распределительный газопровод с продувочной свечой;

газопроводы от распределительного газопровода к котлам. На газопроводах должны быть:

а) запорное устройство на опуске;

б) расходомерная диафрагма;

в) клапан-отсекатель с электромагнитной приставкой автоматикибезопасности;

г) поворотная заслонка для изменения расхода газа автоматикой регулирование;

д) газовый коллектор котла с продувочной свечой и манометром;

е) контрольный и рабочий краны (задвижки) с трубопроводом безопасности между ними;

ж) манометры для определения давления газа перед горелками.

Газорегуляторные пункты (установки), назначение и основные элементы

В котельных среднего давления для получения необходимого давления газа устанавливаются *газорегуляторные пункты* (ГРП) или *газорегуляторные установки (ГРУ),* в которых давление газа снижается до заданного уровня и поддерживается постоянным независимо от колебания давления газа в сети и газопотребления в котельной.

Помещение, где находится ГРП (ГРУ), должно иметь вентиляцию, освещение, отопление. Оборудование и приборы должны быть защищены от механических повреждений, действия сотрясений и вибрации. Основной проход между оборудованием ГРП (ГРУ) и стеной котельной – не менее 0,8 м.

В комплект ГРП (ГРУ) входят (рис. 113):

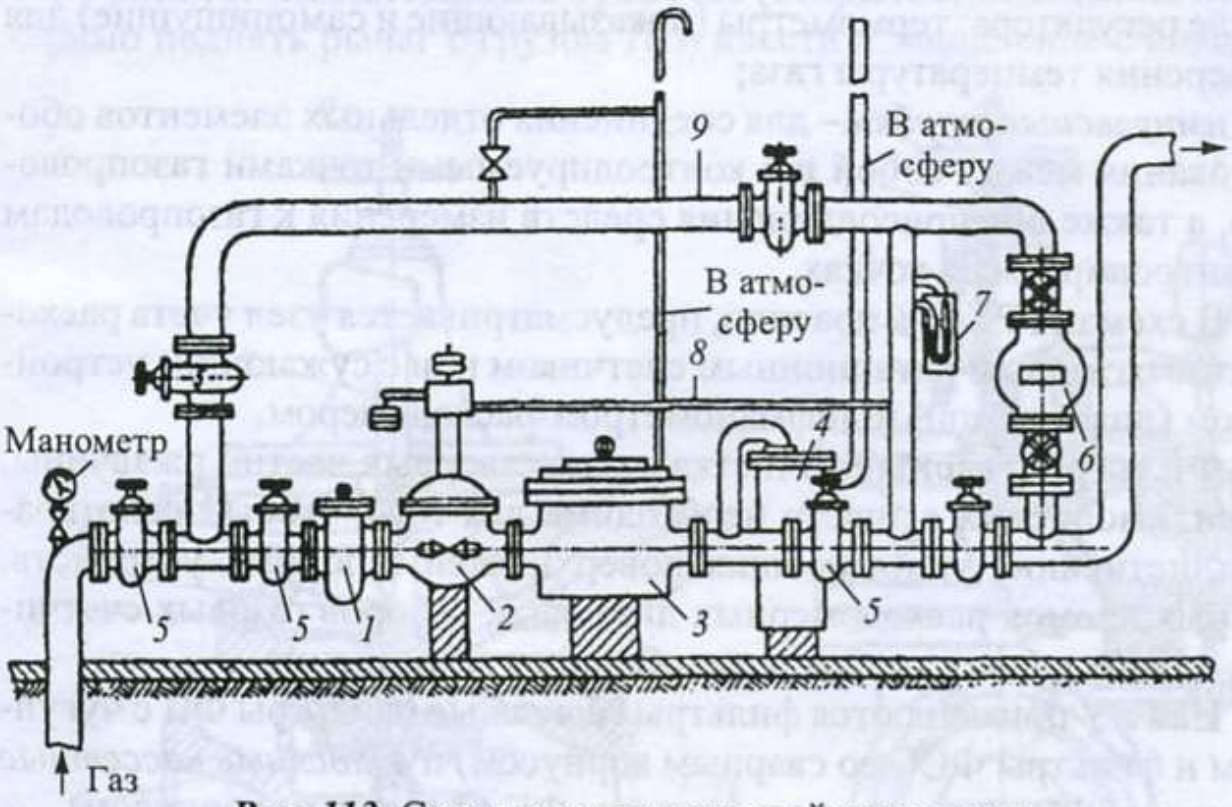


Рис. 113. Схема газорегуляторной установки:
1 – фильтр; *2* – предохранительно-запорный клапан; *3* – регулятор давления; *4* – гидрозатвор; *5* – задвижка: *6* – газовый счетчик; *7* – манометр; *8* – дыхательная трубка; *9* – обводной газопровод (байпас)

фильтр – для очистки газа от механических примесей (пыли, окалины, грязи);

предохранительно-запорный клапан (ПЗК) – для автоматического отключения подачи газа при повышении или понижении давления газа за регулятором сверх установленных границ;

регулятор давления (регулятор) – для снижения давления городского газа и поддержания его на определенном уровне независимо

от потребления газа в котельной и колебания давления во входном газопроводе;

предохранительно-сбросной клапан (гидравлический затвор или пружинный клапан) – для сброса некоторого количества газа в атмосферу при возможных кратковременных повышениях его давления после регулятора, во избежание отключения газа на котельную предохранительно-запорным клапаном;

обводной газопровод (байпас) с двумя последовательно размещенными запорными устройствами – для подачи газа во время ревизии или ремонта оборудования ГРУ; между запорными устройствами предусмотрен продувочный газопровод;

сбросные и продувочные трубопроводы – для сброса газа в атмосферу от предохранительно-сбросных устройств и продувки газопроводов и оборудования;

контрольно-измерительные приборы – манометры (показывающие и самопишущие) для измерения давления до и после фильтра, после регулятора; термометры (показывающие и самопишущие) для измерения температуры газа;

импульсные трубки – для соединения отдельных элементов оборудования между собой и с контролируемыми точками газопроводов, а также для присоединения средств измерения к газопроводам в контролируемых точках.

В схемах ГРУ, как правило, предусматривается узел учета расхода газа с газовым ротационным счетчиком или с сужающим устройством (диафрагмой) и дифманометром-расходомером.

Фильтры газовые. Очистка газа от твердых частиц ржавчины, пыли, смолистых веществ необходима для того, чтобы предотвратить истирание уплотняющих поверхностей запорных устройств, острых кромок расходомерных диафрагм, роторов газовых счетчиков и импульсных трубок и дросселей от загрязнения.

На ГРУ применяются фильтры *сетчатые* (фильтры ФС с чугунным и фильтры ФСС со сварным корпусом) и *волосяные кассетные* (фильтры ФВ с чугунным и фильтры ФГ со сварным корпусом).

Промышленностью выпускаются фильтры: ФС-25; ФС-40; ФС-50; ФСС-40; ФСС-50; ФВ-80; ФВ-100; ФВ-200; ФГ-50; ФГ-100; ФГ-200; ФГ-300.

Фильтры сетчатые применяются при небольших расходах газа, главным образом в шкафных ГРП.

Фильтр волосяной (рис. 114) имеет кассету, которая имеет спереди проволочную сетку, а на выходе – дырчатую металлическую пластину для удержания и равномерного распределения фильтруемого материала. Кассета заполняется конским волосом или капроновой нитью.

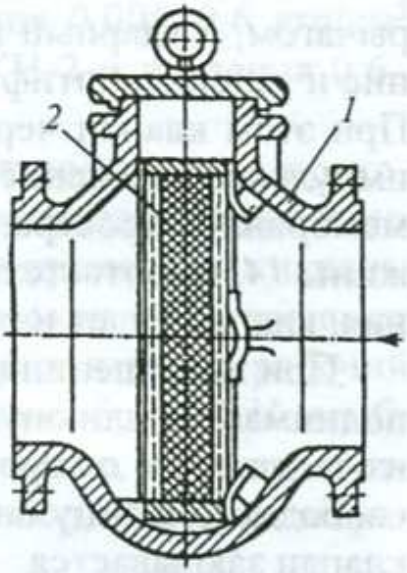


Рис. 114. Волосяной фильтр:
1 – корпус; *2* – кассета с конским волосом

Степень загрязнения фильтра характеризуется перепадом давления на нем, которое в процессе эксплуатации не должно превышать, мм вод.ст.:

для *сетчатых* – 500; для *волосяных* – 1 000;

для очищенных и промытых фильтров соответственно 200–250 и 400–500.

Предохранительно-запорные клапаны (ПЗК). Предохранительно-запорный клапан (рис. 115) устанавливается после фильтра перед регулятором по ходу газа.

Наиболее распространенными клапанами являются клапаны ПКН (низкого давления) и клапаны ПКВ (высокого давления), которые имеют условный проход 50, 80, 100 и 200 мм.

Для установки клапана в рабочее (открытое) положение необходимо поднять рычаг с грузом *10* и ввести в зацепление с анкерным

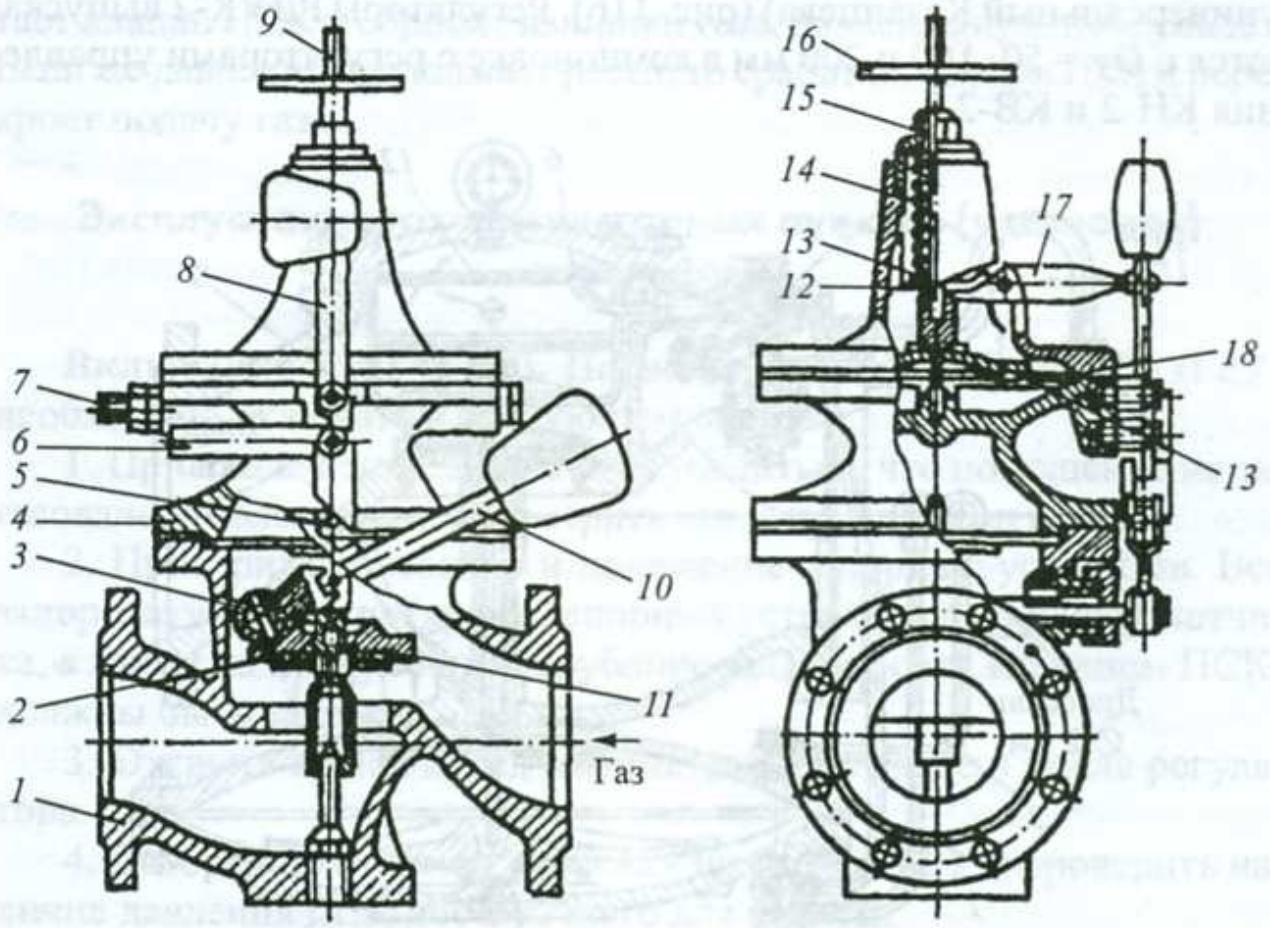


Рис. 115. Предохранительно-запорный клапан ПКН (ПКВ):
1 – корпус; *2* – клапан с резиновым уплотнением; *3* – шток; *4* – корпус мембранный головки; *5* – штифт; *6* – анкерный рычаг с крючком; *7* – импульсная трубка; *8* – ударный молоточек; *9* – шток мембраны; *10* – рычаг с грузом; *11* – перепускной малый клапан; *12* – гайка штока мембраны; *13* – тарелка; *14* – пружина; *15* – регулировочный стакан; *16* – регулировочный груз; *17* – коромысло; *18* – мембрана

рычагом, а ударный молоточек поставить в вертикальное положение и зацепить штифтом на рычаге молоточка за конец коромысла. При этом клапан через зубчатое соединение поднимается и, если импульсное давление газа за регулятором, которое передается в подмембранное пространство через штуцер, равно силе натяжения пружины *14*, в соответствующей верхней границе дозволенного давления, клапан будет находиться в открытом положении.

При повышении или понижении конечного давления мембрана поднимается или опускается и ударный молоточек пока не выходит из зацепления с коромыслом *17*. Затем молоток падает, ударяет по свободному концу анкерного рычага, рычаг с грузом опускается и клапан закрывается.

На верхнюю заданную границу давления клапан настраивается сжатием пружины *14*, а на нижнюю – подбором масса груза *16*.

По правилам верхний предел настойки $P^{ПЗК}_{настр} \le 1{,}25P_{раб}$. Нижний предел настройки определяется паспортными данными горелок.

Регулятор давления газа. Наиболее широко в ГРУ котельных используются пилотные регуляторы РДУК-2 (регулятор давления универсальный Казанцева) (рис. 116). Регуляторы РДУК-2 выпускаются с *D*y = 50; 100 и 200 мм в компоновке с регуляторами управления КН-2 и КВ-2.

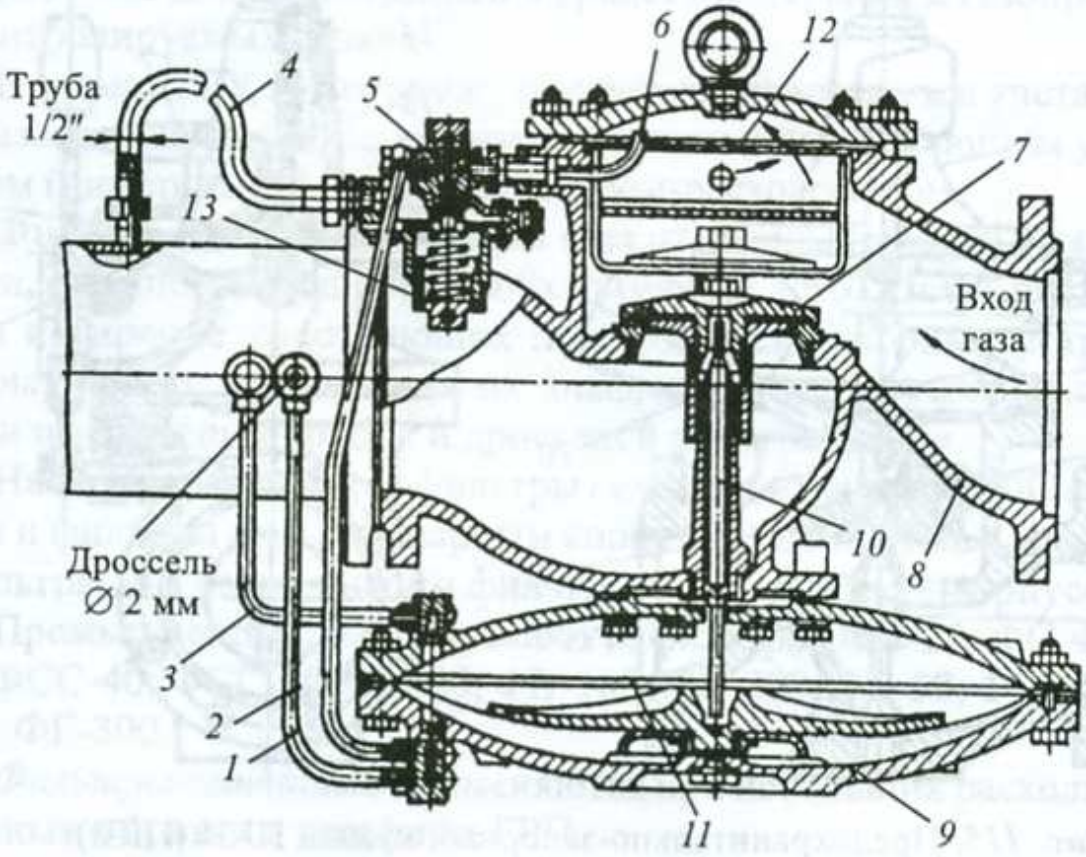


Рис. 116. Регулятор давления РДУК-2:
1 – импульсная трубка сброса; *2* – импульсная трубка под мембрану; *3* – импульсная трубка стабилизации; *4* – импульсная трубка с низкой стороны; *5* – пилот; *6* – импульсная трубка с высокой стороны; *7* – клапан; *8* – корпус; *9* – грузовая тарелка; *10* – шток клапана; *11* – мембрана; *12* – фильтр; *13* – стакан пилота

Для получения после регулятора давления 0,005–0,6 кгс/см^2 (0,0005-0,06 МПа) используются регулятор КН-2 и давления 0,6–6 кгс/см^2 (0,06–0,6 МПа) – регулятор КВ-2.

Газ городского давления поступает в регулятор давления, проходит через фильтр и по импульсной трубке *6* поступает в надклапанное устройство пилота *5*. Своим давлением газ прижимает клапаны регулятора *7* и пилота к седлам. Вкручивая стакан *13*, открывают клапан пилота. Газ в импульсной трубке *1* сбрасывается в рабочий газопровод. Под действием давления газа под мембраной *11* мембрана приподнимается, шток *10* перемещается вверх, и клапан *7* открывается. Стакан пилота вкручивается до тех пор, пока на мембране не будет заданное давление.

Предохранительно-сбросные устройства. В качестве сбросных устройств на ГРУ используются гидрозатворы и пружинные клапаны типа ПСК. Клапаны настраиваются на меньшее давление, чем регуляторы давления.

Предел настройки клапанов ПСК: $P^{ПЗК}_{настр} \leq 1{,}15 \cdot P_{раб}$. Таким образом при повышении давления газа за регулятором сначала сработает клапан ПСК и сбросит излишки газа, давление при этом упадет. Если же давление продолжает расти, то сработает клапан ПЗК и перекроет подачу газа.

Эксплуатация газорегуляторных пунктов (установок) котельной

Включение ГРП (ГРУ). После перерыва в работе ГРП (ГРУ) необходимо включать в следующем порядке:

1. При входе в помещение ГРУ убедиться, что помещение не загазовано и обязательно проветрить его, открыв двери и окна.

2. Проверить состояние и положение запорных устройств. Все запорные устройства (кроме запорных устройств до и после счетчика, а также на продувочных трубопроводах и перед клапаном ПСК) должны быть закрыты.

3. Открыть краны перед манометрами на вводе и после регулятора.

4. Осторожно открыть задвижку на вводе в ГРУ и проверить наличие давления газа, достаточного для работы.

5. Осмотрев, проверить исправность регулятора. В регуляторов типа РДУК проверяют ослабление пружины пилота (регулировочный стакан пилота должен быть выкручен) и открытие кранов на импульсных трубках.

6. Осмотреть клапан ПЗК, при помощи рычага с грузом поднять клапан и сцепить его с анкерным рычагом. Ударный молоточек пока

что не устанавливать в очередное состояние, так как зацепление его с коромыслом мембраны без давления газа под ней невозможно. Проверить, чтобы кран на импульсной трубке был закрыт.

7. При наличии гидрозатвора убедиться в том, что гидрозатвор залит водой до установленного уровня.

8. Медленно, наблюдая за показаниями манометра после регулятора, открыть задвижку перед ним.

9. Вкручиванием винта пилота установить необходимое конечное давление.

10. Убедившись в устойчивой работе регулятора, поднять ударный молоточек клапана ПЗК, зацепить его с коромыслом мембраны, после чего открыть кран на импульсной трубке клапана ПЗК.

11. Убедившись, что газ поступает к потребителям (или через их продувочные трубопроводы) закрыть продувочный трубопровод ГРУ. Прежде чем покинуть помещение ГРУ, выключить водяные манометры, так как в случае неисправности регулятора давления вода из манометров может быть выброшена, а помещение ГРП (ГРУ) будет загазовано.

Обслуживание ГРП (ГРУ) во время работы. Принимая смену, оператор (или другой работник, который обслуживает ГРУ) должен:

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

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

3. Проверить состояние и работу фильтра, клапана ПЗК, регулятора, сбросного устройства, счетчика. Убедиться, что в соединениях приборов и оборудования нет утечки газа.

4. Проверить давление газа по манометру на входе и выходе с ГРУ – давление должно соответствовать значениям указанным в инструкции.

5. О всех замеченных недостатках немедленно сообщить ответственному за газовое хозяйство котельной.

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

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

1. Предупредить о переходе на байпасную линию дежурных операторов.

2. Вывести осторожно из зацепления молоточек клапана ПЗК и закрыть кран на его импульсной линии.

3. Медленно и осторожно, следя за показаниями манометра, приоткрывать запорные устройства на байпасной линии и повысить давление на выходе из ГРУ на 10–20 мм вод. ст. выше установленного режима (на среднем давлении – на 10–20 мм рт. ст.).

4. Если на ГРУ установлен регулятор РДУК-2, то при увеличении давления нужно медленно выкручивать стакан пилота, устанавливая необходимое рабочее давление. Это делается до тех пор пока не будет вывернут полностью стакан пилота.

5. После этого с помощью выходной задвижки на байпасной линии установить заданное рабочее давление и поддерживать его вручную до тех пор, пока не будут выполнены все необходимые работы на основной линии и не произведен переход с байпасной линии на линию регулирования.

6. После отключения регулятора давления отключить клапан ПЗК.

7. Закрыть запорные устройства до и после регулятора.

Перевод ГРУ на работу через регулятор. При переводе ГРП (ГРУ) на работу через регулятор необходимо:

1. Предупредить дежурных операторов о переводе ГРП (ГРУ) на работу через регулятор.

2. Открыть клапан ПЗК на проход газа.

3. Осмотреть регулятор, убедиться в его исправности и открытии кранов на импульсных линиях (стакан пилота выкручен).

4. Открыть запорное устройство за регулятором.

5. Снизить давление газа на выходе из ГРП (ГРУ)медленным прикрытием задвижки на байпасной линии на 10–20 мм вод. ст. при низком давлении и на 10–20 мм рт. ст. – при среднем.

6. Медленно открыть запорное устройство перед регулятором.

7. Установить необходимое давление газа вкручиванием регулировочного стакана пилота.

8. Медленно закрывать запорное устройство на выходе из байпасной линии и вворачивать регулировочный стакан пилота, поддерживая необходимое давление газа. Делать это – до полного закрытия устойчиво на байпасной линии.

9. Убедившись, что регулятор работает устройство, открыть кран на импульсной линии клапана ПЗК и зацепить ударный молоточек с коромыслом мембраны.

Выключение ГРП (ГРУ). При выключении ГРП (ГРУ) следует:

1. Осторожно вывести из зацепления молоточек клапана ПЗК и закрыть кран на его импульсной линии.

2. Закрыть запорное устройство на вводе в ГРУ и убедиться в понижении давления газа на выходе до нуля.

3. Закрыть запорное устройство перед и за регулятором, выкрутить до конца стакан пилота.

4. Опустить тарелку клапана ПЗК.

5. Выключить манометры и открыть кран на «свечу» после регулятора.

6. Если ГРУ работало на байпасной линии, закрыть задвижки на вводе и затем на байпасной линии.

Требования «Правил безопасности в газовом хозяйстве»

Данные Правила устанавливают требования к проектированию, строительству и эксплуатации систем газоснабжения природными газами с избыточным давлением не более 1,2 МПа (12 кгс/см^2); сжиженными углеводородными газами с избыточным давлением не более 1,6 МПа (16 кгс/см^2), которые используются как топливо.

Правила распространяются на:

газопроводы городов, поселков и сельских населенных пунктов (включая междупоселковые), промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий;

газорегуляторные пункты (ГРП) и газорегуляторные установки (ГРУ);

газонаполнительные станции (ГНС), газонаполнительные пункты (ГНП), промежуточные склады баллонов (ПСБ), стационарные автомобильные газонаполнительные станции (АГЗС), резервуарные, групповые и индивидуальные баллонные установки, испарительные и смесительные установки сжиженного газа;

внутренние газопроводы и газовое оснащение зданий всех назначений.

Требования к должностным работникам и рабочим

Руководители, специалисты и преподаватели, занятые подготовкой рабочих кадров, должны пройти подготовку и проверку знаний в объеме выполняемой ими работы. *Повторная проверка – через 3 года.*

Рабочие, занятые строительством, наладкой и эксплуатацией газопроводов и агрегатов, перед назначением на самостоятельную работу должны пройти обучение и сдать экзамен. *Повторная проверка знаний – через 12 мес.*

Контроль за выполнением требований данных Правил должен выполняться предприятием, исполняющим работы. *За нарушение требований Правил* и в зависимости от характера нарушений руководители, специалисты, рабочие и граждане могут быть привлечены к дисциплинарной, административной и уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Расследование аварий и несчастных случаев, связанных с эксплуатацией газового хозяйства, должно проводиться согласно Положению и Инструкции о расследовании. О каждом случае сообщается в местный орган газового надзора. К прибытию представителя газового надзора и членов комиссии необходимо обеспечить сохранность состояния обстановки при несчастном случае, если это не угрожает здоровью и жизни людей и не нарушает режима работы предприятия.

Организация эксплуатации газового хозяйства предприятий и организаций. На каждом предприятии приказом назначается лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию газового хозяйства. Этот работник назначается из числа руководителей или специалистов (гл. энергетик, гл. механик, их заместители и другие специалисты), которые прошли в установленном порядке обучение и проверку знаний данных Правил.

Внешние газопроводы и сооружения. Газопроводы, которые находятся в эксплуатации, должны быть под систематическим надзором; проверяется их техническое состояние, производится текущий и капитальный ремонты.

Техническое состояние внешних газопроводов должно контролироваться периодическим обходом. Обход следует проводить не реже 1 раза в 3 мес. для наземных газопроводов.

Подземные газопроводы контролируются при обходе в зависимости от состояния газопроводов и срока их эксплуатации: ежедневно, 1–2 раза в неделю, 2 раза в мес. Результаты обхода фиксируются в специальном журнале. Обход трасс газопроводов проводит бригада из не менее двух человек.

Техническое обследование стальных газопроводов необходимо проводить:

при эксплуатации до 25 лет – 1 раз в 5 лет;

при эксплуатации более 25 лет – 1 раз в 3 года. Газопроводы, включенные в план капитального ремонта или замены, должны обследоваться 1 раз в год.

Режим работы ГРП и ГРУ должен устанавливаться в соответствии с проектом.

Параметры настройки городских ГРП (ГРУ) устанавливаются главным инженером газового хозяйства, при этом для бытовых потребителей:

максимальное рабочее давление после регулятора – 300 мм вод. ст.;

предохранительно-сбросное устройство настраивается – 1,15 $P_{раб}$;

предохранительно-запорный клапан настраивается – 1,25 $P_{раб}$. Не допускается колебание давления газа на выходе из ГРП (ГРУ), превышающее 10 % рабочего давления.

Запорные устройства на байпасной линии должны быть опломбированы. Газ по байпасной линии допускается подавать только на протяжении времени, необходимого для ремонта оборудования и арматуры, в период снижения давления газа перед ГРП или ГРУ до давления, которое не обеспечивает надежную работу регулятора.

Снаружи здания ГРП (ГРУ) или вблизи ограждения на видном месте должны быть предупредительные надписи: «Огнеопасно. Газ».

При эксплуатации ГРП (ГРУ) должны выполняться:

проверка технического состояния в сроки, установленные инструкцией, которые обеспечивают безопасность и надежность эксплуатации;

проверка параметров срабатывания клапанов ПЗК и ПСК не реже 1 раза в 3 мес., а также по окончании ремонта;

техническое обслуживание – не реже 1 раза в 6 мес.;

текущий ремонт – не реже 1 раза в год.

Внутренние газопроводы и газоиспользующие установки промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Помещения, в которых проложены газопроводы и установлены газоиспользующие агрегаты и арматура, должны быть доступны для обслуживания. Запрещается нагружать газопроводы и использовать их в качестве опорных конструкций и заземления. Работа газоиспользующих установок без включенных приборов контроля и защиты запрещается.

Не разрешается оставлять работающую газоиспользующую установку без постоянного надзора персонала (если оборудование автоматизировано, то разрешается).

После погасания горелок повторное разжигание разрешается после вентиляции.

На внутренних газопроводах и газовом оборудовании должны проводиться:

техническое обслуживание – не реже 1 раза в мес.;

текущий ремонт – не реже 1 раза в год.

Глава двенадцатая

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЕЛЬНЫХ

Автоматизация котельных

Автоматика – это совокупность механизмов и устройств, автоматически действующих в системах автоматического регулирования.

Термин «автоматика» происходит от греческого «automatos» – «самодействующий» и указывает на то, что устройство самостоятельно, без участия человека, выполняет порученные операции.

Технические устройства, которыми выполняются различные функции процесса управления, являются *автоматическими устройствами* или *средствами автоматики.*

Использование методов и средств автоматики для преобразования неавтоматических процессов в автоматические называется *автоматизацией.*

Автоматизация котельной – это обеспечение необходимого режима работы оборудования с помощью средств автоматики. В зависимости от уровня использования этих средств автоматизация может быть *полной, комплексной* и *частичной.*

При *полной автоматизации* обслуживающий персонал отсутствует и его функции сведены к периодическому надзору за работой оборудования и исправлению возникающих повреждений.

При *комплексной автоматизации* обслуживающий персонал постоянно наблюдает за работой оборудования и систем (или средств) автоматического регулирования (САР).

При *частичной автоматизации* автоматизированы отдельные агрегаты или даже их части.

Эксплуатация котельных без средств автоматики *запрещается.*

В зависимости от выполняемых автоматическими устройствами функций различают следующие основные виды *автоматизации*:

автоматические измерение и контроль; автоматическая сигнализация; автоматическое управление; автоматическое регулирование; автоматическая защита.

1. Автоматические измерения и контроль позволяют с помощью средств измерений непрерывно или периодически контролировать количественные и качественные показатели технологического процесса (например, давление газа, наличие факела, полнота сгорания и т. д.), передавать данные на пульт диспетчера или оператора и при необходимости регистрировать измеряемые параметры.

2. Автоматическая (технологическая) сигнализация предназначена для передачи сигналов, информирующих обслуживающий персонал (оператора или диспетчера) о состоянии технологического оборудования и отклонения параметров, которые контролируются, от нормы.

Сигнализация – световая и звуковая, а по информации:

предупредительная – сигнализация момента пуска оборудования, начала технологического процесса и т. д.;

исполнительская – контроль выполнения распоряжений обслуживающего персонала, например, загорание сигнальной лампы «Отсечка газа»;

аварийная – сообщение обслуживающему персоналу о нарушении производственного процесса.

3. Автоматическое управление предназначено для пуска и останова котлов, насосов, вентиляторов, дымососов и т. д. По степени участия человека во включении и отключении устройства автоматического управления подразделяются на *полуавтоматические и автоматические.*

В первом случае приведение в действие автоматического устройства проводится путем нажатия на кнопку или поворотом ручки ключа из пульта управления *(дистанционное управление)* или непосредственно возле агрегата *(местное управление).*

Во втором случае импульсы посылаются датчиками, которые контролируют режим работы (например, автоматическое включение подпитывающего насоса при убывании воды из сети).

4. Автоматическое регулирование предназначено для поддержания без участия человека на протяжении заданного промежутка времени с необходимой точностью заданных режимов технологического процесса.

В зависимости от характера измерения задающего воздействия различают системы автоматического регулирования стабилизации, программного регулирования и слежения.

В *системах стабилизации* задающее воздействие постоянно, в *системах программного регулирования* изменяется по ранее заданному закону, а в *следящих системах* также изменяется, но закон изменения ранее не известен и задачей системы является обеспечение слежения за регулируемой величиной по мере изменения задающей величины.

5. Автоматическая защита предназначена для предотвращения повреждений оборудования при возникновении предаварийных режимов. Устройства автоматической защиты прекращают контролируемый процесс (например, процесс горения путем прекращения подачи газа) или обеспечивают другие меры ликвидации опасности (открывают предохранительные клапаны для снижения давления в котле и т. п.).

Автоматическая защита, контроль и сигнализация на котельных связаны между собой. Сначала подается сигнал об отклонении контролируемого параметра от заданного значения, а затем, когда отклонение превысит допустимый уровень, срабатывает автоматическая защита (отсекается подача газа) и выдается соответствующий сигнал.

Измерение и контроль технологических параметров котлов и сигнализация

Измерение и контроль технологических параметров. Средства измерения, которые используются в котельных для контроля технологических параметров, принято называть *контрольно-измерительными приборами* (КИП).

В котельных для контроля технологических параметров используются контрольно-измерительные приборы (КИП) следующих типов:

для правильного ведения эксплуатационных режимов – *показывающие приборы;*

для параметров, которые могут привести к аварии, – *сигнализирующие, показывающие или регистрирующие приборы,*

для параметров, необходимых для анализа работы оборудования и хозяйственных расчетов – *регистрирующие или интегрирующие приборы.*

Наиболее экономичное использование приборов с совмещенными функциями: показание и сигнализация; показание и регистрация; регистрация и интегрирование и т. п.

Основная классификация средств измерения предусматривает подразделение их по роду измеряемой величины. Условно приняты следующие названия наиболее распространенных приборов, предназначенных для измерения:

температуры – термометры и пирометры;

давления – манометры, вакуумметры, мановакуумметры, тягомеры, напоромеры, барометры;

разности давлений (перепада) – дифманометры;

расхода и количества – расходомеры и счетчики;

уровня жидкости – уровнемеры, указатели уровня;

состава продуктов сгорания – газоанализаторы, (в том числе кислородомеры), кондуктомеры.

Кроме указанных, могут использоваться также приборы контроля пламени, сигнализаторы загазованности, газовые индикаторы и пр.

Объем контроля технологических параметров котлов приведен в табл. 10.

Таблица 10

Объем контроля технологических параметров котлов

Технологические параметры, которые контролируются	Паровые котлы с $P > 0{,}7$ кгс/см^2			Паровые котлы с $P = 0{,}7$ кгс/см^2	Водогрейные котлы с $t > 115$ °С
	< 4 т/ч	4–30 т/ч	> 30 т/ч	Водогрейные котлы с $t < 115$ °С	
Давление газа перед горелкой	П	П	П	П	П
Давление воздуха перед горелкой	П	П	П	П	П
Разрежение в топке	П	П	П	П	П
Разрежение перед дымососом	–	П	П	–	П
Разрежение за котлом	–	–	–	П	–
Температура воды перед котлом	П	–	–	П	П
Температура на выходе котла	–	–	–	П	П
Температура за экономайзером	–	П	–	–	–
Температура пара за пароперегревателем	–	П	П, Р	–	–
Температура уходящих газов	–	П	П, Р	–	П, Р
Температура воздуха перед и за воздухоподогревателем	–	П	П	–	П
Давление пара в барабане	П	П, Р	П, Р	П	–
Давление перегретого пара	–	П	П	–	–
Давление подпиточной воды перед котлом	П	–	–	–	П
Давление на входе в экономайзере	–	П	П	–	–
Давление на выходе из котла	–	–	–	–	П
Уровень воды в барабане	П	П, Р	П, Р	П	–
Содержимое O_2 в уходящих газах	–	П	П, Р	–	П, Р
Расход газа на котел	–	–	П, Р	–	П, Р
Расход воды	–	–	П, Р	–	П, Р
Расход пара из котла	–	Р	П, Р	–	–
Температура возвращенного конденсата	Р	Р	Р	–	–

Примечание. П – показывающие приборы; Р – регистрирующие приборы.

Средства измерения также должны устанавливаться для измерения ряда общекотельных параметров: температуры прямой и обратной циркуляционной воды, количества и температуры возвращенного конденсата, давления, температуры и расхода газа, давления воды в питательных магистралях и др.

Сигнализация. В котельных, как правило, схемы технологической сигнализации выполняются раздельно для котлов и вспомогательного оборудования. В зависимости от компоновки щитов автоматики звуковой сигнал может быть общим для всех схем или отдельным для каждой. Кроме того, имеются схемы сигнализации на всю котельную, разрешающие включать звуковой сигнал, осуществлять его опробование и снятие, а также опробование световых сигналов.

Принцип построения общих звеньев схемы технологической сигнализации котельных заключается в следующем:

используются двухламповые световые табло (для повышения надежности) и предусматривается устройство, которое разрешает проверять работу всех ламп световых табло;

после приема сигнала и снятия звука схема должна быть готовой к принятию следующего сигнала независимо от того, возвратился ли предыдущий сигнализирующий параметр в норму;

звуковой сигнал должен сопровождать каждый световой сигнал (для привлечения внимания обслуживающего персонала).

При построении схемы технологической сигнализации учитываются следующие условия:

в процессе пуска должна работать только световая сигнализация, а звуковой сигнал на это время должен быть блокирован;

при наличии в котельной только центрального щита управления звуковой сигнал должен быть общим для всех схем сигнализации;

схема сигнализации котлов должна иметь отключающее устройство от общих звеньев сигнализации.

В котельных с постоянным обслуживающим персоналом должна предусматриваться следующая светозвуковая сигнализация в случаях:

останова котла (при срабатывании автоматики безопасности) и возникновении причины останова;

повышения или понижения давления газа;

понижения давления воды в питательных линиях;

понижения или повышения давления воды в обратном трубопроводе тепловой сети;

понижения или повышения уровня воды во всех баках, которые есть в котельной;

понижения давления (ухудшения вакуума) в деаэраторе.

Объем автоматического регулирования котла определяется проектной организацией в каждом конкретном случае в зависимости от производительности, технологии и режима работы. Как правило, на котлах регулируются *процесс горения и питания котла водой.*

Автоматическое регулирование *процесса горения* включает:

регулирование подачи топлива в топку в зависимости от производительности котла;

поддержание оптимального соотношения топлива и воздуха;

поддержание заданного устойчивого разрежения в топке.

Автоматическое регулирование *питания парового котла водой* заключается в поддержании уровня в барабане котла. Уровень в барабане котла поддерживается от нижнего рабочего уровня (НРУ) до высшего рабочего уровня (ВРУ).

Опыт автоматизации котельных показывает, что *автоматическое регулирование позволяет:*

добиться экономии топлива;

увеличить КПД котла;

уменьшить затраты электроэнергии на тягу и дутье;

уменьшить объем ремонтных работ;

облегчить работу и уменьшить количество обслуживающего персонала.

Автоматическое регулирование паровых котлов выполняется следующим образом: 1. *Регулятор давления пара* (производительности) осуществляет регулирование подачи газа к горелкам парового котла так, чтобы постоянно обеспечивалась необходимая паропроизводительность котла, т. е. чтобы обеспечивалось соответствие между выработкой и потреблением пара. Показателем этого соответствия служит постоянное давление пара в барабане котла. Следовательно, давление пара можно использовать в качестве импульса для регулирования количества газа, который подается в топку. Регулятор, изменяя подачу газа, изменяет производительность котла в соответствии с потребностью в паре. Регулятор действует на регулирующую заслонку на газопроводе перед горелками.

2. *Регулятор подачи воздуха* поддерживает соответствие между количеством газа и количеством воздуха, необходимого для полного сгорания газа. Показателем этого соответствия является коэффициент избытка воздуха, который контролируется по значению CO_2 или O_2, в продуктах сгорания. Оптимальное значение коэффициента избытка воздуха определяют при наладочных испытаниях котла и заносят в режимную карту. Управление подачей воздуха должно про-

водиться с высокой точностью, обеспечивая отклонения значения O_2 не более чем на ±1 %.

Оптимальной схемой регулирования соответствия между количеством газа и воздуха является трехимпульсная схема с использованием данных по расходу газа и воздуха котлом и с коррекцией по содержанию O_2 в уходящих газах. Такая схема используется в современных системах управления на водогрейных котлах ПТВМ, КВ-ГМ.

Для котлов, на которых конструктивно невозможно обеспечить необходимую длину газопроводов для установки диафрагмы, импульсы по расходам заменяются импульсами по давлению. Такая схема используется для паровых котлов ДКВР, ДЕ и водогрейных котлов ТВГ, КВ-Г.

Для отопительных котлов небольшой производительности используется схема механического пропорционирования, когда в зависимости от давления газа к котлу изменяется положение регулирующего органа на воздухопроводе или система двухпозиционного регулирования, когда положение заслонки изменяется в зависимости от режима работы горелки, обеспечивающего 40 и 100 % его тепловой мощности.

3. *Регулятор разрежения* должен обеспечить устойчивое разрежение в топке в границах от 1 до 5 мм вод. ст., содействуя полному удалению продуктов сгорания из топки. Разрежение в топке часто бывает неустойчивым и, кроме того, имеет различные значения по высоте топки. В связи с этим импульс по разрежению должен отбираться в верхней части топки. Регулятор воздействует на направляющий аппарат дымососа или на шибер на дымоходе.

4. *Регулятор уровня воды в барабане.* Требования к регулированию уровня воды в барабане парового котла наиболее жесткие в сравнении с другими котловыми регуляторами. Это вызвано условиями безопасности и надежности работы котла. Отклонение уровня воды от номинального значения может вызываться следующими причинами:

изменением расхода пара (нагрузки);

изменением количества подаваемой питательной воды;

изменением тепловыделения, которое связано с изменением подачи топлива и воздуха.

Кроме того, на колебание уровня влияет явление «набухания» воды – изменение объема, который занимает пар в пароводяной смеси, циркулирующей в контуре котла. «Набухание» проявляется при резких изменениях расхода пара или тепловой мощности горелки. Это нарушает в первый момент процесс регулирования уровня. При увеличении расхода пара подачу воды в барабан необходимо увеличить, и на регулятор поступает импульс на уменьшение подачи питательной воды. Это вызвано резким повышением уровня за счет

«набухания». В связи с этим явлением выбор типа регулятора усложняется.

Учитывая характер причин, вызывающих изменение уровня воды в барабане котла, наиболее целесообразной является трехимпульсная схема регулирования. Такая схема применяется для котлов паропроизводительностью 10 т/ч и более, работающих в условиях значительного колебания производительности. При этой схеме регулятор питания учитывает три импульса: уровень воды в барабане, расход пара и расход питательной воды.

Для котлов малой паропроизводительности, в которых «набухание» мало влияет на изменение уровня, поддержание его в заданных границах хорошо обеспечивается одноимпульсным (по уровню) регулятором, который воздействует на регулирующий клапан на питательной линии котла или на включение и выключение питательного насоса.

Автоматическое регулирование водогрейных котлов. Автоматическое регулирование водогрейных котлов осуществляется аналогично паровым котлам, только с некоторыми особенностями. Регулятор производительности получает импульсы по температурам воды за котлом и окружающего воздуха и воздействует на изменение подачи газа к горелкам котла. Регулятор уровня отсутствует, а работа регуляторов соотношения «газ–воздух» и разрежение не отличаются от работы аналогичных регуляторов для паровых котлов.

Автоматика безопасности котлов

Действие автоматики безопасности должно приводить к отключению подачи газа к горелкам при отклонении контролируемых параметров за пределы допустимых значений (рис. 117). Учитывая, что аварийные режимы возникают чаще всего из-за неправильных действий обслуживающего персонала при пуске котла, в схему автоматики безопасности в качестве составной части включается ди-

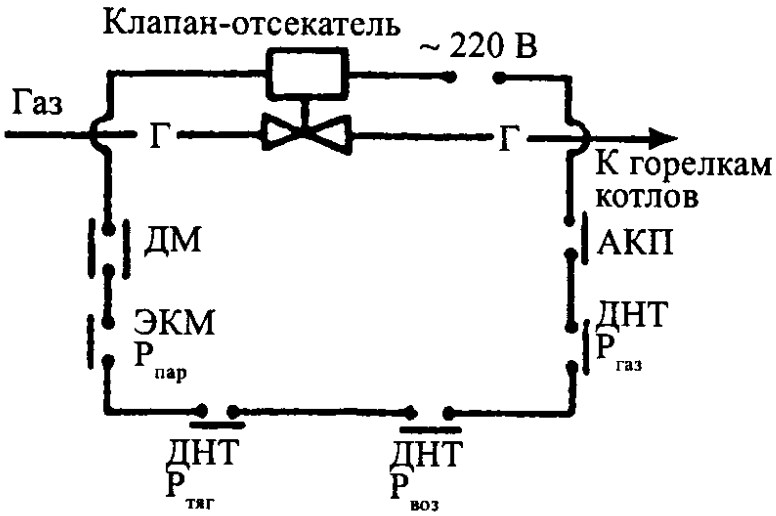


Рис. 117. Схема автоматики безопасности котлов:
Датчики: ДМ – уровень воды; ЭКМ – давление пара; ДНТ – давление газа, воздух разрежения; АКП – контроль пламени

станционный и автоматический розжиг, в процессе которого должны быть обеспечены:

контроль за правильным выполнением предпусковых операций;

включение тягодутьевых машин;

заполнение котла водой;

контроль за нормальным состоянием параметров при пуске;

дистанционный розжиг запальника со щита управления.

Для паровых котлов независимо от давления пара и производительности должны быть установлены устройства, которые автоматически отключат подачу газа к горелкам при:

повышении или понижении давления газа перед горелками;

понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;

понижении разрежения в топке;

погасании факела горелок;

повышении давления пара сверх рабочего;

повышении или понижении уровня воды в барабане котла за допустимые пределы;

неисправности звеньев защиты, включая исчезновение напряжения (кроме котельных 1 категории по электроснабжению)

Для водогрейных котлов с температурой воды более 115 °С при:

повышении или понижении давления газа перед горелками;

понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;

понижении разрежения в топке;

погасании факела горелок;

повышении температуры воды на выходе из котла;

повышении или понижении давления воды на выходе из котла;

уменьшении расхода воды через котел;

неисправности звеньев защиты, включая исчезновение напряжения.

Для водогрейных котлов с температурой воды 115 °С и ниже при:

повышении или понижении давления газа перед горелками;

понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;

понижении разрежения в топке;

погасании факела горелок;

повышении температуры воды на выходе из котла;

неисправности звеньев защиты, включая исчезновение напряжения.

Реализация схем автоматики безопасности осуществляется либо в составе комплектных устройств автоматики, либо с помощью отдельных автоматических устройств в необходимом наборе.

Датчики автоматики безопасности должны быть автономные, независимые один от другого и от системы регулирования, должны

иметь свои устройства отбора импульсов и замыкаться на отдельную схему.

Включение в состав автоматики безопасности дистанционного и автоматического розжига определяет особые требования к таким характерным только для этих схем приборам и устройствам, как приборы контроля наличия пламени и отсечные устройства с электромагнитным приводом.

В схемах защиты пуска котлов, работающих на газе, подлежат реализации следующие требования:

задержка выдачи сигнала «Остановка» по параметрам, для которых характерна пульсация и для датчиков с возможным неправильным сигналом из-за вибрации (по факелу, разрежению, напору воздуха, при использовании приборов ДКМ, ТПГ-СК и др.). Задержка допускается в зависимости от мощности горелки в границах 2–5 с;

в рабочем состоянии все элементы схемы должны находиться под напряжением;

давление газа и факел основных горелок на время розжига блокируются, остальные параметры задействованы на защиту;

должно быть обеспечено выявление и запоминание причины останова котла;

должна быть предусмотрена возможность проверки работоспособности схемы по всем параметрам без останова котла;

при срабатывании датчика понижения давления газа должна быть исключена подача газа на запальник;

должна быть обеспечена до розжига автоматическая вентиляция топки;

в котлах с несколькими запальниками схемой должно быть обеспечено поочередное и независимое включение горелки от своего запальника.

Системы автоматики и комплекты средств управления котельных

Основное направление автоматизации котельных в настоящее время – создание *комплектных систем контроля, регулирования и защиты*, которые обеспечивают автоматизацию основных взаимосвязанных технологических процессов в котлах и вспомогательном оборудовании котельных.

Перечень наиболее распространенных систем автоматики комплектов средств управление, которые выпускались ранее и выпускаются в настоящее время:

1. Системы автоматики АГК-2У и АГК-2П выпускались ПО «Киевкоммунтехника» для водогрейных и паровых котлов с дав-

лением пара до 0,7 кгс/см^2, оборудованных горелками низкого давления (снята с производства).

2. Система автоматики АГОК-66 выпускается исследовательским заводом ГлавТЕУ (С.-Петербург) для секционных водогрейных котлов, оборудованных горелками низкого давления.

3. Система автоматики АМК-У выпускалась заводом «Теплоприбор» (г. Улан-Удэ) для паровых котлов Е-1/9, оборудованных горелками низкого давления (снята с производства).

4. Системы автоматики «Кристалл» и «Контур»: первая – выпускалась, а вторая – выпускается Московским заводом тепловой автоматики (МЗТА) для паровых котлов ДКВР, ДЕ, работающих на топливе газ-мазут, и водогрейных газовых котлов ТВГ, КВ-Г.

5. Комплект средств управления КСУ-1-Г выпускается модернизированным заводом «Старорусприбор» (г. Старая Руса) для одногорелочных водогрейных котлов теплопроизводительностью 0,5–3 т/ч, оборудованных горелками низкого и среднего давления (типа «Факел-Г»).

6. Комплект средств управления КСУ-2П выпускается модернизированным заводом «Теплоприбор» (г. Улан-Удэ) для одногорелочных паровых котлов паропроизводительностью 0,25–2,5 т/ч, оборудованных горелками низкого давления (Е-1/9).

7. Комплект средств управления 1КСУ-ГМ выпускается ПО «Промприбор» (г. Чебоксары) для одногорелочных водогрейных котлов КВ-ГМ теплопроизводительностью 4–30 Гкал/ч.

8. Унифицированная система автоматики ФАЖ-АНГ «Пламя» выпускается ПО «Киевкоммунтехника» для водогрейных котлов производительностью до 1 Гкал/ч, оборудованных горелками низкого давления.

9. Автоматика парового котла КПА-500 выпускается Запорожским моторостроительным заводом для парового котла КПА-500.

10. Управляющее устройство «Курс-101» выпускается МЗТА для пароводогрейных котлов АПВ-1 и водогрейных котлов АВ в тепличных хозяйствах.

Все комплектные системы в обязательном порядке включают в себя автоматику регулирования, безопасности и светозвуковую сигнализацию.

Автоматика безопасности, независимая от автоматики регулирования, имеет автономные датчики и срабатывает при выходе за допустимые пределы включенных у схемы параметров.

Световая сигнализация позволяет обслуживающему персоналу определить причину отсечки газа.

Электрическая схема автоматики безопасности комплектных систем позволяет выполнять дистанционный розжиг горелок, кото-

рый разрешается только в случае, если все параметры автоматики безопасности находятся в норме.

Автоматическое регулирование котлов после их розжига можно включать, когда производительность котла достигнет не менее 40 % для котлов с двухпозиционным регулированием и нижней границей устойчивой работы – для котлов с другим регулированием.

Наиболее перспективными из разработанных в настоящее время комплектных систем автоматики являются *комплекты средств управления* (КСУ). Разработкой этих средств с 1977 г. занимается Чебоксарское специальное конструкторское бюро систем промышленной автоматики (СКБ СПА). Принципиальные отличия комплектов КСУ от ранее разработанных систем:

комплекты КСУ наделены функциональной полнотой, которая обеспечивает реализацию не только традиционных для автоматики котельных функций (регулирования, защиты, сигнализации и контроля), но и нетрадиционных (программное управление пускоостановочными операциями, связь с устройствами верхнего уровня иерархии управления);

блочно-модульное устройство комплектов и легкоснимаемость составных частей разрешают обслуживающему персоналу оперативно заменять неисправные блоки.

Система автоматики АГК-2У, ее основные узлы и их назначение

Системы автоматики АГК-2У предназначена для управления водогрейными котлами теплопроизводительностью до 1 Гкал/ч, работающими на природном газе низкого давления с инжекционными или подовыми горелками. Схема системы автоматики приведена на рис. 118.

Система автоматики регулирует:

температуру воды на выходе котла в соответствии с температурой внешнего воздуха;

подачу воздуха в топку в соответствии с давлением газа перед горелкой;

разрежение в топках котлов;

давление газа перед котлами.

Система автоматики отсекает подачу газа перед горелкой котла в следующих случаях:

при аварийном падении давления газа перед горелкой котла ниже 20 мм вод. ст. (200 Па);

при недостаточной тяге ниже 0,8 мм вод. ст. (8 Па);

при погасании факела;

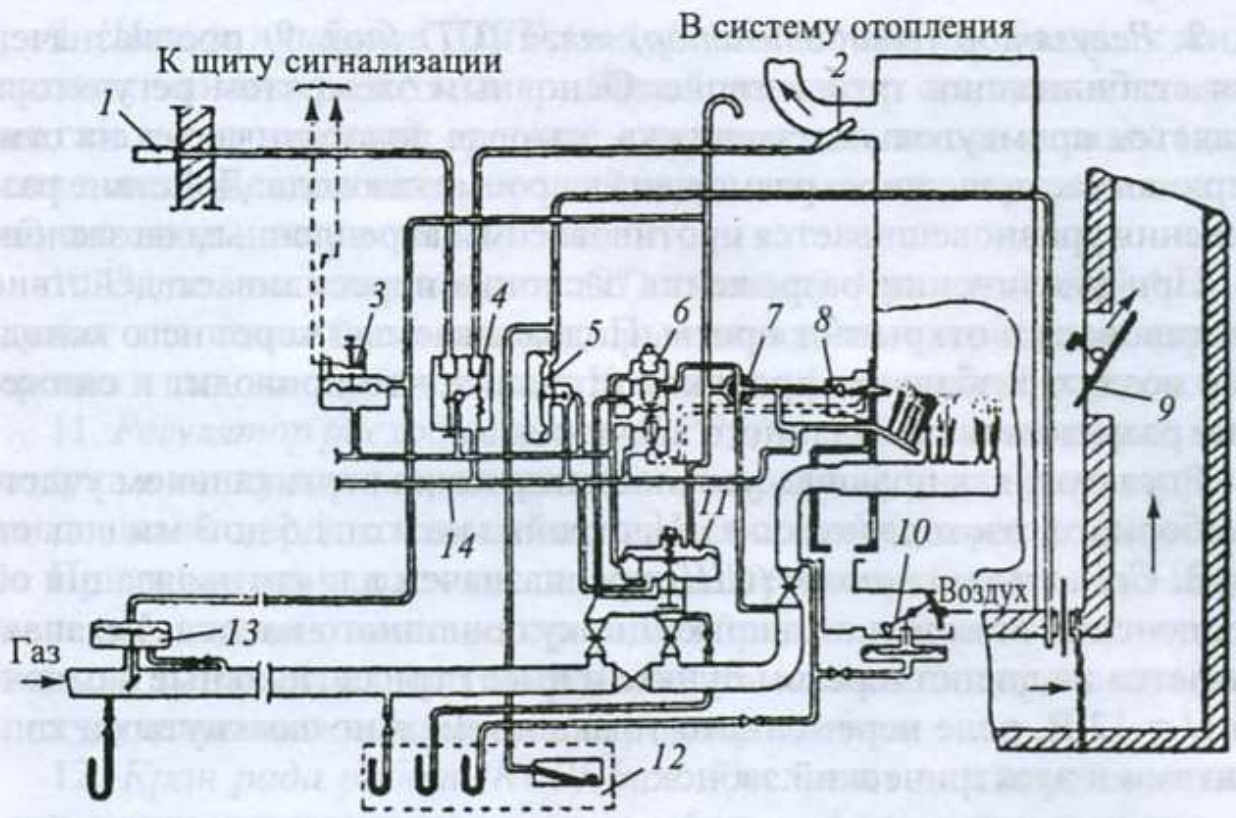


Рис. 118. Схема системы автоматики АГК-2У:

1 – датчик температуры наружного воздуха; *2* – датчик температуры горячей воды; *3* – сигнальное реле; *4* – регулятор соотношения температур; *5* – реле тяги; *6* – электромагнитный клапан; *7* – кран рода работ; *8* – запальник с термопарой и огневой дорожкой; *9* – стабилизатор тяги; *10* – регулятор расхода воздуха; *11* – регулятор расхода газа; *12* – щиток приборов; *13* – регулятор давления газа; *14* – линия сброса

при перегреве воды в котле выше заданной температуры;
при неисправности системы автоматики.

Система автоматики сигнализирует о работе или отключении котла загоранием или погасанием лампочки на сигнальном щитке. При отключении циркуляционного насоса срабатывает звуковой сигнал.

Перечень узлов системы автоматики и их характеристика

Устройства общекотельного назначения

1. *Регулятор давления газа РДГ (поз. 13)* – предназначен для регулирования давления газа перед котлами независимо от колебания давления в подающей сети. Устанавливается внутри котельной на вводе после счетчика в количестве в зависимости от расхода газа. Обеспечивает после себя давление газа 80–100 мм вод. ст. (0,8–1 кПа) при давлении к регулятору 85–250 мм вод. ст. (0,85–2,5 кПа).

РегуляторРДГ настраивается на заданное давление в заводских условиях (подбором груза над мембраной). Регуляторы выпускались в двух модификациях – на пропускную способность 50 и 250 м³/ч.

2. *Регулятор (стабилизатор) тяги (СТ) (поз. 9)* предназначен для стабилизации тяги в топке. Основным элементом регулятора является прямоугольная задвижка, которая поворачивается на оси. Верхняя часть заслонки размещена в проеме газохода. Действие разрежения уравновешивается противовесом, закрепленным на заслонке. При увеличении разрежения заслонка пересиливает действие противовеса и открывает проем. Подсасываемый через него холодный воздух разбавляет продукты сгорания, что приводит к снижению разрежения до заданного значения.

Ргулятор, как правило, устанавливается на вертикальном участке сборного газохода (лежака). Настройка тяги от 1,5 до 3 мм вод. ст.

3. *Сигнальный щиток (СЩ)* предназначен для сигнализации об отключении котлов и остановке циркуляционного насоса. Устанавливается на диспетчерском пункте и имеет три сигнальные лампочки $U = 12$ В, реле переменного тока с нормально замкнутыми контактами и электрический звонок.

Устройства котлового назначения

4. *Регулятор расхода газа (главный клапан) (поз. 11)* регулирует подачу газа к горелке по регулятора команде РСТ и осуществляет отсечку газа к горелке в вышеуказанных случаях. Главный клапан устанавливается возле каждого котла.

Пропускная способность клапана в зависимости от номера профиля проходного отверстия (№ 1... 6) от 15 до 100 м^3/ч.

5. *Электромагнитный клапан (ЭМК) (поз. 6)* предназначен для контроля горения газа и подачи команды главному клапану на отсечку газа при угасании запальника.

Кроме того, с помощью клапана ЭМК осуществляется розжиг котла и питание импульсной системы газом. Клапан крепится к главному клапану.

6. *Регулятор соотношения температур (РСТ) (поз. 4)* устанавливает необходимую температуру горячей воды на выходе из котла в зависимости от температуры окружающего воздуха путем плавного изменения давления газа импульсной системы под мембраной главного клапана, который приводит к изменению подачи газа на горелку. Кроме того, при перегреве воды на выходе из котла выше заданной температуры регулятор дает команду главному клапану на отсечку газа к горелке, предотвращая перегрев котла. Крепится к главному клапану.

7. *Реле тяги (РТ) (поз. 5)* контролирует тягу в топке котла и при недостаточной тяге ниже 0,8 мм вод. ст. дает команду главному клапану на отсечку газа. Крепится к главному клапану.

8. *Сигнальное реле (СР) (поз. 3)* предназначено для сигнализации об отключении газа к котлу. Крепится к главному клапану.

9. *Щиток приборов (ЩП) (поз. 12)* имеет три U-образных жидкостных манометра и тягомер. Левый манометр показывает давление газа перед горелкой, средний – плотность главного клапана (давление импульсного газа), правый – давление газа перед автоматикой, тягомер – тягу в топке котла.

10. *Запальник с термопарой (ЗТ) и огневой дорожкой (ОД) (поз. 8)* служит для поджигания газа, который выходит из горелки, контроля горения и выхода сбросного газа. Крепится к фронтальной плите котла.

11. *Регулятор расхода воздуха (РРВ) (поз. 10)* служит для подачи воздуха в топку котла пропорционально расходу газа. Регулятор устанавливают перед котлом и соединяют с топкой через поддувало.

При изменении расхода газа изменяется соответственно и его давление, под действием которого мембрана поднимает или опускает шток, который, в свою очередь, перемещаясь, поворачивает заслонку, увеличивая или уменьшая подачу воздуха.

12. *Кран рода работ (КРР) (поз. 7)* служит для переключения автоматики на различные режимы работы: «Автоматический пуск», «Работа», «Выключено», «Продувка». Устанавливается перед фронтом котла.

Принцип работы и эксплуатация котлов с автоматикой АГК-2У

Система автоматики АГК по *принципу действия* ее узлов – пневматическая. Рабочей средой является природный газ, который отбирается перед главным клапаном, для питания импульсной системы.

Газ импульсной системы, пройдя через дроссель настройки электромагнитного клапана, поступает под мембраны главного клапана и сигнального реле и к соответствующим клапанам реле тяги, регулятора соотношения температур и электромагнитного клапана.

При нормальных условиях работы котла и исправности системы автоматики клапаны, которые прикрывают сброс газа импульсной системы закрыты. Газ импульсной системы, действуя на мембрану главного клапана, открывает проход основного газа к горелке. Одновременно с этим газ импульсной системы поднимает мембрану сигнального реле, запирая или размыкая контакты и сигналя о включении котла.

При аварийном режиме (отсутствующая или слабая тяга, перегрев воды в котле, прекращение горения газа) открываются соответствующие клапаны: реле тяги, регулятора соотношения температур, электромагнитного клапана, выпускающие на сброс газ импульсной системы. При этом давление газа в импульсной системе резко падает, что приводит к закрытию главного клапана и отсечке основного газа.

Одновременно опускается мембрана сигнального реле, контакты которого размыкаются или замыкаются, сигналя об отключении котла.

Отключение котла при неисправности автоматики или аварийном падении давления газа осуществляется за счет нарушения плотности импульсной системы или уменьшения давления газа импульсной системы.

Во всех случаях отключения котла автоматика извещает диспетчерский пункт погасанием или загоранием лампочки на сигнальном щитке.

При остановке циркуляционного насоса подается звуковой сигнал.

Пуск и работа котла с системой автоматики АГК-2У. При *пуске котла* необходимо:

1. Проверить заполнение котла и питательной системы водой.
2. Провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин, открыв шиберы и поворотную задвижку регулятора расхода воздуха.
3. Открыть запорные устройства на входе и выходе воды из котла.
4. Включить циркуляционный насос.
5. Проверить разрежение в топке.
6. Открыть «контрольный» кран (перед автоматикой).
7. Проверить давление газа до регулятора и перед автоматикой.
8. Перевести кран рода работ в положение «Автоматический пуск».
9. Внести зажженную спичку в окно запальника.
10. Нажать на кнопку ЕМК.
11. После появления факела на запальнике закрыть окно запальника.
12. Убедившись в том, что газ, который выходит из отверстий огневой дорожки, загорелся, отпустить кнопку ЕМК (примерно через 90 с).
13. Нажать на пусковую кнопку главного клапана и проследить по среднему манометру за заполнением газом импульсной системы.
14. Открыть «рабочий кран» (перед горелкой), установив давление газа на горелку (режим 30 % по режимной карте). При этом должна загореться основная горелка.
15. После прогрева котла (15–20 мин) открыть полностью «рабочий кран».
16. Перевести кран рода работ в положение «Работа».
17. Убедиться в повороте воздушной задвижки РВП.
18. Сделать запись в сменном журнале о пуске котла с указанием времени.

Во время *работы котла* необходимо следить:

за горением в топке котла;

за температурой воды на выходе из котла;

за работой циркуляционного насоса;

за своевременной подпиткой системы отопления.

через каждые 2 ч следует делать запись в сменном журнале об основных параметрах работы котла.

При *останове котла* необходимо:

1. Перевести кран рода работ в положение «Выключено».
2. Закрыть «контрольный» и «рабочий» краны.
3. Когда горелка и запальник погаснут, кран рода работ перевести в положение «Продувка».
4. Когда температура воды на выходе и входе в котел станет одинаковой, выключить циркуляционный насос.
5. Сделать запись в сменном журнале с указанием времени останова котла.

Система автоматики АГК-2П, ее основные узлы и эксплуатация

Система автоматики АГК-2П (рис. 119) внешне похожа на систему автоматики АГК-2У и предназначена для установки на паровых котлах с давлением пара до 0,7 кгс/см^2.

Все взаимосвязанные узлы – главный клапан, электромагнитный клапан, реле тяги, сигнальное реле и вспомогательные узлы – имеют те же конструкции и назначение, что и в системе автоматики АГК-2У.

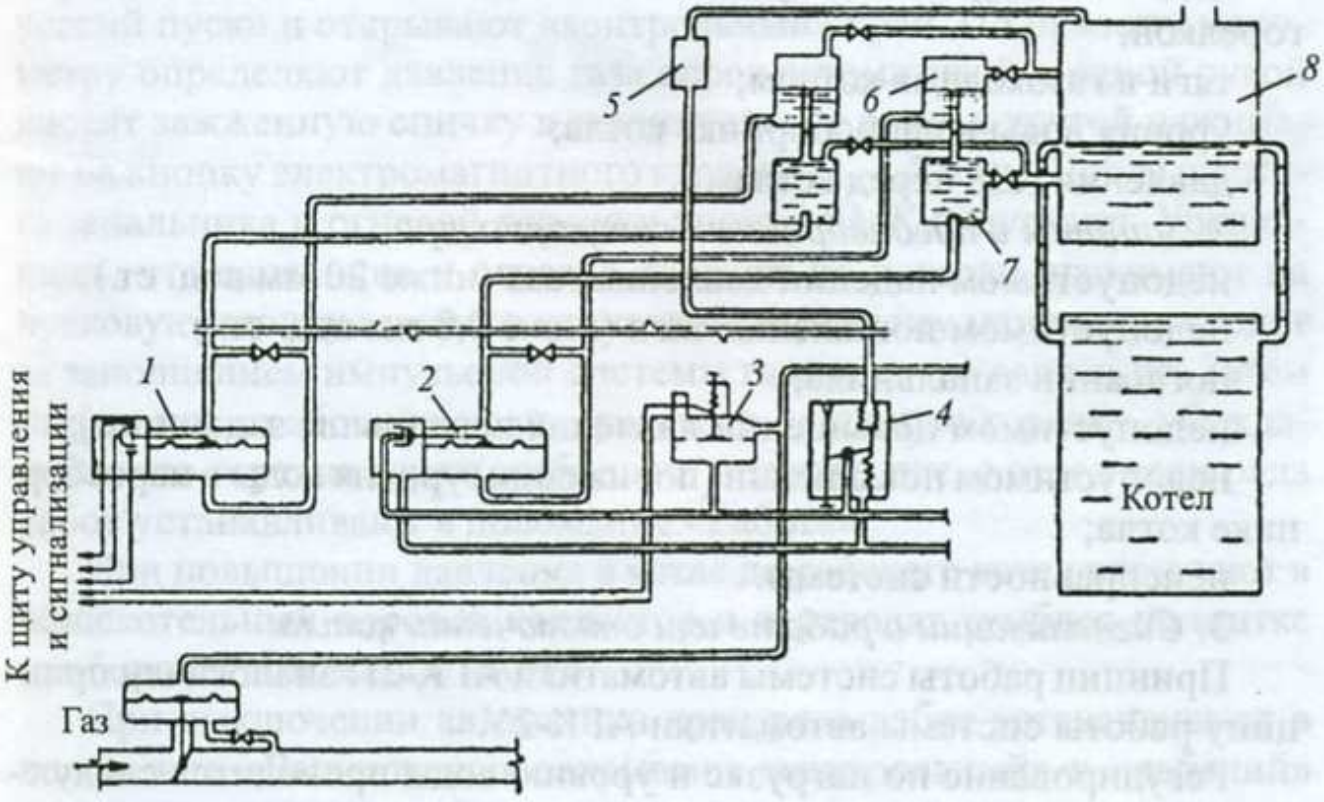


Рис. 119. Схема дополнительных элементов системы автоматики АГК-2П: *1* – регулятор уровня; *2* – реле уровня; *3* – сигнальное реле; *4* – стабилизатор давления пара; *5* – конденсатный бачок; *6* – бачок постоянного уровня; *7* – отстойник; *8* – паросборник

Кроме того, в систему автоматики АГК-2П входят следующие взаимосвязанные узлы:

стабилизатор давления пара (СДП) (поз. *4)* для поддержки заданного давления пара с возможностью настройки от 0,15 до 0,7 кгс/см^2, а также для отключения подачи газа к горелке в случае превышения заданного давления пара. Стабилизатор похож на регулятор соотношения температур и устанавливается на его месте;

регулятор уровня воды (РУВ) (поз. *1)* позиционного действия, предназначен для включения питательного насоса при достижении заданного низшего рабочего уровня и отключения насоса при достижении высшего рабочего уровня воды в котле. Регулятор состоит из измерителя уровня и электроконтактного устройства в отдельном корпусе;

реле уровня (РУ) (поз. *2)* предназначено для управления отключением природного газа к горелке при отклонении уровня воды в паросборнике *8* за допустимые (заданные) пределы и состоит из измерителя уровня и пневматического реле.

Измерители уровня регулятора и реле подключены к паросборнику котла через общие бачок постоянного уровня *6* и отстойник *7*.

Система автоматики АГК-2П выполняет следующие функции:

1. *Автоматического регулирования*

подачи газа в зависимости от давления пара;

подачи воздуха в топку в зависимости от давления газа перед горелкой;

тяги в газоходе за котлом;

уровня воды в паросборнике котла;

давления газа перед котлами.

2. *Защиты в предаварийных ситуациях при*

недопустимом падении давления газа (ниже 20 мм вод. ст.);

недопустимом понижении тяги (ниже 0,8 мм вод. ст.);

погасании запальника;

недопустимом повышении давления пара (выше заданного);

недопустимом повышении (понижении) уровня воды в паросборнике котла;

неисправности системы.

3. *Сигнализации о работе или отключении котла.*

Принцип работы системы автоматики АГК-2П аналогичен принципу работы системы автоматики АГК-2У.

Регулирование по нагрузке и уровню воды проводится следующим образом.

Стабилизатор давления пара поддерживает заданное давление в паросборнике. Перемещение сильфона-измерителя давления пара, соединенного с паровым объемом паросборника котла через кран и

конденсационный бачок, приводит к большему или меньшему открытию сопла выхода газа импульсной системы в сбросную линию. Этот выход определяет командное давление под мембраной главного клапана, нагруженной пружиной, и, соответственно, к изменению открытия клапана, регулирующего проход газа к горелке.

Регулятор уровня позиционного действия обеспечивает включение питательного насоса при опускании воды в паросборнике до нижнего заданного уровня и выключение насоса при повышении уровня воды до высшего заданного уровня.

Бачок постоянного уровня своей верхней частью соединен трубкой через постоянно открытый кран с паровым пространством паросборника.

Отстойник соединен трубкой через кран с водным пространством паросборника котла.

Эксплуатация котлов с системой автоматики АГК-2П. До включения автоматики в работу необходимо убедиться, что приборы заправлены жидкостью до отметки «О», давление газа перед автоматикой не менее 40 мм вод. ст. (400 Па), краны на газовой разводке закрыты и кран рода работ установлен в положение «Продувка».

При включении автоматики проверяют наличие тяги в топке, уровень в паросборнике. Если уровня нет, то котел подпитывают до нижнего рабочего уровня воды в котле.

Затем кран рода работ устанавливают в положение «Автоматический пуск» и открывают «контрольный» кран. По правому манометру определяют давление газа перед автоматикой и одной рукой вносят зажженную спичку в зажигательное окно, а другой нажимают на кнопку электромагнитного клапана (1–1,5 мин). После розжига запальника и огневой дорожки кнопку ЕМК отпускают. Убедившись, что запальник и огневая дорожка не погасли, нажимают на пусковую кнопку главного клапана. По среднему манометру следят за заполнением импульсной системы газом по его давлению. Затем открывают «рабочий» кран, зажигают основную горелку, убеждаются, что горелка горит стабильно, и только после этого кран ряда работ устанавливают в положение «Работа».

При повышении давления в котле до рабочего котел включают в общекотельный паровой коллектор и переводят тумблер на щитке приборов в положение «Авт.»

При выключении автоматики кран ряда работ устанавливают в положение «Выключено», закрывают «контрольный» и «рабочий» краны. Краны рода работ устанавливают в положение «продувка». Тумблеры на щитке приборов – в положение «Ручн.» и «Остановка». Закрывают главный паровой клапан на паросборнике. Делают запись в оперативном журнале об останове котла с указанием времени.

Система автоматики АМК-У, ее основные узлы и принцип действия

Система автоматики АМК-У предназначена для управления водогрейными и паровыми котлами типа Е-1/9 малой мощности. Функциональная схема автоматики регулирования и защиты приведена на рис. 120.

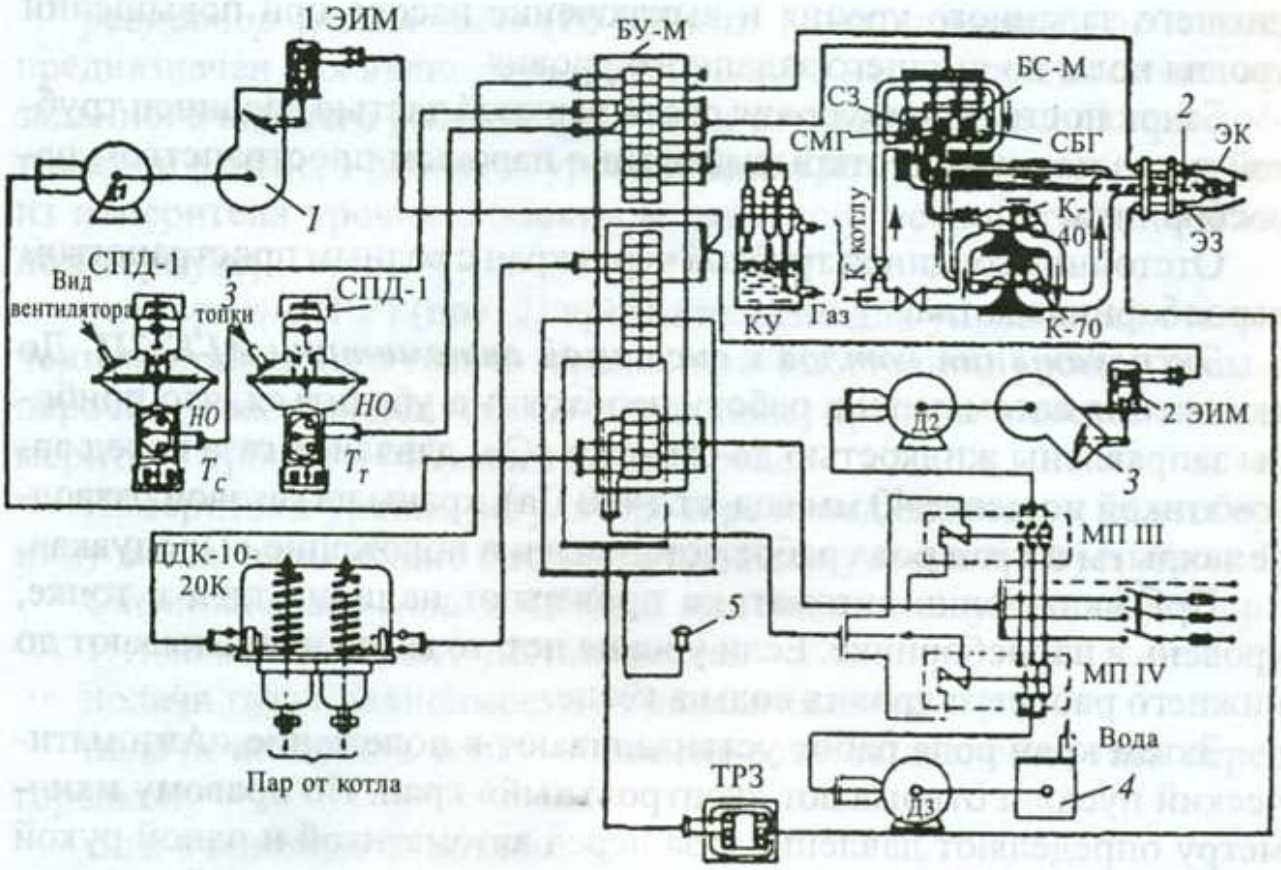


Рис. 120. Функциональная схема системы регулирования и защиты АМК: *1* – вентилятор; *2* – горелка; *3* – дымосос; *4* – питательный насос; *5* – электрический звонок; Д1, Д2, Д3-электродвигатели; СПД-1 – датчики давления воздуха и разрежения; ДДК-10-20К – датчик давления пара; БУ-М – блок управления; КУ – кнопка управления; БС-М – блок соленоидов; К-40, К-70 – клапаны газовые; ЭИМ – электрический исполнительский механизм; МП – магнитные пускатели; ТРЗ – трансформатор зажигания; ЭК – электрод контрольный; ЭЗ – электрод зажигания

Система автоматики обеспечивает:

двухпозиционное регулирование в заданных пределах основных технологических параметров котла (давление пара, подача воздуха и разрежение в топке в соответствии с подачей газа, уровень воды в котле);

автоматику безопасности (подача газа к котлу прекращается при: повышении или понижении давления газа от заданных значений, понижении давления воздуха, понижении разрежения, погасании пламени горелки, повышении давления пара, падении уровня воды, отключении электроэнергии;

световую сигнализацию о нормальной работе котла;

аварийную световую (по уровню) воды в барабане и звуковую сигнализации по параметрам автоматики безопасности;

полуавтоматический пуск и останов котла.

Основными узлами системы автоматики *являются:*

блок питания газовый БПГ с электромагнитами «большого» и «малого» горения;

блок управления БУ-М-У;

уровнемерная колонка;

устройство розжига и контроля горения.

Автоматическое регулирование. *Регулирование давления пара в заданных пределах и регулирование подачи воздуха* осуществляются схемой двухпозиционного регулятора, собранного в блоке БУ-М-У. Датчиком является сильфонный датчик-реле ДД-10-20К.

При нормальной работе котла, если давление пара меньше заданного высшего значения настройки, газ поступает к горелке через два открытых клапана («большого» и «малого» горения) и клапан запальника блока БПГ. Когда давление пара достигнет верхней границы настройки, клапан «большого» горения закрывается и расход газа падает до 40 %.

Одновременно пропорционально уменьшается расход воздуха благодаря электрическому блокированию управления электромагнитным клапаном «большого» горения и электрическим исполнительным механизмом, который действует на заслонку вентилятора и дымососа.

Положение максимального и минимального открытия заслонок устанавливается с помощью регулировочных винтов, которые находятся в приводе заслонки, исходя из условий оптимального сжигания газа.

При падении давления пара до заданного нижнего клапан «большого» горения снова открывается, а электрический исполнительный механизм возвращает заслонку вентилятора и дымососа в положение максимального открытия.

Таким образом, котел работает в режимах 40 и 100 % тепловой мощности горелки, при этом клапан «малого» горения постоянно открыт.

Регулирование уровня воды в котле осуществляется также по схеме двухпозиционного регулятора. Датчиками являются электроды, жестко установленные в уровнемерной колонке: один – на нижнем регулируемом уровне (НРУ), другой – на высшем регулируемом уровне (ВРУ).

При опускании воды в уровневой колонке до НРУ происходит включение питательного насоса, а при подъеме воды до ВРУ питательный насос отключается.

Система автоматики безопасности. При аварийном значении параметров размыкаются контакты датчиков, срабатывает схема защиты, собранная в блоке управления БУ-М-У, что приводит к отключению тока на электромагнитах клапанов «большого» и «малого» горения в блоке питания газом БПГ, прекращается подача газа на горелку, гаснет лампа «Нормальная работа», включается сигнальная сирена.

Повторный пуск котла возможен после ликвидации причины срабатывания автоматики безопасности только нажимом кнопки «Пуск» (табл. 11).

Таблица 11

Параметры срабатывания системы автоматики АМК-У

Параметр	Датчик	Результат срабатывания датчика
Повышение давления газа	ДН-250-10к (180–220 кгс/м^2)	Отсечка подачи газа. Сирена. Погасание лампы «Норм. работа»
Понижение давления газа	ДН-250-10к (80–120) кгс/м^2)	»–»
Понижение давления воздуха	ДН-250-10к (80–120 кгс/м^2)	»–»
Понижение разрежения	ДНТ-100	»–»
Погасание факела	Электрод контрольный (КЭ)	»–»
Повышение давления пара	ДД-10-20к	»–»
Понижение уровня воды	Электрод РК НАР	То же. «Воды нет»
Повышение уровня воды	Электрод РК ВАР	Сирена

Включение системы автоматики безопасности. Для включения системы следует:

1. Подать напряжение питания на блок БУ-М-У и вспомогательное оборудование, включив рубильник.
2. Открыть крышку блока БУ-М-У и нажать на кнопку теплового реле, если контакты его разомкнуты.
3. Подать воду к питательному насосу.
4. Открыть продувочный кран на «свечу» (если закрыт).
5. Открыть кран на опуске и краны подачи газа к запальнику и горелке.
6. Нажать на кнопку «Пуск» блока БУ-М-У. При этом включаются в работу дымосос, вентилятор и питательный насос, происходит заполнение котла водой.
7. Повторно нажать на кнопку «Пуск» через 3–5 мин, необходимых для вентиляции топки. В результате этого включается катушка

зажигания и открывается электромагнитный клапан запальника на блоке БПГ. Газ поступает к запальнику и поджигается от искры, которая возникает между горелкой и электродом зажигания.

8. После появления пламени запальника и фиксирования его контрольным электродом запальника открываются клапаны «большого» и «малого» горения и осуществляется розжиг горелки. Одновременно включаются электромагнитные исполнительные механизмы, открывающие полностью заслонки вентилятора и дымососа. Успешное завершение розжига завершается отключением схемы зажигания и загоранием лампы «Норм. работа».

9. После загорания лампы «Норм. работа» закрыть продувочную «свечу».

10. Когда давление в котле будет равным давлению в общекотельном коллекторе или на 0,5 кгс/см^2 меньше, подключить котел в общую паровую систему.

11. Сделать запись в сменном журнале о розжиге котла с указанием времени.

Выключение системы автоматики безопасности производят следующим образом:

1. Нажать на кнопку «Стоп». При этом отключаются все клапаны в блоке питания газом.

2. Перекрыть подачу газа на котел.

3. Открыть продувочную «свечу».

4. Нажать на кнопку «Стоп» через 3–5 мин, необходимых для вентиляции.

5. Отключить котел от общекотельного коллектора.

6. Выключить напряжение питания на БУ-М-У.

7. Сделать запись в сменном журнале об останове котла с указанием времени.

Система автоматики «Контур», ее основные узлы и принцип действия

Для автоматизации котлов паровых ДКВР, ДЕ, которые работают на топливе газ/мазут, и водогрейных котлов ТВГ, КВ-Г, работающих на природном газе, используются комплекты автоматического регулирования на базе системы «Контур» (рис. 121, 122), автоматики безопасности и управления в щите типа Щ-К2 (Щ-К2У) (рис. 123). Схема системы автоматического регулирования «Контур» на паровых котлах ДКВР приведена на рис. 124.

Система «Контур» освоена Московским заводом тепловой автоматики (МЗТА) в 1978 г. До этого времени МЗТА выпускал электронно-гидравлическую систему «Кристалл».

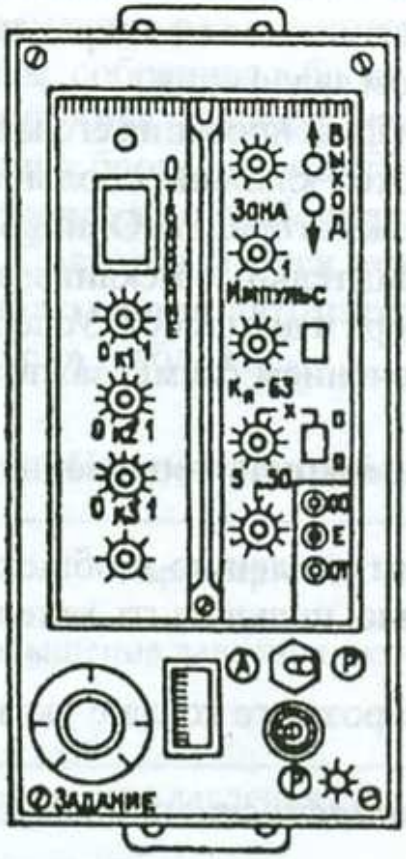


Рис. 121. Лицевая панель регулятора, используемого в системе автоматики «Контур»

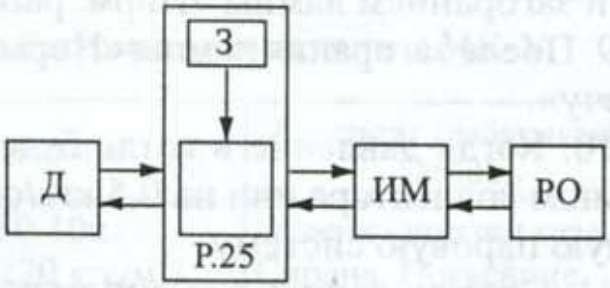


Рис. 122. Принципиальная схема автоматического регулирования

Система автоматики «Контур» предназначена для регулирования параметров технологического процесса котлов.

Каждый автоматический регулятор имеет:

датчик (первичный прибор) (Д);

регулирующий прибор (усилитель);

исполнительный механизм (ИМ);

регулирующий орган (РО).

Датчик Д связан с регулируемым параметром и преобразует поступающий в него импульс в электрический сигнал. Датчик состоит из измерительного и электрического преобразователей. Измерительным преобразователем могут быть эластичная мембрана, манометрическая трубка и др.

Электрический преобразователь представляет собой дифференциально-трансформаторную катушку и стальной сердечник (рис. 125).

Датчик получает питание $U_{вх}$ = 12 (24) В от своего регулирующего прибора электрический сигнал $U_{вых}$ изменяет свое значение в зависимости от положения стального сердечника III.

Регулирующий прибор Р.25 с задатчиком осуществляет питание своего датчика, от которого поступает электрический сигнал $U_{вых}$, который сравнивается с заданным, задаваемым задатчиком, и при неравенстве и усилении разности электрических сигналов на выходе регулирующего прибора возникает усиленный электрический сигнал, который включает в работу исполнительный механизм.

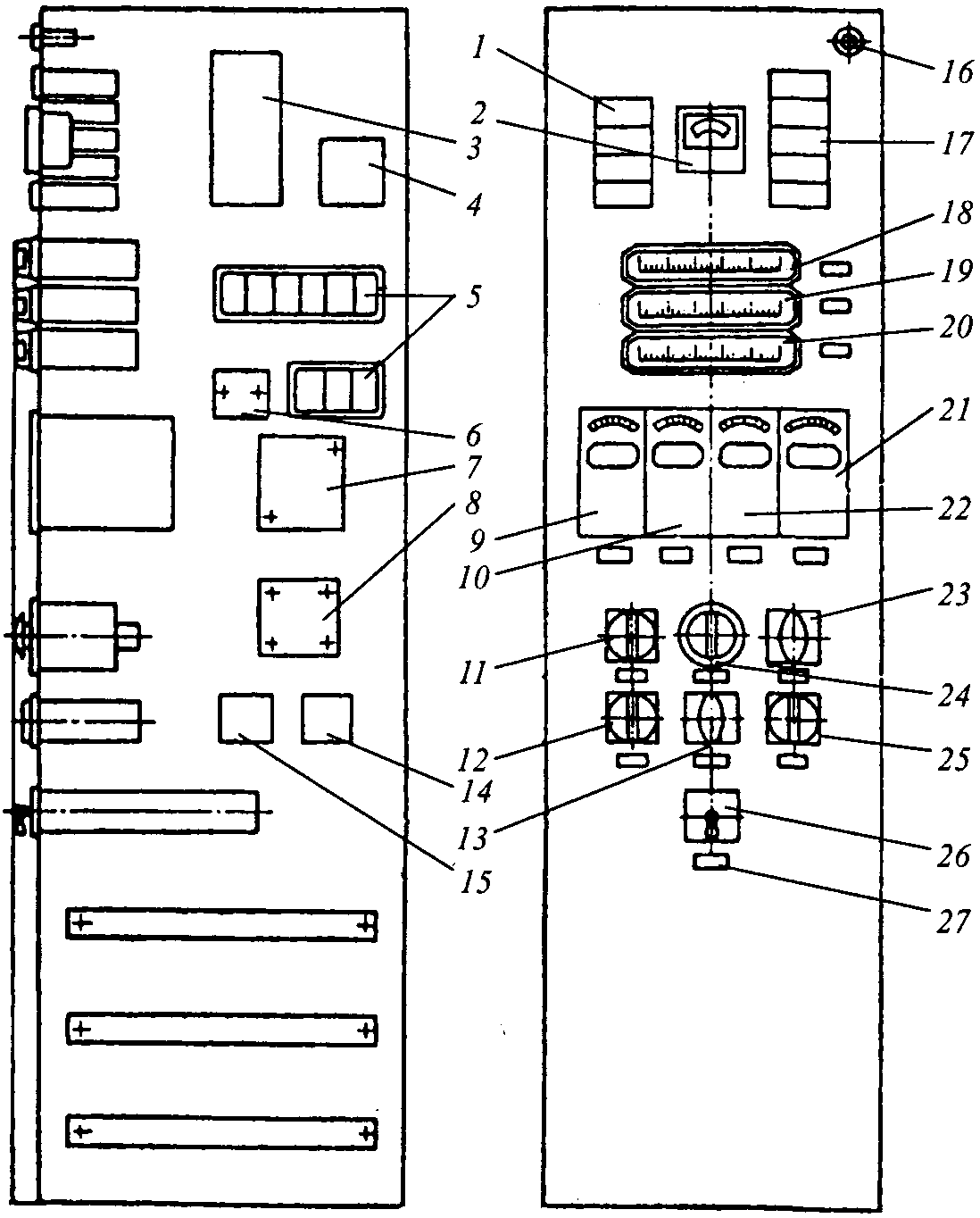


Рис. 123. Щит Щ-К2:
1, 17 – табло световое двухламповое ТСБ; *2* – амперметр; *3* – понижающий трансформатор ОСО-0,25; *4* – выпрямитель 75ГМ8А2; *5* – автоматические выключатели А-63; *6* – пакетный переключатель ПВЗ-10; *7* – блок переключателей ПП1-10/К2; *8* – сетевой выпрямитель СВ-4; *9* – регулятор топлива УТ; *10* – регулятор воздуха УТ; *11* – переключатель пуска котла; *12* – ключ вентилятора; *13* – переключатель блокировки; *14* – узел розетки; *15* – узел пакетного переключателя ПВ2-10; *16* – лампа световая сигнальная АСС-2; *18* – логометр профильный Л-64; *19* – напоромер мембранный НПП-1; *20* – тягонапоромер ТНМ-1; *21* – регулятор уровня УТ; *22* – регулятор разрежения УТ; *23* – переключатель датчиков пламени КФ 77/П-ГУС; *24* – переключатель термометров сопротивления ПМТ-4; *25* – ключ дымососа КСВА; *26* – переключатель топлива; *27* – рамка для надписей

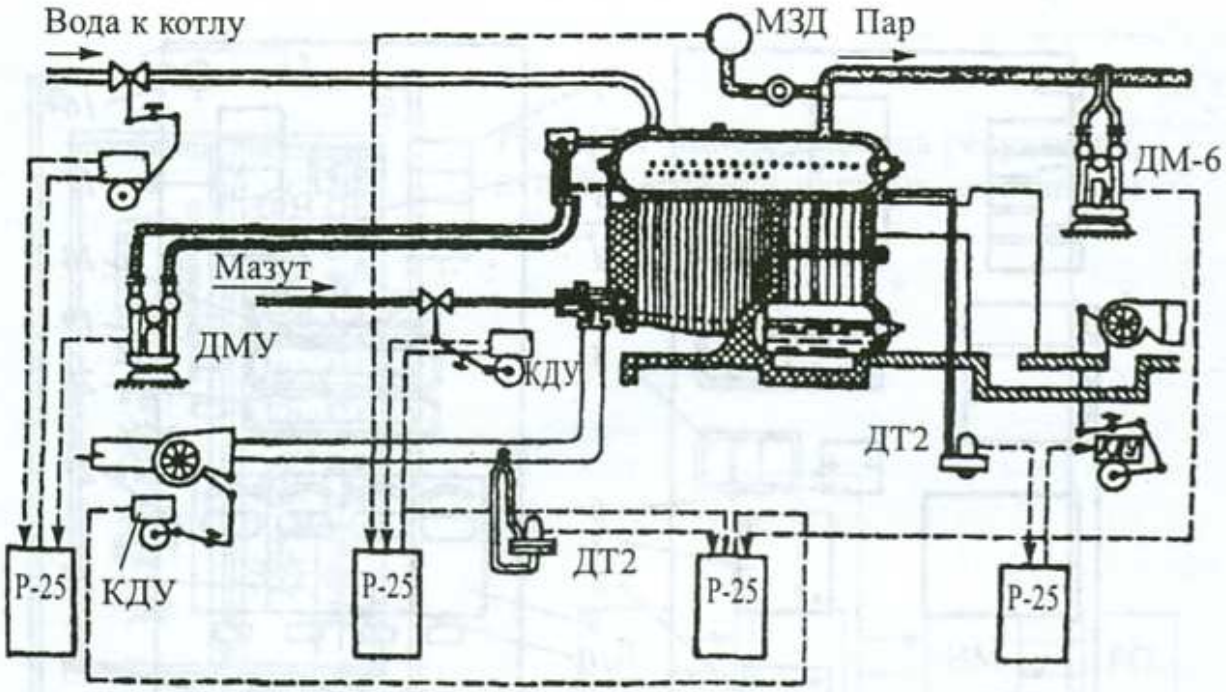


Рис. 124. Схема системы автоматики «Контур» на паровых котлах ДКВР

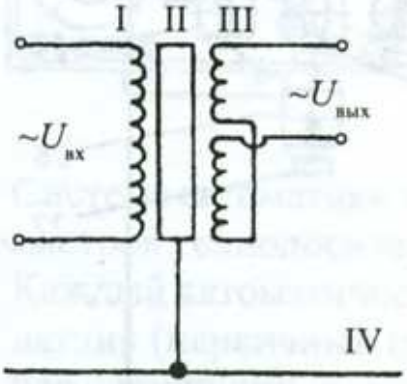


Рис. 125. Схема дифференциально-трансформаторного преобразователя:
I – первичная обмотка дифференциально-трансформаторной катушки; II – вторичная обмотка дифференциально-трансформаторной катушки; III – стальной сердечник; IV – эластичная мембрана измерительного преобразователя

Исполнительный механизм ИМ может быть гидравлическим типа ГИМ (рис. 126, 127) (механизм использовался ранее в системе регулирования «Кристалл») и электрическим типа МЭО (механизм электрический однооборотный) (рис. 128).

Исполнительный механизм перемещает регулирующий орган РО. В зависимости от параметров, которые регулируются, регулирующим органом может быть: регулирующая заслонка (РЗ), направляющий аппарат дутьевого вентилятора (НАДВ), направляющий аппарат дымососа (НАД), регулирующий клапан (РК).

На паровых котлах устанавливаются следующие регуляторы:

регулятор давления пара в барабане котла;

регулятор расхода воздуха по заданному соотношению «газ-воздух»;

регулятор разрежения в топке;

регулятор уровня воды в барабане котла.

На рис. 129, *а–г* показаны примеры соединения исполнительных механизмов с регулирующими органами.

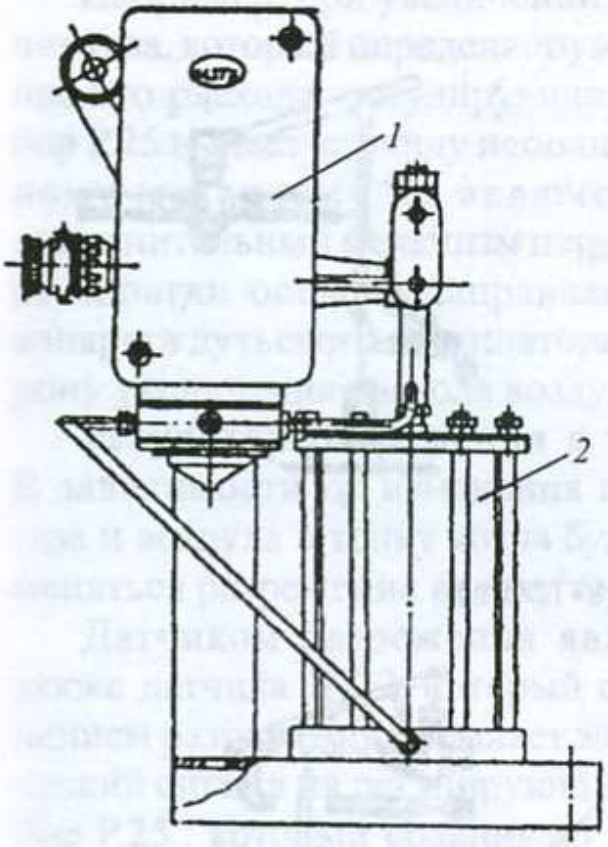


Рис. 126. Гидравлический исполнительный механизм ГИМ:
1 – блок управления; *2* – гидравлический сервомотор

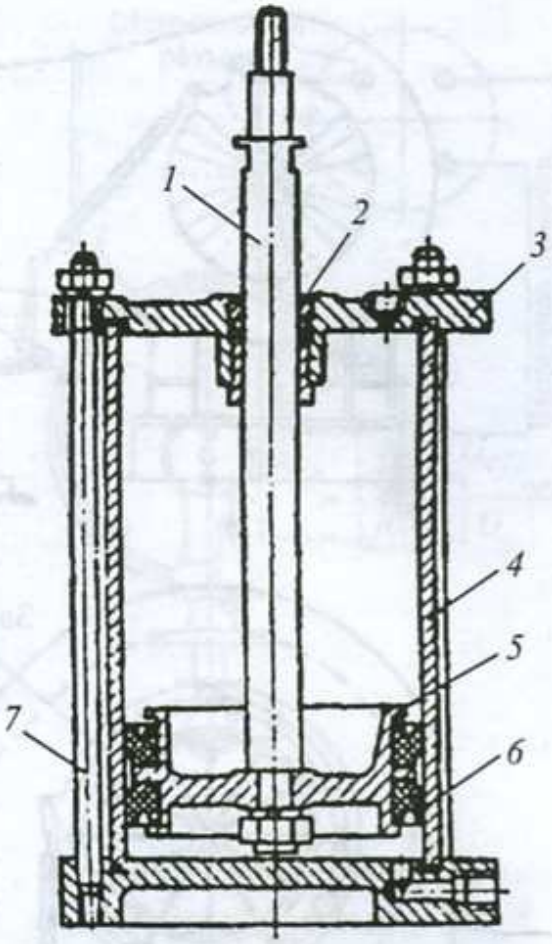


Рис. 127. Сервомотор исполнительного механизма ГИМ:
1 – шток; *2, 6* – уплотнение; *3* – крышка; *4* – цилиндр; *5* – поршень; *7* – стяжной болт

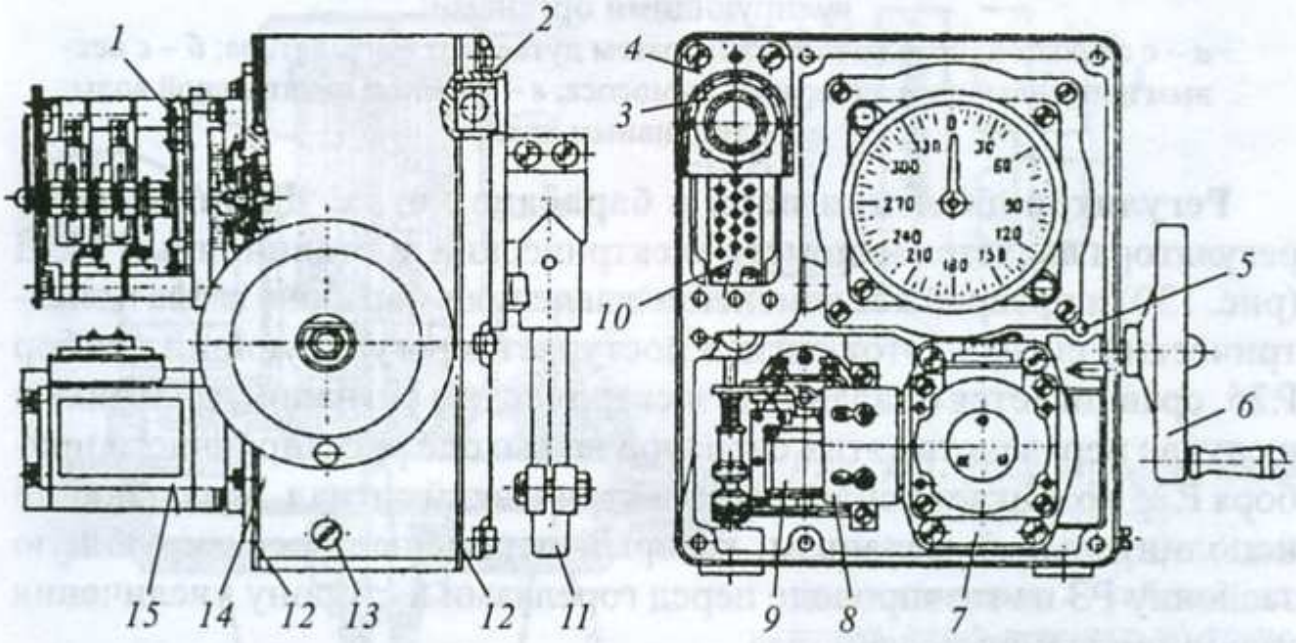


Рис. 128. Электрический исполнительный механизм модификации МЭО-1,6140 (МЭО-4/100):
1 – блок датчиков; *2* – упоры; *3* – гайка; *4* – штуцерный вход; *5* – штифт; *6* – маховик ручного привода; *7* – плита электродвигателя; *8* – конденсатор; *9* – тормоз; *10* – штепсельный разъем; *11* – рычаг; *12* – прокладка; *13* – винт заземления; *14* – редуктор; *15* – электродвигатель

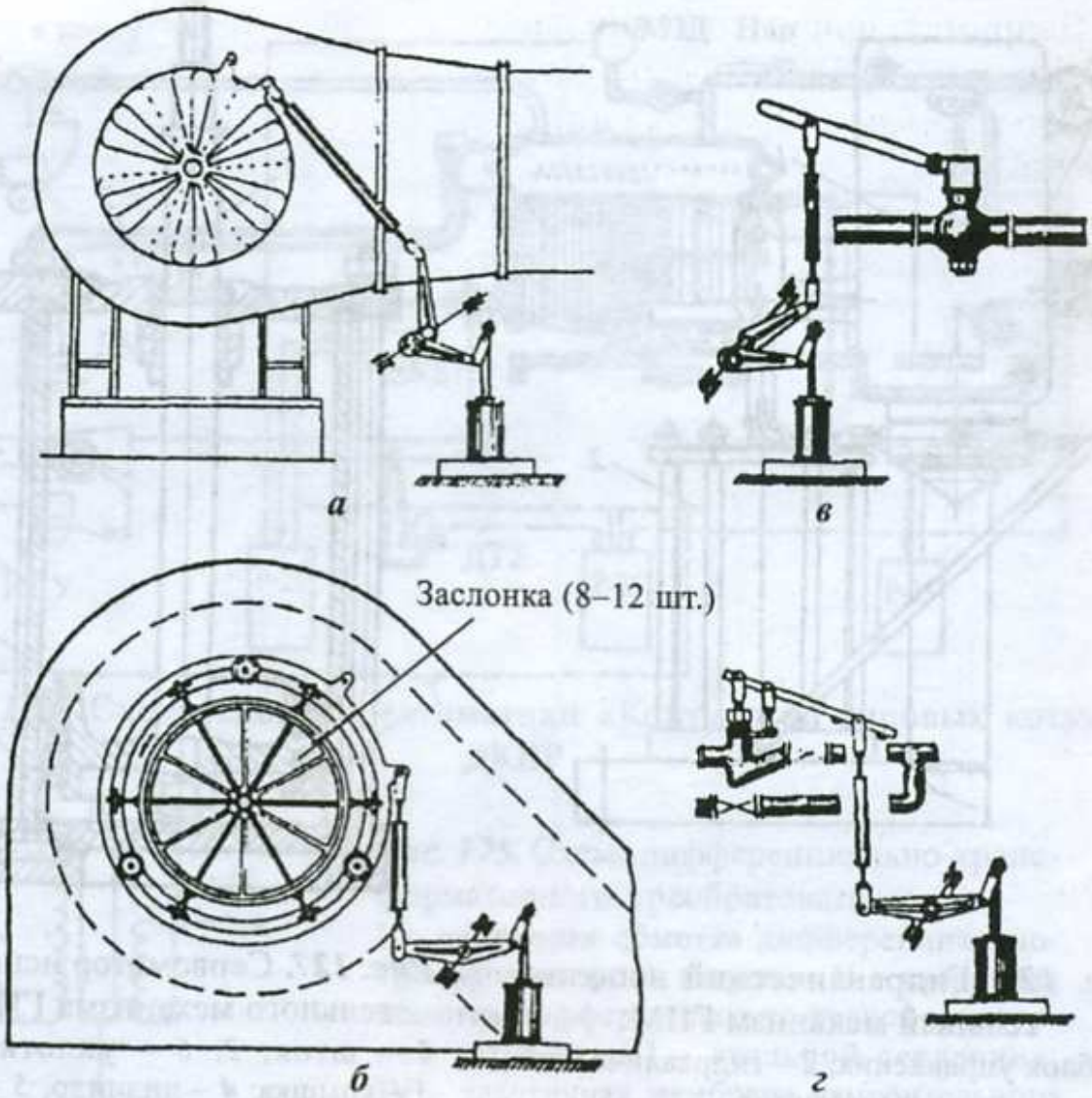


Рис. 129. Примеры соединения исполнительных механизмов с регулирующими органами:

а – с осевым направляющим аппаратом дутьевого вентилятора; *б* – с осевым направляющим аппаратом дымососа; *в* – с краном питательной воды; *г* – с топливным краном

Регулятор давления пара в барабане котла. Датчиком этого регулятора является манометр электрический дистанционный МЭД (рис. 130) и превращает изменение давления в барабане котла в электрический сигнал. Этот сигнал поступает в регулирующий прибор Р.25, сравнивается с заданным электрическим сигналом задатчика и в случае неравенства этих сигналов на выходе регулирующего прибора Р.25 возникает усиленный электрический сигнал, включающий исполнительный механизм, который перемещает регулирующую заслонку РЗ на газопроводе перед горелками в сторону увеличения или уменьшения подачи газа.

Регулятор соотношения «газ-воздух». Этот регулятор имеет два датчика ДТ-2 (рис. 131), которые получают импульсы давления газа и воздуха на горелки. В этом случае на регулирующем приборе Р.25 уравниваются три сигнала: датчика давления газа $P_г$, датчика давления воздуха $P_в$ и задатчика регулирующей заслонки РЗ.

Например, при увеличении давления газа, который определяет увеличение его расхода, регулирующий прибор Р.25 выдает команду исполнительному механизму на включение и исполнительный механизм перемещает лопатки осевого направляющего аппарата дутьевого вентилятора в сторону увеличения расхода воздуха.

Регулятор разрежения в топке. В зависимости от изменения подачи газа и воздуха в топку котла будет изменяться разрежение вверху топки.

Датчиком разрежения является также датчика ДТ-2, который с изменением разрежения посылает электрический сигнал на регулирующий прибор Р.25., который сравнивает поступивший сигнал с заданным и в случае их неравенства посылает сигнал на импульсный механизм, воздействующий на направляющий аппарат дымососа, увеличивая или уменьшая разрежение.

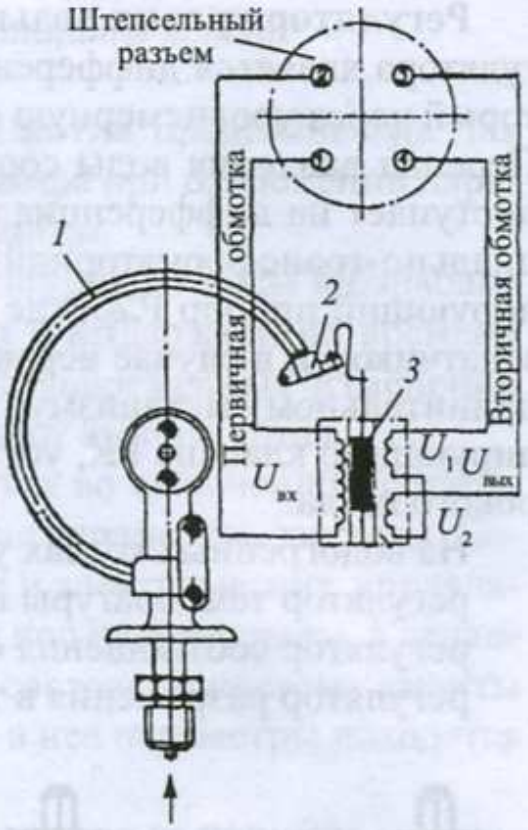
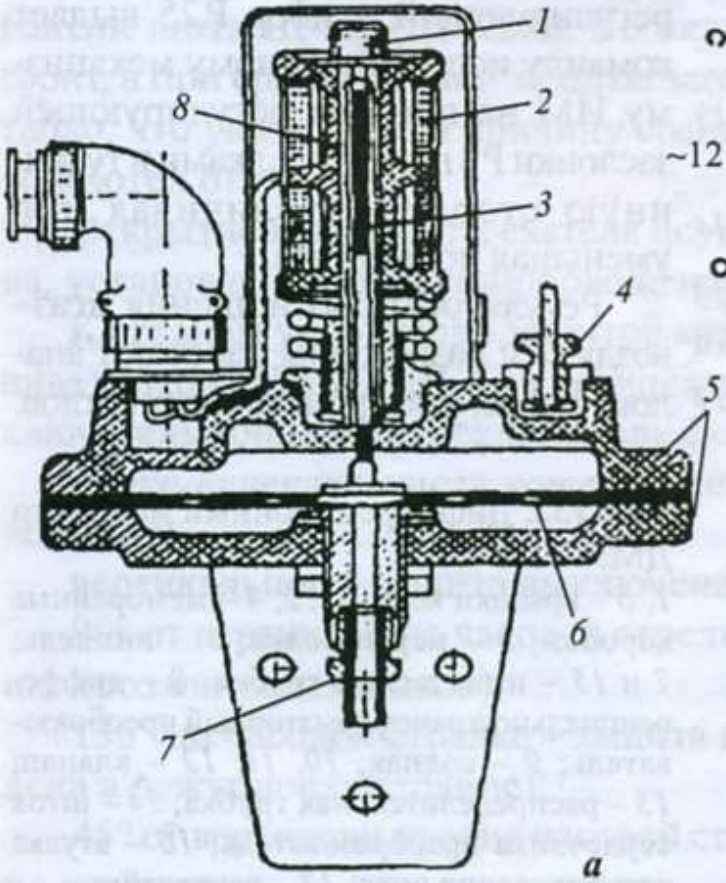
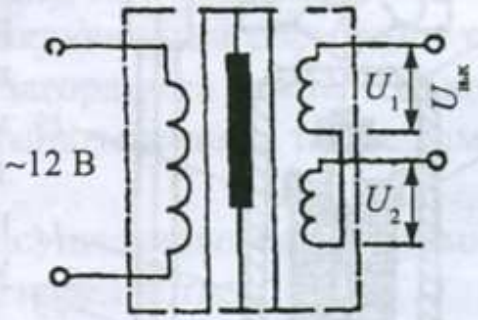


Рис. 130. Электрический дистанционный манометр МЭД:
1 – пружина; *2* – свободный конец пружины; *3* – сердечник дифференционно-трансформаторного преобразователя



а



б

Рис. 131. Дифференционный тягомер ДТ-2:
а – устройство тягомера; *б* – электрическая схема; *1* – гайка; *2* – катушка дифференциально-трансформаторного преобразователя; *3* – сердечник дифференциально-трансформаторного преобразователя; *4, 7* – штуцер; *5* – корпус; *6* – мембрана; *8* – разделительная трубка

Регулятор уровня воды в барабане котла. Датчиком этого регулятора является дифференционный манометр ДМ (рис. 132), который через уровнемерную колонку подсоединен к барабану котла. Перепад давления воды соответствует уровню в барабане котла и поступает на дифференциальный манометр. Сигнал от дифференциально-трансформаторной катушки манометра поступает на регулирующий прибор Р.25, где сравнивается с заданным, задаваемым задатчиком и в случае неравенства этих сигналов дает команду исполнительному механизму ИМ на открытие или прикрывание регулирующего клапана РК, установленного на питательной линии парового котла.

На водогрейных котлах устанавливаются:
регулятор температуры воды на выходе из котла;
регулятор соотношения «газ–воздух»;
регулятор разрежения в топке.

Датчиками регулятора температуры воды на выходе из котла являются термометры сопротивления, которые измеряют температуру горячей воды и наружного воздуха. Датчики преобразуют температуру в электрический сигнал и подают на вход регулирующего прибора Р.25, где происходит сравнение с заданным и в случае неравенства сигналов регулирующий прибор Р.25 выдает команду исполнительному механизму ИМ на поворот регулирующей заслонки РЗ перед горелками в ту или иную сторону, увеличивая или уменьшая подачу газа.

Регуляторы соотношения «газ–воздух» и разрежения работают аналогично регуляторам паровых котлов.

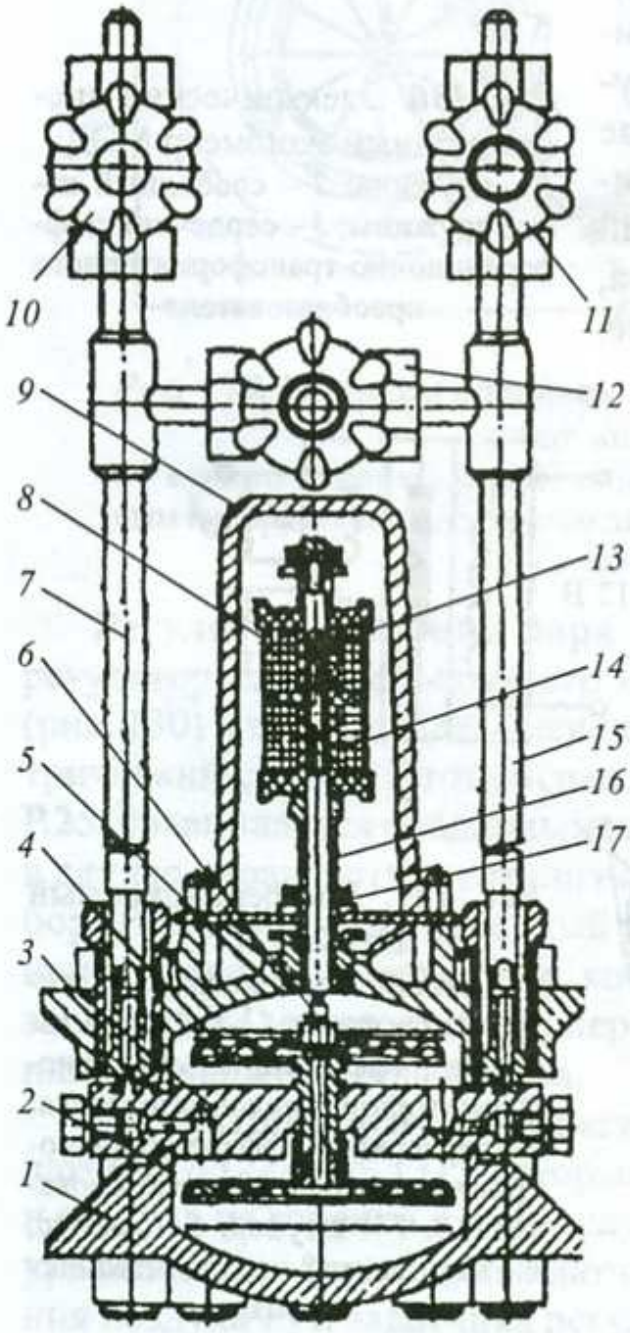


Рис. 132. Дифференционный манометр ДМ:
1, 6 – крышки корпуса; *2, 4* – мембранные коробки; *3* – перегородка; *5* – ниппель; *7* и *15* – импульсные трубки; *8* – дифференциально-трансформаторный преобразователь; *9* – колпак; *10, 11, 12* – клапан; *13* – распределительная трубка; *14* – шток сердечника преобразователя; *16* – втулка регулирования нуля; *17* – контргайка

Система автоматической защиты котла предназначена для отключения подачи топлива к горелкам котла при отклонении параметров безопасности за допустимые границы.

По параметрам разрежения в топке и уровню воды в барабане отключение подачи топлива происходит с выдержкой по времени 15–20 с. Этим устраняется влияние кратковременных изменений разрежения и уровня, которые не вызывают аварию котла.

Когда система защиты котла находится во включенном состоянии, контакты датчиков, контролирующие параметры, закрыты. Соответствующие им промежуточные реле и электромагнит, управляющий клапаном-отсекателем, находятся под напряжением. Клапан-отсекатель на топливе открыт. В таком состоянии система защиты находится до тех пор, пока включенные в нее параметры находятся в границах нормы.

В случае отклонения одного из параметров за допустимые границы размыкается контакт соответствующего датчика, пропадает ток на промежуточном реле и электромагните, управляющем клапаном-отсекателем топлива. Отключение подачи топлива сопровождается загоранием табло причины отключения и «Котел отключен», затем включается звуковая сигнализация.

К органам контроля защиты котла относятся шесть световых табло ТСВ (двухламповых), установленных в верхней части лицевой панели щита Щ-К2 (Щ-К2У). Во включенном состоянии табло не горит, а при срабатывании защиты загораются лампы только одного табло, что указывает на причину срабатывания, а также лампы табло «Котел отключен».

Открытие клапана-отсекателя осуществляется рычагами клапана, установленного на газопроводе перед котлом.

К органам управления защитой котла (отключением подачи топлива) на щите Щ-К2 (Щ-К2У) относятся переключатель котла, переключатель топлива, переключатель фотодатчиков.

Ручка переключателя котла имеет четыре фиксированных положения:

вертикальное – защита выключена;

90° от вертикали по часовой стрелке – предварительное включение (розжиг запальников);

135° по часовой стрелке – защита полностью включена (поставлена в дежурное состояние);

45° от вертикали против часовой стрелки – защита предварительно отключена.

Ручка переключателя топлива имеет два фиксированных положения:

вертикальное – котел работает на мазуте;

горизонтальное (90° против часовой стрелки) – котел работает на газе.

Ручка переключателя фотодатчиков имеет два фиксированных положения:

вертикальное – контролируется факел левой горелки;

45° от вертикали против часовой стрелки – контролируется факел правой горелки.

К технологической защите котла в предаварийных ситуациях относятся:

автоматика безопасности котла;

технологическая сигнализация;

автомат контроля пламени АКП.

Датчики автоматики безопасности паровых котлов. Датчиками контролируются:

1. Давление газа – датчик типа ДД (рис. 133) или датчик типа ДН (рис. 134).

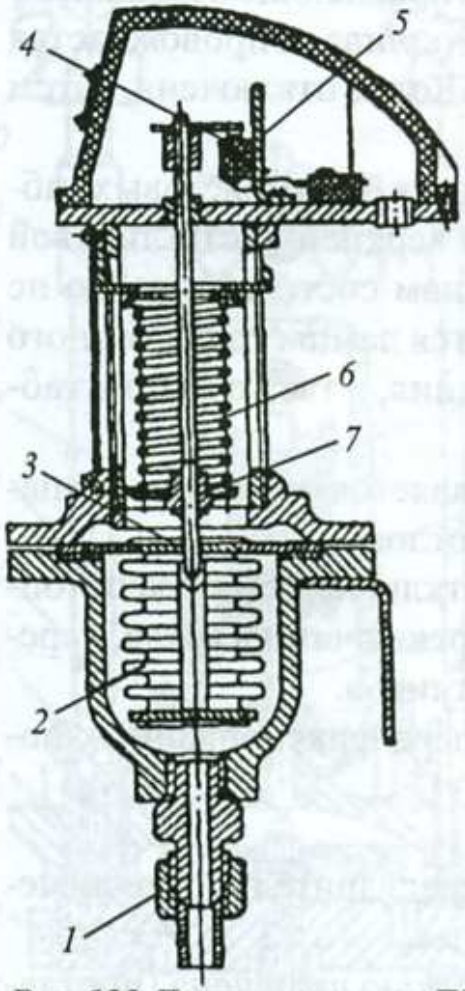


Рис. 133. Датчик-реле типа ДД: *1* – штуцер; *2* – сильфон; *3* – шток; *4* – рычажная система; 5 – микропереключатель; 6 – пружина; 7 – регулировочный винт

2. Давление воздуха – датчик типа ДН.

3. Разрежение в топке – датчик типа ДНТ.

4. Наличие пламени – электронный блок контроля пламени с фотоэлементом или контрольным электродом.

5. Давление пара – электроконтактный манометр ЭКМ

6. Уровень воды в барабане – может контролироваться:

с помощью электродов, размещенных в уровнемерной колонке, которая связана с барабаном котла;

с помощью уровнемерной колонки и дифманометра-уровнемера с задатчиками.

Для водогрейных котлов, помимо датчиков, указанных выше по пп. 1–4, устанавливаются *датчики*:

давления воды – электроконтактный манометр ЭКМ;

температуры воды – термометр манометрический с задатчиками типа ТПГ-СК;

расхода воды – электронный расходомер с электрическими задатчиками.

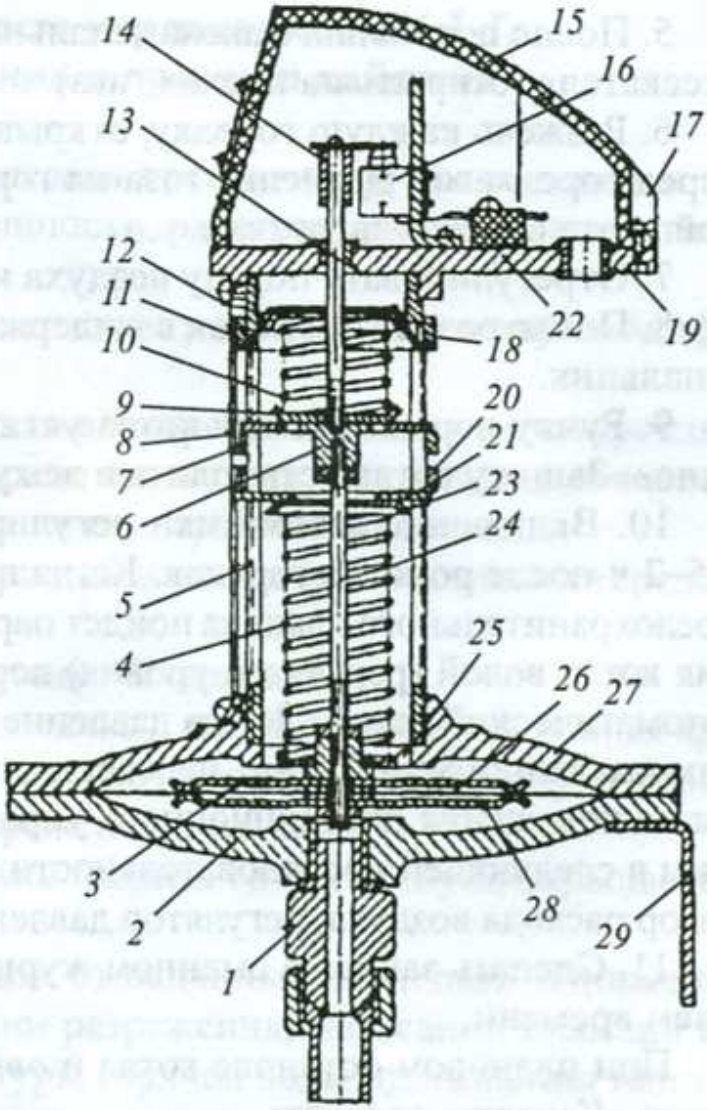


Рис. 134. Датчик-реле типа ДН (ДТ): *1* – штуцер; *2* – нижняя крышка корпуса; *3* – муфты; *4, 10* – пружины; *5* – трубка; *7* – фиксирующая гайка; *9, 18, 23, 25* – опорные шайбы; *11, 20* – регулировочные гайки; *12, 21* – направляющие; *13, 24* – иглы; *14* – муфта-рычаг; *15* – колпак; *16* – микропереключатель, *17* – уплотняющая втулка; *19* – основа; *22* – колодка выводов; *26* – мембрана; *27* – верхняя крышка корпуса; *28* – жесткий центр мембраны; *29* – кронштейн

Включение и выключение системы автоматики «Контур»

Включение системы автоматики «Контур» проводится в следующей последовательности:

1. Подготовить котел к розжигу в соответствии с производственной инструкцией.

2. Убедиться, что на щит Щ-К2 (Щ-К2У) подается напряжение питания.

3. Слесарю КИПиА проверить установку необходимых уставок по защите:

уровня воды в барабане;

разрежения в топке;

давления воздуха перед горелками. После этого на лицевой панели щита гаснет соответствующее сигнальное табло.

Когда останутся гореть только табло «Котел отключен», «Факела нет» и «Давление газа низкое», необходимо:

4. Возвратить ручку переключателя котла на щите Щ-К2 (Щ-К2У) в положение «Предварительно включен». При этом положении ручки включается запальник и гаснет сигнальное табло «Факела нет».

5. После появления факела запальника взвести рычаги клапана-отсекателя (открыть на проход газа).

6. Разжечь каждую горелку, открыв вручную краны (задвижки) перед горелками. Давление газа на горелки установить по режимной карте (30 % – нагрузка).

7. Отрегулировать подачу воздуха и разрежения в топке.

8. После розжига горелок с выдержкой во времени отключается запальник.

9. Ручку переключателя котла установить в положение «Включено». Защиту котла установить в дежурное состояние.

10. Включение автоматики регулирования производится через 1,5–2 ч после розжига горелок. Когда из воздушников барабана или предохранительного клапана пойдет пар, закрыть их. Регулятор питания котла водой (регулятор уровня) перевести с дистанционного на автоматический режим. Когда давление пара будет равным или близким к заданному значению, перевести переключатели режимов работы из положения дистанционного управления в автоматический режим в следующей последовательности: регулятор разрежения, регулятор расхода воздуха, регулятор давления пара в барабане котла.

11. Сделать запись в сменном журнале о розжиге котла с указанием времени.

При плановом останове котла и *отключении системы автоматики «Контур»* следует:

1. Вывести из зацепления с электромагнитной защелкой ударный молоточек клапана ПЗК.

2. Перевести переключатель режима работы регулятора давления пара в барабане котла (регулятора газа) с автоматического на дистанционное управление.

3. Постепенно в соответствии с графиком останова котла снизить теплопроизводительность горелок до минимального уровня.

4. Ключ управления котлом установить в положении «Защита отключена предварительно».

5. После отключения котла клапаном-отсекателем закрыть «контрольный» и «рабочий» краны (задвижки) перед горелками и открыть продувочные «свечи» между ними. Закрыть задвижку на газопроводе перед котлом, открыв «свечу» на газовом коллекторе котла.

6. Закрыть главный паровой клапан на котле и отключить его от главного парового коллектора. При подъеме давления в котле сбросить его через предохранительный клапан. Уровень воды в барабане поддерживать в пределах высшего рабочего уровня воды в котле.

7. Сделать запись в сменном журнале с указанием времени останова котла.

Комплект средств управления КСУ-1-Г, его назначение и принцип действия

Комплект средств управления предназначен для паровых и водогрейных котлов малой мощности, работающих на жидком и газообразном топливе.

Для водогрейных котлов комплект выпускается в двух модификациях:

Комплект КСУ-1-Г-2 – для водогрейных котлов теплопроизводительностью до 1 Гкал/ч, работающих на газе низкого давления; комплект КСУ-1-Г-3 – также на газе среднего давления.

На рис. 135. приведена принципиальная схема комплекта средств управления КСУ-1-Г.

Комплект средств управлния обеспечивает:

двухпозиционное регулирование и поддержание в заданных пределах (температуры воды на выходе из котла, подачи воздуха в соответствии с подачей газа, разрежение в топке);

автоматику безопасности (подача газа к котлу прекращается) при:

отклонении давления газа от заданных значений; понижении давления воздуха; понижении разрежения; погасании пламени горелки; повышении температуры горячей воды; повышении или понижении давления воды; неисправности комплекта; пропадании или повышении напряжения;

светозвуковую рабочую и аварийную сигнализацию;

автоматический пуск и останов котла.

Электронные схемы комплекта КСУ-1-Г выполнены на базе элементов дискретной автоматики, реализованной с помощью микросхем, транзисторов и других электрорадиоэлементов.

Функциональную основу комплекта составляют преимущественно многоканальные блоки, каждый канал которого или сам блок выполняет определенную логическую функцию.

Комплект размещен в навесном шкафу размером 620×910×395 мм. Масса комплекта не более 70 кг. Органы оперативного управления и сигнализации размещены в верхней части лицевой стороны дверок шкафа.

Автоматическое регулирование может выполняться в двух режимах: вместе с общекотельным устройством и без него. Выбор режима регулирования проводится тумблером П1.

При работе без общекотельного устройства датчиком в системе регулирования является электроконтактной манометрический термометр *14* типа ТПГ-СК.

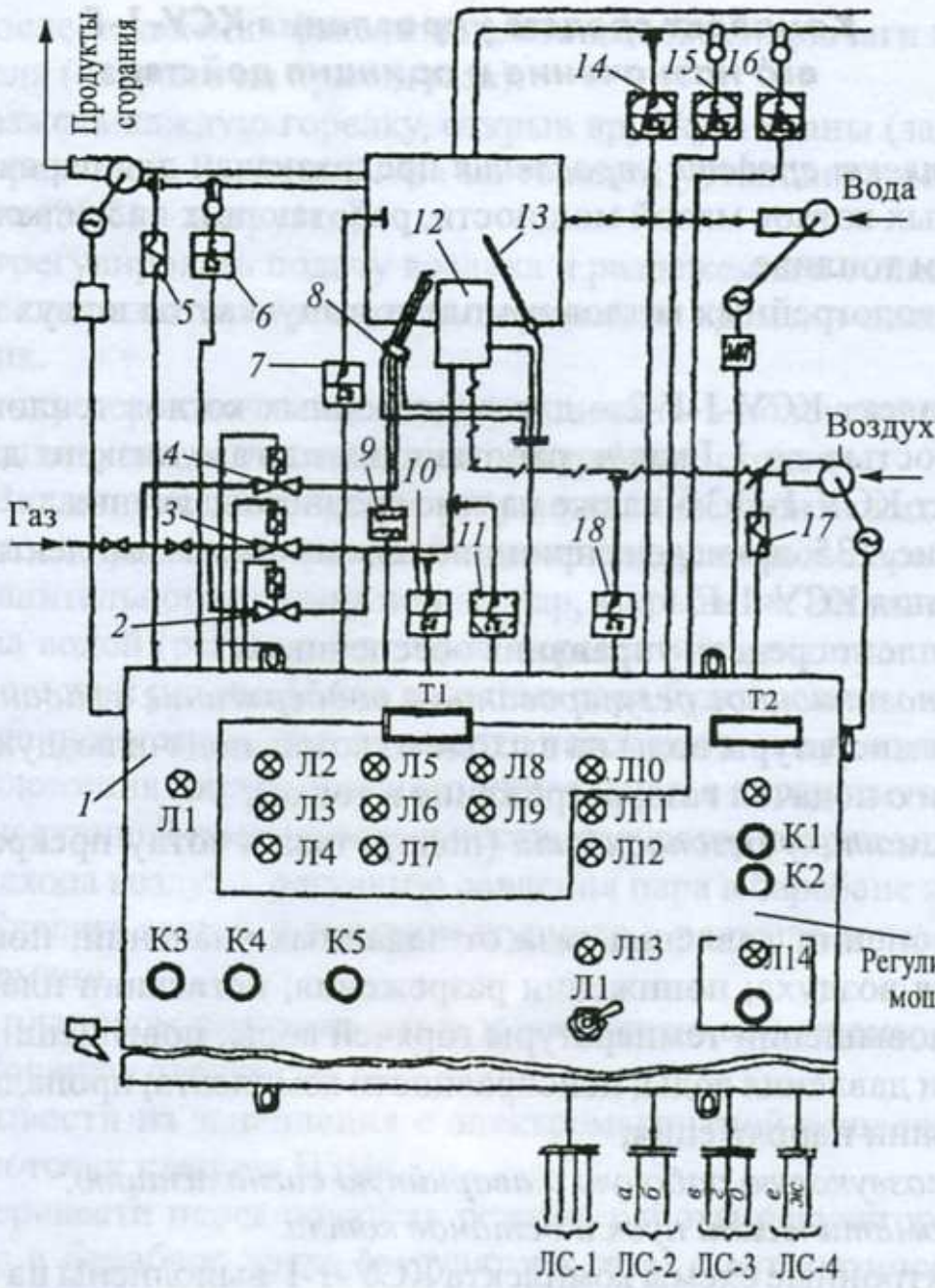


Рис. 135. Принципиальная схема комплекта средств управления КСУ-1-Г: *1* – шкаф комплекта; *2, 3* – отсекающие клапаны; *4* – клапан-отсекатель запальника; *5, 17* – исполнительные механизмы; *6* – датчик-реле температуры; *7, 10, 11, 18* – датчики-реле тяги, напора, давления; *8* – электрозапальник; *9* – катушка зажигания; *12* – горелка; *13* – контрольный электрод; *14* – манометр электроконтактный; *15, 16* – термометры манометрические; Т1 – табло «Авария»; Т2 – табло «Работа»; Л1–Л14 – лампы: Л1 – «Сеть»; Л2 – «Нет пламени»; Л3 – «Разрежение низкое»; Л4 – «Давление воздуха низкое»; Л5 – «Давление воды низкое»; Л6 – «Давление воды высокое»; Л7 – «Температура воды высокая»; Л8 – «Давление газа низкое»; Л9 – «Давление газа высокое»; Л10 – «Комплект неисправный»; Л11 – «Нет резервирования»; Л12 – «Температура уходящих газов высокая»; Л13 – «Котел отключен общекотельным устройством»; Л14 – «Включено»; К1–К5 – кнопки: К1 – «Пуск»; К2 – «Стоп»; К3 – «Отключение звуковой сигнализации»; К4 – «Отключение сигнализации световой»; К5 – «Контроль сигнализации»; П1 – переключатель «Работа с общекотельным устройством»; ЛС-1 – «Питающая сеть 380/220 В, 50 Гц»; ЛС-2 – «Сигналы диспетчеру» (*а* – «Включение питающего напряжения»; *б* – «Авария»); ЛС-3 – «Дистанционное управление» (*в* – «Пуск»; *г* – «Остановка»; *д* – «Включение регулирования»); ЛС-4 – «Сигналы от общекотельного устройства регулирования» (*е* – «Пуск-стоп»; *ж* – «Малое горение – большое горение»)

Если температура горячей воды находится в интервале между низшим и высшим регулируемыми уровнями (стрелка находится между неподвижными контактами и контакты разомкнуты), газ к горелке поступает через два открытых клапана: «большого» и «малого» горения блока БПГ, заслонка на воздуховоде и шибер на дымоходе полностью открыты.

Замыкание контакта при достижении высшего заданного значения температуры отключает клапан «большого» горения, отрабатывают электроисполнительные механизмы, частично прикрывая воздуховод и дымоход. Положение максимального и минимального открытия заслонки на воздуховоде и шиберы на дымоходе регулируют в процессе наладки, устанавливая оптимальное соотношение «газ-воздух». Котел переходит в режим «малое горение».

При снижении температуры воды ниже установленного уровня открывается клапан «большого» горения и меняется положение заслонки на воздуховоде и шибера на дымоходе, т. е. регулирование проводится в режимах 100 и 40 % тепловой мощности горелки. При этом клапан «малого» горения постоянно открыт.

При работе с общекотельным устройством комплект средств управления выполняет следующие команды:

сигнал на останов котла;

сигнал на пуск котла;

сигнал открытия регулирующих органов на «большое» горение;

сигнал открытия регулирующих органов на «малое» горение.

Включение устройства регулирования мощности при первом пуске (как с общекотельным устройством, так и без него) осуществляется вручную тумблером; включение сопровождается загоранием соответствующей сигнальной лампы, при этом отключение разрешается только после прогрева котла (120 с). Параметры автоматики безопасности и сигнализации приведены в табл. 12.

Таблица 12

Параметры автоматики безопасности и сигнализации комплекта средств управления КСУ-1-Г

Параметр срабатывания системы безопасности	Датчик	Световая сигнализация
Повышение давления газа	ДН-250-10к	Давление газа высокое
Понижение давления газа	ДН-250-10	Давление газа низкое
Понижение давления воздуха	ДН-250-10к	Давление воздуха низкое
Понижение разрежения	ДНТ-100	Разрежение низкое

Окончание табл. 12

Параметр срабатывания системы безопасности	Датчик	Световая сигнализация
Погасание пламени горелки	Контрольный электрод (КЭ)	Нет пламени
Повышение температуры горячей воды	ТПГ-СК (0–160 °С)	Температура воды высокая
Повышение или понижение давления воды	ЭКМ-1У (0–10 кгс/см^2)	Давление воды высокое Давление воды низкое
Неисправность блока Повышение напряжения	–	Комплект неисправен

При срабатывании датчиков, которые контролируют параметры автоматики безопасности, а также при пропадании напряжения питания пропадает и ток на исполнительных реле, размыкая питания отсекающих клапанов, подача газа к котлу прекращается. Одновременно загораются табло «Авария» и сигнальная лампа первопричины аварии, замыкается цепь питания источника звукового сигнала.

Снятие звукового сигнала производится нажатием кнопки «Отключение сигнализации звуковой».

Отключение световой сигнализации должно осуществляться только после устранения причины появления аварийного сигнала нажатием кнопки «Отключение сигнализации световой».

Пуск и останов котла с комплектом средств управления КСУ-1-Г. Перед каждым пуском котла с комплектом средств управления необходимо:

1. Включить автоматический выключатель сети (при этом загорается лампа «Сеть»).
2. Проверить исправность световой и звуковой сигнализации нажатием кнопки «Контроль сигнализации».
3. Убедиться в отсутствии аварийных параметров.
4. Выбрать режим работы комплекта систем управления путем установки тумблера в положение «Без общекотельного устройства».
5. Открыть кран на спуске и краны к блоку БПГ.
6. Нажать на кнопку «Пуск», после чего загорается лампа «Пуск» и комплект систем управления начинает отрабатывать программу розжига. При этом включаются электродвигатели вентилятора, дымососа, циркуляционного насоса. Производится вентиляция топки и газоходов. Затем разжигается запальник, горелка и идет прогрев котла, после чего котел готов к регулированию мощности.

Сделать запись в сменном журнале с указанием времени розжига котла.

Для останова котла оператору достаточно нажать на кнопку «Стоп» и при полном окончании работы закрыть запорные органы на газовой линии, открыть «свечу», отключить автоматический выключатель сети и сделать запись в сменном журнале с указанием времени останова котла.

Комплект средств управления КСУ-2П, его назначение, принцип действия и эксплуатация

Комплект средств управления КСУ-2П (рис. 136) предназначена для управления паровыми котлами малой мощности и состоит из блоков БУС и БКЭ. Блок БУС (блок управления и сигнализации) вмещает функциональные блоки. На передней панели блока БУС размещены органы оперативного управления и сигнализации. Кроме того, блок БУС включает в себя промежуточные реле, которые используются для управления исполнительными устройствами котла и магнитными пускателями блока БКЭ (блока коммутационных элементов), а также переключения звеньев блока БУС в процессе выполнения программы управления.

Блок БКЭ (блок коммутационных элементов) вмещает блок зажигательного устройства БЗУ с выходом на катушку зажигания, реле и магнитные пускатели для коммутационных силовых звеньев двигателей и электромагнитов, а также автоматический выключатель сети всего комплекта.

Комплект средств управления обеспечивает:

двухпозиционное регулирование и поддержание в заданных пределах (давление пара в барабане, подачу воздуха в соответствии с подачей газа, разрежение в топке, уровень воды в барабане);

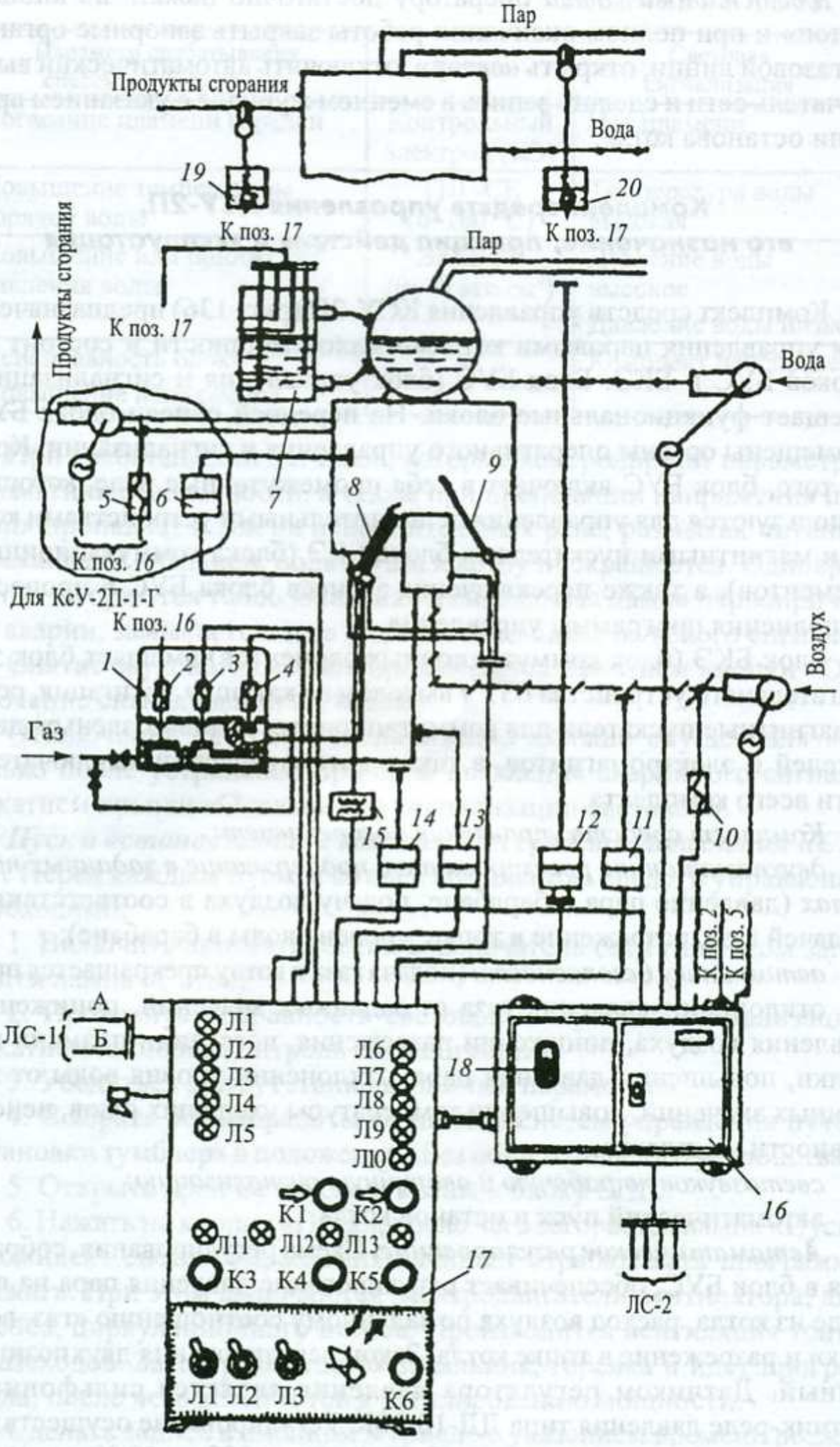
автоматику безопасности (подача газа к котлу прекращается при:

отклонении давления газа от заданных значений, понижении давления воздуха, понижении разрежения, погасании пламени горелки, повышении давления пара, отклонении уровня воды от заданных значений, повышении температуры уходящих газов, неисправности комплекта;

светозвуковую рабочую и аварийную сигнализацию;

автоматический пуск и останов котла.

Автоматическое регулирование. Схема регулирования, собранная в блок БУС, обеспечивает регулирование давления пара на выходе из котла, расход воздуха по заданному соотношению «газ–воздух» и разрежение в топке котла. Закон регулирования двухпозиционный. Датчиком регулятора давления является сильфонный датчик-реле давления типа ДД-10-20К. Регулирование осуществляется переключением режима работы котла со 100 на 40 % тепловой


Пар
Продукты сгорания
Вода
19
20
К поз. 17
К поз. 17
Пар
Продукты сгорания
К поз. 17
Вода
9
8
7
5
6
К поз. 16
Для КсУ-2П-1-Г
К поз. 16
1
2
3
4
Газ
Воздух
15
14
13
12
11
10
К поз. 2
К поз. 5
А
ЛС-1
Б
Л1
Л2
Л3
Л4
Л5
Л6
Л7
Л8
Л9
Л10
18
16
К1
К2
Л11
Л12
Л13
К3
К4
К5
17
ЛС-2
Л1
Л2
Л3
К6

мощности горелки с помощью клапанов «большого» и «малого» горения блока БПГ. Одновременно оба электроисполнительных механизма (ЭИМ) переключаются, переводя воздушную заслонку и шибер на дымоходе в положение режимов 100 и 40 %. При режиме 100 % расходы газа оба клапана открыты.

Регулирование уровня воды в барабане котла осуществляется также по схеме двухпозиционного регулятора. Датчиками являются электроды уровнемерной колонки, которые установлены на высшем и низшем регулируемых уровнях (ВРУ и НРУ). При опускании воды в уровнемерной колонке к НРУ включается питательный насос магнитным пускателем, который установлен в блоке БКЭ по сигналу с блоком БУС. При достижении водой ВРУ питательный насос отключается.

В табл. 13 приведены параметры срабатывания системы автоматики безопасности и сигнализации комплекта средств управления КСУ-2П.

Таблица 13

Параметры автоматики безопасности и сигнализации комплекта средств управления КСУ-2П

Параметр срабатывания системы автоматики бзопасности	Датчик	Световая сигнализация
Повышение и понижение давления газа	ДН-250-10к	Давление газа высокое Давление газа низкое
Понижение давления воздуха	ДН-250-10к	Давление воздуха низкое
Понижение разрежения	ДТ-40	Разрежение низкое
Погасание пламени запальника	КЭ	Нет пламени
Повышение давления пара	ДД-10-20к	Давление пара высокое

◄ ***Рис. 136.*** Комплект средств управления КСУ-2П:
1 – блок питания газовый; *2, 3* – электромагниты клапанов «большого горения» и «малого горения»; *4* – клапан запальника; *5, 10* – исполнительные механизмы ЭИМ; *6, 11–14* – датчики-реле тяги, напора, давления; *7* – уровнемерная колонка; *8* – электрозапальник; *9* – контрольный электрод; *15* – катушка зажигания; *16* – блок БКЭ; *17* – блок БУС; *18* – автоматический выключатель сети; *19, 20* – датчики-реле температуры; Л1–Л13 – лампы: Л1 – «Сеть»; Л2 – «Нет пламени»; Л3 – «Давление пара высокое»; Л4 – «Уровень воды низкий»; Л5 – «Уровень воды высокий»; Л6 – «Давление топлива низкое»; Л7 – «Давление топлива высокое»; Л8 – «Давление воздуха низкое»; Л9 – «Температура топлива низкая»; Л10 – «Разрежение низкое»; Л11 – «Большое горение»; Л12 – «Малое горение»; Л13 – «Котел отключен»; К1–К6 – кнопки: К1 – «Отключение световой сигнализации»; К2 – «Отключение звуковой сигнализации»; К3 – «Включение регулятора»; К4 – «Пуск»; К5 – «Стоп»; К6 – «Контроль сигнализации»; П1–П4 – переключатели: П1 – «Насос топливный»; П2 – «Вентилятор, дымосос»; П3 – «Насос питательный»; П4 – Топливо с положениями «Газ»; «Мазут»; «Легкая жидкость»; ЛС-1 – линия связи «Сигнал диспетчеру»; «Работа»; «Авария»; ЛС-2 – «Питающая сетьС 380/220 В, 50 Гц»

Окончание табл. 13

Параметр срабатывания системы автоматики бзопасности	Датчик	Световая сигнализация
Понижение уровня воды в барабане	РКНАР	Уровень низкий
Повышение уровня воды в барабане	РКВАР	Уровень высокий

При появлении предаварийной ситуации по указанным параметрам и при пропадании напряжения питания остаются без тока электромагниты «большого» и «малого» горения блока БПГ, подача газа к котлу прекращается, загораются лампы «Котел отключен» и первопричины аварии и включается источник звукового сигнала. Одновременно поступает сигнал на диспетчерский пункт.

Звуковой сигнал снимают нажатием на кнопку «Отключение сигнализации звуковой».

Отключение сигнализации световой может быть проведено только после устранения причины аварийного сигнала нажатием на кнопку «Отключение сигнализации световой».

Пуск и останов котла с комплектом систем управления КСУ-2П. Для этого при *пуске котла* необходимо:

1. Включить автоматический выключатель сети (загорается лампа «Сеть»).
2. Проверить исправность световой и звуковой сигнализации нажатием кнопки К6 «Контроль сигнализации».
3. Убедиться в отсутствии аварийных параметров (должны гореть только лампы «Сеть» и «Котел отключен»).
4. Выбрать вид сжигаемого топлива установкой переключателя П4 «Газ-мазут-легкая жидкость» в положение «Газ».
5. Провести опробование работы электродвигателей, устанавливая поочередно в положение «Опробование» тумблеры «Дымосос», «Вентилятор», «Питательный насос».
6. После опробования установить указанные тумблеры в положение «Работа».
7. Открыть «Контрольный кран».
8. Нажать на кнопку К4 «Пуск» блока БУС, после чего загорается лампа «Пуск», гаснет лампа «Котел отключен» и комплект средств управления начинает отрабатывать программу розжига котла. При этом включаются электродвигатели питательного насоса, дымососа вентилятора, производятся вентиляция топки и газоходов, начинается цикл розжига запальника, затем горелки.
9. После розжига запальника открыть «рабочий» кран и разжечь основную горелку
10. Закрыть продувочную «свечу».

11. При достижении давления в котле, равного или на 0,5 кгс/см^2 меньше, чем в сборном коллекторе, подключить котел к общекотельному паровому коллектору.

12. Сделать запись в сменном журнале о розжиге котла с указанием времени.

Для *останова котла* необходимо нажать на кнопку К5 «Стоп» и при полном окончании работы закрыть «контрольный» и «рабочий» краны, открыть продувочную «свечу» между ними, закрыть главный парозапорный клапан на котле, отключить автоматический выключатель сети на блоке БКЭ. Сделать запись в сменном журнале об останове котла с указанием времени.

Основные неполадки и неисправности комплектных систем автоматики

Неисправности систем автоматики АГК-2У и АГК-2П приведены в табл. 14, систем АМК-У – в табл. 15, системы «Контур» – в табл. 16, а комплекта КСУ-2П – в табл. 17.

Таблица 14

Системы автоматики АГК-2У и АГК-2П

Узел	Неисправность	Причина	Способ исправления
Регулятор (стабилизатор) давления газа	Медленно реагирует на смену расхода газа	Загрязнение отверстия импульсного газа	Прочистить и продуть отверстие
	Не регулируется давление газа	Неправильно подключены импульсная и дыхательная трубки	Проверить правильность подключения трубок.
		Нарушение герметичности мембраны	Заменить мембрану
	Не поддерживается заданное давление газа при изменении его расхода	Забита ось регулирующей заслонки	Отрегулировать ось
		Трение оси заслонки в центрах отверстия	Прочистить и смазать ось
	Резкое изменение давления газа за стабилизатором при включении котла	Трение штока мембранного привода в пазах ограничителей	Отрегулировать установку штока
Регулятор тяги	Не регулирует	Заедание в подвижных частях	Прочистить рамку центра от загрязнений и отрегулировать заслонку

Узел	Неисправность	Причина	Способ исправления
Регулятор расхода газа (главный клапан)	Не поднимается мембрана или подъем ее недостаточный	Утечка импульсного газа в клапанах ЭМК, РСТ (СТВ), РТ (РУ) или в местах соединения узлов	Устранить утечку газа в клапанах и соединениях
	Импульсный газ не поступает или поступает недостаточно	Загрязнено дроссельное отверстие ЭМК	Прочистить отверстие
		Верхний клапан ЭМК не открывается полностью	Увеличить толщину прокладки между верхним и нижним корпусами клапана ЭМК
	Поступление газа к коллекторам в нижнем положении клапана	Загрязнение седла	Прочистить седло
		Пересохла кожаная прокладка клапана	Заменить прокладку
	Регулятор не включается	Забито сбросное отверстие	Прочистить отверстие
	Большой перепад давления в регуляторе	Низко установлен ограничитель	Отрегулировать положение ограничителя
		Пропускная способность регулятора меньше мощности горелки	Заменить регулятор
	Большой расход газа, поступающего к горелкам при минимальном давлении импульсного газа	Завышенная пропускная способность регулятора по сравнению с мощностью горелок	Заменить регулятор
Электромагнитный клапан	Недостаточная величина термо-ЭДС, которая подводится к клапану	Спай термопары не омывается факелом запальника	Отрегулировать положение термопары
		Значительная потеря термо-ЭДС в проводах, соединяющих термопару с клапаном	Замерить сопротивление проводов и в случае необходимости заменить

Узел	Неисправность	Причина	Способ исправления
		Дефект термопары в месте сварки или перегорание термопары	Заменить термопару
		Загрязнение якоря и полюсов клапана	Зачистить якорь и полюса клапана
			Отрегулировать положение якоря
			Заменить пружину клапана
Регулятор соотношения температур	Неудовлетворительная работа регулятора	Деформация сильфонов и посадка пружин регулятора	Заменить сильфоны, пружины или регулятор
Стабилизатор давления пара	Не работает	Утечка в трубке отбора давления пара или сильфона	Запаять место утечки или заменить сильфоны
		Оси рычагов не зажаты во втулках и свободно поворачиваются	Зажать винты во втулках
		Сброс импульсного газа ограничен или отсутствует	Прочистить дроссельное отверстие в трубке сброса
Реле тяги	Не работает	Загрязнение импульсного или сбросного канала	Прочистить каналы
		Загрязнение седла	Прочистить седло
		Нарушение герметичности мембраны	Заменить мембрану
		Реле тяги установлено не вертикально	Установить реле по подвесу
		Не отрегулирован ход клапана	Отрегулировать ход клапана
Зажигательное устройство	Не зажигается газ, который выходит из устройства, или нестойкий факел	Загрязнение отверстий	Прочистить отверстия
	Не зажигается запальник	Не заложены асбестом места прохода воздуха в запальник	Заложить асбестом

Окончание табл. 14

Узел	Неисправность	Причина	Способ исправления
Регулятор (РГР) и реле уровня (РУ) паровых котлов	Не работает	Не залиты бачок постоянного уровня и отстойник	Залить бачок и отстойник
		Неплотно закрыт уровнемерный клапан	Закрыть клапан
		Загрязнена труба отбора воды из барабана котла	Открыть, прочистить и промыть трубу
	При нормальном уровне воды в котле происходит утечка импульсного газа через клапан	Не включается или не отключается двигатель насоса	Зачистить контакты реле двигателя
		Загрязнение сопла и клапана	Прочистить сопло и клапан
Регулятор воздуха	Не открывается заслонка	Прорвана мембрана	Заменить мембрану
		Загрязнена трубка импульсного газа	Прочистить и продуть трубку
Щит управления и сигнализации	Не горят сигнальные лампы	Перегорели лампы	Заменить лампу
	Горит красная лампа, звонок не работает.	Неисправен звонок	Заменить звонок
Кран рода работ	Не работает	Забито проходное отверстие пробки	Прочистить отверстие

Таблица 15

Система АМК-У

Неисправность	Причина	Способ устранения
При нажатии на кнопку «Пуск» система не включается в работу	Нет питания электрических звеньев автоматики	Проверить наличие напряжения питания, устранить обрыв
	Перегорел предохранитель	Заменить предохранитель
Не включается электродвигатель	Перегорела катушка магнитного пускателя	Заменить магнитный пускатель
	Загрязнены контакты магнитного пускателя	Зачистить контакты

Неисправность	Причина	Способ устранения
При аварийных уровнях воды в уровнемерной колонке не срабатывает реле	Перегорели катушки реле	Заменить реле
	Отсутствует контакт между водой и электродами или загрязнена импульсная линия воды	Проверить уровнемерную колонку, продуть импульсную линию
	Нарушен электрический контакт	Проверить цепь между электродами и реле
При появлении пламени в котле реле не срабатывает	Перегорела катушка реле	Заменить реле
	Отсутствует контакт между водой и электродами	Проверить уровнемерную колонку
	Неисправность электронной лампы	Заменить лампу
	Контрольный электрод не попадает в зону пламени	Проверить установку электрода
	Короткое замыкание катушки электромагнита на корпус горелки	Проверить изоляцию контрольного электрода
Не срабатывают электромагнитные исполнительные механизмы воздушной заслонки и питательного насоса	Нет электропитания, обрыв цепи питания	Проверить монтаж, устранить обрыв
	Перегорела катушка электромагнита	Заменить электромагнит
	Заедание в приводе	Устранить заедание
	Не срабатывает реле РПВ	Проверить реле и почистить контакты
Не срабатывает датчик давления	Загрязнена импульсная линия пара	Продуть импульсную линию
	Заедание в рычажной системе	Устранить заедание
	Испорчен микровыключатель	Заменить микровыключатель
	Нарушен электрический контакт	Проверить цепь питания

Окончание табл. 15

Неисправность	Причина	Способ устранения
Не загорается запальник	Загрязнена линия запальника	Продуть линию
	Загрязнена линия подачи газа к блоку соленоидов	Проверить и продуть линию
	Перегорела катушка соленоида запальника	Заменить катушку
	Не работает трансформатор зажигания	Проверить контакты, цепь питания
	Электрод зажигания размещен далеко от корпуса горелки	Установить электрод на расстоянии 8–10 мм от корпуса горелки
	Нарушена изоляция электрода зажигания	Проверить изоляцию
Не срабатывают газовые клапаны	Загрязнены линии подачи газа к клапанам	Продуть линии подачи газа
	Не срабатывает блок соленоидов.	Проверить работу блока.
	Не срабатывает реле РПВ	Проверить реле и почистить контакт.
	Негерметичность мембраны газового клапана	Заменить мембрану
	Загрязнение контактов реле 1Р	Почистить контакты
При погасании пламени тепловое реле времени не срабатывает	Нет питания нагревателя или отсутствует электрический контакт	Проверить цепь питания
	Перегорел нагреватель реле	Заменить нагреватель

Таблица 16

Система «Контур»

Неисправность	Причина	Способ исправления
Гидравлический исполнительный механизм		
При наличии напряжения на катушке электрогидравлического реле поршень сервомотора исполнительного механизма не перемещается	Недостаточное давление воды	Поднять давление воды и прочистить фильтр редукционного клапана

Неисправность	Причина	Способ исправления
	Неисправность регулирующего органа	Проверить перемещение регулирующего органа при отсоединенном исполнительном механизме
	Загрязнение импульсных линий сервомотора продуктами коррозии трубопроводов	Установить перед ГИМ индивидуальный фильтр из нержавеющей стали
	Деформация цилиндра сервомотора (заклинивание поршня)	Установить на цилиндре стальное кольцо
	Разрушение защитного покрытия штока сервомотора	Обточить шток и надеть на него трубку из нержавеющей стали
Время полного прямого и обратного ходов исполнительного механизма значительно отличается	Неуравновешенный регулирующий орган	Уравновесить регулирующий орган
Исполнительный механизм не реагирует на отклонение параметра от заданного значения	Разрыв цепи усилителя, катушки гидравлического реле или питания первичного прибора.	Устранить обрыв
	Неисправность первичного прибора или усилителя	Устранить дефект или заменить прибор
Дифференциальный тягомер		
Не реагирует на смену перепада; искажение показания прибора	Загрязнение импульсных линий	Отключить линии от тягомера и продуть их воздухом
	Негерметичность импульсных линий	Выявить место и устранить неплотность
	Повреждена мембранная камера.	Проверить тягомер действием одностороннего давления и заменить мембранную камеру
	Обрыв волоска плунжера датчика.	Устранить обрыв
Отсутствует сигнал на выходе прибора	Обрыв цепи катушки датчика	Устранить обрыв

Неисправность	Причина	Способ исправления
Усилитель		
Не балансируется мост усилителя с помощью задатчика	Не подается электрическое питание к усилителю и первичным приборам	Замерить напряжение на усилителе и первичных приборах
При изменении положения плунжера дифференциально-трансформаторного датчика или величины сопротивлений прибор не реагирует	Дефект схемы (сопротивления, конденсатора, диода, триода, пайки)	Опоры, пайки, конденсаторы проверить внешним осмотром, диоды – отпайкой от схемы одного из выводов, триоды – отпайкой двух выводов
Усилитель не реагирует на отклонение параметра от заданного значения	Неисправность первичного прибора	Заменить первичный прибор
	Обрыв цепи питания первичного прибора	Проверить цепь питания и устранить обрыв

Таблица 17

Комплект КСУ-2П

Неисправность	Причина	Способ исправления
При включении автоматического выключателя комплекта не включается лампа «Сеть»	Перегорела лампа	Заменить лампу
	Перегорели вставки в блоке БПГ2	Заменить плавкие вставки
При нажатии на кнопку «Контроль сигнализации» не включаются некоторые лампы комплекта	Неисправны лампы	Заменить неисправные лампы
При опробовании с помощью тумблеров на передней панели блока БУС не включаются: двигатель дымососа и вентилятора, двигатель питательного насоса	Неисправен пускатель блока БКЭ	Заменить пускатель
	Неисправен пускатель	Заменить пускатель

Неисправность	Причина	Способ исправления
При нажатии на кнопку «Пуск» не включается программа пуска котла	Неисправен пускатель К1 блока БУС	Заменить пускатель
	Неисправен один из тумблеров на передней панели блока БУС	Заменить неисправный тумблер
	Неисправно реле К10	Заменить реле
При отрабатывании комплектом программы пуска время выдержки между командами управления не соответствует установленному с помощью органов настройки	Неисправен блок-реле времени БРВЗ (А2)	С помощью устройства УКН-2 проверить техническое состояние блоков и заменить неисправность блоков
Во время пуска котла срабатывает защита при отсутствии аварийных отклонений параметров	Неисправен один из блоков фиксации отказов БФО А9 с А10	Проверить техническое состояние при помощи УКН-2 и заменить неисправный блок
Во время пуска котла не срабатывает защита при аварийном отклонении параметров		
Во время пуска котла не возникает искра между электродом зажигания и корпусом	Неисправен блок зажигательного устройства БЗУ в блоке БКЭ	Заменить блок
При пуске и работе котла не включаются исполнительные устройства	Перегорела плавкая вставка на блоке БУС. Перегорела плавкая вставка на блоке БКЭ	Заменить плавкую вставку
	Сработало тепловое реле одного из пускателей блока БКЕ	Возвратить тепловое реле пускателя в исходное состояние

Глава тринадцатая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основные сведения об организации эксплуатационного обслуживания котельных

Основные принципы организации эксплуатации котельных заключаются в том, чтобы обеспечить *надежную, экономичную и безаварийную* работу оборудования.

Для этого необходимо:

поручить обслуживание котельной обученному персоналу и периодически повышать его квалификацию;

обеспечить обслуживающий персонал «Производственной инструкцией по обслуживанию оборудования котельной» и другими служебными инструкциями;

организовать постоянный контроль за работой всего оборудования котельной, создать систему технического учета, отчетности и планирования работы;

правильно эксплуатировать все оборудование в наиболее экономичных режимах. Поддерживать в исправности тепловую изоляцию горячих поверхностей нагрева и использовать другие меры для экономии топлива, тепла и электроэнергии;

составлять и точно выполнять годовые графики планово-предупредительного и капитального ремонтов всего оборудования котельной, имея необходимое количество запасных частей, ремонтных и вспомогательных материалов;

вести постоянный контроль за исправным состоянием работающего оборудования и своевременно обнаруживать неисправности.

В котельных жилищно-коммунального хозяйства выполняются следующие виды ремонтов: *обслуживание* (О), *текущий* (Т) и *капитальный* (К).

Для котлов и котельно-вспомогательного оборудования применяется структура и продолжительность ремонтных циклов:

техническое обслуживание – 1 раз в 6 мес.;

текущий ремонт – 1 раз в 12 мес.;

капитальный ремонт – 1 раз в 3 года.

Согласно этой продолжительности ремонтных циклов в котельных составляется для всего оборудования график планово-предупредительного ремонта (ППР).

Производственная инструкция составляется на основе типовой и заводской и в ней должны быть следующие разделы:

1. Общие положения.
2. Подготовка котла к розжигу.
3. Розжиг котла.
4. Включение котла в работу.
5. Работа котла.
6. Останов котла.
7. Аварийный останов котла.
8. Заключительные положения.

Права и обязанности оператора котельной. Порядок допуска к обслуживанию котлов

К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, которые прошли медицинский осмотр, обучение по утвержденной программе для операторов и имеющие соответствующее удостоверение квалификационной комиссии учебно-курсового комбината о сдаче экзамена по этой программе, которые прошли инструктаж по охране труда и стажировку на рабочем месте.

Проверка знаний безопасных методов труда и приемов выполнения работ операторами производиться 1 раз в 12 мес. после прохождения дополнительных теоретических занятий по сокращенной программе, утвержденной главным инженером организации.

Оператор котельной должен знать:

устройство и работу котлов и всего вспомогательного оборудования, которое он обслуживает;

схемы газопроводов (мазутопроводов);

конструкции газогорелочных устройств (мазутных форсунок) и границы их регулирования;

правила безопасной эксплуатации котлов на газовом (жидком) топливе и вспомогательного оборудования котельной;

инструкции:

а) производственную по эксплуатации оборудования;

б) противопожарную;

в) по предупреждению и ликвидации аварий.

Кроме того, оператор должен знать, кому подчинен, чьи распоряжения обязан выполнять, кого извещать об авариях и неполадках, о пожаре и несчастных случаях.

Оператор котельной должен уметь:

обслуживать котлы, газовое и теплотехническое оборудование котельной и следить за их исправностью;

подготавливать котлы и тепломеханическое оборудование к работе;

подготавливать газовое оборудование к работе;

включать газовые горелки и поддерживать необходимый режим их работы;

подготавливать систему отопления, проверять исправность резервного питательного и циркуляционного насосов;

проводить продувку парового котла и водоуказательных приборов, проверять предохранительные клапаны и манометры;

очищать топку, газоходы и поверхности нагрева от сажи и накипи;

предупреждать возможные аварии и неполадки в работе оборудования, а в случае их появления быстро принимать меры для их ликвидации;

выключать газовое оборудование и горелки, а также останавливать котел в плановом и аварийном порядке в соответствии с производственной инструкцией;

экономно расходовать топливо, электроэнергию и воду;

бережно относиться к инструментам и приборам;

пользоваться КИП и устройствами автоматики регулирования и безопасности, проверять их исправность;

пользоваться технической документацией, которая находится на рабочем месте, вести эксплуатационную документацию;

самостоятельно производить небольшие ремонтные работы (набивка сальников, замена прокладок, ремонт отдельных мест изоляции, обмуровки и др.);

оказывать первую доврачебную помощь потерпевшим.

Оператору котельной, находящемуся на дежурстве, запрещается:

выполнять во время работы котла любые другие обязанности, не предусмотренные производственной инструкцией;

оставлять работающие котлы без надзора даже на короткое время или поручать надзор лицам, которые не имеют на этого права.

Котел может быть оставлен без надзора после полного окончания подачи газа и когда в паровом котле давление пара снизится до нуля, а в водогрейном котле температура воды на выходе станет равной температуре на входе в котел. Исключение составляют котлы, не имеющие огнеупорной кладки, в которых снижение давления до нуля после прекращения подачи топлива не обязательно, если помещение котельной закрыто на замок.

Работа котла при камерном сжигании топлива без постоянного надзора обслуживающего персонала допускается при наличии автоматики, которая обеспечивает ведение нормального режима с пульта контроля и управления.

При эксплуатации котельных установок обслуживающий персонал должен руководствоваться производственной инструкцией и режимными картами котлов. Эти документы с приложением оперативной схемы трубопроводов вывешиваются на рабочем месте.

В котельной должны быть часы и телефон.

В котельную не должны допускаться посторонние лица. При необходимости они получают разрешение администрации и сопровождаются ее представителем.

Прием и сдача смены. Режимная карта котла

Дежурство операторов на котельных осуществляется согласно графику. При приеме смены оператор обязан прийти на работу раньше времени (за 10–15 мин), проверить записи в сменном журнале за предыдущие три смены, ознакомиться с изменениями в эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, неполадками и неисправностями.

Оператор, сдающий смену, должен *ознакомить* сменщика с состоянием и режимом работы оборудования, нагрузкой котлов, с оборудованием, которое находится в резерве и ремонте, проинформировать о том, какие работы проведены и что еще необходимо сделать.

Оператор, который принимает смену, должен *проверить*:

исправность освещения (аварийного и во взрывобезопасном исполнении);

работу системы водоподготовки и уровень воды в деаэраторе;

состояние и положение отключающих устройств на работающих котлах и находящихся в резерве и ремонте;

отсутствие утечки газа на газопроводах перед котлами и в распределительном газопроводе;

уровень воды в паровых котлах по водоуказательным приборам и правильность их работы (методом продувки);

температуру воды в водогрейных котлах, перегретого пара после пароперегревателя и продуктов сгорания за котлом;

давление пара и воды в котле по манометру, исправность его постановкой стрелки на ноль и наличие пломб;

надежность действия предохранительных клапанов методом подрыва, наличие пломбы или замка на контрольном клапане;

состояние обмуровки котлов, экономайзеров, пароперегревателей, воздухоподогревателей (визуально);

состояние поверхностей нагрева, которое видно через смотровое окно топки котла: нет ли выпучин, течи, парения и т. п.;

исправность резервных питательных и циркуляционных насосов (методом кратковременного включения);

работу газовых горелок (при необходимости отрегулировать горение);

наличие тяги в топке котла;

состояние и работу тягодутьевых устройств, обратить внимание на уровень и температуру масла в масляных ваннах, нагрев подшипников и наличие стука и шума в работающих дымососах и дутьевых вентиляторах.

Прием и сдача смены оформляются записью в сменном журнале с указанием результатов проверки и скрепляются подписями принимающего и сдающего смену. Первым ставит подпись принимающий, а затем – сдающий смену. Принимать и сдавать смену во время ликвидации аварии в котельной *запрещается.*

Режимные карты работы котлов составляет наладочная организация по результатам проведенных теплотехнических испытаний. Режимные карты содержат значения параметров, соблюдение которых обеспечивает безопасную и экономичную работу в необходимом диапазоне производительности. Наладочные испытания должны проводиться *не реже 1 раза в 3 года.*

Режимная карта составляется на 30, 50, 75 и 100 % производительности котла и является основным оперативным документом, в соответствии с которым эксплуатационный персонал регулирует работу котла при изменении его производительности. В котельной на каждом котле должен быть дубликат режимной карты с указанием даты ее составления, подписанный представителем наладочной организации и утвержденный главным инженером предприятия.

Подготовка котла к розжигу

Перед розжигом котла оператор обязан проверить:

а) наличие распоряжения начальника котельной о розжиге котла, где должно быть указано время розжига, температура воды, которой должен заполняться котел, а также продолжительность розжига;

б) исправность топки и газоходов, запорных и регулирующих устройств;

в) исправность контрольно-измерительных приборов, арматуры, гарнитуры, питательных устройств, дымососа и вентилятора, а также наличие естественной тяги;

г) исправность оборудования для сжигания газообразного (жидкого) топлива;

д) заполнение котла водой до отметки нижнего рабочего уровня, а при наличии водяного экономайзера заполнить и его водой. Заполнение производить, выпуская воздух через воздушники;

е) поддержание уровня воды в котле, наличие пропусков ее через лючки, фланцы и арматуру;

и) отсутствие заглушек до и после предохранительных клапанов на паро-, мазуто- и газопроводах, на питательной, спускной и продувочных линиях;

ж) отсутствие в топке и газоходах людей или инородных тел;

з) наличие необходимого давления топлива для работы газовых горелок или мазутных форсунок.

Непосредственно перед розжигом котла необходимо провентилировать топку и газоходы в течение 10–15 мин (в зависимости от конструкции котла) открытием отверстий топки, заслонок для регулирования подачи воздуха, шиберов естественной тяги, а при наличии дымососа и вентилятора – их включением.

До включения дымососа для вентиляции топки и газоходов котла, который работает на газообразном топливе, убедиться в том, что ротор не касается корпуса дымососа, для чего ротор прокручивают вручную. Включение дымососа во взрывобезопасном исполнении допускается лишь после вентиляции котла естественной тягой и проверки исправности дымососа.

Перед розжигом котла, который работает на газообразном топливе, необходимо:

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

продуть газопровод через продувочную «свечу», постепенно открывая задвижку на отводном газопроводе к котлу, после продувки «свечу» закрыть;

убедиться в отсутствии утечки газа из газопроводов, газооборудования и арматуры путем обмыливания их;

проверить по манометру отсутствие давления газа и воздуха перед горелкой;

отрегулировать тягу разжигаемого котла, установив минимальное разрежение вверху топки на уровне 1–1,5 мм вод. ст.

Перед розжигом котла, работающего на жидком топливе, температуру топлива привести к температуре, установленной инструкцией.

Паровую линию к форсункам необходимо прогреть.

Розжиг котлов при сжигании газообразного и жидкого топлива

Котлы разжигают на протяжении времени, установленного администрацией, при слабом огне, уменьшенной тяге, закрытом паровом клапане и открытом предохранительном клапане или клапане для выпуска воздуха из барабана котла. Во время розжига котла необходимо обеспечить равномерное прогревание его элементов, а если котлы имеют устройство в нижнем барабане для подогрева воды, то необходимо его включить.

Если экономайзер имеет обводной газоход, то горячие дымовые газы из котла следует направить через этот газоход, закрыв задвижку для пропуска газов через экономайзер и включить его только после того, как установится регулярное питание котла водой, а если нет указанного устройства, то, чтобы вода не перегревалась в экономайзере, ее прокачивают во время розжига по сгонной линии в деаэраторный бак.

Если пароперегреватель котла имеет устройство для предотвращения перегрева его элементов, то во время розжига котла необходимо включить это устройство.

Розжиг газовых горелок следует проводить в таком порядке:

ввести в топку (через лючок) к газовыпускным отверстиям горелки зажженный запальник;

подать газ, медленно открывая «рабочий» кран (задвижку) перед горелкой и следя, чтобы газ загорелся;

установить давление газа на горелку (30 % по режимной карте);

отрегулировать горение (подачей воздуха и регулируя разрежение) по цвету и характеру пламени;

после получения устойчивого факела запальник погасить и удалить из топки.

Если во время розжига пламя запальника или горелки погасло, необходимо немедленно прекратить подачу газа на горелку, запальник погасить и удалить его из топки, провентилировать топку и газоходы на протяжении 10–15 мин. Только после этого можно приступить к розжигу горелки.

При наличии в котле нескольких горелок розжиг их осуществляется последовательно в таком порядке, чтобы не делать температурных перекосов в топке.

Если во время розжига погаснут все или часть разожженных горелок, следует немедленно прекратить подачу газа к ним, погасить запальник и вывести его из топки, провентилировать топку и газоходы на протяжении 10–15 мин. Только после этого можно повторно разжигать горелки.

Запрещается:

зажигать в топке погасший газ без предыдущей вентиляции топки и газоходов;

зажигать газовый факел от соседней горелки.

Розжиг мазутных форсунок. При паровом распылении жидкого топлива для зажигания форсунки в топку вносят зажженный разжигающий факел и подносят к головке форсунки, подают пар к форсунке, затем мазут, постепенно открывая клапан.

После воспламенения мазута следует отрегулировать горение, установив давление мазута (30 % по режимной карте) и соответственно пара и воздуха.

При механическом распылении мазута после внесения в топку зажженного разжигающего факела или включения автоматики розжига немного открыть воздушный шибер и, постепенно открывая клапан, подать мазут в топку. После того как мазут загорится, отрегулировать горение, установив давление мазута и воздуха (30 % по режимной карте).

Разжигающий факел следует выводить из топки лишь тогда, когда горение будет устойчивым.

Если мазут не загорелся, немедленно прекратить подачу его на форсунку, вывести из топки разжигающий факел, провентилировать топку и газоходы на протяжении 10–15 мин, установить причину незагорания топлива и устранить ее. Только после этого можно приступить к розжигу форсунки.

Если котел имеет несколько форсунок, розжиг их осуществляется последовательно, не вызывая температурного перекоса по топке.

Если при розжиге погаснут все работающие форсунки, следует немедленно прекратить подачу к ним топлива, удалить из топки разжигающий факел и провентилировать топку и газоходы на протяжении 10–15 мин. После этого можно разжигать форсунки.

При розжиге форсунки, не следует стоять против отверстий лючков для розжига, чтобы не пострадать от случайного выброса пламени.

Запрещается разжигать факел форсунки от соседней раскаленной кладки топки.

Если из открытого предохранительного клапана или воздушника начнет выходить пар, необходимо закрыть их и при наличии пароперегревателя открыть продувочный клапан за ним.

Подтягивание болтов лазов, люков во время розжига котла выполнять с большой осторожностью, только нормальным ключом, без применения удлинительных рычагов и в присутствии лица, ответственного за котельную.

Для котлов с рабочим давлением:

до 6 кгс/см^2 подтягивание болтов лазов и люков допускается при давлении не более 50 % рабочего давления;

от 6 до 60 кгс/см^2 – при давлении не более 3 кгс/см^2. Во время розжига необходимо вести контроль за перемещением элементов котла при тепловом расширении за показателями перемещения – реперами.

Включение котла в работу

Перед включением котла в работу необходимо выполнить:

а) проверку исправности действия предохранительных клапанов, водоуказательных приборов, манометра и питательных устройств;

б) проверку и включение автоматики безопасности, регулирования и сигнализации;

в) продувку котла.

Запрещается включать в работу котлы с неисправной арматурой, питательными устройствами, автоматикой безопасности и устройствами противоаварийной защиты и сигнализации.

Включение котла в общекотельный паровой коллектор должно осуществляться медленно, после тщательного прогрева и продувки коллектора. Во время прогрева необходимо открыть клапан на дренажной линии для сброса конденсата. Плавно открывать главный парозапорный клапан, но не более чем на 50 %. Когда паропровод прогреется, главный парозапорный клапан открыть полностью.

Во время прогрева следить за исправностью коллектора, его опор, а также за равномерным расширением. При появлении вибрации или резких ударов необходимо прекратить прогревание до устранения выявленных дефектов.

При включении котла в действующий паровой коллектор давление в котле должно быть равно давлению в действующем паропроводе или на 0,5 кгс/см^2 меньше, чем давление в паропроводе (коллекторе), при этом горение в топке следует уменьшить. Если в этом случае в паровом коллекторе возникнут толчки или гидравлические удары, необходимо немедленно прекратить включение котла и увеличить продувку общекотельного парового коллектора.

Время начала розжига и включение котла в работу записывают в сменный журнал.

Обслуживание котлов во время работы

Во время дежурства персонал котельной должен постоянно следить за исправностью как основного, так и вспомогательного оборудования и строго придерживаться установленных режимов работы котлов.

Выявленные в процессе работы оборудования неисправности необходимо записывать в сменный журнал. Персонал должен немедленно предпринять меры для устранения неисправностей, которые угрожают безопасной и безаварийной работе оборудования. Если устранить неисправности своими силами невозможно, необходимо известить об этом лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию котельной.

Особое внимание во время работы следует обращать на:

а) поддержание нормального уровня воды в котле и равномерного питания его водой. При этом нельзя допускать, чтобы уровень снижался ниже нижнего или поднимался выше высшего допустимых уровней воды в котле;

б) поддержание нормального рабочего давления и температуры пара, вырабатываемого паровым котлом, температуры и давления горячей воды, которую вырабатывает водогрейный котел. Повышение давления или температуры выше разрешенных уровней категорически запрещается;

в) поддержание необходимой температуры питательной воды после водяного экономайзера, давления и температуры перегретого пара после пароперегревателя;

г) поддержание нормальной работы горелок.

Особое внимание следует уделять исправности оборудования котельной, контрольно-измерительных приборов и системы автоматики.

Проверка исправности действия *манометра* с помощью трехходового крана или запорного клапана, который его заменяет, должна проводиться *не менее 1 раза в смену.*

Проверку *предохранительных клапанов* подрывом проводить для котлов с рабочим давлением:

до 24 кгс/см^2 – каждого клапана не менее, чем 1 раз в смену;

от 24 до 39 кгс/см^2 – поочередно по одному клапану не менее 1 раза в сутки.

Проверку *водоуказательных приборов* осуществлять продувкой для котлов с рабочим давлением:

до 24 кгс/см^2 (включительно) – не менее 1 раза в смену;

24–39 кгс/см^2 – не реже, чем 1 раз в сутки.

Проверку исправности *питательных насосов* проводить кратковременным пуском в работу каждого из них для котлов с рабочим давлением до 24 кгс/см^2 – в сроки, указанные производственной инструкцией. Все указанные проверки записываются в сменный журнал с указанием времени.

При увеличении нагрузки котла, который работает на *природном газе,* постепенно увеличить сначала подачу газа, воздуха и отрегулировать разрежение, а для уменьшения – сначала уменьшить подачу воздуха, газа, после чего отрегулировать разрежение.

Если котел работает на *жидком топливе,* то для увеличения нагрузки сначала увеличивают разрежение, подачу воздуха, и затем подачу мазута (на паровых форсунках перед увеличением подачи мазута увеличивают подачу пара); для уменьшения сначала уменьшают подачу мазута (пара для распыления), воздуха, а затем и разрежение.

Непрерывная продувка служит для поддержки постоянного солесодержания и щелочности котловой воды.

Схема непрерывной продувки

верхний (нижний) барабан → клапаны игольчатые возле барабана → продувочная труба → сепаратор непрерывной продувки: пар из сепаратора в деаэратор, вода на барботер, охлажденная вода – в канализацию.

Схема сепаратора непрерывной продувки представлена на рис. 137. При снижении давления часть жидкости вскипает и по верхнему патрубку *1* выходит из сепаратора и направляется в деаэратор. Вода собирается в нижней части сепаратора, через выходной патрубок *6* подается в барботер, а затем – в канализацию.

Величина непрерывной продувки паровых котлов должна быть:

при пополнении потерь дистиллятором или обессоленной водой 0,3–0,5 %;

при пополнении потерь химически очищенной водой 0,5–3 %;

при невозвращении потребителями конденсата свыше 30 % и солесодержании химически очищенной воды выше 300 мг/кг допускается добавка до 5 % и выше.

Во время работы котла лаборант ХВО регулярно проверяет солесодержание и щелочность котловой воды и насыщенного пара. При отклонении их от нормы по рекомендации лаборанта изменяют величину непрерывной продувки.

Периодическая продувка осуществляется через определенный промежуток времени и служит для удаления шлама и грязи из коллекторов. Продувка проводится кратковременно, но с большим выбросом котловой воды, захватывающей при своем движении шлам, находящийся в коллекторах, и выносит его в так называемый *расширитель* (*барботер*) (рис. 137), предназначенный для охлаждения котловой воды. Охлаждение осуществляется смешиванием котловой воды с холодной водопроводной водой до температуры 60–70 °С, при которой воду можно выпускать в канализацию.

Периодическую продувку проводят не реже 1 раза в смену. При плохом качестве питательной воды по рекомендации лаборанта водоподготовки выполняют повторную продувку. Продолжительность

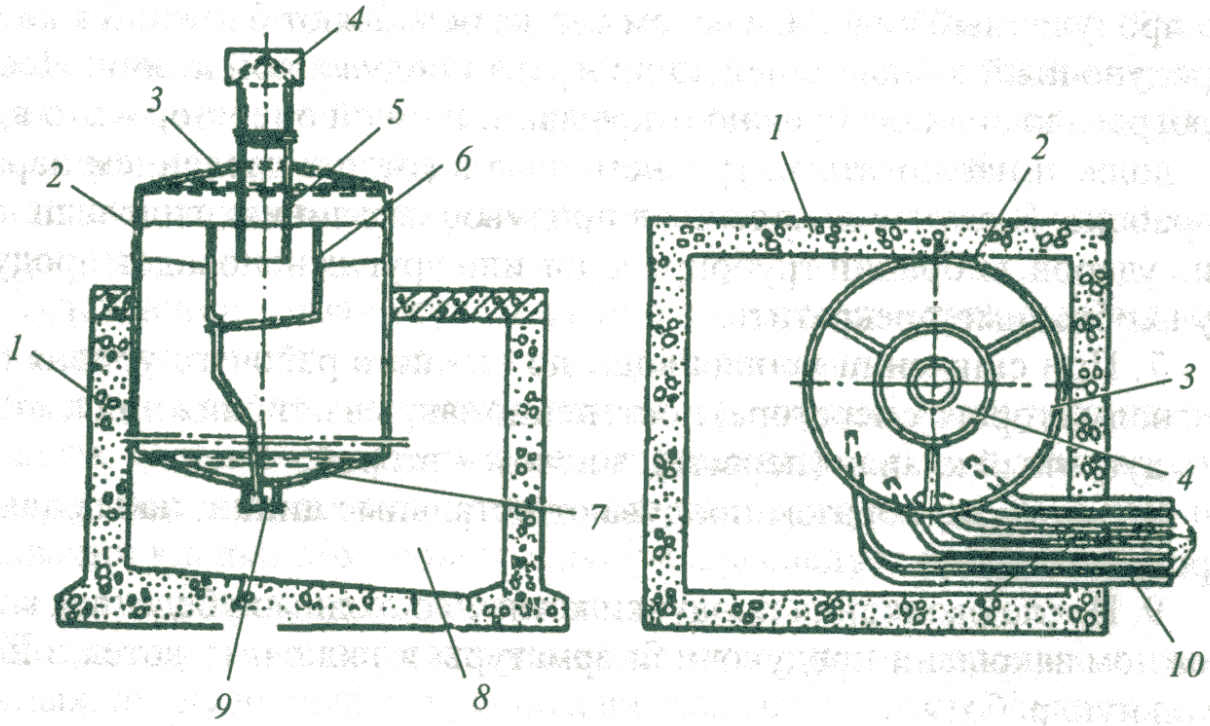


Рис. 137. Продувочный колодец (барботер):
1 – железобетонный колодец; *2* – корпус; *3* – верхнее днище; *4* – зонт; *5* – патрубок отвода пара; *6* – отбойный цилиндр; *7* – нижнее днище; *8* – приямок; *9* – патрубок для слива воды; *10* – продувочные трубопроводы

и очередность этой операции указываются в производственной инструкции для каждого котла. О проведении продувки предупреждают персонал котельной, а также всех, кто занят ремонтом соседних котлов. При размещении продувочной арматуры возле фронта котла продувку может выполнять один оператор, а если арматура она находится по бокам и сзади котла, то продувку выполняют два оператора.

Периодическую продувку выполняют в такой последовательности:

1. Проверяют исправность продувочных линий на ощупь. До первого клапана труба должна быть горячей, а после второго клапана – холодной. Арматуру проверяют на легкость вращения маховиков клапанов.

2. Проверяют исправность питательных насосов и наличие достаточного запаса питательной воды.

3. Продувают водоуказательные приборы.

4. Подпитывают котел до верхнего рабочего уровня или на 3/4 по водоуказательному прибору .

5. Уменьшают горение в топке.

6. На линии, которая по инструкции должна продуваться первой, осторожно открывают сначала второй по ходу продувки от кот-

ла продувочный клапан, а потом слегка ослабляют ближний к котлу продувочный клапан с целью прогрева продувочной линии. После прогрева клапан осторожно открывают. Второй оператор в это время должен наблюдать за уровнем воды в котле и давлением пара в барабане. В случае появления в продувочных линиях гидравлических ударов, вибрации трубопроводов или других неполадок продувку необходимо прекратить.

7. При снижении уровня воды до нижнего рабочего уровня (по сигналу второго оператора) постепенно закрывают ближний к котлу продувочный клапан (первый), а потом – второй.

8. Таким же образом продувают остальные линии, наблюдая за уровнем воды.

9. После окончания продувки котла необходимо убедиться в надежном закрытии продувочной арматуры и включить котел в нормальную работу.

10. Сделать запись в сменном журнале с указанием времени начала и окончания продувки.

11. Проверить через 30 мин, насколько плотно закрыта продувочная арматура. Если арматура будет пропускать воду, то следует сообщить об этом начальнику котельной и продолжать следить за уровнем воды в котле.

Плановый останов котлов

Останов котлов – *плановый* – по письменному распоряжению лица, ответственного за котельную, и *аварийный,* который проводится без распоряжения с последующим сообщением администрации.

В отопительных котельных небольшой теплопроизводительности очередность останова котлов при повышении температуры наружного воздуха определяется предварительной записью лица, ответственного за работу котельной.

Последовательность планового останова:

снизить нагрузку котла по возможности в несколько этапов (100, 75, 50, 30 %), добиваясь постепенного охлаждения котла и топки;

выключить газовые горелки – закрыть «рабочий» кран (задвижку) и «контрольный» кран (задвижку), открыть продувочную «свечу» между ними;

закрыть задвижку на газопроводе перед котлом и открыть продувочную «свечу» газового коллектора котла;

отключить котел от общекотельного парового коллектора, если давление в котле поднимается выше допустимого, стравить давление через предохранительный клапан в атмосферу;

поддерживать уровень воды в котле между высшим и низшим;

выключить вентилятор и дымосос через 10–15 мин, дальнейшее охлаждение топки вести естественным путем. Повторная искусственная вентиляция топки разрешается только через 6–8 ч;

сделать запись в сменном журнале об останове котла с указанием времени.

Охлаждение котла вести медленно за счет естественного остывания: дверки, лючки и лазы держать закрытыми.

Быстрое охлаждение может привести к нарушению герметичности котла. Спуск воды из котла необходимо выполнять только после падения давления до нуля, снижении температуры до 70–80 °С и остывании кладки обмуровки. Спуск воды следует проводить медленно и при поднятом предохранительном клапане.

После спуска воды устанавливают заглушки на паровых, питательных, продувочных и спускных линиях котла, который выключается для того, чтобы отделить его от других работающих котлов. Только после этого можно проводить на нем ремонтные работы.

Категорически запрещается оставлять неработающий котел присоединенным к общекотельному паровому коллектору, поскольку в этом случае в его барабаны может поступать пар. При этом может появиться протекание воды в швах и вальцовочных соединениях, которое может стать причиной коробления стенок барабана.

В водогрейных котлах после их останова поддерживают циркуляцию воды через котел до тех пор, пока температура воды на входе в котел не станет равной температуре воды на выходе из котла. После этого включается циркуляционный насос и охлаждение котла проводится естественным путем.

Спуск воды из водогрейного котла осуществляется так же, как и в паровых котлах.

Случаи аварийного останова котлов

Котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием автоматики защиты или персоналом в случаях, предусмотренных производственной инструкцией, а именно:

1) при обнаружении неисправности предохранительного клапана;

2) если давление в барабане котла поднялось выше разрешенного на 10 % и продолжает расти;

3) при снижении уровня воды ниже нижнего допустимого уровня;

4) при повышении уровня воды выше верхнего допустимого уровня;

5) при прекращении работы всех питательных насосов;

6) при прекращении работы всех водоуказательных приборов;

7) если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, пароводоперепускных и водоопускных трубах, жаровой трубе, огневой коробке, кожухе топки, трубной решетке, внешнем сепараторе, паропроводе, арматуре) будут выявлены трещины, выпучины, пропуски в сварных швах, обрыв анкерного болта или связи;

8) при погасании пламени в топке при камерном сжигании топлива;

9) при снижении расхода воды через водогрейный котел ниже минимально допустимого значения;

10) при снижении давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;

11) при повышении температуры воды на выходе из водогрейного котла на 20 °С ниже температуры насыщения, соответствующего рабочему давлению воды в выходном коллекторе котла;

12) при неисправности автоматики безопасности или сигнализации и исчезновении напряжения на этих устройствах;

13) при возникновении пожара в котельной, который угрожает обслуживающему персоналу или котлу.

Порядок аварийного останова котла следует указать в производственной инструкции. Причины аварийного останова котла должны быть записаны в сменном журнале.

Во время аварийного останова котла необходимо без получения распоряжения:

а) прекратить подачу топлива (закрыть рабочие «контрольные» краны (задвижку) и открыть «свечу» безопасности);

б) произвести вентиляцию топки и газоходов (за исключением случаев, когда причиной аварийного останова было разрушение обмуровки или загорание сажи);

в) отключить котел от главного парового коллектора;

г) если необходимо, то выпустить пар через приподнятые предохранительные клапаны, кроме случаев в пп. 4 и 5.

Очистка котлов от накипи

Механическая очистка котлов от накипи осуществляется с помощью *ручного* и *механического инструмента*.

К *ручному инструменту* относятся шаберы, скребки, металлические щетки.

К *механическому инструменту* относятся нераскидные (рис. 138, 139) и раскидные (рис. 140) головки, приводимые в движение через гибкий вал от электродвигателя или воздушной турбинки.

При механической очистке в первую очередь проводится очистка стенок барабанов и коллекторов, так называемых открытых по-

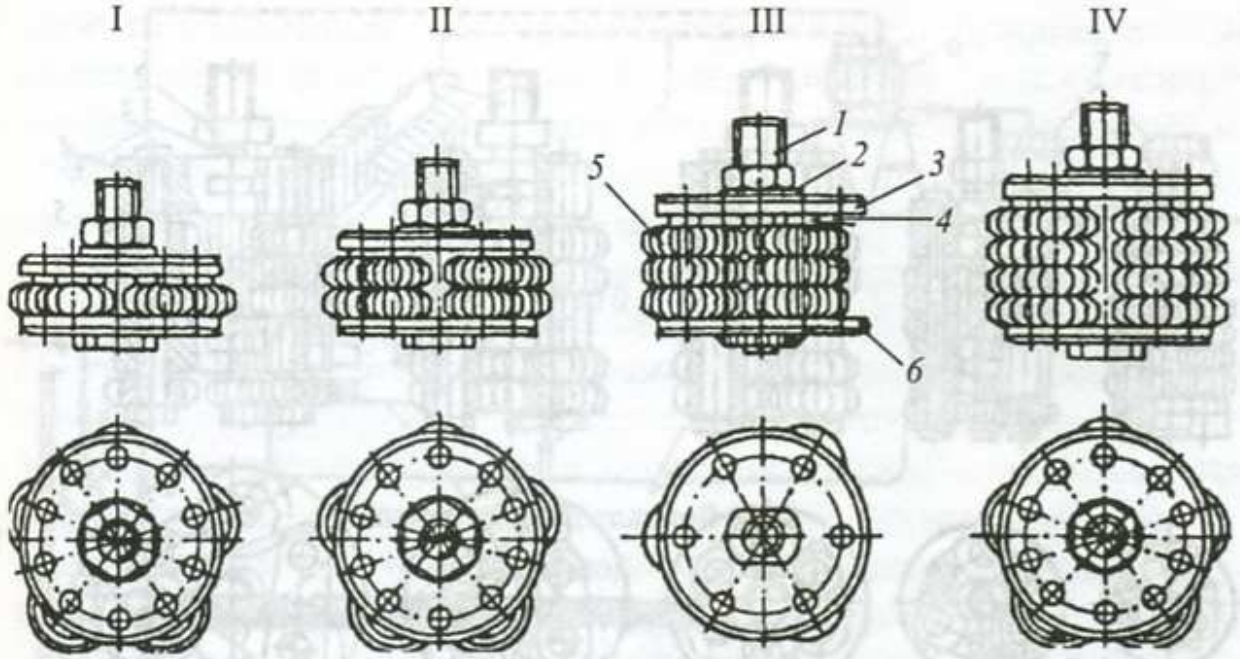


Рис. 138. Головки ОП нераскидные для очистки открытых поверхностей: I – однорядная; II – двухрядная; III – трехрядная; IV – четырехрядная: *1* – ось головки; *2* – шайба гравера; *3* – фланец задний; *4* – ось зубчаток; *5* – зубчатка; *6* – передний фланец

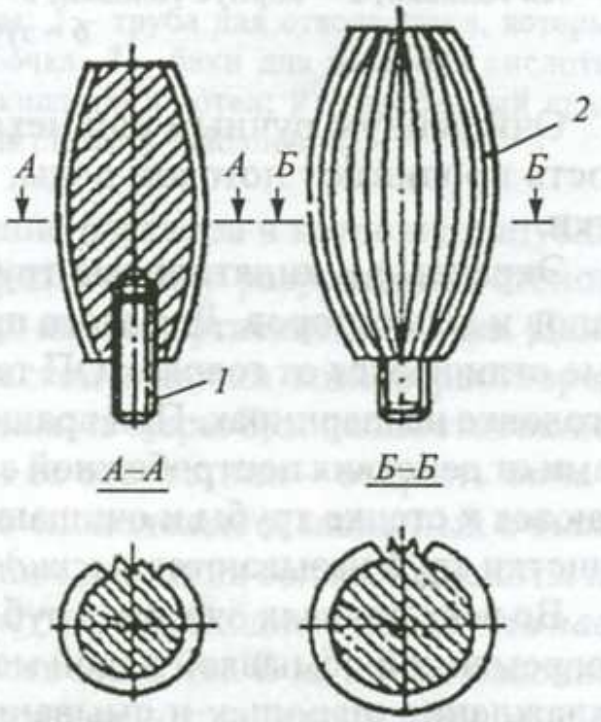


Рис. 139. Головки нераскидные эллипсовидные для очистки труб:
1 – ось головки; *2* – головка эллипсовидная

верхностей. Для этого применяются специальные головки ОП (открытая поверхность). Головки ОП оборудованы шарошками, насаженными на оси. При вращении электродвигателем или воздушной турбинкой вместе с головкой вращаются и шарошки, счищая своими зубцами накипь со стенок, к которым прижимается головка. Головки ОП – одно-, двух-, трех- и четырехрядные.

Удаление накипи с применением ручного инструмента производится в местах, недоступных для очистки механическим инструментом (в углах соединения перегородок, возле выступающих концов труб и т. д.)

Очистка накипи молотком с острыми концами, так называемым *клавачем*, категорически запрещается, поскольку при этом повреждается металлическая поверхность барабана на глубину 0,5–1,0 мм, что способствует усилению коррозии.

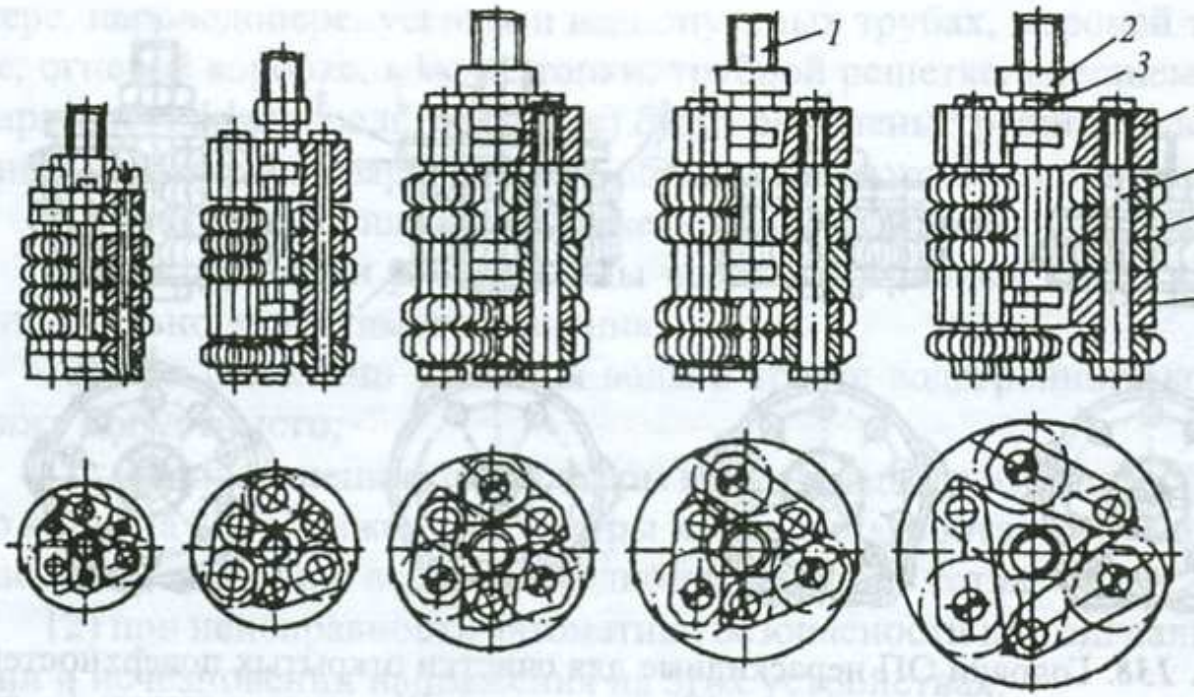


Рис. 140. Головки раскидные для очистки труб:
1 – ось головки; *2* – корпус головки; *3* – ось серег; *4* – серьга; *5* – ось зубчаток; *6* – зубчатки

Очищенную ручным или механическим инструментом поверхность проливают потоком воды, а затем проверяют качество очистки.

Экранные и кипятильные трубы очищают после очистки барабанов и коллекторов. Для этого применяются другие головки, которые отличаются от головок ОП тем, что оси шарошек прикреплены к головке на шарнирах. При вращении головки оси вместе с шарошками от действия центробежной силы расходятся в стороны, прижимаются к стенке трубы и очищают ее от накипи. Такие головки для очистки труб называются *раскидными*.

Во всех случаях очистка труб шарошками осуществляется с одновременной обмывкой водой мест очистки. При этом происходит охлаждение шарошек и смывание накипи, которая забивает пространство между зубцами шарошек. Во время очистки гибкий вал не следует пропускать в трубу ниже закрепленного хомутика, чтобы предотвратить выход головки из нижнего конца трубы и поломку шарошек.

Химическая очистка котлов. Для химической очистки (рис. 141) применяется техническая соляная кислота. Концентрация раствора кислоты зависит от толщины слоя накипи. На каждый 1 мм накипи используется 1 % раствора кислоты. Раствор концентрации ниже 3 % и выше 10 % не используют. При необходимости промывка проводится повторно свежим раствором предыдущей концентрации.

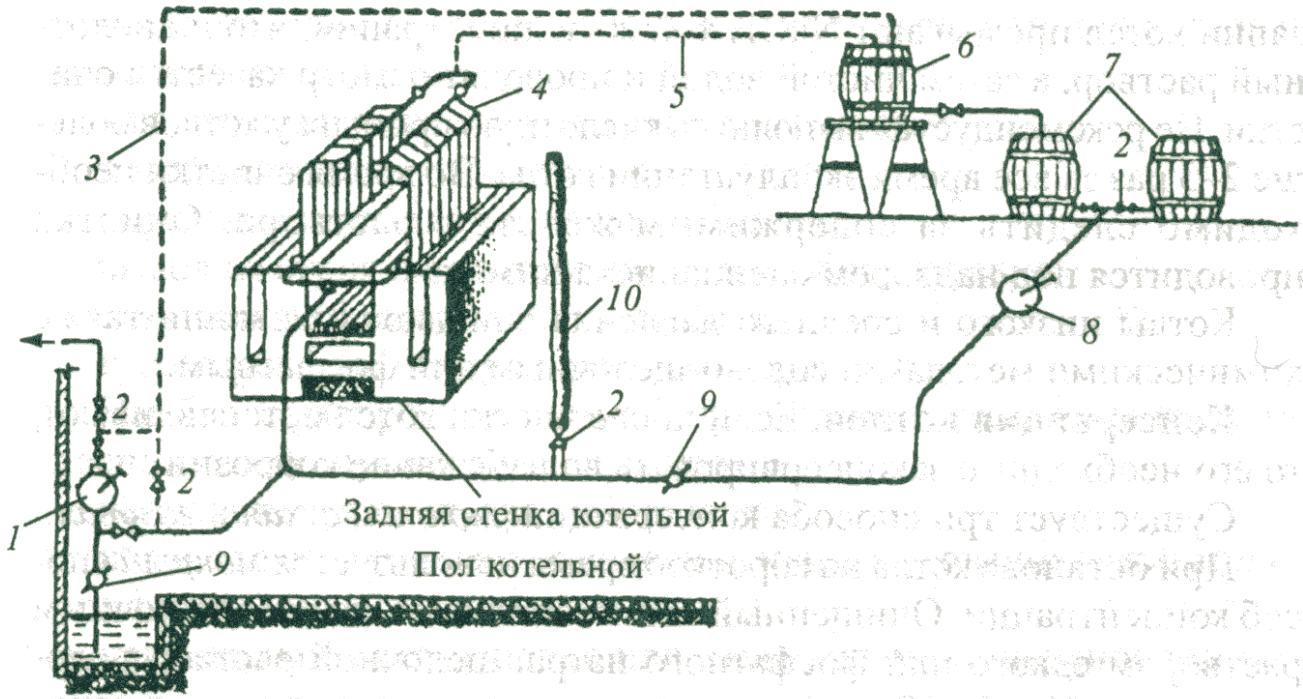


Рис. 141. Схема устройства для химической очистки от накипи котла: *1* – ручной насос для откачки раствора; *2* – запорный клапан; *3* – линия для откачки пригодного раствора; *4* – секции котла; *5* – труба для отвода газов, которые образуются от действия кислоты; *6* – бочка; *7* – баки для раствора кислоты; *8* – ручной насос для подачи раствора кислоты в котел; *9* – пробковый кран; *10* – шланг для контроля степени заполнения

Подогрев и, тем более, кипячение раствора в котле не допускаются, так как это приводит к коррозионному разрушению стенок, интенсивному выделению вредных паров и углекислого газа. Даже при нормальном процессе химической очистки котлов раствором соляной кислоты необходимо принимать меры безопасности: включить вентиляцию котельной, а при ее отсутствии – открыть окна и двери; персонал должен работать в спецодежде и защитных очках.

Для уменьшения разрушительного действия соляной кислоты на металлические стенки котла в ее раствор необходимо добавлять *пассиватор* – приблизительно 1/10 часть кислоты. В качестве пассиваторов используется технический уротропин, столярный клей, конопляный жмых.

Для химической очистки применяются *промывочные машины,* включающие в себя: емкости для приготовления раствора кислоты; кислотный насос; шланги для подачи раствора в котел и отвода раствора в емкости.

При прокачке раствора через котел накипь бурно растворяется с интенсивным выделением газа и пены. Окончание процесса определяется по прекращению выделения CO_2 и пены. Тогда в раствор добавляют воду и спускают в канализацию. После этого котел промывают чистой водой, пока вода не станет прозрачной. Для нейтрали-

зации котел промывают NaOH той же концентрации, что и кислотный раствор, а затем чистой водой и проводят осмотр качества очистки. Не рекомендуется выполнять кислотную промывку котлов больше 2–3 раз за все время эксплуатации котла. Во время очистки необходимо следить за содержимым железа в растворе. Очистка проводится под надзором специалиста-химика.

Котлы низкого и среднего давления очищают от накипи также химическими методами: содово-щелочным или фосфатным.

Консервация котлов. Если после чистки котел останавливают, то его необходимо законсервировать во избежание коррозии.

Существует три способа консервации: *мокрая*, *сухая* и *газовая*.

При останове котла на короткое время используется *мокрый* способ концентрации. Очищенный котел заполняют слабым щелочным раствором едкого или фосфатного натра, щелочной раствор подогревают до 80–100 °С слабым огнем в топке, а затем перемешивают с помощью насоса.

При останове котла на длительный период рекомендуется применять *сухой* и *газовый* методы консервации.

При *сухом* методе консервации в барабаны котлов (без воды) устанавливают противни (листы) с негашеной известью или безводным хлористым калием и котел герметизируют. Через месяц известь заменяют на новую.

При *газовом* методе котел заполняют азотом под давлением 100 мм рт. ст.

Во время консервации котел должен быть отглушен от трубопроводов с установкой заглушек.

Глава четырнадцатая

АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ И НЕИСПРАВНОСТИ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Понятие об авариях, возможные причины и последствия

Повреждения и аварии в котельных по причинам, которые их вызывают, можно разделить на две группы:

неправильное сжигание газа или неправильное обслуживание горелок и газового оборудования, которое приводит к взрыву газовоздушной смеси;

невыполнение режимов работы и правил эксплуатации котлов и отдельных их элементов.

Аварии и повреждения котельных вызывают:

долговременные простои оборудования;

перерыв в поставке тепла потребителю;

вывод из строя на длительное время оборудования;

разрушение сооружений котельных;

травмирование обслуживающего персонала.

Наиболее распространенными причинами образования взрывоопасной газовоздушной смеси являются:

неправильная продувка газопроводов;

подача газа на горелку до внесения или образования зажигательного факела;

неправильное размещение или отрыв пламени переносного запальника в топке при разжигании горелок;

преждевременное открытие кранов (задвижек) перед горелками и неправильная манипуляция ими (открыть – закрыть задвижку);

попытка розжига соседней горелки от работающей без использования зажигательного факела;

недостаточная вентиляция топки и газоходов при первичном или повторном, после срыва факела, включении горелок.

Причинами загазованности и взрывов при зажигании горелок могут также быть:

неправильная установка или неисправность запального устройства;

неплотность запорных устройств и ошибки персонала в фиксации их положения;

неисправность приборов измерения или неправильная оценка их показаний;

включение горелок при неисправной или отключенной автоматике контроля пламени;

отрыв, проскок пламени.

Причинами погасания факела могут быть:

кратковременное прекращение подачи газа;

отрыв пламени при резком повышении разрежения в топке;

изменение концентрации газа менее нижнего или более верхнего пределов воспламенения (загрязнение газовых отверстий горелки, неисправность регулятора давления газа, остановка дутьевого вентилятора или дымососа);

неправильное действие эксплуатационного персонала при регулировании тепловой мощности горелок.

Повреждения котлов, которые приводят к взрыву, могут возникать в следующих случаях:

превышение рабочего давления в котле;

упуск воды из котла;

перепитка котла водой и вспенивание ее, что приводит к гидравлическим ударам и повреждению главного парового коллектора и арматуры;

чрезмерный перегрев отдельных мест поверхностей нагрева в топке при большой длине факела.

Причинами аварий и неисправностей котлов могут быть:

заводской брак в котле, не выявленный при внутреннем осмотре и гидравлическом испытании;

неудовлетворительное состояние оборудования из-за некачественного монтажа или ремонта, а также из-за износа или плохого качества материала, из которого изготовлены отдельные узлы;

отложение накипи, межкристаллитная и химическая коррозии;

техническая неисправность водоуказательных приборов, продувочной и питательной арматуры, питательных и сигнальных устройств;

нарушение режима работы горелок – вибрация арматуры, гарнитуры и трубной системы котла.

Расследование аварий и несчастных случаев при этом осуществляется в порядке, установленном инспекцией Котлонадзора.

О каждом случае аварий и повреждений администрация котельной извещает инспектора местного Котлонадзора и к его прибытию обеспечивает сохранность всей обстановки, если это не угрожает жизни людей и не вызывает дальнейшего развития аварии.

Повреждения основного и вспомогательного оборудования котлов

Пароперегреватель. Причинами повреждений пароперегревателей могут быть:

большое содержание солей в котловой воде, которые откладываются на внутренних поверхностях труб;

недостаточная и нерегулярная внутренняя промывка;

увеличение расхода насыщенного пара из котла;

превышение допустимого высшего уровня воды в котле;

низкое качество труб, сварных швов или мест ввальцовки труб;

неравномерная температура газов в газоходе пароперегревателя, который вызывает температурный перекос в нем;

некачественная продувка пароперегревателя при зажигании котла.

Водяные экономайзеры. Основными повреждениями *стальных экономайзеров* могут быть:

коррозия труб на внутренней и внешней поверхностях;

местный износ труб летучей золой;

нарушение плотности в местах приварки змеевиков к коллектору;

пропуски в лючковых соединениях;

образование свищей в сварных швах из-за дефектов, допущенных при изготовлении или монтаже;

Основными причинами повреждений *чугунных экономайзеров* могут быть:

разрыв ребристых труб или калачей из-за гидравлических ударов или термических напряжений;

пропуски в прокладках фланцев из-за плохих поверхностей фланцевых соединений или некачественного прокладочного материала;

внутреннее загрязнение поверхности труб накипью или шламом.

Воздухоподогреватели. Повреждения стальных трубчатых воздухоподогревателей могут быть вызваны:

коррозией труб;

пережогом труб;

перетеканием воздуха в газовый тракт и подсосом воздуха сквозь неплотности обмуровки и обшивки.

Тягодутьевые машины. Причины повреждений тягодутьевых машин могут быть механического, электрического и аэродинамического характера.

Причинами *механического характера* являются:

неуравновешенность рабочего колеса в результате износа или отложений на лопатках;

износ элементов соединительной муфты;

ослабление посадки ступицы рабочего колеса на валу или ослабление растяжек крыльчатки;

ослабление фундаментных болтов или недостаточная жесткость опорных конструкций машин;

неудовлетворительная центровка валов;

чрезмерный нагрев и деформация вала из-за повышенной температуры дымовых газов.

Причиной *электрического характера* является большая неравномерность воздушного зазора между ротором и статором электродвигателя.

Причиной *аэродинамического характера является* различная подача дымовых газов и воздуха, которая может возникнуть из-за неправильного регулирования заслонок и направляющих аппаратов.

Питательные насосы. Механические повреждения и неисправности питательных насосов происходят вследствие:

неудовлетворительного ремонта и обслуживания;

неправильной сборки и центровки;

плохого балансирования во время монтажа;

плохого смазывания подшипников;

ошибок при пуске и остановке.

К тяжелым последствиям может привести отсутствие или неправильное устройство разгрузочных линий питательных насосов, отсутствие обратных клапанов и ограничителей расхода на линиях разгрузки, включение их в общий разгрузочный трубопровод и во всасывающую линию питательных насосов.

Трубопроводы пара и горячей воды. В котельных трубопроводы пара и горячей воды эксплуатируются в сложных условиях – их элементы находятся под действием внутреннего давления рабочей среды; веса труб, арматуры и тепловой изоляции; напряжений, которые возникают в результате теплового расширения.

Внутреннее давление в трубопроводах вызывает напряжение растяжения, а нагрузка на них – напряжение изгиба. Под действием тепловых расширений возникают изгибающие и сжимающие усилия в трубопроводах, которые размещены в одной плоскости, а сжатие, изгиб и скручивание – в пространственных трубопроводах.

Безаварийная работа трубопроводов зависит как от условий их эксплуатации и принятых проектных решений, так и от качественного выполнения монтажных и ремонтных работ.

Нарушение нормального режима эксплуатации трубопроводов ведет к дополнительным напряжениям в металле. Включение паропровода в работу вызывает изменение напряжений в металле из-за неравномерного нагрева его элементов. Опасность представляют защемления элементов трубопровода, которые препятствуют свободному расширению при нагревании.

При пуске пара в холодный паропровод во время его прогрева происходят значительная конденсация пара и накопление в нем воды. Кроме того, в период работы паропровода возможны случаи попадания в него воды из котлов при перепитке, ухудшении водного режима, неудовлетворительной продувке пароперегревателя, быстром открывании главного парозапорного клапана и др. Наличие конденсата в паропроводе может вызывать гидравлические удары. Гидравлические удары и повреждения питательных трубопроводов могут быть также из-за неплотности обратных клапанов, заполнения их водой без выпуска воздуха из верхней части трубопровода или неудовлетворительной работы питательного насоса, при котором давление в нагнетательном трубопроводе резко изменяется.

Большую опасность представляют гидравлические удары для трубопроводов насыщенного пара, где может быстро происходить конденсация, в особенности когда паропровод не имеет изоляции.

Основными видами повреждений трубопроводов в границах котла являются коррозия, кольцевые трещины, трещины возле концов труб, износ, изгиб, выпучины и разрывы.

Повреждения трубопроводов возникают и от превышения в них допустимого давления.

Эксплуатационная надежность паропроводов и питательных трубопроводов зависит от качества сварных соединений, состояния их деталей и элементов, работоспособности опорно-подвесной системы креплений, от правильного выбора марки стали, технологии изготовления труб и изделий (колен, тройников, сгонов).

Арматура. Повреждения арматуры возникают из-за дефектов конструкции, нарушения технологии монтажа, низкого качества изготовления, ремонта и нарушения правил эксплуатации.

Дефекты уплотняющих поверхностей, а также попадание между ними при закрывании арматуры посторонних предметов ведут к пропуску рабочей среды, при больших скоростях которой быстро изнашиваются поверхности.

Отказ арматуры может быть *частичным,* при этом оборудование может частично работать, и *полным,* исключающим возможность работы оборудования до его исправления.

К частичным случаям относятся пропуски среды сквозь внешние уплотнения (фланцы, сальники) или сквозь основной металл (свищи), которые не приводят к полному износу оборудования.

Неполадки в работе газового хозяйства котельных

Определение мест утечек и концентрации газа в воздухе. Утечка газа на газопроводах и оборудовании и места ее появления могут быть выявлены:

по запаху;

обмыливанием арматуры, соединений и швов газопроводов мыльным раствором;

с помощью приборов.

Мыльные или индикаторные растворы готовят из мыла. Мыльный раствор получают растворением в 1 л воды 35 г мыльного порошка или 50 г туалетного или хозяйственного мыла.

Широкое распространение для определения содержимого метана в воздухе получили переносные электрические газоанализаторы ПГФ-2М, газовые интерферометры ШИ-3, газовые интерферометры «ГАЗИ».

Неполадки газовых фильтров. Характерными неполадками газовых фильтров являются утечка газа, а также их загрязнение различными механическими примесями. Признаком загрязнения фильтров является большой перепад давления за счет повышения сопротивления потока газа (500 мм. вод. ст. – сетчатые; 1 000 мм. вод. ст. – волосяные фильтры). Это может привести к разрыву металлических сеток обоймы.

Для предупреждения подобных случаев необходимо периодически контролировать перепад давления на фильтре и в случае необходимости очищать его от механических примесей.

Неполадки предохранительно-запорных клапанов.

а) Клапан не перекрывает подачу газа. При этом возможны следующие неполадки:

загрязнен клапан или есть дефекты седла, что можно определить и исправить при разборке;

заедает шток или рычаги клапана, от чего при падении молоточка клапан остается открытым; дефект определяют при внешнем осмотре.

б) Клапан перекрывает подачу газа без повышения давления газа за регулятором. При этом возможны следующие неполадки:

произошел разрыв мембраны головки клапана или загрязнение импульсной трубки – мембрана под действием груза опускается и клапан срабатывает;

плохая настройка клапана;

самостоятельное закрытие клапана от вибрации.

в) Клапан при настройке не открывается. При этом возможны следующие неполадки:

отрыв клапана от штока, дефект определяют при подъеме клапана;

загрязнение перепускного клапана, который не дает возможности выровнять давление над и под основным клапаном;

заедание штока клапана.

г) Утечка газа сквозь неплотности в различных частях клапана и в местах его соединения с другим газовым оборудованием.

Неполадки регулятора РДУК-2.

а) *Регулятор не подает газ потребителям.* При этом возможны следующие неполадки:

произошел разрыв мембраны или в ней образовались отверстия, давление газа над и под мембраной выровнялось, клапан под действием груза закрылся, подача газа прекратилась;

пружина пилота вышла из строя, прекратилась нагрузка на мембрану пилота, клапан его закрылся;

пилот перестал действовать из-за загрязнения импульсных линий;

загрязнился клапан пилота или прошло его обмерзание.

б) Регулятор повышает давление газа. Неполадки:

неплотно закрытый клапан;

произошел разрыв мембраны пилота, давление газа перестало противодействовать пружине, клапаны пилота и регулятора полностью открылись;

шток клапана заело, клапан завис, расход газа потребителями уменьшился;

загрязнилась импульсная трубка, которая подает газ с высокой стороны.

Неполадки ротационных счетчиков. К ним относятся:

утечка газа;

загрязнение различными механическими примесями пространства между роторами и стенками камер, из-за чего роторы не проворачиваются;

небольшое давление перед счетчиком;

счетчик работает, но создает перепад выше допустимого;

роторы счетчика проворачиваются, но сам счетчик не показывает расход или показывает его неверно.

Глава пятнадцатая

ОХРАНА ТРУДА, САНИТАРНЫЕ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Охрана труда и ее задачи в условиях производства

Охрана труда – это система правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, направленных на сохранение здоровья и трудоспособности человека в процессе труда.

В основе системы «Охрана труда» лежат законодательные акты, созданные государством, главным из которых является Конституция.

Охрана труда условно делится на две основные части:

техника безопасности – система организационных мероприятий и технических средств, не допускающих действия *опасных производственных факторов* на работников;

производственная санитария – система организационных мероприятий и технических средств, которые не допускают или уменьшают действия *вредных производственных факторов* на работников.

К производственной санитарии относятся также гигиеничные и лечебно-профилактические мероприятия.

Организационные мероприятия направлены на то, чтобы предусмотреть возможные поступки и действия работников в той или иной ситуации. Эти мероприятия сами по себе не исключают опасность или вредность, а осуществляются через сознание людей, принимающих участие в производстве, и из-за этого субъективны, поскольку зависят от состояния людей, степени их сознательности (например, обучение правилам безопасности).

Технические мероприятия (например, создание защиты) влияют на объективные факторы и непосредственно защищают людей от опасности, вредности, в связи с этим их эффективность выше.

Опасные производственные факторы – это такие факторы, действие которых на работников в определенных условиях приводит к травме или внезапному ухудшению здоровья. Например, подвижная транспортерная лента топливоподачи, горячая вода, пар – опасные факторы, так как могут вызвать травмирование.

Вредные производственные факторы при действии на работников в определенных условиях приводят к заболеванию или к снижению работоспособности.

Монотонность труда, повышенный уровень шума и вибрации, действуя на человека долговременно, могут привести к серьезным профессиональным заболеваниям.

Опасные и вредные факторы по характеру воздействия на человека подразделяются на следующие группы:

физические – воздействие транспортных и грузоподъемных средств, подвижные частей технологического оборудования, температуры поверхностей оборудования, уровне шума на рабочем месте и т. п.;

химические – воздействие на организм токсичных, раздражающих и других веществ и пути проникновения их в организм (через органы дыхания, кожу и др.);

биологические – воздействия микроорганизмов и продукты их жизнедеятельности;

психофизиологические – воздействие физических и нервно-психические перегрузок.

Травматизм и аварии, их учет на производстве

Причины несчастных случаев

Несчастным случаем на производстве называется случай, связанный с воздействием опасных производственных факторов на работников.

Все работники подлежат обязательному социальному страхованию собственником производства от несчастных случаев и профес-

сиональных заболеваний. Собственник обязан возместить работнику ущерб в связи с причиненным ему увечьем или другим повреждением здоровья, связанным с выполнением трудовых обязанностей, в полном размере утраченного заработка соответственно законодательству, а также уплатить потерпевшему (членам семьи и иждивенцам умершего) *единовременное пособие*. При этом пенсии и прочие доходы, получаемые работником, не учитываются.

Причины несчастных случаев на производстве разделяются на *объективные* и *субъективные*.

К *объективным причинам* условно относятся технические и санитарно-гигиенические, к *субъективным* – организационные и психофизиологические.

К *техническим причинам* относятся:

неисправность оборудования из-за некачественного ремонта;

ошибочная подача теплоносителя (пара или воды) в зону ремонтных работ;

отсутствие ограждения опасной зоны и др.

К *санитарно-гигиеническим причинам* относятся:

нерациональное освещение;

загрязнение воздуха;

ионизационное излучение и др.

Организационными причинами являются:

неправильная организация труда;

непроведение инструктажа по вопросам охраны труда;

отсутствие наряда-допуска на выполнение работы повышенной опасности и т. п.

Психофизиологическими причинами являются:

недостаточный уровень внимания в результате монотонного труда;

ослабление самоконтроля;

самонадеянность;

неоправданный и неправомерный риск.

Как показывают исследования, 60–80 % аварий и травм происходят в связи с ошибочными или запоздалыми действиями персонала.

Основной причиной аварий и травматизма является фактор риска.

Риск – *правомерный* (допустимый) и *неправомерный* (недопустимый).

Расследование и учет несчастных случаев

Согласно «Положению о расследовании и учете несчастных случаев, профессиональных заболеваний и аварий на предприятиях, в учреждениях и организациях» расследованию подлежат *все несчастные случаи*, которые произошли на производстве.

По результатам расследования на учет принимаются несчастные случаи, которые произошли:

во время выполнения трудовых обязанностей, а также действия в интересах предприятия без поручения собственника;

на рабочем месте, на территории предприятия или в другом месте работы на протяжении рабочего времени, включая установленные перерывы;

на протяжении времени, необходимого для приведения в порядок средств производства, способов защиты, одежды перед началом или после окончания работы, а также для личной гигиены;

во время проезда на работу или с работы на транспорте предприятия или посторонней организации, которая предоставила его согласно договору (заявкой), а также на собственном транспорте, используемом в интересах производства;

во время аварий (пожаров и т. п.), а также во время их ликвидации на производственных объектах;

во время предоставления предприятием шефской помощи;

в рабочее время при следовании пешком, на общественном, собственном транспортном средстве, или на том, что принадлежит предприятию или посторонней организации, с работником, работа которого связана с перемещением между объектами обслуживания и производства;

во время следования пешком или на транспортном средстве к месту работы или обратно по разовому заданию собственника без оформления удостоверения о командировке.

О несчастном случае, вследствие которого работник согласно медицинскому заключению утратил работоспособность на 1 день и более или возникла необходимость перевести его на другую, более легкую работу сроком не менее, чем на 1 день, составляется акт по форме Н-1.

Не принимаются на учет и не составляются акты по форме Н-1 на несчастные случаи, которые произошли с лицами:

которые следовали на работу или возвращались с нее пешком, на общественном или собственном транспортном средстве;

по месту постоянного проживания в полевых и вахтенных поселках;

которые отбывают наказание по приговору суда в учреждениях уголовно-исполнительской системы и специально причинили вред своему здоровью, а также при использовании без разрешения администрации оборудования, механизмов, инструментов и материалов, выводе их из строя или нарушении установленного режима содержания;

при отравлении алкоголем и наркотическими веществами или из-за их действия, если это не вызвано применением этих веществ в

производственных процессах или неправильной их сохранностью и транспортировкой. Факт отравления должен быть письменно подтвержден медицинским учреждением;

во время спортивных и других развлекательных игр (волейбол, футбол, домино и пр.), если при этом отсутствует производственный фактор;

во время пребывания на территории предприятия в нерабочее время, выходные и праздничные дни без поручения собственника, с личной необходимостью (получение зарплаты, посещение медицинского учреждения или собраний, совещаний и т. п.).

Владелец предприятия, получив сообщение о несчастном случае, приказом назначает комиссию по расследованию в составе:

руководителя (специалиста) службы охраны труда (председателя комиссии);

руководителя структурного подразделения или главного специалиста;

представителя профсоюзной организации;

специалиста санэпидстанции (при острых отравлениях);

уполномоченный трудового коллектива по вопросам охраны труда (не профсоюз).

На расследование несчастного случая отводится трое суток.

Владелец предприятия в течение суток утверждает 5 экземпляров акта по форме Н-1.

Акт по форме Н-1 вместе с материалами расследования подлежит сохранению 45 лет на предприятии, где несчастный случай принят на учет. Другие экземпляры акта и его копии сохраняются до осуществления всех намеченных в них профилактических мероприятий, но не менее чем 2 года.

В случае ликвидации предприятия акты по форме Н-1, которые сохраняются 45 лет, подлежат передаче правопреемнику, а в случае его отсутствия – государственному архиву для дальнейшего хранения.

Инструктаж по вопросам охраны труда

По характеру и времени проведение инструктаж по вопросам охраны труда подразделяется на *вступительный, первичный, повторный, внеплановый* и *целевой*.

Вступительный инструктаж проводится со всеми работниками при принятии на работу; работниками, которые находятся в командировке на предприятии и принимают непосредственное участие в производственном процессе; с водителями транспортных средств, которые впервые въезжают на территорию предприятия; учениками, воспитанниками и студентами, прибывшими на пред-

приятие для прохождения производственной практики; учениками, воспитанниками и студентами в учебных заведениях перед началом трудового и профессионального обучения в лабораториях, мастерских, на полигонах и др.

Вступительный инструктаж проводит специалист по охране труда или лицо, на которое приказом по предприятию возложены эти обязанности, а с учениками в учебно-воспитательных учреждениях – преподаватель либо лицо, компетентное по вопросам охраны труда, на которого приказом по учебно-воспитательному учреждению возложены эти обязанности.

Вступительный инструктаж проводится в кабинете охраны труда или в помещении, специально для этого оборудованном, с использованием современных технических средств обучения и наглядных пособий (плакатов, натуральных экспонатов, макетов, моделей, кинофильмов, диафильмов, видеофильмов, и т. п.).

Вступительный инструктаж проводится по программе, разработанной службой охраны труда с учетом особенностей производства. Программа и продолжительность инструктажа утверждаются руководителем предприятия, учебно-воспитательного учреждения.

Запись о проведении вступительного инструктажа делается в специальном журнале, а также в документе о принятии работника на работу.

Проведение вступительного инструктажа с учениками регистрируется в журнале учета учебной работы.

Первичный инструктаж проводится на рабочем месте перед началом работы индивидуально или с группой лиц общей специальности по программе, составленной с учетом требований соответствующих инструкций по охране труда для работников, других нормативных актов об охране труда, технической документации и ориентировочного перечня вопросов первичного инструктажа.

Программа первичного инструктажа разрабатывается начальником котельной, согласовывается со службой охраны труда и утверждается руководителем предприятия.

Все рабочие, в том числе выпускники учебно-курсовых комбинатов, после первичного инструктажа на рабочем месте должны на протяжении 2–15 смен (в зависимости от характера работы и квалификации работника) пройти стажировку под руководством опытных, квалифицированных сотрудников.

Повторный инструктаж проводится в котельных 1 раз в 3 мес индивидуально или с группой работников одной специальности по программе первичного инструктажа в полном объеме.

Внеплановый инструктаж проводится с работниками на рабочем месте или в кабинете охраны труда:

при введении в действие новых или пересмотренных нормативных актов по охране труда, а также при внесении изменений и дополнений к ним;

при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования и других факторов, влияющих на охрану труда;

при нарушении работником (учеником) нормативных актов по охране труда, что может привести или привело к травме, аварии или отравлению;

по требованию сотрудников органа государственного надзора по охране труда, вышестоящей хозяйственной организации или государственной исполнительной власти в случае, если выявлено незнание работников (погрузка, разгрузка, разовые работы за пределами цеха, и т. п.);

при ликвидации аварии, стихийных бедствиях;

при проведении работ, на которое оформляется наряд-допуск, разрешение и прочие документы;

при экскурсиях на предприятия.

Целевой инструктаж фиксируется нарядом-допуском или другой документацией, которая разрешает проведение работ.

Первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктаж проводит непосредственный руководитель работ.

О проведении первичного, повторного, внепланового инструктажей, стажировки и допуска к работе лицо, которое проводило инструктаж, делает запись в журнале. При этом обязательны подписи и инструктированного, и того, кто инструктировал.

Журналы инструктажей должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью.

Руководитель предприятия обязан выдать рабочему экземпляр инструкции по охране труда относительно его профессии или вывесить ее на его рабочем месте.

Предоставление первой доврачебной помощи и основные причины тепловых ударов, ожогов, удушения газом, отравления угарным газом

Предоставление первой доврачебной помощи

При несчастном случае предоставление *первой доврачебной помощи* – это совокупность простых и целесообразных действий, направленных на сохранение здоровья и жизни потерпевшего. Во-первых, если есть возможность, необходимо вынести потерпевшего с места события. Во-вторых, осмотреть поврежденные участки тела, оценить состояние потерпевшего, остановить кровотечение и обрабо-

тать эти участки. Затем наложить шины при переломах и предотвратить травматический шок.

При предоставлении первой доврачебной помощи необходимо руководствоваться следующими принципами:

правильность и целесообразность;

скорость;

продуманность, решительность, хладнокровность.

Смерть состоит из двух фаз – клинической и биологической. Клиническая смерть длится 5–7 мин, но необратимые явления в тканях еще отсутствуют. В этот период, пока еще не произошло тяжелых поражений мозга, сердца и легких, организм можно оживить. Первыми признаками биологической смерти являются: помутнение роговицы и ее высыхание, деформация зрачка при сдавливании, трупное окоченение, трупные синеватые пятна.

Причины тепловых ударов и первая помощь при поражении

Тепловой удар может возникнуть, если человек находился долговременно под действием высокой температуры. Признак теплового удара: внезапная слабость, головная боль, тошнота, частое и усиленное дыхание, сердцебиение, покраснение кожи лица, а в тяжелых случаях – конвульсия и потеря сознания.

Потерпевшего вывести или вынести на свежий воздух или в хорошо проветриваемое помещение, расстегнуть одежду и освободить все, что мешает свободному дыханию, напоить водой, смочить голову и грудь; при потере сознания дать понюхать из ватки нашатырный спирт. В необходимых случаях сделать искусственное дыхание.

Причины ожогов и первая помощь при ожогах

Причинами ожогов могут быть:

неправильные действия персонала при пользовании продувочными и пробными кранами;

выход пара или горячей воды через неплотности трубопроводов или их соединений;

выброс горячих газов из топки или срабатывание взрывного клапана.

Возможные ожоги при неправильном обращении с агрессивными реактивами и веществами, например едким натрием, соляной кислотой.

Загоревшуюся одежду быстро погасить водой или набросить любую плотную ткань; тлеющую одежду быстро снять. В горящей одежде нельзя бежать: это усиливает горение. Нельзя также отрывать клочки тканей, которые прилипли к ране на теле.

Наиболее легкие ожоги *первой степени* характеризуются покраснением кожного покрова. Такие ожоги смачивают 4 %-ным раствором марганцевокислого калия (марганцовки) и накладывают повязку с противоожоговой мазью или любым несоленым жиром.

Ожоги *второй степени* характеризуются образованием пузырей, наполненных жидкостью. При предоставлении первой помощи в таких случаях необходимо смазать кожное покрытие вокруг пузырей спиртом или крепким раствором марганцовки, а на обожженные места наложить стерильную повязку. Прорезать или прокалывать образовавшиеся на коже пузыри *не разрешается*.

При ожогах *третьей степени* происходит обугливание кожи и мышц. В таких случаях необходима помощь врача.

Оказывающий первую помощь при ожогах перед выполнением любых действий должен вымыть руки, чтобы не внести загрязнения на обожженные части тела потерпевшего.

Причины отравления оксидом углерода (CO) и первая помощь при отравлениях

Опасным для здоровья и жизни людей является оксида углерода (угарный газ), который образуется при неполном сгорании топлива.

Содержание 0,01–0,02 % оксида углерода в воздухе может вызывать легкое отравление, а значительно большее – тяжелое и даже смерть.

Признаки отравления оксидом углерода (угарным газом) – головная боль, головокружение, ослабленное сердцебиение, слабость, тошнота, рвота, лихорадка.

При сильном отравлении появляется сонливость, тяжесть в теле, апатия, наступает потеря сознания, иногда останавливается дыхание.

Потерпевшего быстро вывести или вынести на свежий воздух либо в другое помещение, освободить от тесной одежды, дать 2–3 ложки горячего чая или кофе и вызвать скорую помощь. До приезда врача согревать конечности потерпевшего грелкой или бутылками с горячей водой, следить, чтобы он не уснул.

Если отравленный потерял сознание, его приводят в сознание – дают понюхать из ватки нашатырный спирт с интервалом 1–2 мин или натирают виски. Если нет нашатырного спирта, побрызгать лицо холодной водой.

Если потерпевший не дышит, сделать *искусственное дыхание* методом «рот в рот» или «рот в нос». При отсутствии у потерпевшего пульса одновременно с искусственным дыханием ему делают *косвенный (внешний) массаж сердца* (рис. 142–145).



Рис. 142. Искусственное дыхание способом «рот в рот» при отсутствии приспособлений: а – вдох; б – выдох

Искусственное дыхание делают следующим образом. Сначала встают на колени с левой стороны от потерпевшего, уложенного на жесткую поверхность, приподнимают и отводят назад его голову. Для сохранения такого положения и открытия дыхательной горловины под лопатки потерпевшего подкладывают подушку, свернутую валиком одежду и т. п. Затем с помощью платка освобождают рот потерпевшего от слизи; если челюсти сжаты, то их раскрывают так: отжимают руками нижнюю челюсть.

Оказывающий помощь делает 2–3 глубоких вдоха и вдувает воздух из своего рта в рот или нос потерпевшего. При вдувании через рот необходимо закрыть нос потерпевшему, а при вдувании через нос – закрыть ему рот. После двух глубоких вдуваний 15 раз нажать на грудную клетку потерпевшего, проводя таким образом массаж сердца. На грудную клетку нажимают толчком такой силы, чтобы сместить ее в сторону позвоночника на 3–5 см. После каждого толчка отнимают руки от грудной клетки, чтобы не мешать ее свободному выпрямлению. Частота нажима – 1 раз в 1 с, частота вдуваний –1 раз через 5 с. Таким образом, потерпевшему на протяжении 5–6 с делают 2 вдувания, затем на протяжении 15 с – 15 толчков, далее снова 2 вдувания и так делают до появления самостоятельного дыхания и сердцебие-



Рис. 143. Искусственное дыхание способом «рот в рот» с помощью гофрированной трубки с маской



Рис. 144. Искусственное дыхание способом «рот в рот» с помощью воздухопровода

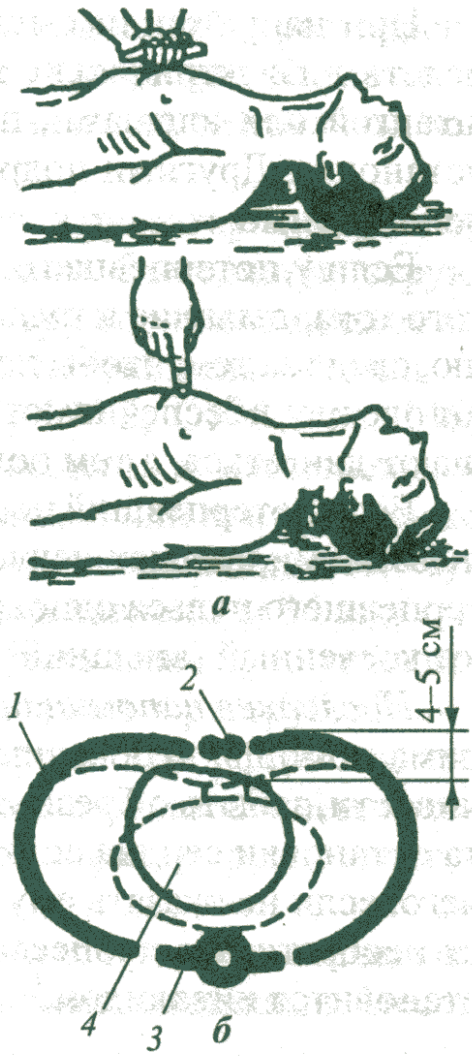


Рис. 145. Положение рук при проведении внешнего массажа сердца (*а*) и схематическое изображение поперечного сечения грудной клетки (*б*):
1 – грудная клетка; *2* – грудина; *3* – позвоночник; *4* – сердце: пунктиром показаны смещения грудной клетки и сердца при нажиме на грудину

ния. О возобновлении сердечной деятельности свидетельствует пульс, который сохраняется на несколько секунд после прекращения массажа.

Долговременное отсутствие пульса при самостоятельном дыхании указывает на фибрилляцию (конвульсионные, хаотические сокращения сердечной мышцы). В этом случае необходимо продолжать косвенный массаж сердца до прибытия врача или до доставки потерпевшего в больницу. Показателем эффективности помощи – сужение зрачков, характеризующее достаточный приток кислорода к мозгу.

Первая помощь при поражении электрическим током

Первая помощь состоит в быстром освобождении потерпевшего от действия электрического тока. Для этого ток отключают с помощью выключателя, автомата, рубильника или выкручиванием пробок.

При невозможности быстрого отключения тока освободить потерпевшего от токопроводящей части. Но при этом возникает опасность попадания оказывающего помощь под напряжение, поэтому ему необходимо принять меры защиты.

При напряжении до 1 000 В потерпевшего освобождают от токопроводящей части сухим канатом, палкой, доской, с помощью одежды, которая не проводит ток. Оказывающий помощь должен надеть на собственные руки диэлектрические перчатки, а при их отсутствии – изолировать руки сухим головным убором, шарфом, прорезиненной или сухой тканью, затем стать на изолированную подставку, или сухую доску. Если потерпевшего невозможно отделить от провода, то разрешается перерубить или перерезать провод. При этом инструмент должен иметь диэлектрическую рукоятку.

При напряжении выше 1 000 В оказывающий помощь должен надеть диэлектрические перчатки, боты и оттянуть потерпевшего штангой или клещами, предназначенными для работы на данной установке. Другими подручными способами действовать опасно и недопустимо.

Если у потерпевшего, освобожденного от действия электрического тока, дыхание и пульс стойкие, его удобно укладывают на землю, следя за тем, чтобы потерпевший не переохладился, расстегивают одежду, обеспечивают покой и доступ свежего воздуха, не разрешают двигаться, а тем более – продолжать работу.

Если потерпевший не дышит или дышит конвульсивно, со всхлипываниями, делают искусственное дыхание. При отсутствии у потерпевшего пульса одновременно с искусственным дыханием делают косвенный (внешний) массаж сердца.

Последнее напоминание: если рядом человек, которому необходима помощь, необходимо отбросить чувство скромности и стыдливости, забыть о брезгливости и оказать первую помощь. С момента остановки сердца есть всего 4 мин для спасения человека, после чего, если не оказать ему помощь, в мозге потерпевшего начинаются необратимые процессы разложения и человек или умирает, или становится инвалидом.

Требования Правил пожарной безопасности

В каждой котельной, а в больших котельных – в каждом ее помещении приказом назначается лицо, ответственное за соблюдение Правил пожарной безопасности, за исправное состояние пожарного инвентаря и за применение первичных способов пожаротушения.

Фамилии и должности этих лиц выписывают на специальных табличках и вывешивают их в соответствующих помещениях.

Котельные должны быть обеспечены:

пенными и углекислотными огнетушителями;

ящиками с песком;

асбестовыми холстами;

противопожарным водопроводом;

пожарными ведрами, лопатами, топорами, баграми и др.

Средства пожаротушение

Пенный огнетушитель ОХП-10 (ОП-5) состоит из цилиндрического корпуса с крышкой, через которую пропущен шток, на одном конце его закреплен резиновый клапан для закрывания, а на другом – рукоятка для открывания стакана с кислотной частью.

Огнетушитель заполнен щелочью (диоксид натрия), растворенной в 8,5 л воды, и содержит пенообразующее вещество. Кислотный заряд состоит из сернокислого оксида железа и серной кислоты, которые находятся в стеклянном стакане.

Огнетушитель начинает действовать, если рукоятку клапана повернуть на 180° и перевернуть его вверх дном. Выходящую струю рекомендуется направлять от краев к центру горящего предмета. Длина струи пены 5–6 м, время действия огнетушителя 1–2 мин.

Углекислотные огнетушители ОУ-2; ОУ-5; ОУ-8 (рис. 146) служат для гашения различных горючих веществ и материалов, в том числе и таких, которые нельзя гасить водой или пеной, а также электроустановки, находящиеся под напряжением. Баллон огнетушителя вмещает жидкий углекислый газ под давлением 36 кгс/ $см^2$ (3,6 МПа). Если с помощью маховика открыть клапан, то углекислый газ через сифонную трубку начнет поступать в раструб. На выходе из раструба давление жидкости падает до атмосферного, что вызывает ее испарение и резкое охлаждение с образованием похожих на снег хлопьев. Для того, чтобы не обморозить руки, огнетушитель держат за ручку головкой вверх.

Песок необходимо хранить в деревянных или металлических ящиках объемом до 0,5 $м^3$ с плотно закрытыми крышками. Песок должен быть сухим, без загрязнений и комьев, его используют для гашения небольших пожаров, а также локальных возгораний кабеля, электропроводки.

Покрывала из войлока или асбеста применяют для тушения пожара на поверхности технологического оборудования и элементах конструкции зданий. Их набрасывают на горящую поверхность и тем самым перекрывают доступ кислорода в зону горения. Покрывала применяют для защиты от огня ценного оборудования, а также для закрытия свищей в трубах с горючими материалами. Покрывала рекомендуется хранить в металлических закрытых футлярах, периодически их просушивать и очищать от пыли.

Краны противопожарного водопровода должны быть оборудованы брезентовыми шлангами с брандсбойтами. Соединительные головки кранов и шлангов должны иметь резиновые прокладки. Скрученные прорезиненные шланги и брандсбойты

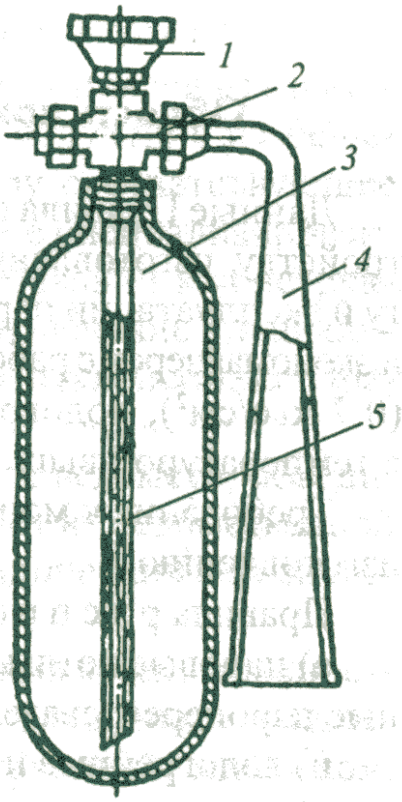


Рис. 146. Углекислотный огнетушитель.
1 – маховичок; *2* – клапан; *3* – баллон; *4* – раструб; *5* – сифонная трубка

должны храниться в опломбированных шкафчиках, размещенных вблизи кранов.

Ящики и щиты, где хранится противопожарный инвентарь, ручки лопат и пожарных топоров, окрашивают в красный цвет, а металлические части периодически очищают и смазывают для предотвращения коррозии.

При возникновении пожара дежурный персонал котельной обязан сообщить об этом администрации котельной и пожарной охране предприятия или городской пожарной команде и приступить к тушению пожара с помощью первичных средств пожаротушения. При этом не должен прекращаться контроль за основными параметрами работы котельной.

Если под угрозой окажутся котлы, то их необходимо выключить в аварийном порядке.

Глава шестнадцатая

ПРАВИЛА КОТЛОНАДЗОРА ПО УСТРОЙСТВУ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

Область применения Правил и их назначение

Данные Правила определяют требования к проектированию, устройству, изготовлению, реконструкции, монтажу, наладке, ремонту и эксплуатации паровых котлов, автономных пароперегревателей и экономайзеров с рабочим давлением (избыточным) больше 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2), водогрейных котлов и автономных экономайзеров с температурой выше 115 °С.

Требования к монтажу и ремонту аналогичны требованиям к их изготовлению.

Правила распространяются на:

а) паровые котлы, в том числе котлы-бойлеры, а также автономные пароперегреватели и экономайзеры;

б) водогрейные и пароводогрейные котлы;

в) энерготехнологические котлы: паровые и водогрейные, в том числе содорегенерационные котлы (СРК);

г) котлы-утилизаторы: паровые и водогрейные;

д) котлы передвижных и транспортабельных установок и энергопоездов;

е) котлы паровые и жидкостные, работающие с высокотемпературными органическими теплоносителями (ВОТ);

ж) трубопроводы пара и горячей воды в границах котла.

Правила не распространяются на:

а) котлы, автономные пароперегреватели и экономайзеры, которые устанавливаются на морских и речных судах, на других плавательных средствах (кроме драг) и объектах подводного использования;

б) котлы и пароперегреватели паровозов и отопительные котлы железнодорожного подвижного транспорта;

в) котлы с электрическим обогревом;

г) котлы с объемом парового и водяного пространства 0,01 м^3 (10 л) и менее, в которых произведение рабочего давления в МПа (кгс/см^2) на объем в м^3 (л) не превышает 0,02 (200);

д) теплоэнергетическое оборудование, изготовленное согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации оборудования атомных электростанций;

е) пароперегреватели трубных печей предприятий химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Соответствие котлов требованиям данных Правил должно быть подтверждено изготовителем (поставщиком) оборудования сертификатом соответствия, выданным в порядке установленном Госгортехнадзором России. Копия сертификата соответствия должна прилагаться к паспорту котла.

Отклонения от Правил могут быть только в исключительных случаях с разрешения Госгортехнадзора. Для получения разрешения необходимо представить Госгортехнадзору соответствующее обоснование, а при необходимости – заключение специализированной организации. В случае отклонения от требований к конструкции или изготовлению котлов должно быть заключение специализированной организации. Копия разрешения на отклонение от Правил должна прилагаться к паспорту котла.

Правила обязательны для всех министерств, ведомств, объединений, организаций, предприятий (независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности), юридических и физических лиц.

Данные Правила обязательны для выполнения всеми должностными лицами, специалистами, работниками и гражданами, занятыми проектированием, изготовлением, реконструкцией, монтажом, наладкой, ремонтом, техническим диагностированием и эксплуатацией котлов, автономных пароперегревателей, экономайзеров и трубопроводов в границах котла (далее по тексту «Котлы»).

За правильность конструкции котла, расчет его на прочность, выбор материала, качество изготовления, реконструкции, монтажа,

наладки, ремонта, технического диагностирования, а также за соответствие котла требованиям Правил, стандартов и другой нормативной документации отвечает организация или предприятие (независимо от формы собственности, ведомственной принадлежности и хозяйственной деятельности), выполнившие соответствующие работы.

Отклонение от стандартов и другой нормативно-технической документации допускается по согласованию с организацией, утвердившей данную документацию. Если указанные документы согласованы с Госгортехнадзором России, то и отклонения должны согласовываться с Госгортехнадзором России.

Лица, которые допустили нарушения Правил, а также требований должностных, производственных инструкций, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Правила состоят из следующих разделов:

1. Общие положения.
2. Проектирование.
3. Конструкция.
4. Материалы и полуфабрикаты.
5. Изготовление, монтаж, наладка, реконструкция и ремонт.
6. Арматура, приборы и питательные устройства.
7. Помещения для котлов.
8. Водно-химический режим котлов.
9. Организация безопасной эксплуатации и ремонта.
10. Регистрация, техническое освидетельствование и разрешение на эксплуатацию.
11. Дополнительные требования к котлам, которые работают с высокотемпературными органическими теплоносителями (ВОТ).
12. Дополнительные требования к содорегенерационным котлам.
13. Контроль за соблюдением данных Правил.
14. Заключительные положения.

Приложения 1–9.

Регистрация, техническое освидетельствование и разрешение на эксплуатацию котлов

Регистрация котла. Котлы перед пуском в работу должны быть зарегистрированы в органах Госгортехнадзора.

Регистрации в органах Госгортехнадзора не подлежат котлы, у которых $(t_s - 100)$ Ч $V \leq 5$, где t_s – температура насыщенного пара при рабочем давлении, °С; V – водяной объем котла, м^3.

Регистрация проводится на основании письменного заявления собственника котла или организации, которая его арендует.

При регистрации должны быть представлены:

а) паспорт;

б) акт об исправности котла, если котел прибыл с завода-изготовителя в собранном состоянии (или был переставлен с одного места на другое);

в) удостоверение о качестве монтажа;

г) чертежи помещения котельной (план и поперечный разрез, а при необходимости – продольный разрез);

д) справка о соответствии водоподготовки проекта;

е) справка о наличии и характеристике питательных устройств и соответствие их проекту;

ж) инструкция по монтажу и эксплуатации завода-изготовителя котла.

Документы, которые перечислены в пунктах б), в), г), д), е), должны быть подписаны владельцем котла и переплетены вместе с паспортом.

Орган Госгортехнадзора обязан на протяжении 5 дней рассмотреть представленную на котел документацию и при соответствии ее требованиям данных Правил зарегистрировать котел. После этого документы прошнуровываются, опечатываются, в паспорте ставится штамп и регистрационный номер, и паспорт котла со всеми документами возвращается владельцу котла. Отказ в регистрации сообщается владельцу письменно и указываются причины со ссылкой на соответствующие статьи Правил.

При передаче котла другому собственнику до допуска к работе котел подлежит перерегистрации.

Для снятия с учета зарегистрированного котла собственник обязан подать в орган Госгортехнадзора заявление с обоснованием причины снятия и паспорт котла.

При отсутствии паспорта завод-изготовитель котла направляет его дубликат, или специализированная организация составляет новый паспорт по форме прил. 2 или 3.

Техническое освидетельствование котла. Каждый котел должен подвергаться техническому освидетельствованию инспектором (экспертом) органов Госгортехнадзора перед пуском в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях – внеочередному освидетельствованию.

Освидетельствование пароперегревателей и экономайзеров, которые составляют с котлом один агрегат, проводится одновременно с котлом.

Котел должен быть остановлен не позднее срока освидетельствования, указанного в его паспорте.

Собственник котла не позже 5 дней обязан известить инспектора об освидетельствовании котла.

В случае невозможности направления и прибытия на предприятие инспектора для периодического освидетельствования котла в указанный срок собственник котла может по согласованию с органом Госгортехнадзора под свою ответственность провести освидетельствование самостоятельно. Для этого приказом руководителя предприятия должна быть назначена комиссия из компетентных инженерно-технических работников. Результаты проведенного и срок следующего освидетельствования заносятся в паспорт котла, который подписывается всеми членами комиссии. Копия этой записи направляется в орган Госгортехнадзора не позднее чем через 5 дней после освидетельствования. Допущенный в эксплуатацию котел должен быть предъявлен инспектору в указанный комиссией срок, но не позднее чем через 12 мес.

Техническое освидетельствование котла состоит из *внешнего, внутреннего осмотров* и *гидравлического испытания*.

Внешние и внутренние осмотры имеют цель:

а) при первичном освидетельствовании проверить, что котел установлен и оборудован согласно этим Правилам и предъявленным при регистрации документам, а также то, что котел и его элементы не имеют повреждений;

б) при периодических и внеочередных освидетельствованиях установить исправность котла и возможность его дальнейшей работы.

При внешнем и внутреннем осмотрах котла следует обратить внимание на выявление возможных трещин, надрывов, выпучин, коррозии на внутренних и внешних поверхностях стенок, следов пропаривания и пропусков в сварных, клепаных и вальцованных соединениях, а также повреждений обмуровки, которые могут вызывать опасность перегрева металла элементов котла.

Гидравлическое опробование проводится с целью проверки прочности элементов котла и плотности соединений. Минимальное пробное давление:

при рабочем давлении не более 0,5 МПа (5 кгс/см^2):

$P_{пр} = 1{,}5P$, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см^2);

при рабочем давлении более 0,5 МПа (5 кгс/см^2):

$P_{пр} = 1{,}25P$, но не менее $P + 0{,}3$ МПа (3 кгс/см^2).

Первичное техническое освидетельствование вновь установленных котлов проводится инспектором после их монтажа и регистрации. Котлы, которые подлежат обмуровке, могут быть освидетельствованы до регистрации.

Инспектор проводит техническое освидетельствование в следующие сроки:

внешний и внутренний осмотры – не реже 1 раза в 4 года;

гидравлическое испытание – не реже 1 раза в 8 лет.

Владелец обязан самостоятельно проводить *внешний и внутрен-*

ний осмотры после каждой очистки внутренних поверхностей или ремонта элементов, но не реже, чем через 12 мес, а также перед предъявлением котла инспектору.

Гидравлическое испытание. Под рабочим давлением владелец обязан проводить каждый раз после раскрытия барабана, коллектора или ремонта котла, если характер и объем ремонта не вызывают необходимости внеочередного освидетельствования.

Внеочередное освидетельствование должно быть проведено в следующих случаях:

а) если котел не эксплуатировался более 12 мес;

б) если котел был демонтирован и установлен на новом месте;

в) если проведены исправления выпучин или вмятин, а также ремонт с применением сварки основных элементов котла (барабана, коллектора, жаровой трубы, трубной решетки, сухопарника, грязевика, огневой камеры, трубопроводов в границах котла);

г) если заменено больше 15 % анкерных связей любой стенки;

д) после замены барабана, коллектора, экрана, пароперегревателя, пароохладителя или экономайзера;

е) если заменено одновременно более 50 % общего количества экранных, кипятильных или дымогарных труб или 100 % труб пароперегревателя или экономайзера;

ж) после достижения расчетного срока службы котла, установленного проектом, заводом-изготовителем, другой нормативной документацией или экспертно-технической комиссией;

з) после аварии котла или его элементов, если по объему возобновляемых работ требуется такое освидетельствование;

и) если на взгляд инспектора или лица, ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла, такое освидетельствование необходимо.

В случаях, предусмотренных пунктами ж), е), з), и), до внеочередного технического освидетельствования должно быть проведено экспертное обследование (техническое диагностирование) котла специализированной организацией, которая имеет разрешение Госгортехнадзора.

Обследование проводится соответственно с согласованным с Госгортехнадзора отраслевым Положением о техническом диагностировании.

Результаты технического освидетельствования следует записывать в паспорт котла. Далее это лицо, которое проводило освидетельствование, с указанием разрешенных параметров работы и сроков следующих освидетельствований.

При проведении внеочередного освидетельствования указать причины, вызвавшие необходимость такого освидетельствования.

Эксплуатация котла свыше расчетного срока службы может быть допущена на основании заключения специализированной организации о возможностях и условиях его эксплуатации, выданного по результатам технического диагностирования с оценкой остаточного ресурса.

Разрешение на эксплуатацию в этом случае выдается органами Госгортехнадзора.

Разрешение на эксплуатацию вновь установленных котлов. Прием в эксплуатацию вновь установленного котла должен осуществляться согласно СНиП 3.01.04–87 «Прием в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения» и данным Правилам после регистрации котла в органах Госгортехнадзора и его технического освидетельствования.

Разрешение на эксплуатацию котлов, зарегистрированных в органах Госгортехнадзора, выдается инспектором Госгортехнадзора после проведения согласно нормативной документации пусконаладочных работ на основании первичного технического освидетельствования и осмотра его во время парового испытания, при котором проверяется:

а) наличие и исправность арматуры, контрольно-измерительных приборов и приборов безопасности в соответствии с требованиями данных Правил;

б) исправность питательных устройств и соответствие их проекту и требованиям Правил;

в) соответствие водно-химического режима котла требованиям Правил;

г) правильность включения котла в общий паропровод, а также подключение питательных, продувочных и дренажных линий;

д) наличие аттестованного обслуживающего персонала, а также инженерно-технических работников, которые прошли проверку знаний;

е) наличие производственных инструкций для персонала котельной, сменных и ремонтных журналов;

ж) соответствие помещения котельной проекту и требованиям данных Правил.

Разрешение на эксплуатацию котла, подлежащего регистрации в органах Госгортехнадзора, выдается и оформляется записью в паспорте котла инспектором Госгортехнадзора, а не подлежащий регистрации – лицом, ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла.

На каждом котле должна быть табличка форматом не менее, чем 300×200 мм, с указанием следующих данных:

а) регистрационный номер;

б) разрешенное давление;

в) число, месяц и год следующего внутреннего осмотра и гидравлического испытания.

Приложение 1

Состояние насыщения воды и пара в зависимости от давления [17]

P	t	U'	U''	ρ''	i'	i''	r	S'	S''
0,01	6,698	0,001000	131,6	0,007	6,73	600,2	593,5	0,024	2,145
0,05	32,55	0,001005	28,72	0,034	32,57	611,5	578,9	0,112	2,006
0,10	45,45	0,001010	14,95	0,066	45,45	617,0	571,6	0,153	1,948
0,20	59,67	0,001016	7,789	0,128	59,65	623,1	563,4	0,197	1,890
0,30	68,68	0,001022	5,324	0,187	68,66	626,8	558,1	0,224	1,856
0,40	75,42	0,001026	4,066	0,245	75,41	629,5	554,1	0,243	1,833
0,50	80,86	0,001028	3,299	0,303	80,86	631,6	550,7	0,259	1,815
0,60	85,45	0,001032	2,782	0.359	85,47	633,5	548,0	0,272	1,800
0,70	89,45	0,001035	2,408	0.415	89,49	635,1	545,6	0,283	1,787
0,80	92,99	0,001038	2,125	0,470	93,05	636,4	543,3	0,293	1,777
0,90	96,18	0,001040	1,903	0,525	96,26	637,6	541,3	0,301	1,767
1,0	99,09	0,001042	1,725	0,579	99,19	638,8	539,6	0,309	1,759
1,5	110,7	0,001052	1,181	0.846	110,9	643,1	532,1	0,340	1,726
2,0	119,6	0,001060	0,9018	1,109	119.9	646,3	526,4	0,363	1,703
2,5	126,7	0,001066	0,7318	1,367	127,2	648,7	521,5	0,382	1,686
3,0	132,8	0,001072	0,6169	1,621	133,4	650,7	517,3	0,397	1,671
3,5	138,1	0,001077	0,5339	1,873	138,9	652,4	513,5	0,410	1,659
4,0	142,9	0,001082	0,4709	2,124	143,7	653,9	510,2	0,422	1,648
4,5	147,2	0,001087	0,4215	2,373	148,1	655,2	507,1	0,433	1,639
5,0	151,1	0,001091	0,3817	2,620	152,1	656,3	504,2	0,442	1,630
6,0	158,0	0,001099	0,3214	3,111	159,3	658,3	498,9	0,459	1,616
7,0	164,1	0,001107	0,2778	3,600	165,7	659,9	494,2	0,473	1,603
8,0	169,6	0,001113	0,2448	4,085	171,4	661,2	489,8	0,486	1,593
9,0	174,5	0,001120	0,2189	4,568	176,5	662,3	485,8	0,498	1,583
10,0	179,0	0,001126	0,1980	5,051	181,3	663,3	482,1	0,508	1,574
11,0	183,2	0,001131	0,1808	5,531	185,7	664,1	478,4	0,518	1,567
12,0	187,0	0,001137	0,1663	6,013	189,8	664,9	475,1	0,527	1,559
13,0	190,7	0,001142	0,1540	6,494	193,6	665,6	472,0	0,535	1,553
14,0	194,1	0,001147	0,1434	6,974	197,3	666,2	468,9	0,543	1,546
24,0	220,7	0,001191	0,0848	11,78	226,2	669,2	443,0	0,603	1,499
40,0	249,1	0,001249	0,0507	19,70	258,4	669,0	410,6	0,665	1,451

Примечания: P – абсолютное давление, ат: 1 ат = 1 кгс/см^2; t – температура, °C; U'' – удельный объем кипящей воды, м^3/кг; U' – удельный объем сухого насыщенного пара, м^3/кг; ρ'' – плотность сухого насыщенного пара, кг/м^3; i' – энтальпия кипящей воды, ккал/кг; i'' – энтальпия сухого насыщенного пара, ккал/кг; r – скрытая теплота парообразования, ккал/кг; S' – энтропия кипящей воды, ккал/кг · град; S'' – энтропия сухого насыщенного пара, ккал/кг · град.

«Утверждаю»

Главный инженер предприятия

_____

«____»_____200___г.

Режимная карта работы водогрейного котла КВ-Г-4,65-150 рег. №_____, установленного в котельной г. Луцка

Адрес _____

№ п/п	Параметр	Нагрузка			
		1	2	3	4
1	Производительность, Гкал/ч	0,945	1,634	2,372	3,415
2	Давление газа в коллекторе, мм вод. ст.	1900	1900	1900	1900
3	Давление газа на горелках, мм вод. ст.	200	500	800	1500
4	Количество работающих горелок, шт.	3	3	3	3
5	Температура газа, °С	10	9	10	9
6	Расходы газа по счетчику, $м^3/ч$	114	190	267	360
7	Температура воздуха на горелках, °С	14	16	18	18
8	Давление воздуха в коллекторе, кПа	0	0	0,5	0,7
9	Разрежение в топке, мм вод. ст.	3	5	3	3
10	Давление воды на входе в котел, $кгс/см^2$	7,6	7,6	7,6	7,6
11	Давление воды на выходе из котла, $кгс/см^2$	6,0	6,0	6,0	6,0
12	Температура воды на входе в котел, °С	57	60	68	83
13	Температура воды на выходе из котла, °С	70	83	101	130
14	Расход воды через котел, $м^3/ч$	64	64	64	64
15	Температура дымовых газов за котлом, °С	110	143	180	205
16	Состав дымовых газов:				
	CO_2, %	6,4	8,0	8,8	9,0
	O_2, %	9,6	6,8	5,3	5,0
	CO, %	0,010	0,009	0,008	0,007
	NO_x, %	0,001	0,001	0,002	0,002
17	Коэффициент избытка воздуха, %	1,76	1,43	1,30	1,28
18	Потери тепла с дымовыми газами, %	6,623	7,191	7,589	8,617
19	Потери тепла в окружающую среду, %	2,580	1,469	1,01	0,703
20	КПД котла «брутто», %	90,84	91,34	91,40	90,68

Примечание. Режимная карта составлена при работе котла на природном газе с $Q^p_н$ = 8 040 ккал/м³.

Режимную карту составил: _____

Должность работника наладочной организации (подпись)_____

_____

«___»_____ 200____г.

«Утверждаю»

Главный инженер предприятия

_____

«____»_____200___г.

Режимная карта работы водогрейного котла типа «НИИСТУ-5», рег. № 1 топливо-газ

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Нагрузка котла	
			1	2
1	Давление пара в барабане котла	кг/см^2	0,30	0,30
2	Расход пара котлом	т/ч	0,65	0,90
3	Расход топлива по счетчику	м^3/ч	60	82
4	Температура питательной воды	°С	55	55
5	Давление топлива:			
	в сети	мм вод. ст.	180	180
	перед горелкой за РК	мм вод. ст.	30	60
6	Давление воздуха перед горелкой	мм вод. ст.	0	0
7	Температура воздуха, подаваемого на горение	°С	22	22
8	Разрежение в топке	мм вод. ст.	2,0	1,5
9	Температура уходящих газов за котлом	°С	199,0	240,0
10	Анализ дымовых газов за котлом:			
	содержание CO_2, + SO_2	%	8,5	9,0
	содержание кислорода	%	5,9	5,0
	содержание окиси углерода	%	0,006	0,005
	содержание оксида азота	%	0,001	0,002
11	Коэффициент избытка воздуха за котлом	%	1,35	1,28
12	Потери тепла с уходящими газами	%	9,47	11,18
13	Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива	%	0,026	0,022
14	Потери тепла в окружающую среду	%	7,5	5,1
15	Коэффициент полезного действия «брутто»	%	83,01	83,69
16	Концентрация Nox (приведена к нормальным условиям и α =1)	мг/м^3	51,30	53,82
17	Концентрация CO (приведена к нормальным условиям и α=1)	мг/м^3	107,5	90,09

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Нагрузка котла	
			1	2
18	Удельный выброс Nox на 1 Гкал выработанного тепла	г/Гкал	61,80	64,30
19	Удельный выброс CO на 1 Гкал выработанного тепла	г/Гкал	129,5	107,6
20	Удельная затрата условного топлива на 1 Гкал выработанного тепла	кг/Гкал	172,09	170,68
21	Удельный выброс Nox на 1 тыс. $м^3$ топлива	$кг/м^3$	0,41	0,43
22	Удельный выброс CO на 1 тыс. $м^3$ топлива	$кг/м^3$	0,86	0,72
23	Удельная затрата топлива на 1 Гкал выработанного тепла	$м^3$/Гкал	150,51	149,28

Примечания. 1. Режимная карта составлена при работе котла на топливе с $Q^р_н$ = 8 004 ккал/$м^3$. 2. Тип горелок: подовый.

Режимную карту составил: _____

Должность работника наладочной организации (подпись)_____

_____

«___»_____ 200___г.

«Утверждаю»
Главный инженер предприятия
_____
«____»_____200___г.

Режимная карта
работы парового котла ДКВР-6,5-13,
рег. № 2 _____, установленного в котельной г. Луцка

Адрес _____

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Паропроизводительность, т/ч		
			3,5	6,6	8,0
1	Давление пара в барабане котла	кгс/см^2	6	6	6
2	Расходы пара по расходомеру	т/ч	3,5	6,6	8,0
3	Количество работающих горелок	шт.	2	2	2
4	Давление газа перед горелками	мм вод. ст.	60	150	200
5	Давление первичного воздуха перед горелками	мм вод. ст.	10	30	55
6	Давление вторичного воздуха перед горелками	мм вод. ст.	5	23	30
7	Разрежение в топке котла	мм вод. ст	3	3	3
8	Температура питательной воды	°С	100	100	100
9	Давление питательной воды	кгс/см^2	6,8	6,8	6,8
10	Содержание CO_2, за котлом	%	9,2	9,2	9,5
11	Содержание O_2 за котлом	%	4,6	4,6	4,1
12	Содержимое CO за котлом	%	0	0	0
13	Коэффициент избытка воздуха за котлом	–	1,25	1,25	1,22
14	Температура уходящих газов	°С	140	150	160
15	Потери тепла с уходящими газами	%	6,3	6,82	7,19
16	Расход тепла от химического недожога	%	0	0	0
17	Потери тепла в окружающую среду	%	4,27	2,33	1,87
18	КПД котла «брутто»	%	89,43	90,85	90,94
19	Расход тепла на собственные нужды	%	0,743	0,424	0,360
20	КПД котла «нетто»	%	88,69	90,43	90,58

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Паропроизводительность, т/ч		
			3,5	6,6	8,0
21	Расход натурального топлива	$м^2$/ч	267,8	496,9	601,8
22	Теплопроизводительность котла	Гкал/ч	1,958	3,693	4,476
23	Удельный расход условного топлива на производство 1 Гкал тепла	кг/Гкал	159,9	157,4	157,2
24	Удельный расход условного топлива на 1 Гкал отпущенного тепла	кг/Гкал	161,2	158,1	157,9

Примечание. Режимная карта составлена при работе котла на природном газе с $Q^{р}_{и}$ = 8 190 ккал/$м^3$.

Режимную карту составил: _____

Должность работника наладочной организации (подпись)_____

_____

«___»_____ 200___г.

«Утверждаю»
Главный инженер предприятия
_____
«____»_____200___г.

Режимная карта работы котла ТВГ-8м, рег. №___, установленного в котельной г. Луцка

Адрес _____

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Режим работы		
			1	2	3
1	Давление газа после ГРП	кгс/см^2	0,2	0,2	0,2
2	Давление газа перед горелкой	кгс/см^2	0,03	0,06	0,08
3	Количество работающих горелок	шт.	4	4	4
4	Давление воздуха перед горелкой	кгс/м^2	50	35	12
5	Температура воды на входе в котел	°С	70	73	74
6	Температура воды на выходе из котла	°С	95	118	129
7	Расход воды через котел	м^3/ч	105	106	110
8	Давление воды на входе в котел	кгс/см^2	8,0	8,8	9,2
9	Давление воды на выходе из котла	кгс/см^2	6,1	6,8	7,1
10	Температура уходящих газов	°С	144	198	224
11	Разрежение в топке котла	кгс/м^2	3,0	3,0	3,0
12	Содержание CO_2 за котлом	%	8,2	8,6	8,8
13	Содержание O_2 за котлом	%	6,4	5,7	5,3
14	Содержание CO за котлом	%	0	0	0
15	Коэффициент избытка воздуха за котлом	–	1,39	1,33	1,3
16	Потери тепла с уходящими газами	%	7,22	10,07	11,05
17	Потери тепла в окружающую среду	%	1,1	0,74	0,6
18	КПД котла (брутто)	%	91,68	89,19	88,3
19	Расход топлива	м^3/ч	357	682	856
20	Теплопроизводительность котла	Гкал/ч	2,62	4,87	6,05
21	Удельный расход топлива (условного) на 1 Гкал тепла	кг/Гкал	155,76	160,1	161,7

Режимную карту составил: _____

Должность работника наладочной организации (подпись)_____

_____

«___»_____ 200___г.

«Утверждаю»
Главный инженер предприятия

_____

«____»_____200___г.

Температурный график систем отопления

Температура наружного воздуха, °С	Подача высоких параметров при t_{max} = 150 °С	Низкие параметры			
		при t_{max} = 130 °С	при t_{max} = 115 °С	Прямая подача	Обратная подача
+10	50,9	46,5	41,0	39,2	34,0
+9	54,0	49,5	44,3	41,3	35,4
+8	57,8	52,4	47,0	43,3	36,8
+7	61,0	55,9	50,9	45,5	38,1
+6	64,0	58,4	54.2	47,2	39,6
+5	68,5	62,4	57,5	49,6	41,2
+4	71,1	64,2	59,8	51,5	42,4
+3	74,4	67,4	62,1	53,4	43,5
+2	77,8	70,5	64,3	55,5	44,8
+1	81,9	73,4	66.5	57,4	46,0
0	85,5	76,0	68,8	59.4	47,6
–1	87,9	79,1	71,2	61,4	48,8
–2	91,6	82,0	73,6	63,2	49,8
–3	94,5	84,6	76,0	65,0	51,0
–4	97,8	87,5	78,4	66,9	52,2
–5	101,9	89,9	80,8	68,7	53,6
–6	104,2	92.5	83,1	70,5	54,8
–7	107,5	95,2	85,4	72,2	55,8
–8	111,1	98,0	87,6	74,1	57,0
–9	114,0	101,2	90,2	76,0	58,0
–10	117,3	103,5	92,5	77,7	59,3
–11	120,5	106.4	94,7	79,5	60,3
–12	124,0	109,0	96,9	81.2	61,4
–13	127,1	111,8	99,2	83,0	62,4
–14	130,4	114,5	101,5	84,8	63,6
–15	133,5	115,9	103,8	86,5	64,8
–16	137,0	118,9	106,0	88,0	65,9
–17	140,2	122,0	108,2	89,8	66,8
–18	145,5	124,4	110,4	91.5	68,0
–19	146,8	126,0	112,7	93,8	69,1
–20	150,0	130,0	115,0	95,0	70,0

Начальник котельной _____

Извлечения из «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов»

9.1. Организация безопасной эксплуатации

9.1.1. Руководство предприятия (организации) должно обеспечить содержание котлов в исправном состоянии и безопасные условия их эксплуатации путем организации надлежащего обслуживания.

В этих целях владелец котла обязан:

а) назначить ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов из числа инженерно-технических работников, прошедших проверку знаний в установленном порядке;

б) обеспечить инженерно-технических работников правилами и руководящими указаниями по безопасной эксплуатации котлов (циркулярами, информационными письмами, инструкциями и др.);

в) назначить в необходимом количестве лиц обслуживающего персонала, обученного и имеющего удостоверение на право обслуживания котлов;

г) разработать и утвердить производственную инструкцию для персонала, обслуживающего котлы, на основе инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации котла с учетом компоновки оборудования. Инструкция должна находиться на рабочих местах и выдаваться под расписку обслуживающему персоналу;

д) установить такой порядок, чтобы персонал, на который возложены обязанности по обслуживанию котлов, вел тщательные наблюдения за порученным ему оборудованием путем его осмотра, проверки исправности действия арматуры КИП, предохранительных клапанов, средств сигнализации и защиты, питательных насосов. Для записи результатов осмотра и проверки должен вестись сменный журнал;

е) установить порядок и обеспечить периодичность проверки знаний руководящими и инженерно-техническими работниками правил, норм и инструкций по технике безопасности в соответствии с Типовым положением о проверке знаний правил, норм и инструкций по технике безопасности руководящими и инженерно-техническими работниками;

ж) организовать периодическую проверку знаний персоналом производственных инструкций;

з) организовать контроль за состоянием металла элементов котла в соответствии с инструкцией по монтажу и эксплуатации предприятия-изготовителя. На тепловых электростанциях при контроле за

состоянием металла котлов следует также руководствоваться НТД, согласованной с Госгортехнадзором России;

и) обеспечить выполнение инженерно-техническими работниками Правил, а обслуживающим персоналом – инструкций;

к) обеспечить проведение технических освидетельствований котлов в установленные сроки;

л) проводить периодически, не реже 1 раза в год, обследование котлов с последующим уведомлением инспектора госгортехнадзора о результатах этого обследования.

9.1.2. В котельной должны быть часы и телефон для связи с местами потребления пара, а также с техническими службами и владельцем.

При эксплуатации котлов-утилизаторов, кроме того, должна быть установлена телефонная связь между пультами котлов-утилизаторов и источников тепла.

9.1.3. В котельную не должны допускаться лица, не имеющие отношения к эксплуатации котлов и оборудования котельной. В необходимых случаях посторонние лица могут допускаться в котельную только с разрешения владельца и в сопровождении его представителя.

9.1.4. Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов должна быть возложена приказом по предприятию на начальника котельной, а при отсутствии в штате котельной начальника – на инженерно-технического работника, выполняющего функции начальника котельной. Номер и дата приказа о назначении ответственного лица должны быть записаны в паспорт котла.

9.1.5. Ответственные за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов должны иметь специальное теплотехническое образование.

В отдельных случаях ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов может быть возложена на инженерно-технического работника, не имеющего теплотехнического образования, но прошедшего специальную подготовку и аттестацию комиссией с участием инспектора госгортехнадзора.

На время отсутствия ответственного лица (отпуск, командировка, болезнь) исполнение его обязанностей должно быть возложено приказом на другого инженерно-технического работника, прошедшего проверку знаний Правил.

9.1.6. Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию должен обеспечить:

а) содержание котлов в исправном состоянии;

б) проведение своевременного планово-предупредительного ремонта котлов и подготовку их к техническому освидетельствованию;

в) своевременное устранение выявленных неисправностей;

г) обслуживание котлов обученным и аттестованным персоналом;

д) обслуживающий персонал – инструкциями, а также периодическую проверку знаний этих инструкций;

е) выполнение обслуживающим персоналом производственных инструкций.

9.1.7. Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов обязан:

а) регулярно осматривать котлы в рабочем состоянии;

б) ежедневно в рабочие дни проверять записи в сменном журнале с росписью в нем;

в) проводить работу с персоналом по повышению его квалификации;

г) проводить техническое освидетельствование котлов;

д) хранить паспорта котлов и инструкции заводов-изготовителей по их монтажу и эксплуатации;

е) проводить противоаварийные тренировки с персоналом котельной;

ж) участвовать в обследованиях и технических освидетельствованиях;

з) проверять правильность ведения технической документации при эксплуатации и ремонте котлов;

и) участвовать в комиссии по аттестации и периодической проверке знаний у ИТР и обслуживающего персонала;

к) своевременно выполнять предписания, выданные органами госгортехнадзора.

9.1.8. Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов имеет право:

а) отстранять от обслуживания котлов персонал, допускающий нарушения инструкций или показывающий неудовлетворительные знания;

б) представлять руководству предприятия предложения по привлечению к ответственности инженерно-технических работников и лиц из числа обслуживающего персонала, нарушающих правила и инструкции;

в) представлять руководству предприятия предложения по устранению причин, порождающих нарушения требований правил и инструкций.

9.2. Обслуживание

9.2.1. К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

9.2.2. Обучение и аттестация машинистов (кочегаров), операторов котельной и водосмотров должны проводиться в профессиональ-

но-технических училищах, учебно-курсовых комбинатах (курсах), а также на курсах, специально создаваемых типовых программ, согласованных с Госгортехнадзором России. Индивидуальная подготовка персонала не допускается.

9.2.3. Аттестация операторов (машинистов) котлов проводится комиссией с участием инспектора госгортехнадзора. Лицам, прошедшим аттестацию, должны быть выданы удостоверения за подписью председателя комиссии и инспектора госгортехнадзора.

9.2.4. О дне проведения аттестации администрация обязана уведомить орган госгортехнадзора не позднее чем за 5 дней.

9.2.5. Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна проводиться не реже 1 раза в 12 мес.

Внеочередная проверка знаний проводится:

а) при переходе на другое предприятие;

б) в случае перевода на обслуживание котлов другого типа;

в) при переводе котла на сжигание другого вида топлива;

г) по решению администрации или по требованию инспектора госгортехнадзора.

Комиссия по периодической и внеочередной проверке знаний назначается приказом по предприятию, участие в ее работе инспектора госгортехнадзора не обязательно.

9.2.6. Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении.

9.2.7. При перерыве в работе по специальности более 12 мес. персонал, обслуживающий котлы, после проверки знаний должен перед допуском к самостоятельной работе пройти стажировку для восстановления практических навыков по программе, утвержденной руководством предприятия.

9.2.8. Допуск персонала к самостоятельному обслуживанию котлов должен оформляться приказом по цеху или предприятию.

9.2.9. Запрещается поручать машинисту (кочегару), оператору котельной, водосмотру, находящимся на дежурстве, выполнение во время работы котла каких-либо других работ, не предусмотренных производственной инструкцией.

9.2.10. Запрещается оставлять котел без постоянного наблюдения со стороны обслуживающего персонала как во время работы котла, так и после его остановки до снижения давления в нем до атмосферного.

9.2.11. Допускается эксплуатация котлов без постоянного наблюдения за их работой со стороны обслуживающего персонала при наличии автоматики, сигнализации и защит, обеспечивающих ведение нормального режима работы, ликвидацию аварийных ситуаций, а

также остановку котла при нарушениях режима работы, которые могут вызвать повреждение котла.

9.3. Проверка контрольно-измерительных приборов, автоматических защит, арматуры и питательных устройств

9.3.1. Проверка исправности действия манометров, предохранительных клапанов, указателей уровня воды и питательных насосов должна проводиться в следующие сроки:

а) для котлов с рабочим давлением до 1,4 МПа (14 кгс/см^2) включительно – не реже 1 раза в смену;

б) для котлов с рабочим давлением свыше 1,4 МПа (14 кгс/см^2) до 4 МПа (40 кгс/см^2) включительно – не реже 1 раза в сутки (кроме котлов, установленных на тепловых электростанциях);

в) для котлов, установленных на тепловых электростанциях, – в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером.

О результатах проверки делается запись в сменном журнале.

9.3.2. Проверка исправности манометра производится с помощью трехходового крана или заменяющих его запорных вентилей путем установки стрелки манометра на ноль.

Кроме указанной проверки, администрация обязана не реже 1 раза в 6 мес. проводить проверку рабочих манометров контрольным рабочим манометром, имеющим одинаковые с проверяемым манометром шкалу и класс точности, с записью результатов в журнал контрольной проверки.

Не реже 1 раза в 12 мес. манометры должны быть проверены с установкой клейма или пломбы в порядке, предусмотренном Госстандартом России.

9.3.3. Проверка указателей уровня воды проводится путем их продувки. Исправность сниженных указателей уровня проверяется сверкой их показаний с показаниями указателей уровня воды прямого действия.

9.3.4. Исправность предохранительных клапанов проверяется принудительным кратковременным их «подрывом».

9.3.5. Проверка исправности резервных питательных насосов осуществляется путем их кратковременного включения в работу.

9.3.6. Проверка исправности сигнализации и автоматических защит должна проводиться в соответствии с графиком и инструкцией, утвержденными главным инженером предприятия.

9.4. Аварийный останов котла

9.4.1. Котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом в случаях, предусмотренных Производственной инструкцией, и, в частности, в случаях:

а) обнаружения неисправности предохранительного клапана;

б) если давление в барабане котла поднялось выше разрешенного на 10 % и продолжает расти;

в) снижения уровня воды ниже низшего допустимого уровня;

г) повышения уровня воды выше высшего допустимого уровня;

д) прекращения действия всех питательных насосов;

е) прекращения действия всех указателей уровня воды прямого действия;

ж) если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, пароводоперепускных и водоспускных трубах, паровых и питательных трубопроводах, жаровой трубе, огневой коробке, кожухе топки, трубной решетке, внешнем сепараторе, арматуре) будут обнаружены трещины, выпучины, пропуски в их сварных швах, обрыв анкерного болта или связи;

з) недопустимого повышения или понижения давления в тракте прямоточного котла до встроенных задвижек;

и) погасания факелов в топке при камерном сжигании топлива;

к) снижения расхода воды через водогрейный котел ниже минимально допустимого значения;

л) снижения давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;

м) повышения температуры воды на выходе из водогрейного котла до значения на 20 °С ниже температуры насыщения – соответствующей рабочему давлению воды в выходном коллекторе котла;

н) неисправности автоматики безопасности или аварийной сигнализации, включая исчезновение напряжения на этих устройствах;

о) возникновения в котельной пожара, угрожающего обслуживающему персоналу или котлу.

9.4.2. Порядок аварийной остановки котла должен быть указан в производственной инструкции. Причины аварийной остановки котла должны быть записаны в сменном журнале.

9.4.3. Аварийная остановка котлов на тепловых электростанциях должна осуществляться в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей.

9.5. Организация ремонта

9.5.1. Владелец котла должен обеспечить своевременный ремонт котлов по утвержденному графику планово-предупредительного ремонта. Ремонт должен выполняться по техническим условиям и технологии, разработанной до начала выполнения работ.

При ремонте, кроме требований настоящих Правил, должны также соблюдаться требования, изложенные в отраслевой нормативно-технической документации.

Ремонт с применением сварки и вальцовки элементов котла, работающего под давлением, должен выполняться предприятиями (организациями), имеющими разрешение (лицензию) органов госгортехнадзора.

9.5.2. На каждый котел должен быть заведен ремонтный журнал, в который ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла вносятся сведения о выполненных ремонтных работах, примененных материалах, сварке и сварщиках, об остановке котлов на чистку или промывку. Замена труб, заклепок и подвальцовка соединений труб с барабанами и коллекторами должны отмечаться на схеме расположения труб (заклепок), прикладываемых к ремонтному журналу. В ремонтном журнале также отражаются результаты осмотра котла до чистки с указанием толщины отложения накипи и шлама и все дефекты, выявленные в период ремонта.

9.5.3. Сведения о ремонтных работах, вызывающих необходимость проведения досрочного освидетельствования котлов, а также ремонтных работах по замене элементов котла с применением сварки или вальцовки записываются в ремонтный журнал и заносятся в паспорт котла.

9.5.4. До начала производства работ внутри барабана или коллектора котла, соединенного с другими работающими котлами трубопроводами (паропровод, питательные, дренажные спускные линии и т. п.), а также перед внутренним осмотром или ремонтом элементов, работающих под давлением, котел должен быть отсоединен от всех трубопроводов заглушками, если на них установлена фланцевая арматура. В случае, если арматура трубопроводов пара и воды бесфланцевая, отключение котла должно производиться двумя запорными органами при наличии между ними дренажного устройства диаметром условного прохода не менее 32 мм, имеющего прямое соединение с атмосферой. Приводы задвижек, а также вентилей открытых дренажей к линии аварийного слива воды из барабана должны быть заперты на замок так, чтобы исключалась возможность ослабления их плотности при запертом замке. Ключи от замков должны храниться у ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла, если на предприятии не установлен другой порядок их хранения.

9.5.5. Толщина заглушек, применяемых для отключения котла, устанавливается исходя из расчета на прочность. Заглушка должна иметь выступающую часть (хвостовик), по которой определяется ее наличие. При установке прокладок между фланцами и заглушкой прокладки должны быть без хвостовиков.

9.5.6. Допуск людей внутрь котла, а также открывание запорной арматуры после удаления людей из котла должны производиться только по письменному разрешению (наряду-допуску), выдаваемому в установленном порядке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Столпнер Е. Б.** Пособие для персонала газифицированных котельных. – Л.: Недра, 1979.

2. **Чеботарев В. П.** Справочник работника газифицированных котельных. – Киев, 2000.

3. **Волков М. А., Коротеев Т. И., Волков В. А.** Эксплуатация котельных установок на газообразном топливе. – М.: Стройиздат, 1976.

4. **Котельные** установки в сельском хозяйстве (пособие) / Л. И. Грачева и др. – Киев: Урожай, 1991.

5. **Панин В. И.** Обслуживание коммунальных котельных и тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1973.

6. **Вергазов В. С.** Устройство и эксплуатация котлов. – М.: Стройиздат, 1991.

7. **Шур И. А.** Средства повышения безопасности работы газифицированных котельных. – Л.: Недра, 1978.

8. **Ермолов Л. С., Полеский А. Я.** Ремонтно-слесарное дело. – Киев: Урожай, 1969.

9. **Понгильский А. Ф.** Слесарь по ремонту трубопроводов и пароводяной арматуры. – М.: Высш. шк., 1973.

10. **Баранов П. А.** Предупреждение аварий паровых котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

11. **Яконовский Е. А.** Котельные установки малой и средней мощности (альбом). – М.: Высш. шк., 1972.

12. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002

13. **Правила** безопасности в газовом хозяйстве. ПБ 12-368–00. – М: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

14. **Сборник** нормативных документов об охране труда.

15. **Осипов В. И., Воронина А. А.** Охрана труда при эксплуатации и ремонте теплоэнергетических установок. – М.: Высш. шк., 1989.

16. **Справочник** эксплуатационника газифицированных котельных / Под ред. Е. Б. Столпнера. – Л.: Недра, 1988.

17. **Вукалович М. П.** Таблицы. – М.: Машиностроение, 1967.

18. **Паровые и водогрейные** котлы (Эксплуатация и ремонт) / Сост. П. А. Баранов, А. П. Баранов, А. А. Кузнецов – М.: НПО ОБТ, 2000.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел первый. **Общие сведения из теплотехники, электротехники и материаловедения** 3

Глава первая. Основы теплотехники 3
Глава вторая. Краткие сведения из электротехники 18
Глава третья. Материаловедение 27
Глава четвертая. Чтение чертежей и схем 34

Раздел второй. **Эксплуатация котлов** 39

Глава пятая. Газообразное и жидкое топливо и его сжигание в топках котлов 39
Глава шестая. Котельные установки и вспомогательное оборудование 49
Глава седьмая. Водогрейные и паровые котлы 91
Глава восьмая. Водоподготовка 117
Глава девятая. Системы водяного отопления и горячего водоснабжения 126
Глава десятая. Газовые горелки и мазутные форсунки ... 135
Глава одиннадцатая. Газопроводы и газовое оборудование котельных 146
Глава двенадцатая. Автоматизация котельных 159
Глава тринадцатая. Эксплуатация основного и вспомогательного оборудования 210
Глава четырнадцатая. Аварийные ситуации и неисправности основного и вспомогательного оборудования 228
Глава пятнадцатая. Охрана труда, санитарные и противопожарные мероприятия 235
Глава шестнадцатая. Правила Котлонадзора по устройству и безопасной эксплуатации котлов, оборудования и трубопроводов 248

Приложения 255

Список литературы 270

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Тарасюк Владимир Максимович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЛОВ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ОПЕРАТОРА КОТЕЛЬНОЙ

Художественный редактор *Н. И. Комиссарова*
Технический редактор *О. А. Сигутова*
Компьютерная верстка и графика *М. А. Толокновой*
Корректоры: *Т. Н. Асташевич, Е. В. Кузнецова*

Подписано в печать 1.11.2008. Формат $60\times88^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 16,7.
Доп. тираж 3000 экз. Изд. № 245/7. Заказ № 7244.

ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС».
115114, Москва, Дербеневская наб., д. 11,
Бизнес-центр «Полларс», корп. Б.
Тел. (495) 913-66-20.
E-mail: adres@enas.ru
http://www.enas.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНИТИ».
140010, Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский просп., 403.
Тел. 554-21-86.

ЭНАС

Серия «КНИЖНАЯ ПОЛКА СПЕЦИАЛИСТА»

- Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного и бытового электрооборудования: Практическое пособие для электромонтера
- Погрузочно-разгрузочные работы: Практическое пособие для стропальщика-такелажника
- Устройство и монтаж санитарно-технических систем зданий: Практическое пособие для слесаря-сантехника
- Эксплуатация и ремонт оборудования газоснабжения: Практическое пособие для слесаря газового хозяйства
- Кровельные работы: Практическое пособие для кровельщика
- Сварочные работы: Практическое пособие для электрогазосварщика
- Столярные, плотничные, стекольные и паркетные работы: Практическое пособие для столяра, плотника, стекольщика и паркетчика
- Общестроительные отделочные работы: Практическое пособие для строителя
- Слесарное дело: Практическое пособие для слесаря

Приобрести литературу можно в ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ЭНАС»

115114, Москва,
Дербеневская наб., д. 11,
Бизнес-центр «Полларс», корп. Б.

Тел. (495) 913-66-20.

E-mail: adres@enas.ru

ISBN 978-5-93196-752-3

9785931967523

"СПб Дом Книги" В-242 ıas.ru

189.00

2 800699 484475

Тарасюк В.М. Эксплуатация кот
лов: Практическое пособие для