

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Д. Я. Борщов



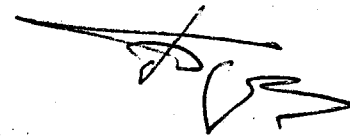
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Д. Я. Борщов

Одобрено Ученым советом Государственного комитета Совета Министров СССР по профессионально-техническому образованию в качестве учебного пособия для подготовки рабочих на производстве

*Борщову Алексею
Сарафову*

с уважением от автора



МОСКВА СТРОИЗДАТ 1974

Борщов Д. Я.

Б 83 Эксплуатация отопительных котельных. Учеб. пособие для подготовки рабочих на производстве. М., Стройиздат, 1974.
192 с. с ил.

В книге описаны находящиеся в эксплуатации отопительные водогрейные котлы с температурой нагрева воды не выше 115°C и паровые котлы с давлением не более 0,7 ати, работающие на твердом, газообразном и жидком топливе. Приведены конструкции автоматизированных газогорелочных устройств. Описана работа систем центрального отопления, горячего водоснабжения и газовых сетей. Подробно изложены правила эксплуатации и техники безопасности при работе котельных установок на различных видах топлива, а также обязанности эксплуатационного персонала.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для машинистов отопительных котельных.

30210—630
Б ————— 208—73
047(01)—74

6С9.4

© Стройиздат, 1974

ПРЕДИСЛОВИЕ

В небольших городах и поселках, а также отдельных районах крупных городов, где по различным причинам нецелесообразно устраивать централизованное теплоснабжение, сооружают местные домовые или групповые отопительные котельные.

Назначение отопительных котельных — обеспечивать жилые, общественные, коммунально-бытовые и промышленные предприятия теплом для отопления и вентиляции, а также для горячего водоснабжения.

Если тепло используют только для отопления и вентиляции, то котельную оборудуют водогрейными котлами. В котельной, служащей также для горячего водоснабжения, дополнительно устанавливают паровые котлы с водоподогревателями.

В котельных устанавливают чугунные и стальные секционные водогрейные котлы для нагрева воды не выше 115°C и паровые котлы, вырабатывающие пар давлением не более 0,7 ати. При использовании воды с температурой свыше 115°C и пара давлением более 0,7 ати применяют только стальные котлы.

В зависимости от вида применяемого топлива котел имеет соответствующее топочное устройство.

Для твердого топлива котел оборудуют топкой с горизонтальной колосниковой решеткой с ручным обслуживанием; при сжигании газа или мазута топку снабжают газовой горелкой или форсункой.

К вспомогательному оборудованию котельной относят тягодутьевые и питательные установки, а также оборудование для подачи топлива и золоудаления.

Разнообразные конструкции котлов, находящихся в настоящее время в эксплуатации, и топков для различного вида топлива, а также автоматических устройств по регулированию горения и обеспечению безопасной работы газового оборудования предъявляют повышенные требования к подготовке обслуживающего персонала отопительных котельных.

Настоящая книга написана в соответствии с про-

граммой, утвержденной Государственным комитетом Совета Министров СССР по профессионально-техническому образованию и предназначается в качестве учебного пособия для машинистов котлов, имеющих образование 8 классов.

Вопросы, относящиеся к современному хозяйству отопительных котельных, изложены с учетом теоретических знаний из математики, физики и химии, получаемых учащимися в общеобразовательной школе. Для приобретения необходимых профессиональных навыков машинистов котлов 3-го разряда изучающие данную дисциплину должны четко уяснить принципы работы всего комплекса оборудования отопительных котельных, а также овладеть практическими навыками по его рациональной эксплуатации.

Основной обязанностью машинистов котельных является обеспечение необходимых параметров пара или горячей воды при безаварийной работе котлов с высоким к. п. д.

Размерность параметров и теплотехнических характеристик, наиболее часто встречающихся в котельной технике, показана с учетом международной системы единиц СИ. Наряду с этим приведены внесистемные единицы измерения, широко распространенные в инженерной практике, а также единицы систем МКС (*м, кг, сек*) и МКГСС (*м, кгс, сек*). Необходимые пересчеты прежних единиц в единицы системы СИ приводятся в соответствующих разделах книги.

Глава I

ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ И СХЕМ

Значение чертежей в технике очень велико. По чертежам строители строят здание котельной, монтажники собирают и устанавливают котлы и вспомогательное оборудование. При изучении различных дисциплин пользуются чертежами и схемами, поясняющими устройство оборудования, его узлов и деталей.

Чертеж — это основной технический документ, по которому изготавливают различное оборудование. Чтобы чертеж был выразительным и легко читался, изображения на нем оформляют линиями различной толщины и формы.

Различают следующие линии чертежа: сплошные — для обводки видимого контура; штриховые — для линий невидимого контура; разомкнутые — для линий сечений; штрихпунктирные — для осевых и центральных линий. Толщину линий принимают 0,2—1,5 мм в зависимости от масштаба и величины изображения. Основные линии имеют большую толщину, чем вспомогательные. Чертежи выполняются в строго определенном масштабе.

Масштаб — это отношение линейных размеров изображенного на чертеже предмета к его действительным размерам в натуре. Принятый масштаб всегда указывается на чертеже. Например, масштаб чертежа 1:100 означает, что все размеры изображенного предмета уменьшены в 100 раз, т. е. 1 см размера на чертеже соответствует 100 см натуре. Чертежи котельной (планы, разрезы) обычно выполняются в масштабе 1:100 или 1:50, детали в масштабе 1:20 и 1:10.

Все изображения предметов на чертежах в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы и сечения.

Видом называется изображение на чертеже видимой части поверхности предмета, обращенной к наблюдателю. Изображенные на рис. 1 три проекции молотка являются его видами. Для более полного изображения предмета разреша-

ется показывать невидимые части поверхности штриховыми линиями.

При составлении чертежа простой детали достаточно одного, двух или трех ее видов; для сложных дета-

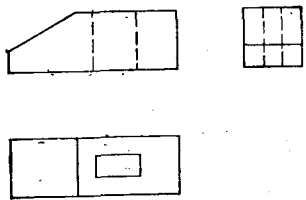


Рис. 1. Три вида молотка

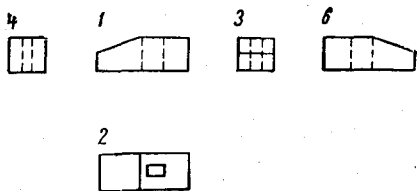


Рис. 2. Расположение изображений предмета на чертежах
1 — вид спереди (главный вид); 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид сзади

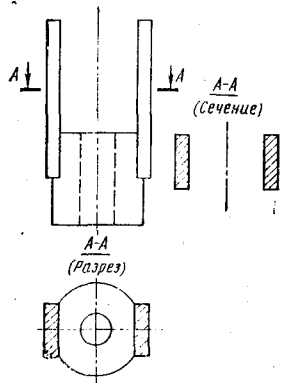


Рис. 3. Разрез и сечение детали

лей изображение их в трех видах (проекциях) недостаточно. В этом случае при составлении чертежей за основные плоскости проекций принимают шесть граней куба. Предмет располагают внутри куба и проектируют его прямоугольными лучами на грани куба. После этого все грани куба совмещают с фронтальной плоскостью (гранью куба) и получают чертеж предмета, состоящий

из шести изображений. При этом предполагают, что предмет находится между глазом наблюдателя и соответствующей плоскостью проекции (гранью куба). Полученные изображения предмета на соответствующих плоскостях займут на чертеже положение, указанное на рис. 2.

Такое расположение изображений рекомендуется проектом нового ГОСТ—ЕСКД (единая система конструкторской документации) на всех чертежах, за исключением чертежей металлических конструкций. Если виды расположены в проекционной связи между собой, как на рис. 2, то названия видов на чертежах не пишут. Если какой-либо вид смещен относительно главного вида, то он должен быть отмечен на чертеже надписью по типу «Вид А». Направление взгляда при этом указывается стрелкой с соответствующей буквой на конце.

Разрезы. Разрезом называют изображение (проекцию) на чертеже части предмета, мысленно рассеченного секущей плоскостью (или несколькими плоскостями). На разрезе показывают то, что находится в самой секущей плоскости (сечении), и то, что расположено за ней. При этом часть предмета, находящегося между секущей плоскостью и наблюдателем, предполагается (мысленно) удаленной (разрез на рис. 3). Разрезы служат для выявления внутреннего устройства предметов. Разрезы могут быть горизонтальными, вертикальными и наклонными. Кроме того, различают разрезы продольный, когда секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета, и поперечный, когда секущая плоскость направлена перпендикулярно к длине или высоте предмета. В зависимости от количества секущих плоскостей разрезы разделяют на простые и сложные.

Сечения. Сечением называется изображение на чертеже плоской фигуры, которая получается при мысленном рассечении предмета плоскостью или несколькими плоскостями (сечение А—А на рис. 3). На сечении показывают только то, что находится непосредственно в секущей плоскости. Следовательно, сечение является составной частью разреза. Сечения разделяют на наложенные и вынесенные. Контур нало-

женного сечения обводят сплошной тонкой линией, а контур вынесенного — сплошной основной линией.

Количество изображений предмета (видов, разрезов и сечений) на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для ясного представления форм, внутреннего устройства и размеров предмета.

Штриховки в разрезах и сечениях. Для обозначения в разрезах и сечениях материалов, из которых изготовляют предметы, существуют соответствующие графические изображения (ГОСТ 1.1628—65). Узкие площади сечений разрешается штриховать вразрядку, а при ширине 2 мм и менее оставлять зачерненными с просветами между смежными сечениями. При больших площадях сечения рекомендуется наносить штриховку только по контуру полосой одинаковой ширины.

Схемы. Для наглядности размещения котельного и вспомогательного оборудования, а также трубопроводов котельной на чертежах применяют различные схемы.

Схема — графическое изображение, на котором с помощью упрощенных символов и обозначений показаны составные части предмета или установки и связи между ними. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и без строгого отображения фактического расположения частей установки. Символы (условные обозначения) регламентируются соответствующими стандартами. Различают следующие типы схем: принципиальные (полные), монтажные (схемы соединений), подключения и т. п.

Эскизы. Помимо чертежей и схем при изготовлении различных деталей могут применяться эскизы — чертежи деталей, выполненные от руки без применения чертежных инструментов, в приближенном (глазомерном) масштабе, с необходимыми видами, разрезами и сечениями, с размерами и знаками чистоты поверхностей.

Условные обозначения. Для облегчения чтения чертежей и возможности сокращения поясняющих надписей на чертежах применяют условные обозначения материалов, элементов зданий, санитарно-технического оборудования. На условные обозначения установлен ГОСТ 1.1628—65.

Чтение чертежей. Чертежи на выполнение котельного оборудования составляют на основе общих архитектурно-строительных чертежей. При этом планы и разрезы здания котельной вычерчивают тонкими линиями без маркировки и детализации строительных элементов, с минимальным количеством размеров.

Вспомогательное оборудование котельной и сети трубопроводов на планах, разрезах и схемах наносят толстыми линиями толщиной 0,6—1 мм. На рис. 4 изображены план и разрезы отопительной котельной с шестью котлами «Энергия-6», оборудованными ручными колосниковыми решетками для каменных углей. Котельная полуоткрытого типа; дымосос 5, сконструирован на два котла, золоулавливающая установка 4, состоящая из двух циклонов, находятся вне здания. Котлы 7 установлены в спаренной обмуровке. Дутьевые вентиляторы 8 для каждого котла расположены перед их фронтом и подают воздух под решетку по подземному воздуховоду.

Котельная имеет кирпичную трубу 6 высотой 30 м. Потери в теплосети восполняются химически очищенной водой, приготавливаемой в фильтрах 9 по схеме Na-катионирования. Котельная имеет открытый склад топлива, расположенный вблизи, куда топливо доставляется автотранспортом. Подачу топлива к котельной и загрузку в наружные настенные бункера производят автопогрузчиком 11. Зола и шлак удаляют скрепером 2. Шлак через опрокидные колосники сбрасывают в канал 10, расположенный под котлами и заполненный водой. Зола, улавливаемую в циклонах, также сбрасывают в канал золошлакоудаления по трубе 12. Скрепер 2 загружает шлак и золу в бункер 1, из которого очаговые остатки вывозят на автомашинах. Лебедка 3 скреперного подъемника работает периодически.

На рис. 5 показана плоскостная монтажная схема сетевых трубопроводов. Иногда, для наглядности, применяют аксонометрическую схему трубопроводов.

Вода из обратного трубопровода 16 тепловой сети через грязевик 15 и котел 9 прокачивается сетевыми насосами 14 в трубопровод прямой сетевой воды 1. Сетевые насосы имеют задвижки и обводную линию 13. На подающей линии до задвижек установлен обратный клапан. На выходе из котлов предусмотрены также обводные линии 12 с установкой обратных клапанов. На об-

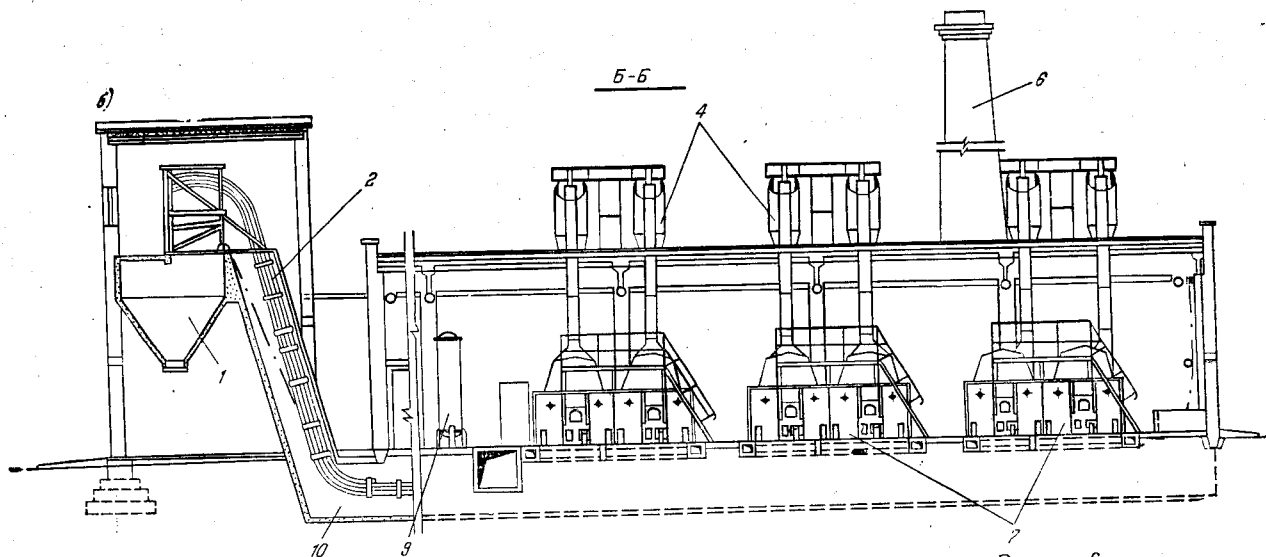
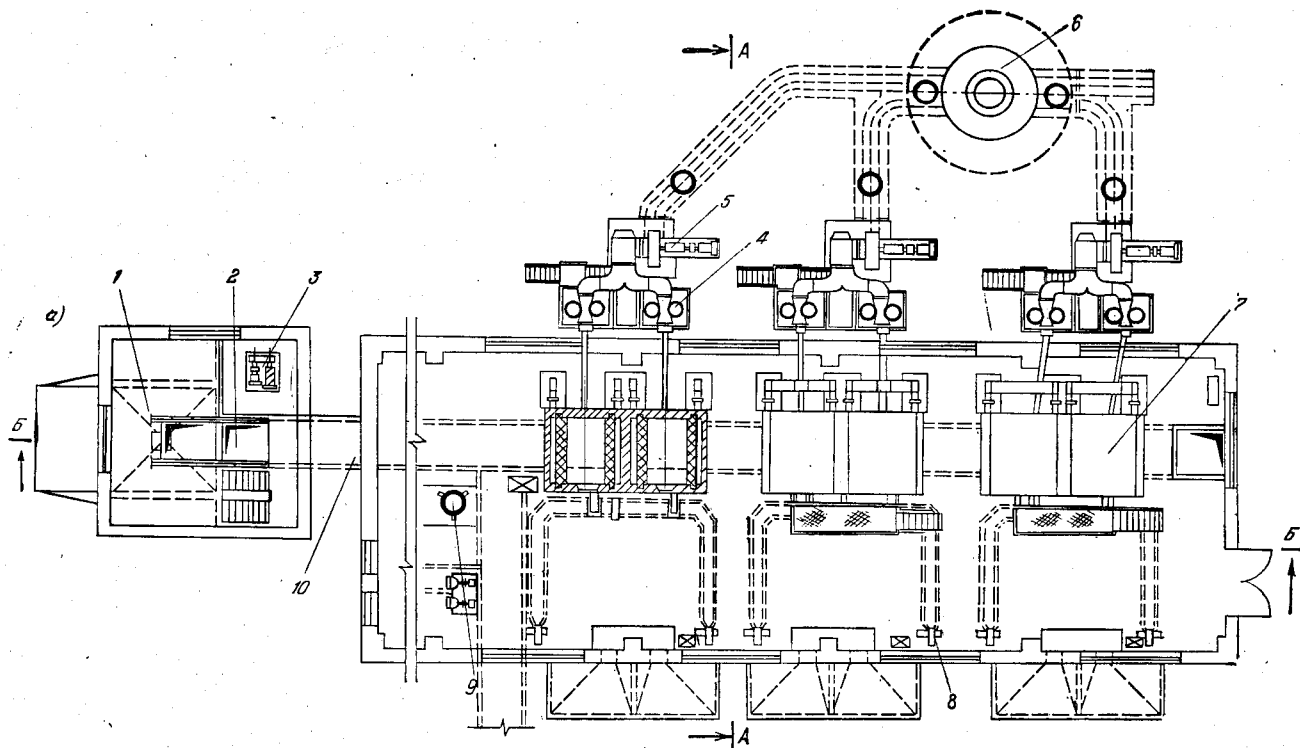


Рис. 4. План и разрезы отопительной котельной на шесть котлов «Энергия-6»
 а — план; б — продольный разрез; в — поперечный разрез. (Стр. 10—12)

духа из системы служат воздухоборники 10. В зависимости от назначения трубопроводов на схеме могут указываться размеры труб, из которых они монтируются.

Глава II

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ФИЗИКИ, ХИМИИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

1. Понятие о веществе

Окружающий нас мир материален. Материя (вещество) состоит из мельчайших частиц — молекул. Молекулы, в свою очередь, образуются из атомов. В переводе с греческого слова «атом» означает неделимый. Однако в свете современных представлений атом состоит из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательных частиц — электронов. Ядро включает в себя положительно заряженные частицы — протоны, и частицы, не имеющие заряда, — нейтроны.

Различают простые и сложные вещества. Вещества, молекулы которых состоят из одинаковых атомов одного вида, называют простыми. Например, кислород O_2 , водород H_2 , азот N_2 , медь Cu , углерод C , алюминий Al , серебро Ag и т. д. Вещества, молекулы которых состоят из атомов разного вида, называются сложными. Например, углекислый газ CO_2 , вода H_2O , окись углерода или угарный газ CO , газ метан CH_4 и т. д.

Все изменения, происходящие в окружающем нас мире, называются явлениями. Различают физические и химические явления.

Явления, при которых меняется форма или физическое состояние, но не происходит образование новых веществ, называются физическими. Например, при кипении вода переходит в пар, а при охлаждении из пара вновь образуется вода. При этом изменяется только физическое состояние воды, но новых веществ не образуется. То же наблюдается и при замерзании воды и таянии льда.

Изменения веществ, при которых из одних получаются другие вещества, называются химическими явлениями или химическими реакциями. Например, при сжигании угля получают газообразные продукты сгорания. Химические явления происходят при горении, коррозии металлов, при получении металла из руд.

Все вещества в природе находятся в твердом, жидком или газообразном состоянии.

Состояние тел определяется силой молекулярного сцепления. Известно, что между молекулами действуют силы притяжения и силы отталкивания. У различных веществ силы притяжения и отталкивания между молекулами неодинаковы. В твердых телах молекулы имеют малую подвижность и малое межмолекулярное пространство, а силы притяжения между ними больше сил отталкивания. Поэтому твердые тела имеют форму и объем. Наличие в твердых телах значительных сил притяжения между молекулами объясняет свойства твердых тел оказывать большое сопротивление изменению формы и объема (например, при дроблении топлива).

В жидкостях силы молекулярного сцепления меньше, а межмолекулярное пространство и подвижность молекул больше, чем у твердых тел. Поэтому жидкости легко занимают форму того сосуда, куда они переливаются, не изменяя своего объема.

В замкнутом сосуде жидкости практически не сжимаемы. Это важное свойство жидкостей объясняется тем, что при их сжатии между молекулами возникают огромные силы отталкивания, которые и препятствуют сжатию.

В газах величина силы молекулярного сцепления меньше величины силы отталкивания. Это объясняет большую подвижность молекул, благодаря чему газы стремятся занять возможно больший объем. В отличие от твердых и жидких тел, газы сравнительно легко сжимаются.

2. Понятие о рабочем теле и его параметрах

В отопительных котельных рабочим телом (теплоносителем) является пар или горячая вода. Теплоноситель характеризуется тремя основными величинами: температурой, давлением и удельным объемом.

Эти показатели рабочего тела называются параметрами состояния.

Температура. Температура есть мера нагретости тел. С точки зрения молекулярно-кинетической теории газов температура — это параметр, который характеризует степень беспорядочного движения молекул в газе. Температура измеряется в градусах. Градус — одна сотая часть расстояния на столбике ртути между точками плавления льда и закипания воды при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. Шкалу температур, полученную таким образом, называют стоградусной или шкалой Цельсия (°C). Температуру, выраженную по этой шкале, принято обозначать буквой *t*.

Помимо стоградусной или международной практической шкалы, существует термодинамическая шкала температур Кельвина. Эта шкала принята в качестве основной в системе СИ. За начало отсчета температур в этой шкале принят абсолютный нуль — наименьшая теоретически возможная температура, при которой отсутствует движение молекул. При этом размер градуса оставлен таким же, как в практической шкале. Выраженную по шкале температуру обозначают *T*, а единицу ее измерения (градус Кельвина) °K. Таким образом, по данной шкале температура таяния льда равна 273°K, а температура кипения воды 373°K.

Температура, выраженная в градусах Кельвина, связана с температурой в градусах Цельсия соотношением

$$T = 273 + t. \quad (1)$$

Термометр. Тела при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. На этом свойстве тел и основано действие термометра. Термометр состоит из тонкой трубки, из которой выкачен воздух. Нижняя часть трубки имеет форму шарика, заполненного ртутью. На трубке или рядом с ней наносится шкала с делениями.

Ртутный термометр, используемый в отопительных котельных, показан на рис. 6. Ртутными термометрами могут быть замерены высокие температуры вплоть до 350°C. При более высокой температуре применять их нельзя, так как ртуть закипает при 357°C.

Для замера низких температур применяют спирто-

вые термометры. Спирт замерзает при -114°C, а ртуть при -39°C. Положительные температуры спиртовыми термометрами можно производить только до 80°C, так как при более высокой температуре спирт закипает.

При измерении температуры следует помнить, что приведенный на рис. 6 термометр является показывающим прибором, поэтому при измерении таким прибором температуры жидкости нельзя вынимать из нее термометр для эсчета градусов, а следует этот отсчет производить, оставляя термометр в жидкости.

Пирометры. Для измерения температур свыше 350°C применяют пирометры. Наиболее распространенными пирометрами в котельной технике являются тер-

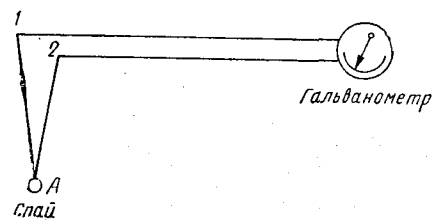
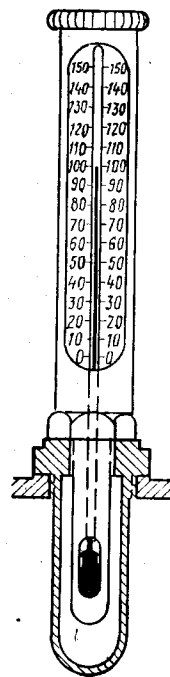


Рис. 7. Схема термопары

Рис. 6. Ртутный термометр в защитной оправе

мозлектрические, состоящие из термопары, милливольтметра или гальванометра и соединительных проводов.

Термопара (рис. 7) состоит из двух металлических проводников (например, хромель и копель или железо и копель и т. д.), сваренных в точке А. Свободные их концы 1 и 2 с помощью соединительных проводов присоединены к гальванометру — прибору, служащему для измерения напряжения электрического тока. При нагревании спая А в цепи возникает термоэлектродвижущая сила (термо-э. д. с.). Величина ее зависит от материала электродов, разности температур между спаянными (точка А) и неспаянными (точки 1 и 2) концами. Чем выше нагрев спая А, тем больше будет

термо-э. д. с. и тем сильнее отклонится стрелка гальванометра. Стрелка показывает непосредственно температуру, так как шкала гальванометра обычно градуируется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Проводники термомпар изолируют друг от друга при помощи фарфоровых трубочек (бус) и помещают в стальные, медные или фарфоровые защитные кожухи. Свободные концы термомпар заканчиваются контактными винтиками, расположенными в головке термомпары под крышкой. К контактам присоединяются медные провода, соединяющие термомпару с гальванометром.

Для измерения температур до 500°C применяют термометры сопротивления. Принцип работы термометра сопротивления основан на изменении сопротивления проводника при изменении его температуры.

Для измерения температуры свыше 1000°C используют оптические пирометры или пирометры излучения. Эти приборы не имеют широкого распространения в котельной технике.

Удельный объем. Удельный объем v газа или пара — это объем единицы его массы. Если обозначить объем газа V (м^3), а массу тела m (кг), то

$$v = \frac{V}{m} \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (2)$$

Величина, обратная удельному объему, называется плотностью и обозначается буквой ρ :

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V} \text{ кг}/\text{м}^3. \quad (3)$$

Таким образом, удельный объем тела и плотность массы величины обратные. Зная плотность вещества, можно определить его удельный объем.

Давление. С молекулярно-кинетической точки зрения давление — это результат ударов молекул газа на единицу поверхности стенки сосуда. Чтобы определить давление P , надо величину силы F разделить на площадь S , на которую она действует, т. е.:

$$P = \frac{F}{S}. \quad (4)$$

В системе СИ за единицу давления принято давление силы, равной 1 ньютону на 1 квадратный метр ($\text{н}/\text{м}^2$). Эта единица давления очень мала и пользоваться ею практически неудобно. Поэтому применяют кратные внесистемные единицы: 1 $\text{Мн}/\text{м}^2$ (меганьютон на квадратный метр) = $10^6 \text{ н}/\text{м}^2$ (для измерения, например, давления пара в котле), 1 $\text{кн}/\text{м}^2$ (килоньютон на квадратный метр) = $10^3 \text{ н}/\text{м}^2$ (для измерения, например, барометрического давления).

Широкое распространение в технике имеет внесистемная единица давления — техническая атмосфера (или кратко атмосфера):

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 10^4 \text{ кгс}/\text{м}^2.$$

Существует следующее соотношение между ат и $\text{Мн}/\text{м}^2$:

$$1 \text{ ат} = 10^4 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 10^4 \cdot 9,81 \text{ н}/\text{м}^2 = 0,0981 \text{ Мн}/\text{м}^2.$$

Если допустить погрешность 2%, то $1 \text{ ат} \approx 0,114 \text{ Мн}/\text{м}^2$.

Небольшие давления, а также разрежения измеряют иногда высотой столба жидкости. Единицы измерения 1 мм вод. ст. и 1 м вод. ст. также широко используются в технике (1 $\text{мм вод. ст.} \approx 10 \text{ н}/\text{м}^2$).

По закону Паскаля давление жидкости в закрытом сосуде распределяется по всем направлениям равномерно. Это свойство жидкости используют при гидравлическом испытании котлов. Наличие неплотностей в котле определяют по величине падения давления.

Сообщающиеся сосуды. Если с помощью изогнутой трубки соединить между собой два сосуда и в один из них налить жидкость, то в обоих сосудах жидкость установится на одинаковом уровне. При этом сосуды могут иметь различную форму. Такие сосуды называются сообщающимися. На свойстве сообщающихся сосудов основано устройство водоуказательного стекла парового котла, показывающего уровень воды в паросборнике.

Атмосферное давление. Земля окружена воздушной оболочкой (атмосферой) толщиной в несколько сотен километров. Поверхность земли и находящиеся на ней предметы подвержены атмосферному давлению.

Атмосферное давление уравнивается столбиком ртути высотой 760 мм (физическая атмосфера).

Зная удельный вес ртути, можно подсчитать величину физической атмосферы в других единицах, например в $\text{кг}/\text{м}^2$: $13595 \times 0,76 = 10331,2 \text{ кг}/\text{м}^2$, или $1,033 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Таким образом, физическая атмосфера равна 760 мм рт. ст., или $1,033 \text{ кг/см}^2$. Физическая атмосфера сокращенно обозначается *атм.* В отличие от физической, техническая атмосфера (1 ат) равна 1 кг/см^2 , или 735,6 мм рт. ст.; $1 \text{ бар} = 1,02 \text{ ат}$; $1 \text{ кг/м}^2 = 1 \text{ мм вод. ст.}$

Атмосферное давление зависит от состояния погоды и от высоты местности над уровнем моря. Атмосферное давление на уровне моря равно 760 мм рт. ст. Чем выше над уровнем моря точка поверхности земли, тем меньше атмосферное давление. Этим и объясняется то, что температура кипения воды высоко в горах менее 100°C . Атмосферное давление измеряется приборами, которые называют барометрами.

В закрытых сосудах различают давление избыточное, разрежение (или вакуум) и абсолютное.

Давление в закрытом сосуде, превышающее атмосферное, называется избыточным (*ати*), а давление меньшее, чем атмосферное, называется разрежением или вакуумом. Абсолютное давление (*ата*) равно измеренному избыточному плюс атмосферное давление или атмосферному давлению минус измеренное разрежение. Давление выше атмосферного измеряют приборами, называемыми манометрами. Манометры, установленные на котлах, трубопроводах и других сосудах, показывают избыточное или рабочее давление, которое при исчислении в технических атмосферах обозначается *ати* (атмосферы избыточные). Например, манометр показывает давление пара в котле $0,7 \text{ кг/см}^2$. Это значит, что давление в котле $0,7 \text{ ати}$. Для того чтобы получить абсолютное давление пара в котле, необходимо к $0,7 \text{ ати}$ прибавить атмосферное давление, т. е. $0,7 + 1 = 1,7 \text{ ата}$ (атмосферы абсолютные). Абсолютное давление часто обозначают *ата*.

Если в каком-либо сосуде имеется разрежение, равное $0,5 \text{ ата}$, то абсолютное давление составит $1 - 0,5 = 0,5 \text{ ата}$.

С увеличением давления свыше атмосферного вода закипает при температуре более чем 100°C . Например, при давлении $1,7 \text{ ата}$ температура кипения составит 115°C .

Манометры. Манометры подразделяют на гидравлические, мембранные и пружинные. Основной рабочей

частью мембранных манометров являются стальные мембраны. Наибольшее распространение в технике получили пружинные манометры (рис. 8). Основной частью манометра является изогнутая латунная трубка овального сечения 1 (спираль Бурдона). Один конец трубки соединен с сосудом, находящимся под давлением, а дру-

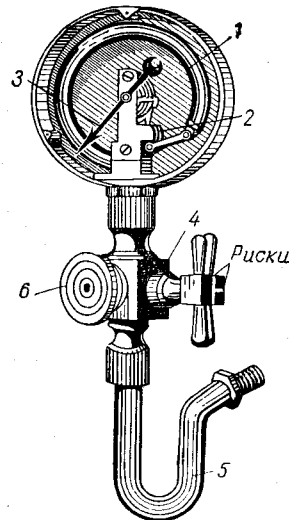


Рис. 8. Пружинный манометр с трехходовым краном и сифонной трубкой

1 — трубная пружина; 2 — зубчатый механизм к стрелке; 3 — стрелка; 4 — трехходовой кран; 5 — сифонная трубка; 6 — фланец для контрольного манометра

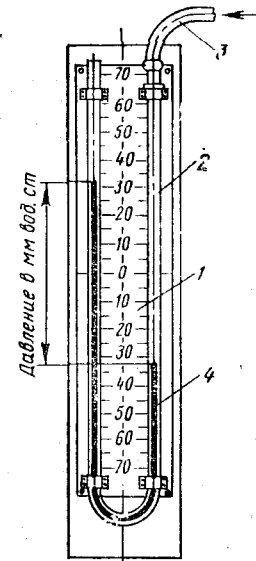


Рис. 9. Стекланный жидкостный U-образный манометр

1 — шкала; 2 — стеклянная трубка; 3 — резиновая трубка; 4 — вода

гой (запаянный) с помощью рычага — с зубчатым механизмом 2, сопряженным со стрелкой 3. Под влиянием давления трубка спирали, стремясь выпрямиться, будет отклоняться вправо и, воздействуя через рычажок на зубчатый механизм, повернет стрелку манометра. Перемещаясь по шкале, стрелка покажет избыточное или манометрическое давление в атмосферах.

Для измерения малых давлений используют U-образные гидравлические манометры. U-образный манометр представляет собой стеклянную изогнутую трубку, прикрепленную к шка-

ле с делениями в миллиметрах (рис. 9). Трубку заполняют водой (при измерении давления до 500 мм вод. ст.) или ртутью (при давлениях более 500 мм вод. ст., при этом 1 мм рт. ст. будет соответствовать 13,6 мм вод. ст.). Если соединить один конец трубки с сосудом под давлением, то уровни жидкости в манометре изменятся. В колене, соединенном с сосудом под давлением, уровень опустится ниже нуля, а в колене, связанном только с атмосферой, повысится на столько же от нуля. Таким образом давление в сосуде уравновесится столбиком жидкости, равным сумме миллиметров, отсчитанных выше и ниже нуля. Для лучшей видимости воду, заливаемую в манометры, подкрашивают чернилами. U-образными манометрами можно измерять не только давление, но и величину разрежения среды. Для измерения больших величин разрежения применяют приборы, называемые вакуумметрами, шкалу которых градуируют либо в миллиметрах ртутного столба, либо в процентах.

3. Понятие о теплоте

Теплота — форма передачи энергии от одного тела к другому.

С кинетической точки зрения теплота — это форма движения материи, характеризующаяся энергией движения частиц вещества, из которых состоят тела. Поскольку передача энергии может осуществляться как в виде работы, так и в виде теплоты, то в системе единиц СИ теплота, так же как и работа, выражается общей для всех видов энергии единицей — джоулем (дж); 1 джоуль равен произведению силы в 1 ньютон (н) на путь в 1 м.

Для практических расчетов используется внесистемная единица количества тепла — калория. Калорией (кал) называется количество тепла, необходимого для нагревания 1 г воды на 1°C. Международная калория (кал) равна 4,19 дж. Более удобной для практических измерений тепла является килокалория, или большая калория (ккал), равная 1000 калориям и соответственно 4,19 кдж. Тысячу килокалорий называют мегакалорией (Мкал). Миллион килокалорий или миллиард калорий называют гигакалорией (Гкал).

Работу (энергию), совершаемую в единицу времени, принято называть мощностью. Поскольку тепловая энергия измеряется в дж, за единицу мощности принимают дж/сек, называемую ваттом (вт).

Так как вт очень маленькая по величине единица, чаще пользуются единицей измерения, называемой киловаттом (квт); 1 квт · ч = 860 ккал.

4. Удельная теплоемкость

Количество тепла, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1°C, называют удельной теплоемкостью и обозначают буквой *C*. Размерность теплоемкости выражают в дж/кг · град. Более крупная единица — кдж/кг · град. Широкое распространение имеет внесистемная единица измерения — ккал/кг · град; 1 ккал/кг · град = 4,19 кдж/кг · град.

Различают весовую теплоемкость при постоянном давлении (*C_p*) и постоянном объеме (*C_v*). Для одного и того же вещества эти значения различны, особенно у газов. Для твердых и жидких веществ обычно определяется теплоемкость при постоянном давлении. Зная удельную теплоемкость какого-либо вещества, можно подсчитать количество тепла, необходимое для его нагревания. Удельная теплоемкость физических тел и веществ, наиболее часто встречающихся в отопительно-котельной технике, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Удельная теплоемкость некоторых физических тел и веществ

Вещество	<i>c</i> в ккал/кг · град	Вещество	<i>c</i> в ккал/кг · град
Вода	1	Шлак котельный	0,17
Шлаковая вата	0,18	Сталь и чугун	0,11
Кирпич красный	0,17	Латунь	0,09

5. Способы передачи тепла

Тепло всегда передается от тел более нагретых к менее нагретым. Перенос тепла от одного тела к другому называется теплопередачей. Передача тепла происходит не

только от одних тел к другим, но также и между различными частями одного и того же тела.

Существуют три способа передачи тепла (теплообмена): радиацией или лучеиспусканием, конвекцией и теплопроводностью. Передача тепла от поверхности нагретого тела к другому телу, находящемуся на расстоянии, посредством лучей называется радиацией. Носителями лучистой энергии являются электромагнитные колебания, распространяющиеся со скоростью света. Радиацией передается тепло от факела горящего топлива к поверхности чугунных секций или стальных труб котла. Радиация—это наиболее эффективный способ передачи тепла, особенно если лучи от горящего топлива направлены на нагреваемую поверхность перпендикулярно и самоизлучающее тело имеет высокую температуру. Передача тепла радиацией носит волновой характер, который сопровождается взаимным переходом магнитного поля в электрическое и обратно. Длина волны теплового излучения составляет более 0,75 мк (инфракрасное излучение).

Передача тепла конвекцией осуществляется при помощи потоков движущегося воздуха, газов или жидкости, соприкасающихся между собой или с твердым телом. Таким способом распространяется тепло от горячей печи по всей комнате. Воздух около поверхности печи нагревается, становится легче, поднимается вверх, а на его место поступает более тяжелый, холодный (свободная конвекция). В результате этого в комнате возникает циркуляция воздуха, которая переносит тепло. Подобным образом передается тепло от внутренней стенки котла к воде, движущейся под действием насоса (вынужденная конвекция).

Теплопроводностью называется способность тела передавать тепло от одной части тела к другой.

Благодаря теплопроводности тепло распространяется через стенку котла.

Теплопроводность различных веществ различна. Очень хорошо тепло проводят металлы, особенно серебро и медь. Весьма незначительна теплопроводность воздуха. Слабо проводят тепло пористые тела, асбест, вой-

лок и сажа. Низкая теплопроводность асбеста и воздуха используется в теплоизоляции.

Накипь, отлагающаяся на стенках котла, проводит тепло хуже стали примерно в 30 раз, чугуна в 50 раз, а зола и сажа примерно в 100 раз. Поэтому очень важно, чтобы стенки котлов были всегда чистыми.

Отложение сажи нежелательно тем, что она, обладая малой теплопроводностью, затрудняет передачу тепла от топочных газов к стенкам котла. Это приводит к перерасходу топлива, снижению выработки котлами пара или горячей воды.

Накипь, имея малую теплопроводность, значительно уменьшает передачу тепла от стенки котла к воде, в результате чего стенки сильно перегреваются и в некоторых случаях разрываются, вызывая аварии котлов.

Различные вещества характеризуются коэффициентом теплопроводности.

Коэффициент теплопроводности λ — количество тепла, передаваемое через 1 м² поверхности нагревая единицу времени при разности температур в один градус на 1 м толщины стенки. При использовании внесистемных единиц (ккал и ч) размерность коэффициента теплопроводности составит ккал·м/м²·ч·град. Зная, что ккал/ч можно перевести в вт в системе СИ, получим размерность вт/м·град; 1 ккал/м·ч·град = 1,163 вт/м·град.

Коэффициенты теплопроводности различных веществ, наиболее часто встречающихся в отопительно-котельной технике, приведены в табл. 2.

Таблица 2
Коэффициенты теплопроводности некоторых материалов

Материал	λ в ккал/м·ч·град	Материал	λ в ккал/м·ч·град
Медь	330	Асбест листовой	0,1
Чугун	54	Накипь котельная	0,07—2
Сталь	39	Шлаковая вата	0,06

6. Понятие о теплопередаче

Рассмотренные выше три вида теплообмена (радиация, конвекция и теплопроводность) в чистом виде

встречаются очень редко. В большинстве случаев один вид теплообмена сопровождается другим. Примером этому может служить передача тепла от газообразных продуктов сгорания к стенке водогрейного котла (рис. 10). Слева поверхность ее соприкасается с горячими газообразными продуктами сгорания и имеет температуру t_1 , справа омывается водой и имеет температуру t_2 . Температура в стенке снижается в направлении оси x .

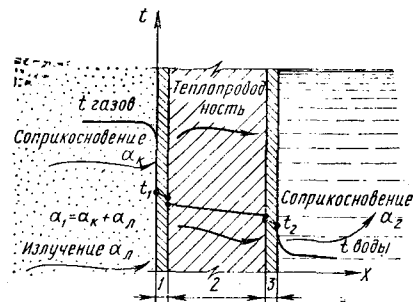


Рис. 10. Способы распространения тепла и виды теплообмена

1 — толщина сажевых отложений; 2 — толщина стенки секций или труб; 3 — толщина накипи

В данном случае тепло от газа к стенке передается одновременно как путем конвекции (непосредственного соприкосновения), так и излучением (лучистый теплообмен). Одновременная передача тепла путем соприкосновения и излучения называется сложным теплообменом.

Результат одновременного действия отдельных элементарных явлений приписывается одному из них, которое и считается главным. Так, радиация, называемая еще «прямая отдача», в передаче тепла в топочной камере от топочных газов к внешней поверхности нагрева котла играет главенствующую роль, хотя наряду с радиацией в передаче тепла в топке участвуют и конвекция и теплопроводность.

Передача тепла от внешней поверхности нагрева к внутренней через слой сажи, металлическую стенку и слой накипи осуществляется только путем теплопроводности. Наконец от внутренней поверхности нагрева котла к воде тепло передается только конвекцией. В газоходах котла процесс теплообмена между стенкой секции и омывающими ее газами также является результатом совокупного действия конвекции, теплопроводности и радиации. Однако в качестве основного явления принимается конвекция.

Количественной характеристикой передачи тепла от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку в 1 м^2 при разности температур в 1°С является коэффициент теплопередачи K .

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ вт/м}^2 \cdot \text{град},$$

или $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град},$ (5)

- где
- α_1 — коэффициент теплоотдачи от газов к стенке поверхности нагрева в $\text{вт/м}^2 \times \text{град}$, или $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$;
 - δ_3 — толщина золовых или сажевых отложений (так называемые наружные загрязнения) в м ;
 - $\delta_{ст}$ — толщина стенки секций или труб в м ;
 - δ_n — толщина накипи (так называемое внутреннее загрязнение) в м ;
 - λ_3 ; $\lambda_{ст}$; λ_n — соответствующие коэффициенты теплопроводности золы или сажи, стенки и накипи в $\text{вт/м} \cdot \text{град}$, или $\text{ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$;
 - α_2 — коэффициент теплоотдачи от стенки к воде в $\text{вт/м}^2 \cdot \text{град}$, или $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

В соответствии с приведенным примером сложного теплообмена (см. рис. 10) общий коэффициент теплоотдачи от газов к стенке котла соответственно равен $\alpha_1 = \alpha_k + \alpha_l$ $\text{вт/м}^2 \cdot \text{град}$, или $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$, где α_k и α_l — коэффициенты теплоотдачи конвекцией и излучением.

Расчетная формула теплопередачи имеет вид

$$Q = K \Delta t H \text{ вт, или ккал/ч,} \quad (6)$$

где K — коэффициент теплопередачи в $\text{вт/м}^2 \cdot \text{град}$, или $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$; $1 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град} = 1,163 \text{ вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

Δt — средняя разность температур греющей и нагреваемой среды или температурный напор в $^\circ\text{С}$;

H — поверхность нагрева в м^2 .

Из формулы (6) видно, что количество передаваемого тепла тем больше, чем больше поверхность нагре-

ва H и чем больше температурный напор Δt и коэффициент теплопередачи K .

Наличие на стенке котла накипи и золы или сажи значительно снижает коэффициент теплопередачи.

Определяющим фактором в передаче тепла радиацией являются температура излучающего тела и состояние его поверхности (гладкая или шероховатая). Поэтому, чтобы интенсифицировать передачу тепла радиацией, необходимо увеличить температуру излучающего тела, повысив шероховатость поверхности.

Теплопередача конвекцией зависит от скорости газов, разности температур греющей и нагреваемой среды, характера обтекания газами поверхности нагрева — продольное или поперечное, вида поверхности — гладкая или оребренная. Основными способами интенсификации передачи тепла конвекцией являются: повышение скорости газов, их турбулизация в газоходах (завихрение), увеличение поверхности нагрева за счет ее оребрения, повышение разности температур между греющей и нагреваемой средой, осуществление встречного (противоточного) омывания.

7. Получение пара

Переход вещества из жидкого состояния в газообразное называется парообразованием, а из газообразного состояния в жидкое — конденсацией.

Процесс парообразования протекает следующим образом. Сначала происходит нагрев воды от начальной ее температуры до температуры кипения. При дальнейшем сообщении тепла кипящая вода превращается в пар (парообразование). Кипение есть процесс парообразования во всем объеме жидкости.

После нагрева воды до кипения температуры ее при дальнейшем сообщении тепла не повышается, а остается постоянной до тех пор, пока не испарится вся вода.

Количество тепла, которое необходимо сообщить воде для превращения ее из жидкого состояния в газообразное при температуре кипения, называется скрытой теплотой парообразования, или теплотой испарения.

Суммарное количество тепла, которое требуется для превращения 1 кг воды, взятой при 0°C , в пар, называется энтальпией (или теплосодержанием) пара.

Например, в открытом сосуде энтальпия кипящей воды составит около 100 ккал. Скрытая теплота парообразования воды при атмосферном давлении равна 539 ккал. Следовательно, теплосодержание, или энтальпия пара, при атмосферном давлении составит $100 + 539 = 639$ ккал/кг, или 2680 кДж/кг.

Различают пары насыщенные и перегретые.

Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщенным паром. Насыщенный пар имеет одинаковые с жидкостью температуру и давление.

Обычно в процессе парообразования в пар попадают капельки котловой воды. Такой пар называется влажным насыщенным. Насыщенный пар, не имеющий капелек воды, называется сухим насыщенным паром. Доля сухого насыщенного пара во влажном паре называется степенью сухости пара и обозначается x . При этом влажность пара будет равна $1 - x$. Для сухого насыщенного пара $x = 1$. Влажность насыщенного пара нормально работающих паровых отопительных котлов находится в пределах 1—3%.

Если сообщить тепло сухому насыщенному пару при данном постоянном давлении, то получится перегретый пар. Перегретый пар не содержит в себе влаги и его температура при данном давлении выше температуры котловой воды. Перегретый пар в отопительных установках не применяется.

Разновидностью процесса парообразования является испарение воды. Испарение воды в открытом сосуде при атмосферном давлении может происходить и при температуре меньше 100°C . В отличие от кипения, когда паровые пузырьки возникают во всем объеме, испарение воды происходит только с поверхности жидкости. Чем меньше паров воды в окружающем воздухе и чем выше температура воды, тем интенсивнее идет испарение с ее поверхности.

8. Понятие о горении

Горение — это окисление горючих компонентов топлива кислородом воздуха, сопровождающееся быстрым выделением тепла и резким повышением температуры.

Топливо состоит из горючей и негорючей частей. В горючую часть топлива входят углерод С, водород Н и горючая сера S, в негорючую — кислород О, азот N, негорючая сера S_н, зола А и влага W.

Горение бывает полное и неполное. При полном горении все горючие компоненты топлива, соединяясь с кислородом, образуют продукты полного горения: углерод — углекислый газ $C + O_2 = CO_2$, водород — водяные пары $2H_2 + O = 2H_2O$, сера — сернистый газ $S + O_2 = SO_2$.

При неполном горении часть горючих в топливе не используется. Неполное горение, например, углерода протекает по реакции $2C + O = 2CO$. В этом случае при сгорании углерода образуется окись углерода и тепла выделяется значительно меньше, чем при полном горении. Помимо окиси углерода продуктами неполного горения являются водород, метан и различные углеводороды.

Для полного сгорания топлива необходимо, чтобы оно было прогрето до температуры воспламенения (порядка 1000°С) и к каждой его частичке подведено требуемое количество воздуха и имелось с ним хорошее перемешивание. Кроме того, необходимо достаточное время, чтобы сгорела вся горючая часть топлива (достаточный объем топочного пространства).

Теоретически для полного сгорания топлива требуется вполне определенное количество воздуха. Это количество воздуха называется теоретически необходимым. В действительности в топку подается больше воздуха, чем теоретически необходимое количество.

Отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимому называется коэффициентом избытка воздуха и обозначается α . Чем совершеннее топочное устройство, тем с меньшим избытком воздуха оно может работать.

9. Состав воздуха и свойства его элементов

Воздух — это механическая смесь газов, состоящая в основном из азота (около 78% по объему), кислорода (около 21%) и небольшого количества инертных газов (аргон, гелий, неон, криптон и радон) — около 1%, а также углекислого газа и водяных паров (около 0,03%).

Азот не поддерживает горение и сам не горит. Кислород сам не горит, но хорошо поддерживает горение. Без кислорода горение невозможно. Инертные газы не вступают в химические реакции с другими веществами, поэтому они получили такое название.

Процент содержания водяных паров в воздухе зависит от местных условий и температуры. Чем выше температура, тем больше водяных паров содержится в воздухе. Различают абсолютную и относительную влажность воздуха.

Абсолютной влажностью воздуха ρ_n называется масса водяного пара, которая содержится в 1 м³ воздуха. По существу, ρ_n есть плотность пара при его парциальном давлении и температуре. Зная абсолютную влажность воздуха, нельзя судить, насколько далек он от насыщения. Необходимо при этом учитывать и температуру воздуха. Если температура воздуха низка, то данное количество водяного пара в воздухе может быть близким к насыщению, т. е. воздух считается относительно влажным. При более высокой температуре воздух может быть относительно сухим при том же количестве водяных паров.

Для оценки степени влажности воздуха необходимо знать степень насыщения водяного пара. Для этого вводится понятие относительной влажности.

Относительной влажностью воздуха (φ) называется отношение абсолютной влажности при данной температуре к максимально возможной абсолютной влажности при той же температуре (ρ_n).

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_n} \% \quad (7)$$

Значение ρ_n находится по таблицам перегретого пара, а ρ_n — по таблицам насыщенного пара. Для жилых поме-

щений нормальной относительной влажностью считают 60—70%.

Относительную влажность воздуха определяют с помощью приборов, называемых гигрометрами или психрометрами.

Знание относительной влажности воздуха необходимо при теплотехнических испытаниях котлов. Если влажный воздух охлаждать при неизменном влагосодержании, то при некоторой температуре пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным и при дальнейшем охлаждении начнет конденсироваться в виде росы.

Температура, при которой водяные пары в воздухе становятся насыщенными, называется «температурой точки росы».

10. Понятие о питательной воде

Одним из отличительных свойств воды является то, что она при нагревании от 0 до 4°C не расширяется, а сжимается. При температуре 4°C вода имеет наибольшую плотность. При температуре выше или ниже 4°C плотность воды несколько уменьшается.

Вода, замерзая, расширяется, что следует учитывать в котельной технике, избегая так называемого размораживания (разрыва) трубопроводов. Вода хорошо растворяет различные вещества и входит с ними в соединения, поэтому в природе нет химически чистой воды.

Примеси в воде бывают двух видов — механические (песок, глина и т. д.) и химические — соли кальция, магния и др. В зависимости от содержания в воде химических примесей подразделяют воду на мягкую и жесткую.

Мягкая вода содержит незначительное количество солей кальция и магния, жесткая — большое количество. Для оценки качества воды в технике введено понятие ее жесткости. Различают жесткость воды временную, постоянную и общую.

Временная жесткость воды или карбонатная обуславливается присутствием в ней двууглекислых солей кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, которые при температу-

ре выше 70°C распадаются и выпадают из раствора в осадок в виде шлама. В связи с этим такая жесткость воды называется «временной». Постоянная жесткость воды или некарбонатная обуславливается наличием в воде хлоридов, сульфатов, силикатов и других солей кальция и магния (CaSO_4 ; MgSO_4 ; CaCl_2 ; MgCl_2 ; CaSiO_3 и др.). Эти соли при кипячении воды не выпадают из растворов в осадок, поэтому они получили название «постоянная жесткость».

Общая жесткость воды — сумма временной и постоянной жесткости. Единицей измерения жесткости является миллиграмм-эквивалент на 1 л воды (*мг-эquiv/л*). 1 *мг-эquiv/л* соответствует содержанию в 1 л воды 28 мг окиси кальция или 20 мг окиси магния. Ранее единицей жесткости являлся градус жесткости, соответствующий содержанию в 1 л воды 10 мг окиси кальция CaO (извести).

Новая единица (*мг-эquiv/л*) крупнее градуса жесткости в 2,8 раза. Для перевода градусов жесткости в миллиграмм-эквиваленты на 1 л необходимо количество градусов умножить на коэффициент 0,35 или разделить на 2,8.

Для водогрейных котлов карбонатная жесткость подпиточной воды не должна превышать 0,7—1,5 *мг-эquiv/л*, а для паровых общая жесткость питательной воды не должна быть более 0,3 *мг-эquiv/л*.

Для того, чтобы избежать накипеобразования, питательную воду котлов обрабатывают в установках химводочистки (ХВО).

Глава III

ТОПЛИВО, ПРИМЕНЯЕМОЕ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Топливом называют горючие вещества, используемые для получения тепла. Оно подразделяется на естественное и искусственное. Искусственное топливо получают после переработки естественного топлива с целью выделения из него различных ценных продуктов, например смол, бензинов, смазочных масел и др.

К естественному топливу относятся: горючие сланцы, торф, дрова, бурый и каменный угли, антрациты, природный горючий газ и нефть.

Искусственным топливом являются каменноугольный кокс, различные брикеты, древесный уголь, мазут, бензин, керосин, различные газы — генераторный, коксовый и доменный.

По физическому состоянию топливо делится на твердое, газообразное и жидкое. Физическое состояние топлива определяет способы его хранения, сжигания и транспортировки.

1. Характеристика топлива

Элементарный состав. Топливо в том виде, в каком оно поступает к потребителю, называется рабочим топливом. Топливо состоит из углерода С, водорода Н, кислорода О, азота N, серы S, золы А и влаги W. Рабочий состав топлива обозначают буквой Р. Для 1 кг топлива уравнение элементарного состава записывается в следующем виде:

$$C^P + H^P + O^P + N^P + S_n^P + A^P + W^P = 100\% \quad (8)$$

В этом уравнении составляющие топлива даны в процентах к весу. В твердом и жидком топливе указанные элементы находятся в виде сложных химических соединений. Газообразное топливо представляет собой механическую смесь газов водорода H₂, метана CH₄ и т. д.

Горючими элементами топлива являются: углерод С^р, водород Н^р и летучая сера S_n^р. Чем выше процентное содержание горючих элементов в топливе, и в первую очередь углерода и водорода, тем выше его теплота сгорания.

Теплотой сгорания называется количество тепла, выделяемое при полном сжигании 1 кг или 1 м³ топлива, и обозначается буквой Q (кдж/кг, или кдж/м³).

Различают теплоту сгорания высшую Q_в^р и низшую Q_н^р.

Высшую теплоту сгорания получают при полном сгорании топлива и конденсации водяных паров, образовавшихся при горении с отдачей ими тепла, израсходованного на их испарение (скрытая теплота испарения). В

практических условиях водяные пары, содержащиеся в дымовых газах, уходят в атмосферу вместе с другими компонентами. Их скрытая теплота парообразования, таким образом, никак не используется. В связи с этим в теплотехнических расчетах используют низшую теплоту сгорания топлива Q_н^р, которая приводится без учета тепла конденсации водяных паров. Теплота сгорания топлива, его рабочий состав и другие характеристики определяются по специальным таблицам.

Балласт топлива. Кислород O^р, находящийся в топливе, тепла не выделяет. Однако благодаря наличию в составе топлива кислорода часть топлива оказывается уже окисленной, поэтому кислород относится к внутреннему балласту. Азот N^р, находящийся в топливе, в реакциях горения не участвует. В процессе горения азот отнимает от пламени тепло.

Азот и кислород топлива называют внутренним балластом. Зола A^р и влагу W^р считают внешним балластом топлива. Серу, находящуюся в топливе, разделяют на два вида: горючую серу S_n^р и негорючую S_к^р. Горючая сера имеет две составляющие:

$$S_n^P = S_o^P + S_k^P \quad (9)$$

где S_о^р — органическая сера;

S_к^р — сера колчеданная, находящаяся обычно в соединении с железом (серный колчедан).

Серу вызывает коррозию стальных поверхностей, оказывает вредное влияние на котельные агрегаты и повышает «точку росы» уходящих газов.

Сернистый газ SO₂, попадая в атмосферу с дымовыми газами, вредно действует на окружающую растительность и вызывает ржавление металлических крыш зданий.

Влага, содержащаяся в топливе, также является балластом. Своим присутствием в топливе она уменьшает долю горючих элементов в единице веса или объема топлива, и на свое испарение при горении топлива отнимает много тепла. Значительное количество влаги в твердом топливе осложняет его транспортировку и подачу к котлам. Такое топливо смерзается, спрессовывается и застревает в бункерах.

Если из рабочего состава топлива исключить влагу, то можно получить состав сухого вещества топлива:

$$C^o + H^o + O^o + N^o + S_n^o + A^o = 100\%. \quad (10)$$

Исключая далее из сухого состава золу, находим состав топлива по горючей массе (безводно-беззольный состав):

$$C^r + H^r + O^r + N^r + S_n^r = 100\%. \quad (11)$$

Состав топлива по горючей массе дает возможность сравнивать одно топливо с другими без влияния на этот состав внешних факторов. Например, известно, что количество влаги зависит не только от вида топлива, но и от методов его добычи, транспортирования и хранения. Количество золы также зависит от характера пласта, оборудования шахт, от способов обогащения (моет, сортировок) и пр.

Компоненты одного состава топлива по данным другого определяют по формулам пересчета. При нагреве твердого топлива оно распадается на газообразные летучие вещества и твердой остаток (кокс). В летучие вещества переходят испарившаяся из топлива влага, кислород, азот, летучая сера, водород, как в чистом виде, так и в соединениях с углеродом (различные углеводороды). В коксе остаются только углерод и зола.

Количество летучих в топливе определяют в процентах по весу его горючей массы и обозначают V_r . Конструкцию топki котла определяют степенью выхода горючих (летучих) газов. При сжигании топлива с большим выходом летучих необходимо иметь большой объем топki, который позволял бы сжигать в ней газообразные горючие вещества.

Наоборот, при сжигании твердого топлива с малым выходом летучих (антрацит) возможно иметь топку меньшего объема, но с развитой поверхностью колосниковой решетки, так как основное сгорание топлива будет происходить в слое топлива.

Минеральные примеси, находящиеся в топливе, при его сжигании образуют золу в виде сыпучей массы или сплавленных кусков (шлака).

Зола, как и влага, является нежелательным элементом топлива, снижающим содержание в нем горючих элементов. Кроме того, оседая на поверхности нагрева котла, зола снижает теплопередачу от газов к стенке котла, уменьшая к. п. д. Очистка котла от золы приводит к дополнительным эксплуатационным затратам.

Большое значение при эксплуатации котлов имеет температура плавления золы. Легкоплавкая зола вызывает зашлаковывание котлов. Наиболее легкоплавкая зола у торфа, донецких каменных углей и антрацитов.

Зола древесного топлива совершенно не шлакуется.

Условное топливо. Для сравнения запасов разных видов топлива при определении норм расхода топлива и других расчетах пользуются понятием «условное топливо». Теплоту сгорания условного топлива принимают равной 7000 ккал/кг (29 300 кДж/кг).

Для перевода натурального топлива V_n в условное $V_{усл}$ необходимо величину V_n умножить на отношение

$$\frac{Q_n^p}{7000}, \text{ т. е.: } V_{усл} = V_n \frac{Q_n^p}{7000} \text{ кг.} \quad (12)$$

2. Твердое топливо

Большое распространение в отопительных котельных получило высококалорийное сортированное твердое топливо: сортированный каменный уголь, антрацит и брикеты. Сжигание низкосортных и несортированных углей недопустимо, так как это снижает теплотехнические показатели котлов, приводит к пережогу топлива, усложняет эксплуатацию котельных и загрязняет воздушный бассейн города. В настоящее время в отопительных котельных используют сортированный каменный уголь и реже антрацит.

Каменные угли. Из всех полезных ископаемых наиболее распространен каменный уголь. На его долю приходится примерно 80% всех залежей. Особенно богат ими Кузнецкий бассейн. Каменный уголь по своему составу и свойствам весьма неоднороден. В зависимости от выхода летучих веществ и спекаемости кокса каменный уголь бывает паровичный спекающийся (ПС) и тощий (Т).

Для сжигания в котельных установках применяют в основном длиннопламенный, паровичный жирный, паровичный спекающийся и тощий уголь. Другие сорта каменного угля перерабатываются на кокс, применяемый в металлургии.

У длиннопламенного угля выход горючих летучих веществ достигает 40%. При горении они дают длинное пламя. Паровичный спекающийся уголь содержит мень-

шее количество летучих веществ (около 15%). При его горении образуется корка, которая препятствует доступу воздуха.

Внешний балласт в различных сортах каменного угля колеблется в пределах 12—20% ($A^p=8+10\%$; $W^p=4-10\%$). Теплота сгорания изменяется от 5500 до 7000 ккал/кг (23 000—29 300 кДж/кг).

Каменный уголь хранят в штабелях призматической формы. В промежутках между штабелями располагают канавы для отвода дождевых и талых вод. Для донецкого каменного угля предельная высота штабеля допускается 1,5—2 м, для сортов углей, склонных к самовозгоранию, — не более 1,5 м.

Антрацит. В послевоенные годы большое распространение в отопительных котельных получил антрацит, на сжигание которого проектировались чугунные секционные котлы шатрового типа.

В отличие от каменного угля он имеет небольшой выход летучих горючих веществ (около 7%), благодаря чему горит преимущественно в слое с коротким пламенем и бездымно. Антрацит является трудновоспламеняющимся топливом. Содержание внешнего балласта в нем составляет 12—25% ($A^p=7-20\%$; $W^p=5-7\%$). Теплота сгорания антрацита достигает 6000—7000 ккал/кг (25000—29300 кДж/кг).

Бурый уголь. Сжигать бурый уголь в отопительных котельных допускается в исключительных случаях. Этот сорт угля — самый низкий и относится к местному топливу.

Местное топливо — это не географическое понятие, а экономическое, указывающее на целесообразность использования его вблизи месторождения (в пределах 200 км). Перевозить такое топливо, имеющее в большом количестве золу и воду, нецелесообразно, так как в единице объема (веса) топлива содержится мало тепла. По внешнему виду бурый уголь весьма разнообразен. Куски его рыхлые, легко крошатся. Цвет изменяется от бурого до черного. Внешний балласт составляет до 60% ($A^p_{\text{макс}} \approx 25\%$; $W^p_{\text{макс}} \approx 35\%$). Большое содержание внешнего балласта сказывается на теплоте сгорания, которая колеблется и достигает 1800—3600 ккал/кг (7500—15000 кДж/кг).

При горении бурый уголь дает длинное пламя. Неко-

торые сорта бурого угля, например подмосковный, содержат большое количество серы.

Отличительной особенностью бурого угля является способность его к выветриванию на воздухе (вплоть до превращения в угольную пыль) и к самовозгоранию. Эту особенность определяют специальные требования к срокам его хранения и высоте штабеля.

Бурый уголь целесообразно сжигать в виде пыли в крупных котельных.

3. Газообразное топливо

Горючие газы подразделяют на природные и искусственные.

К природным относится газ, добываемый из чисто газовых месторождений (саратовский, ставропольский и др.), а также попутный (сопутствующий добыче нефти).

Искусственные газы получают на газовых заводах путем переработки твердого и жидкого топлива (коксовый, генераторный, газ подземной газификации и газы переработки нефти).

В природных газах чисто газовых месторождений преобладает метан CH_4 (80—98%). В попутных газах много тяжелых углеводородов $C_m H_n$. Балластом в сухом природном газе являются азот и углекислота. В некоторые природные газы входят сернистые соединения. Например бугурусланский газ содержит около 1% сероводорода, а ишимбаевский попутный до 5%. Большинство месторождений природных газов (а их насчитывается свыше 200) не содержит сернистых соединений. Теплота сгорания природных газов составляет 8000—8500 ккал/нм³ (33500—35600 кДж/нм³).

Распространенным — искусственным газом является коксовый газ, получаемый при коксовании сортов жирного каменного угля. Процесс коксования заключается в том, что измельченный уголь нагревают без доступа воздуха до температуры 900—1100°C в специальных печах. При этом из угля выделяются горючие газы, а твердая часть угля (углерод) сплавляется, образуя кокс, пригодный для плавки стали.

Из 1 т каменного угля получают до 300—350 м³ коксового газа. Для получения горючих газов используют также сланцы.

Получать газ методом «сухой перегонки» можно и при температуре 500—550°C. При такой температуре выход газа будет незначительным (25—100 м³ из 1 т угля). Основными продуктами перегонки при этом являются смолы, идущие на выработку различных сортов моторного топлива, а также полукокс.

Сланцевый газ вырабатывается, например, на газосланцевых заводах в Эстонской ССР.

Горючие газы из твердого топлива могут быть получены также методом «безостаточной» газификации, т. е. путем превращения в газ горючей части твердого топлива (летучей и твердой). Газ, полученный таким способом, называют генераторным, а установки — газогенераторами.

Горючие газы в газогенераторах получают как с применением воздушного дутья, так и с добавлением к нему водяного пара, кислорода и их смесей. Поэтому генераторные газы соответственно называют воздушными, паровоздушными, водяными и парокислородными.

Большинство генераторных газов имеет низкую теплоту сгорания (900—2400 ккал/нм³ или 3800—10 000 кдж/нм³) и содержит значительное количество негорючих, ядовитых веществ. Такие газы не подают в городские сети в чистом виде, а добавляют к другим высококалорийным газам.

Следует отметить, что стоимость искусственных газов по сравнению с природными газами более высокая.

К искусственным газам также относятся доменный газ, являющийся отходом при выплавке чугуна из железной руды, и газы подземной газификации. Искусственные газы характеризуются невысокой теплотой сгорания (900—4000 ккал/нм³ или 3800—16 700 кдж/нм³) с высоким содержанием до 60—70% азота и углекислоты.

Горючими элементами, входящими в состав искусственных газов, являются окись углерода (40—47%) и водород (3—50%).

Элементарный состав газа отдельных компонентов газовой смеси (H₂S; CO; C_mH_n и т. д.) выражают в процентах по объему, например 7% H₂S; 10% CO; 30% C_mH_n и т. д.

Все анализы компонентов, входящих в состав газа, дают только на «сухой» газ, хотя практически в нем и

содержится некоторое количество водяных паров. При расчетах влагой, содержащейся в газе, пренебрегают. Теплоту сгорания сухого газа (при $t=0^{\circ}\text{C}$ и $p=760$ мм рт. ст.) определяют либо по формулам, либо с помощью специальных приборов — калориметров. Принцип работы калориметров основан на том, что в них производят сжигание точно замеренных объемов газа. Выделяющееся при этом тепло передается протекающей воде. Изменяя количество воды и повышение ее температуры, определяют количество выделенного тепла и теплоту сгорания газа. Газ — высококалорийное топливо, обладающее целым рядом преимуществ перед твердым топливом (отсутствие золы, высокая теплота сгорания, удобство транспортирования и сжигания). Однако при работе с газом необходимо всегда помнить, что газ является опасным видом топлива: он токсичен и способен вызвать тяжелые, а иногда смертельные отравления; в смеси с воздухом газ образует взрывоопасные (гремучие) смеси, взрывы которых приводят к пожарам, разрушениям помещений и оборудования, а также к несчастным случаям. Газ безопасен только при технической грамотной эксплуатации газового оборудования котельной. При наличии открытого огня или искры газы взрываются. Взрывоопасен не только природный газ. Все горючие газы в смеси с воздухом, при определенном содержании их в воздухе, образуют взрывоопасную смесь. Пределы взрывоопасной концентрации природного газа в воздухе составляют 3,8—17,8% по объему.

Горючие газы бесцветны, большинство из них не имеет вкуса и запаха. Поэтому, чтобы своевременно заметить их появление в помещении, их одоризируют, т. е. добавляют в них вещество с сильным и неприятным запахом (одорант).

4. Жидкое топливо

К жидким видам топлива относятся нефть и продукты ее переработки — бензин, керосин, лигроин и мазут. Сырую нефть как топливо не используют.

Для отопительных котлов применяют мазут и легкие сорта жидкого топлива (керосин).

ГОСТ 10585—63 предусматривает применение следующих марок топочного мазута: М-40, М-100 и М-200. Допустимое содержание золы в топочных мазутах М-40 и М-100 снижено до 0,15% вместо 0,3%. У высоковязкого

мазута М-200 допустимое значение зольности составляет 0,3%.

Марки мазутов, вырабатываемых на Уфимском нефтеперерабатывающем заводе, и их основные характеристики по новому ГОСТ 10585—63 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Марки мазута и их основные характеристики

Марка мазута	Вязкость при 80°C БУ	Температура вспышки в °C	Температура застывания в °C	Содержание в %					Низшая теплота сгорания в ккал/кг
				зола	водорода	серы	углерода	ванадия	
М-40	5,6	—	6	0,13	10,7	2,8	86,1	0,1	9643
М-100	12,4	170	—	0,18	10,5	3,2	86,3	0,01	9524
М-200	19,1	—	13	0,2	9,6	3,2	86,5	0,027	9354

Загрязненность мазута внешним балластом зависит от условий добычи, хранения и перевозки. Зольность составляет доли процента, влажность мазута составляет 1—3%. Примесь парафина в мазуте способствует повышению температуры застывания.

Вязкость мазута определяет способ транспортирования, слива, перекачки и его сжигания. При повышении температуры вязкость мазута уменьшается. Поэтому для перекачки и сжигания в отопительных котлах его необходимо предварительно подогреть до 70—115°C. Первоначальный разогрев мазута в цистернах, баках и мазутохранилищах осуществляют с помощью змеевиков, заполненных паром или горячей водой. Хранилища и баки должны сообщаться с атмосферой. Наружные мазутопроводы тщательно утепляют или прокладывают вместе с паропроводами.

При подаче к форсункам мазут дополнительно подогревают в поверхностных теплообменниках. Мазут легче воды. Плотность его составляет 0,89—0,998 т/м³. Поэтому в хранилищах или баках вода скапливается внизу. Для удаления ее служат специальные дренажные линии.

При разогреве мазута в открытых баках температура его подогрева должна быть на 10°C ниже температуры вспышки. В закрытых баках и трубопроводах, находящихся под давлением, мазут можно подогревать значи-

тельно выше температуры вспышки его на открытом воздухе.

По содержанию серы различают мазуты: малосернистые (до 0,5%), сернистые (до 0,1%) и высокосернистые (более 3%).

Для отопительных котлов рекомендуется использовать малосернистые мазуты.

Теплота сгорания мазута составляет 9200—9800 ккал/кг (38 500—41 000 кДж/кг).

В отопительных котельных жидкое топливо хранят в стальных или железобетонных подземных резервуарах. Вентили, служащие для спуска отстоявшейся воды, должны запираяться на замок и пломбироваться. Следует отметить, что при сжигании мазута на поверхностях нагрева котлов откладывается липкий нагар, а при длительном хранении в резервуарах на дне появляются «донные» отложения, которые очень трудно удалять. Для уменьшения липких отложений и облегчения очистки резервуаров к мазуту добавляют специальные жидкие присадки.

Качественному сжиганию жидкого топлива в отопительных котлах способствуют разогрев его до необходимой температуры, тонкое распыливание и хорошее смешивание с воздухом. Наилучшие показатели можно получить при сжигании легкого жидкого топлива, наиболее приемлемого для отопительных установок.

Глава IV.

КОТЛЫ, ТОПКИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

1. Общие сведения

Котлом называется теплообменный аппарат, обогреваемый продуктами сгорания топлива и служащий для получения горячей воды или пара.

В зависимости от вида получаемого теплоносителя котлы подразделяют на водогрейные и паровые.

Котлы оборудуются соответствующими топливосжигающими устройствами. Один или несколько котлов вместе со вспомогательным оборудованием составляют котельную установку (котельную). Для подачи воздуха, необхо-

димого для горения топлива, а также для отвода продуктов сгорания служит тягодутьевая установка. Подачу топлива к котлам, удаление золы и шлака осуществляют с помощью установок топливоподачи и шлакозолоудаления.

Производительность водогрейных котлов исчисляют в килокалориях, вырабатываемых в 1 ч (ккал/ч) или в киловаттах (квт), а паровых котлов — в килограммах в 1 ч (кг/ч) или в тоннах в 1 ч (т/ч) вырабатываемого пара.

Котлы, вырабатывающие горячую воду не выше 115°C и пар с давлением не более 7,0 ати для бытовых целей, относятся к категории котлов низкого давления и называются отопительными. Ниже рассматриваются отопительные котлы низкого давления теплопроизводительностью свыше 50 тыс. ккал/ч, или 58,2 квт.

Отопительные котлы изготовляют в основном из чугуна и реже из стали, так как чугун более устойчив против коррозии. Температурный режим в системах центрального отопления регулируют путем изменения температуры нагреваемой воды при постоянном ее расходе. Котел в наиболее холодное время года должен нагревать горячую воду до температуры 95°C или 115°C. Температура обратной воды, поступающей из системы отопления в котел, должна составлять 70°C. При повышении температуры наружного воздуха температура воды снижается в соответствии с отопительным графиком. Например, при температуре 5°C температура горячей воды, поступающей из котла в систему, должна быть около 43°C, а температура обратной воды должна составить 35—37°C. Примерно такую же температуру имеют и стенки котла. При охлаждении дымовых газов ниже температуры конденсации водяных паров (ниже «точки росы») имеющиеся в них водяные пары выпадут в виде капель влаги на стенках газоходов. Влага на стенках котла при активном воздействии кислорода и углекислоты вызывает их коррозию. Ориентировочная температура конденсации чистых водяных паров для различных топлив приведена в табл. 4.

Чем ниже температура «точки росы» продуктов сгорания, тем более холодную воду из обратной линии системы отопления можно подавать в котел без опасения конденсации влаги на его секциях.

Таблица 4

Ориентировочная температура конденсации («точка росы») водяных паров, продуктов сгорания различных видов топлива, не содержащих серы $S_{\text{д}}^{\text{р}} < 0,2\%$

Топливо	Ориентировочная температура конденсации чистых водяных паров в °C	Топливо	Ориентировочная температура конденсации чистых водяных паров в °C
Природный газ	60	Каменный уголь	38
Подмосковный уголь	50	Антрацит при вентиляторном дутье	25
Мазут	43		

Например, при сжигании каменного угля в обратной линии системы отопления достаточно пропустить воду с температурой $38+5=43^{\circ}\text{C}$.

Однако практически температура поступающей в секции воды достигает 25—30°C.

Как видно из табл. 4, при сжигании всех видов топлива, кроме антрацита, на стенках котла из продуктов сгорания будет выделяться влага. Особенно обильное выделение влаги происходит при сжигании влажного и богатого водородом топлива.

Присутствие в продуктах сгорания серы повышает «точку росы» на 70—100°C, что практически делает невозможным работу отопительных котлов без «потения» поверхностей нагрева.

При сжигании топлив, содержащих серу, в продуктах сгорания появляются SO_2 и SO_3 , которые, соединяясь с водяными парами, образуют серную или сернистую кислоту, вызывающую интенсивную коррозию металла.

Для предотвращения коррозии стальных котлов необходимо предусматривать либо подогрев обратной воды в специальных теплообменниках, либо подмешивание горячей воды к обратной, чтобы повысить ее нагрев до температуры, превышающей «точку росы» примерно на 5°C.

При эксплуатации стальных котлов следует тщательно следить за температурой обратной и горячей воды с тем, чтобы поверхность нагрева котла имела температуру выше «точки росы» дымовых газов. Указанные устройства значительно удорожают стоимость единицы вырабатываемого тепла стальными котлами. При рабо-

те стальных котлов без подмешивания воды они выходят из строя от коррозии металла через 1—2 отопительных сезона.

Ниже рассматриваются конструкции чугунных и стальных котлов, имеющих широкое применение в отопительной технике. Основные технические характеристики котлов приведены в табл. 5.

В этой таблице высота котлов с топками для сжигания антрацита дана в числителе, а для сжигания бурых и каменных углей — в знаменателе. Расчетный теплосъем показан в числителе для сортированного антрацита, в знаменателе для АРШ.

Для паровых котлов расчетные теплосъемы следует принимать на $1000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ меньше, исходя из постоянной работы котлов в отопительном сезоне, когда не исключено повышенное загрязнение золой, сажей или накипью.

2. Чугунные котлы устаревших конструкций

Широкое распространение в отопительных котельных получили чугунные котлы, изготавливаемые из отдельных элементов — секций. Небольшие их габариты, простота конструкций, возможность достаточно точно подобрать требуемую поверхность нагрева, соответствующую мощности системы отопления, способствовали их быстрому внедрению.

Все чугунные секционные котлы по своей конструкции могут быть разделены на два основных типа, имеющих принципиальное отличие: с внутренней и внешней топками.

Котлы типа Стреля и Стребеля. Котлы Стреля и Стребеля имеют внутреннюю топку и в настоящее время являются наиболее устаревшими типами котлов.

Котлы Стреля и Стребеля рассчитаны на работу с естественной тягой. Использование дутья под решетку для повышения форсировки топки в указанных котлах не рекомендуется, так как практика показала, что из-за неравномерного нагрева секций в местах непосредственного их соприкосновения с горящим топливом в них появляются трещины и котлы выходят из строя.

Котлы Стреля и Стребеля предназначены для сжигания высокосортных сортированных короткопламенных

Таблица 5

Основные технические показатели чугунных секционных водогрейных котлов

Тип котла	Кол-во секций в шт.		Типоразрез		Расстояние от решетки до низа секций в мм		Габариты котла в мм			Расчетный теплосъем в ккал/м ² ·ч				
	Крайних	Средних	в м ²	в УЖМ*	антрацит	каменный уголь	длина	ширина	высота	антрацит	каменный уголь	бурый уголь типа Ковного	газ	топливо
Стреля	2	6—10	15,5—24,3	—	—	—	975—1470	900	1700	7000 без дутья	—	—	—	—
	2	6—10	7—11	—	—	—	1047—1555	600	1350	7000 без дутья	—	—	—	—
Стребеля	4	18—34	25—43	—	—	600	1850—2940	2385	2630	12 000	12 000	12 000	—	—
	4	8—28	12,4—34,4	—	—	260	720—1970	1750	1810	9 000	—	7 000	—	—
НРч	4	10—30	18,2—46,2	—	—	—	845—2085	1500	1860	8 000	—	—	—	—
	4	10—30	21,4—55,4	—	—	690	960—2210	1880	2450	10 000	—	—	—	—
«Универсал»	—	18—34	37,8—71,4	—	—	210	1870—2930	2630	2600	11 000	—	—	—	—
	—	16—30	38,4—72	—	—	190	1870—2940	2630	2640	10 000	—	—	—	—
МГ-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 000	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9 000	—	—	—	—
МГ-2Т	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12 000	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 000	—	—	—	—

Котлы устаревшие

Тип котла	Количество секций в шт.		Типоразмеры		Расстояние от решетки до низа секций в мм		Габариты котла в мм			Расчетный теплосъем в ккал/м ² ·ч				
	крайних	средних	в м ²	в УКМ*	антрацит	бурый или каменный уголь	длина	ширина	высота	антрацит	каменный уголь	бурый уголь типа подмосковного	газ	жидкое топливо
«Тула-1»	—	16—30	43,2—81	57—106,9	204	850	1710—2785	2960	2430 2930	10 000 8 000	8000	7000	10 000	10 000
«Искитым»	—	22—38	34,7—62,4	—	630	1150	1880—2940	2660	2630 3000	10 000 9 000	9000	7000	10 000	10 000
«Энергия-3»	—	18—34	36,8—73,6	48,9—97,9	630	1150	1820—2880	2900	2630 3000	10 000 8 000	8000	7000	10 000	10 000
Ча-2	—	20—36	46,8—88,4	—	650	1200	1650—2770	3090	2565 3115	— 11 000	—	9000	12 000	12 000
«Энергия-5-Д11»	4	18—34	34,1—59,1	60,4—104,7	350	700	1800—2850	2480	2300 2650	10 000	—	9000	12 000	12 000
«Отопитель»	—	20—36	32—60,3	56—105	240	460	1785—2915	2710	3490 3680	10 000	—	9000	12 000	12 000

Тип котла	Количество секций в шт.		Типоразмеры		Расстояние от решетки до низа секций в мм		Габариты котла в мм			Расчетный теплосъем в ккал/м ² ·ч				
	крайних	средних	в м ²	в УКМ*	антрацит	бурый или каменный уголь	длина	ширина	высота	антрацит	каменный уголь	бурый уголь типа подмосковного	газ	жидкое топливо
Котлы новые														
КЧ-1	4	8—16	8,4—14	12,6—21	310	—	890—1400	1610	1950	13 000 11 000	11 000	9000	12 000	11 000
«Универсал-5»	4	10—34	15,2—42,7	21,6—72,4	—	—	985—2485	2060	1910	13 000 10 000	10 000	7000	12 000	11 000
«Универсал-6»	4	14—38	19,8—46,2	36—84	280	770	1115—2615	1966	2030 2465	14 000 11 000	11 000	9000	12 000	11 000
«Универсал-6М»	4	18—34	22,4—41,8	44—76	280	770	1584—2660	2070	2100 2470	14 000 11 000	11 000	9000	12 000	11 000
«Энергия-6»	—	20—36	27,9—52,7	56—105	295	770	1689—2745	2460	2390 2770	15 000 12 000	12 000	9000	12 000	11 000
АВ-2	4	12—32	19,9—47,5	32,4—77	—	—	1282—2642	1750	2140	15 000 12 000	12 000	9000	12 000	11 000

Примечания: 1. УКМ — условный квадратный метр поверхности нагрева котла (см. стр. 62).
2. В числителе указан теплосъем при сжигании сортированного антрацита (АК); в знаменателе — рядового антрацита (АРШ).

углей, главным образом антрацитов. Сжигать низкосортное топливо в указанных котлах нельзя, поскольку при большой радиационной поверхности в топке невозможно обеспечить необходимую температуру горения топлива. Кроме того, небольшой объем топки в этих котлах приводит к повышенным потерям тепла с химическим недожогом.

Если по каким-либо причинам возникает необходимость сжигать низкосортное топливо, то к ним пристраиваются выносные топки.

Котел НРч. Котел НРч (рис. 11) разработан инж. Н. Н. Ревокатовым и отличается от котла Стреля и Стрелебя тем, что имеет внешнюю топку, обеспечивающую сжигание любого топлива.

Секции котла НРч в отличие от О-образной формы секций котла Стреля или Стрелебя имеют Р-образную форму. Котел устанавливается на кирпичное основание. Такая конструкция позволяет размещать колосниковую решетку на необходимом уровне по отношению к нижним ниппельным головкам секций и выбирать расчетную высоту топочного пространства в соответствии с предполагаемым видом сжигаемого топлива. При сжигании в котле НРч бурого угля колосниковую решетку опускают на 1150 мм от низа секций. Кирпичная футеровка в топке дает возможность обеспечить необходимую температуру горения и сжигание любого вида топлива.

Так как слой топлива не соприкасается с секциями, создаются благоприятные условия для применения искусственного дутья под решетку и возможность значительно повысить теплопроизводительность котлов по сравнению с котлами Стреля.

Котлы НРч устанавливаются с двусторонним расположением секций в виде шатра (отсюда название котлов — шатровые) и соответственно с двусторонним отводом дымовых газов.

С торцов котлы НРч имеют крайние секции. Стенки топки и сам котел снаружи обмуровывают кирпичной кладкой. Сверху в обмуровке котла имеются специальные отверстия, которые закрывают съемными крышками для очистки вертикальных газоходов от золы. Топку котла оборудуют плитчатыми колосниками.

Недостатками котлов НРч являются: слабо развитая конвективная поверхность нагрева секций, большой

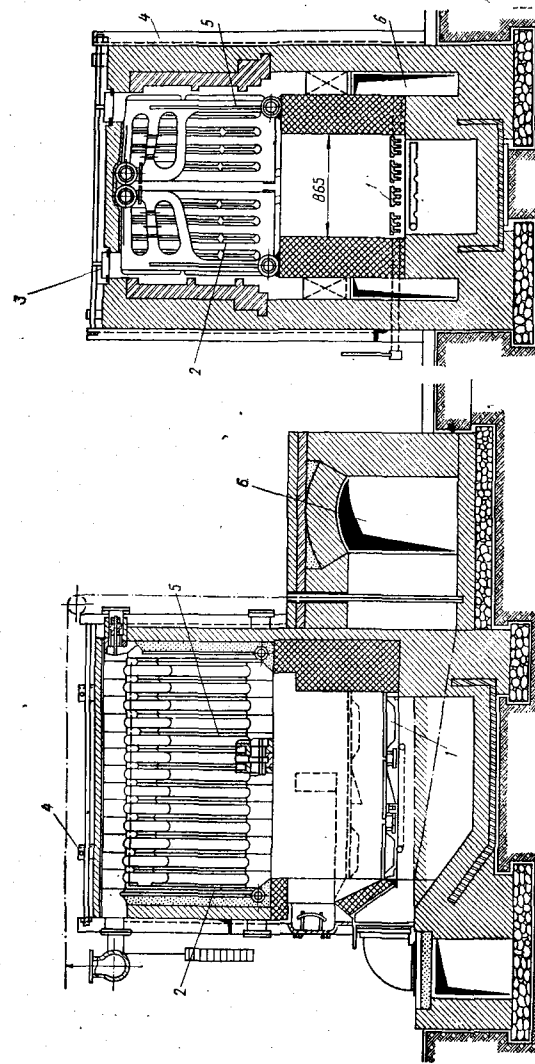


Рис. 11. Чугунный секционный котел НРч с топкой для твердого топлива

1 — колосники; 2 — крайняя секция; 3 — лючки для очистки газоходов; 4 — каркас; 5 — средняя секция; 6 — газозаход

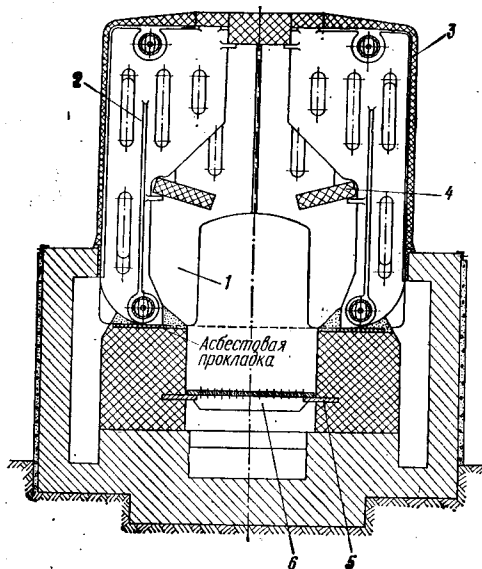


Рис. 12. Чугунный секционный котел «Универсал» с топкой для твердого топлива
 1 — крайняя секция;
 2 — средняя секция;
 3 — теплоизоляционная мастика; 4 — зажига- тельные сводки; 5 — подколосниковая бал- ка; 6 — колосники

удельный расход металла, слабая циркуляция воды, особенно в средней трубе надтопочного вылета.

За последние годы выпущено много различных чугунных секционных котлов шатрового типа.

Котел «Универсал». Чугунный секционный котел «Универсал» разработан для замены секционных котлов Стреля, имеющих внутренние топки. Котел «Универсал», так же как и котел НРч, имеет внешнюю топку. Секции его соединяются между собой с помощью nipples. Для сжигания низкосортного топлива на секциях предусмотрены специальные приливы для установки шамотных кирпичей, играющих роль «зажигательных сводов». При сжигании антрацита и другого высокосортного топлива зажигательные своды не устанавливают. Для увеличения площади колосниковой решетки и объема топочного пространства пакеты котла раздвигают. Проем между пакетами секций закладывают огнеупорным кирпичом, который опирается на специальные приливы секций. Котел разработан с металлическим кожухом и без него.

На рис. 12 изображена конструкция котла «Универсал» без металлического кожуха с обмазкой секций мастикой и кирпичными боковыми стенками газоходов, которая нашла широкое распространение в эксплуатации.

Котел «Универсал» имеет также крайние секции, на которых с фронтальной стороны расположены люки для очистки газоходов котла от золы.

При сжигании низкосортного топлива котлы «Универсал» оборудуют качающимися колосниками. В случае сжигания антрацита применяют обычные плитчатые колосники или качающиеся колосники закрепляют неподвижно.

Котел «Универсал-3». Конструкция котла «Универсал-3» (рис. 13) разработана на основе котла «Универсал». Изменены только конфигурация секции и местоположение nipple-отверстий. Если в котле «Универсал» nipples располагались на одной оси, то в котле «Универсал-3» они смещены по отношению друг к другу. Это позволяет установить сверху всего лишь одну общую чистку секций.

В котле «Универсал-3» увеличена поверхность нагрева как отдельной секции за счет ее оребрения, так и котла в целом; увеличена ширина колосниковой решетки до 600 мм. Загрузочная дверка имеет несколько больших размеров. Котлы «Универсал-3» можно монтировать с различным расположением колосниковых решеток, т. е. с внешними и внутренними топками. Котлы, предназначенные для сжигания антрацита, собирают из секций трех типов: крайних передних, средних и крайних задних. Колосники устанавливают на специальные приливы в нижней части средних секций.

Котлы с внешней топкой предназначены для работы на низкосортном топливе, их монтируют из двух типов секций — крайних задних и средних. Колосники в котлах с внешней топкой устанавливают на подколосниковые балки, заделанные в кирпичных стенках.

Для удобства обслуживания топки при сжигании низкосортного топлива, имеющего высокую зольность, колосниковая решетка имеет вместо качающихся опрокидывающиеся колосники.

При сжигании влажного низкосортного топлива устанавливают «зажигательные сводки».

Для чистки газоходов от золы в верхней части секций имеются отверстия, которые заделывают кирпичом.

Котел «Универсал-4». Котел «Универсал-4» является модернизированной конструкцией котла «Универсал-3». Ширина колосниковой решетки этого котла увеличена до 710 мм. Это дало возможность значительно повысить

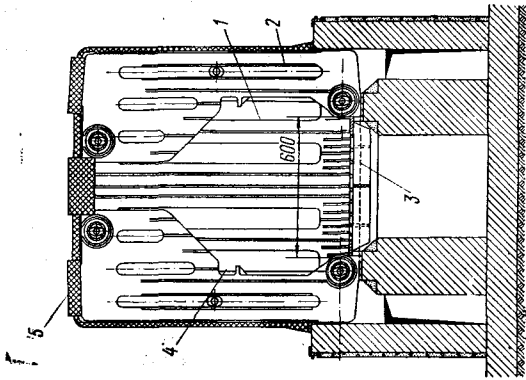


Рис. 13. Чугунный секционный котел «Универсал-3» с топкой для антрацита
 1 — крайняя задняя секция; 2 — средняя секция; 3 — плитчатый колосник; 4 — приливы для установки зажимательных сводяков; 5 — отверстия для чистки газоводов, заложены кирпичом

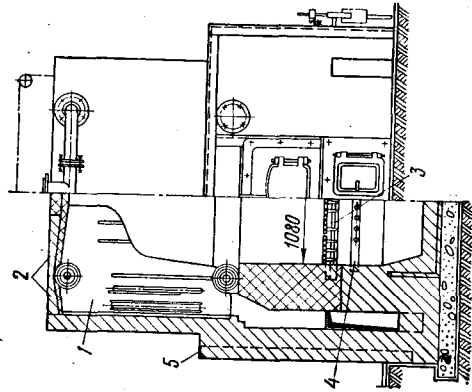


Рис. 14. Чугунный секционный котел МГ-2 с топкой для твердого топлива
 1 — средняя секция; 2 — лотки для чистки газоводов; 3 — колосник; 4 — труба для заливки шлака; 5 — обвязочный каркас

его тепловую мощность. Изменены размеры секций и разгита их конвективная поверхность. Снаружи боковые стенки котла обмурованы красным кирпичом. Передняя и задняя стенки покрыты теплоизоляционной мастикой. Для сжигания низкосортного топлива котел снабжен внешней топкой.

Несмотря на увеличение поверхности нагрева и мощности топки, значительного повышения к. п. д. котла «Универсала-4», по сравнению с котлом «Универсалом-3» получено не было.

Характерной особенностью рассмотренных выше котлов «Универсал», «Универсал-3», «Универсал-4» является то, что они имеют одно и то же расстояние между верхним и нижним ниппельными отверстиями, которое составляет 1100 мм.

В настоящее время эти котлы сняты с производства.

К устаревшим типам чугунных секционных котлов относятся также ряд котлов, общим признаком которых является межниппельное расстояние, равное 1330 мм. К таким котлам относятся котлы МГ-2; МГ-2Т; «Тула-1»; «Искитим»; Ча-2 и «Энергия-3»; «Отопитель» и «Энергия 5-Д». Указанные котлы, за исключением «Тулы-1», «Энергии-3» и «Энергии 5-Д», промышленностью не выпускаются.

Котлы МГ-2 и МГ-2Т (рис. 14). Стремление повысить к. п. д. за счет увеличения конвективной поверхности нагрева котлов привело к созданию громоздких секций котлов типа МГ-2. Секции имеют коробчатую форму и одноосное расположение ниппельных отверстий.

Котел МГ-2 состоит только из одних средних секций. Крайние секции в котле отсутствуют, а с торцов котел закладывают кирпичом. Боковые стенки котла также выполнены из кирпича. Котел имеет внешнюю топку, позволяющую сжигать как высокосортное, так и низкосортное топливо. Топка оборудуется плитчатыми неподвижными и опрокидывающимися колосниками.

Существенным недостатком котлов МГ-2 в эксплуатации являлся очень частый выход их из строя в результате появления трещин в надтопочном вылете. Этот недостаток объясняется расположением ниппелей. При расположении ниппелей на одной оси движение воды происходит по пути наименьшего сопротивления и стенки надтопочного вылета недостаточно охлаждаются. Это вызывает неравномерный прогрев секций, в результате

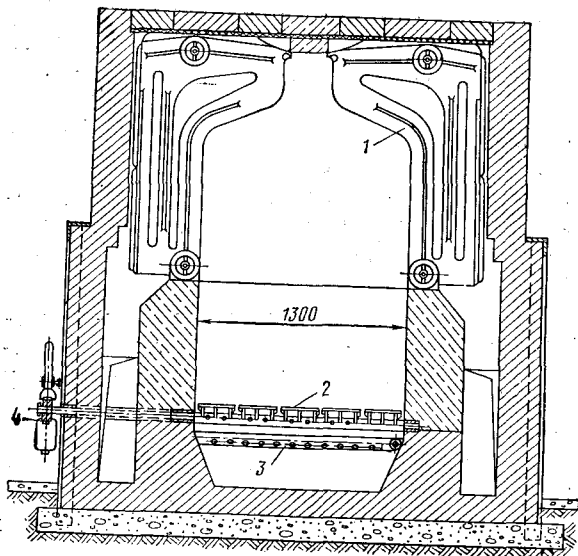
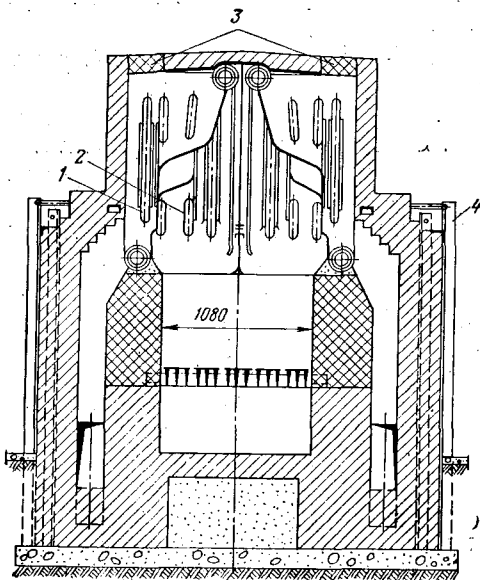


Рис. 15. Чугунный секционный котел «Тула-1» с топкой для каменных и бурых углей

1—средняя секция; 2—колосники; 3—труба для заливки и шлама; 4—рукоятка с грузом для поворота и опрокидывающая ось колошников

Рис. 16. Чугунный секционный котел «Искитим» с топкой для антрацита

1—средняя секция; 2—перевернутая средняя секция, используемая вместо крайней; 3—лючки для очистки газопроводов; 4—каркас



которого в них появляются трещины. Секции котла МГ-2Т отличаются от секций МГ-2 тем, что в них сделано несколько пережимов для улучшения циркуляции воды и условий охлаждения стенок. Кроме того, торцовая сторона секции имеет оребрение, образующее газоход между секциями и кладкой обмуровки.

Проведенная модернизация котла МГ-2Т не устранила основные недостатки котла МГ-2.

Котел «Тула-1» (рис. 15). Котел «Тула-1» относится к котлам устаревшей конструкции, так как его весовые и теплотехнические показатели уступают показателям новых котлов аналогичного типа. Котел «Тула-1» является модернизацией котла МГ-2Т. Величина сечения каналов в секции выбрана таким образом, чтобы наибольшее количество воды проходило по радиационной части и наименьшее по конвективной.

Так же как и в котле МГ-2Т, между боковой стенкой обмуровки и торцом секции образован газоход. Ширина колосниковой решетки увеличена до 1300 мм. Котел имеет внешнюю топку, позволяющую сжигать как высококачественное, так и низкосортное топливо. Колосниковая решетка состоит из плитчатых неподвижных и опрокидывающихся колосников.

Котел «Искитим». Котел «Искитим» (рис. 16) является модернизацией котла НРч. Он имеет большую поверхность нагрева и более высокие теплотехнические показатели. Ширина колосниковой решетки котла «Искитим» по сравнению с котлом НРч увеличена до 1080 мм при той же длине.

В котле «Искитим» впервые были использованы средние секции вместо крайних. При этом средние секции можно переворачивать и устанавливать верхней частью вниз. Зазоры в торцах закладывают кирпичом. Котлы «Искитим» имеют внешнюю топку.

Для удобства обслуживания при сжигании низкосортного топлива с большой зольностью колосниковая решетка снабжена тремя опрокидывающимися колосниками. Снаружи котел обмурован кирпичом.

Котел «Энергия-3». Отличительной особенностью котла «Энергия-3» (рис. 17) является то, что у него вместо специальных крайних используют также и средние секции. Если в котле «Искитим» при установке средних секций вместо крайних остаются отверстия, которые закладывают кирпичом, то в котле «Энергия-3» переход рас-

ширенной части секций в узкую выполнен под углом 45° , благодаря чему перевернутые крайние секции ограждают топку спереди и сзади полностью без просвета. Котел «Энергия-3» имеет внешнюю топку с плитчатыми неподвижными и опрокидывающимися колосниками.

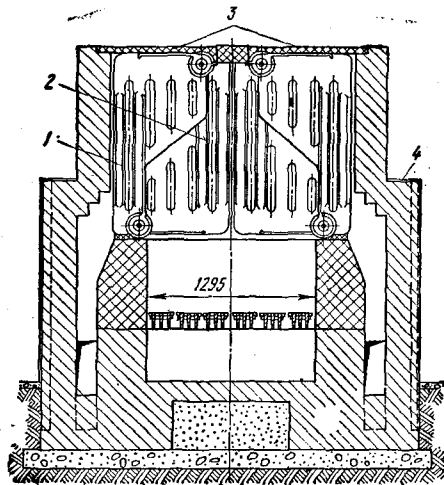


Рис. 17. Чугунный секционный котел «Энергия-3» с топкой для антрацита
1 — средняя секция; 2 — перевернутая средняя секция, используемая вместо крайней; 3 — лючки для чистки газохода; 4 — каркас

По весовым и теплотехническим показателям «Энергия-3» значительно уступает аналогичным типам новых котлов, например котлу «Энергия-6».

Котел Ча-2. Так же как и котел «Энергия-3», котел Ча-2 (рис. 18) состоит только из средних секций. Вместо крайних устанавливают перевернутые средние секции. Поверхность нагрева секции увеличена до $2,6 \text{ м}^2$ по сравнению с секцией котла «Энергия-3», которая имеет $2,3 \text{ м}^2$. Ширина колосниковой решетки составляет 1510 мм . Для ее обслуживания установлены две загрузочные дверки. Сверху котел обмурован кирпичом и имеет внешнюю топку.

Недостатком котла Ча-2 является его большая металлоемкость.

Котел «Энергия 5-Д». Конструкция котла «Энергия 5-Д» (ЭБ-Д1) разработана вместо чугунных котлов типа МГ-2. Модернизация котла была проведена с целью уменьшить металлоемкость секций. Отличительной особенностью котла ЭБ-Д является то, что секции (см. рис. 18) имеют большой надтопочный вылет и сравнительно узкую вертикальную конвективную колонку. Сек-

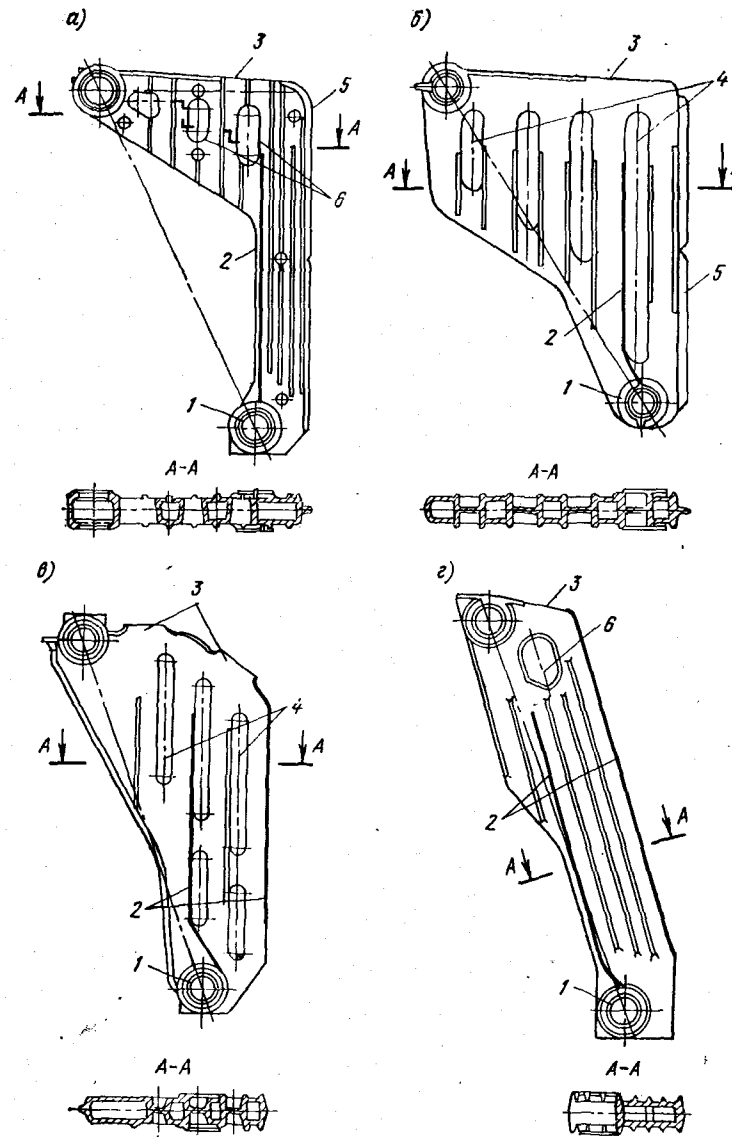


Рис. 18. Средние секции чугунных котлов

а — «Энергия 5-Д1»; б — Ча-2; в — «Отопитель»; г — «Универсал-6М»; 1 — выпелная головка; 2 — стыкующее ребро; 3 — отверстие для чистки; 4 — пережимы; 5 — торцовое ребро; 6 — отверстие

ция со стороны обмуровки имеет торцовое ребро для увеличения поверхности нагрева.

Котел Э5-Д имеет внешнюю топку. Ширина колосниковой решетки равна 1300 мм. Котел состоит из средних и крайних (однотипных) секций, сверху он покрыт кирпичной обмуровкой. Для улучшения эксплуатационных качеств последнюю модель котла (Э5-Д11) поставляют потребителям со специальными накладными лючками, заменяющими кирпич, для облегчения чистки газоходов котла от золы и сажи. Кроме того, для облегчения чистки топки от шлака котел по особому заказу потребителя поставляют с проточной колосниковой решеткой.

Котел «Отопитель». Котел «Отопитель», так же как и котел Э5-Д1, имеет проточную колосниковую решетку, включенную в общий циркуляционный контур котла. Колосниковую решетку выполняют из труб треугольного и квадратного профиля, расположенных с подъемом 1:25 к фронту котла.

Вода из системы отопления сначала подается в трубы колосниковой решетки, а затем в нижний коллектор котла. Проточная колосниковая решетка повышает к. п. д. котла на 3—4%, облегчает труд кочегара при чистке топки от шлака и рекомендуется для водогрейных котлов, работающих на антраците и бурых углях.

Котел имеет внешнюю топку. Для чистки газоходов от золы и сажи сверху секции расположены отверстия, закрываемые съемными крышками (см. рис. 18). В качестве крайних секций могут быть использованы перевернутые средние.

3. Чугунные котлы новых конструкций

В настоящее время промышленностью выпускаются котлы с межнипельными расстояниями: КЧ-1 — 890 мм; «Универсал-5» и «Универсал-6» — 1100 мм; «Энергия-6», «Энергия-3» и «Тула-1» — 1330 мм.

Наилучшие теплотехнические и весовые показатели имеют котлы КЧ-1, «Универсал-6» и «Энергия-6». Общей характерной чертой данных котлов является одинаковая конфигурация секции, отличающаяся лишь размерами между центрами nippleных головок (размер A^*).

* A , A_1 и A_2 — расстояния между центрами nippleй и между верхними и нижними nippleными головками секций.

При разработке этих котлов имелось в виду создание унифицированной серии котлов типа КЧ, отличающихся друг от друга размерами секций, а также размерами между верхними и нижними nippleными головками секций собранных котлов (соответственно размеры A_1 и A_2).

Основные размеры котлов типа КЧ соответственно A , A_1 и A_2 составляют в мм:

КЧ-1 . . .	A —890;	A_1 —360;	A_2 —820
КЧ-2 . . .	A —1100;	A_1 —400;	A_2 —1150
КЧ-3 . . .	A —1330;	A_1 —650;	A_2 —1500

Котлами типа КЧ предполагалось заменить все существующие конструкции чугунных секционных котлов.

Однако унифицированной серии котлов до сих пор не создано. Поэтому чугунных котлов типа КЧ, за исключением КЧ-1, у которого нет другого названия, в действительности не существует. В дальнейшем котлы с межнипельным расстоянием 1100 мм стали условно относить к котлам КЧ-2, а с расстоянием 1330 мм к котлам КЧ-3. Например, принято говорить так: котлы типа КЧ-2 (модели «Универсал-5», «Универсал-6» и «Универсал-6М») или котлы типа КЧ-3 (модели «Энергия-3», «Энергия-6» и «Тула-1»).

Условный квадратный метр (УКМ). До 1960 г. поверхность нагрева чугунных секционных котлов измерялась и планировалась при выпуске в квадратных метрах (m^2). Стремление заводов-изготовителей к наращиванию выпуска котла приводило к нерациональному увеличению поверхности нагрева секций без учета эффективности их работы. В результате расход металла увеличивался, а тепловой эффект оставался прежним.

В 1960 г. Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства были утверждены «Указания по определению размеров чугунных секционных котлов в условных квадратных метрах» (СН 146-60), согласно которым для оценки чугунных котлов введена новая единица их измерения — условный квадратный метр (УКМ), или, как принято обозначать в последнее время, m^2 УПН — квадратные метры условной поверхности нагрева.

Условным квадратным метром (УКМ) называется величина такой поверхности

нагрева чугунного секционного котла, которая при работе с ручными толками на грохоченом антраците и тепловом напряжении зеркала горения $500\,000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ дает $10\,000 \text{ ккал/ч}$ тепла при к.п.д. не ниже 70%.

Введение этого измерителя, по существу, важно лишь для планирующих организаций и заводов-изготовителей, для которых становится главным не общий валовой выпуск котлов в квадратных метрах, а выпуск котлов в УКМ — качественно новых единицах. При конструировании новая единица измерения УКМ важна лишь с точки зрения оценки конструкции. Все необходимые тепловые расчеты производят, как обычно, принимая поверхность нагрева в физических квадратных метрах.

Введение в практику УКМ позволило улучшить эффективность использования металла в чугунных котлах, т. е. получать тот же (или повышенный) тепловой эффект при меньших затратах металла.

К недостаткам УКМ относятся: строгая привязка конструкции котла к размерам колосниковой решетки (для котлов с большими колосниковыми решетками УКМ выгоден, для малых решеток невыгоден). Кроме того, УКМ относится только к одному виду топлива — грохоченому антрациту. При работе котлов на других видах топлива необходимо вводить коррективы, подчас весьма произвольные из-за отсутствия экспериментальных данных. УКМ не дает возможности выявлять преимущества котлов по к. п. д., так как он определяется при одной величине — не ниже 70%.

В настоящее время разрабатывается новый тепловой измеритель отопительных котлов, связанный с его номинальной теплопроизводительностью.

Условную поверхность нагрева, или условный квадратный метр (УКМ), и номинальную теплопроизводительность котлов определяют теплотехническими балансовыми испытаниями по специальным методикам.

Котел КЧ-1 (рис. 19). Из секционных котлов шатрового типа котел КЧ-1 является наименьшим по теплопроизводительности, которая составляет $80\,000—220\,000 \text{ ккал/ч}$. Котел имеет внешнюю топку, оборудованную плитчатыми колосниками для сжигания любых видов топлива. Для чистки топки от шлака служит колосник с поворотным механизмом, с помощью которого шлак сбрасывается в зольник, расположенный в нижней

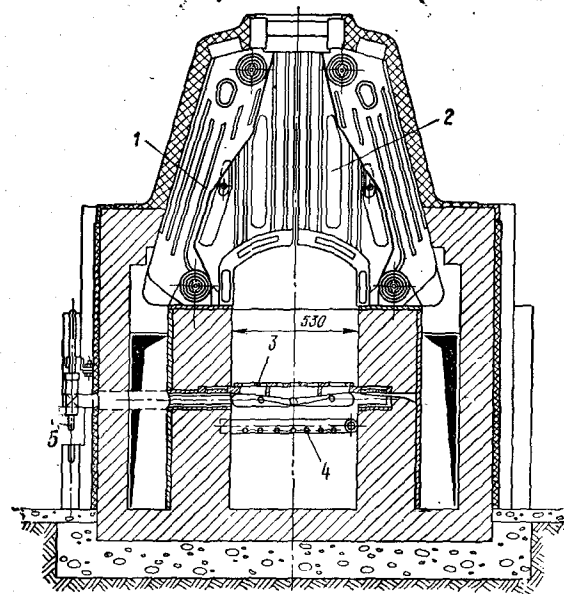


Рис. 19. Чугунный секционный котел КЧ-1 с топкой для сжигания антрацита

1—средняя секция; 2—крайняя секция; 3—колосники; 4—груб для заливки шлака; 5—рукоятка с грузом для поворота опрокидывающихся колосников

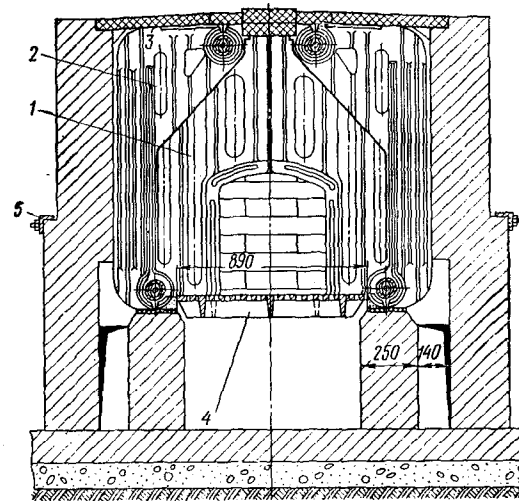


Рис. 20. Чугунный секционный котел «Универсал-5» с топкой для сжигания антрацита

1—крайняя секция; 2—средняя секция; 3—лючки для чистки; 4—колосник; 5—каркас

части поддувала. Заливку водой шлака осуществляют через дырчатую трубу, введенную в поддувало. Сверху котел обмазывают теплоизоляционной мастикой. Сборные боковые газоходы котла выкладывают из кирпича. Чистку газоходов от золы производят сверху через отверстия в секциях, закладываемые огнеупорным кирпичом.

Котел «Универсал-5». Котел «Универсал-5» (рис. 20) по теплотехническим и весовым показателям уступает однотипным котлам «Универсал-6». По сравнению с котлом «Универсал-4» в этом котле изменена конфигурация секции, уменьшена поверхность нагрева и улучшено соотношение между радиационной и конвективной поверхностями нагрева.

В котле имеются три типа секций: средние, крайние передние и задние. Боковые сборные газоходы и секции котла обмурованы красным кирпичом. Крайние секции покрываются теплоизоляционной мастикой. Котел «Универсал-5» имеет внутреннюю топку и предназначен для сжигания только сортированного антрацита. Топка оборудована плитчатыми колосниками, установленными на приливах секций. Между боковой поверхностью секции и обмуровкой расположен газоход, для чего на боковой стороне секции отлито специальное ребро для увеличения поверхности нагрева. Практика эксплуатации показала, что котел «Универсал-5» обладает высокой прочностью. Случаи выхода его из строя весьма редки.

Котлы «Универсал-6» и «Универсал-6М». Котел «Универсал-6» так же, как и котел КЧ-1, является прототипом котлов унифицированной серии КЧ-2 (рис. 21). Он собран из двух типов секций — средних и крайних и имеет внешнюю топку. Снаружи секции покрыты теплоизоляционной мастикой. Сборные боковые газоходы выкладывают из кирпича.

Котел «Универсал-6М» (рис. 18) представляет собой разновидность котла «Универсал-6». Для улучшения условий циркуляции воды топочный вылет сделан более плавным, а для увеличения прочности в верхней части секций имеется сквозное отверстие. Ширина колосниковой решетки в котле «Универсал-6М» увеличена до 1030 мм. Колосники в топке установлены продольно, один ряд колосников является опрокидным. Для заливки шлака водой в поддувале расположена дырчатая труба.

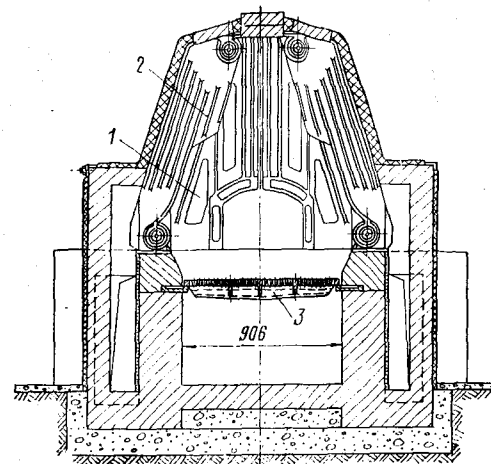


Рис. 21. Чугунный секционный котел «Универсал-6» с топкой для сжигания антрацита

1—крайняя секция; 2—средняя секция; 3—колосник

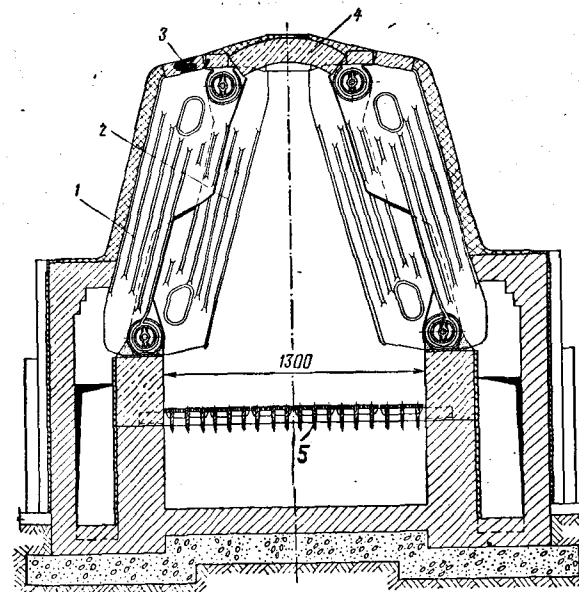


Рис. 22. Чугунный секционный котел «Энергия-6» с топкой для сжигания антрацита.

1—средняя секция; 2—перевернутая средняя секция, используемая вместо крайней; 3—лючки для чистки газоходов; 4—свод; 5—колосник

Котел «Энергия-6». Котел «Энергия-6» является прототипом котлов унифицированной серии КЧ-3 (рис. 22). Котел собран только из средних секций. При этом топка ограждена перевернутыми средними секциями лишь частично, а промежутки между секциями заложены кирпичом. Котел «Энергия-6» имеет внешнюю топку. Ширина колосниковой решетки составляет 1300 мм. Плитчатые колосники укладываются продольно оси котла. Сверху между пакетами секций смонтирован кирпичный свод. Чистку газоходов осуществляют так же, как и в других котлах.

Котел АВ-2. Котел АВ-2 серийно не выпускается. Котел имеет два типа секций — средние и крайние. Причем крайние секции передние и задние одинаковы и имеют проем для загрузочной дверцы. Сзади этот проем при монтаже закладывают кирпичом. Колосники, так же как и в котлах «Универсал-3, 4, и 5», устанавливают на приливах секций. Газоходы секций котла сужены книзу, что при сжигании влажных и рядовых топлив приводит к их засору.

Паровые котлы. Чугунные секционные котлы можно использовать как паровые на давление не выше 0,7 атм.

Для этого их оборудуют паросборниками.

Паросборники старых конструкций, например, для котлов Стреля, Стребеля выполняли из чугуна диаметром 500 мм.

Паросборники для котлов НРч изготавливались из стали диаметром 600 мм.

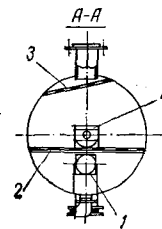
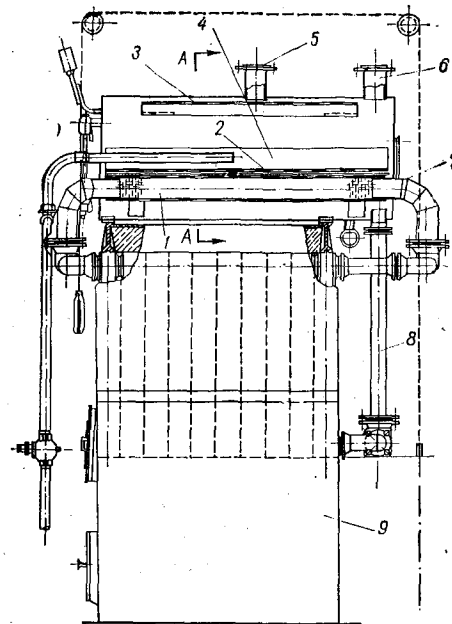
Паросборники котлов НРч сепарационных устройств внутри барабана не имеют. Вследствие этого влажность получаемого пара достигает 7—30%. Кроме того, паросборники котлов НРч требуют установки четырех циркуляционных труб, что значительно увеличивает металлоемкость котла.

В дальнейшем была разработана новая конструкция паросборника, которую как типовую стали применять во всех чугунных секционных котлах.

Паросборник представляет собой стальной цилиндр диаметром 600 мм, с торцов которого приварены плоские днища. Пароводяная эмульсия из верхних отводящих тройников котла поступает в паросборник с двух сторон в дырчатый короб, расположенный ниже уровня воды. Дырчатый короб позволяет погасить скорость пароводяной эмульсии и равномерно распределить ее по всей дли-

Рис. 23. Паросборник в компоновке с чугунным секционным котлом

1 — дырчатая труба; 2 — дырчатый лист; 3 — потолочный дырчатый щит; 4 — питательное корыто; 5 — отбор пара; 6 — отвод пара на гидравлический затвор; 7 — подвод пароводяной эмульсии; 8 — циркуляционная труба; 9 — чугунный котел



не паросборника. Количество отверстий в коробе обеспечивает скорость пароводяной эмульсии до 1—1,2 м/сек.

Для дальнейшего понижения скорости и создания равномерного зеркала испарения над коробом установлен дырчатый затопленный лист, отверстия которого рассчитаны на получение скорости пароводяной эмульсии 0,3—0,5 м/сек. Для предотвращения уноса капелек влаги в отводящий паропровод перед ним установлен наклонный дырчатый лист.

Питательную воду вводят в паросборник через специальное корыто, которое дает возможность равномерно распределить эту воду по всему зеркалу испарения. С котлом паросборник соединен циркуляционной трубой.

Такая конструкция паросборника позволяет получить пар влажностью не более 2%. Компоновку паросборника с различными типами чугунных секционных котлов выполняют, как показано на рис. 23, изменяется лишь длина паросборника и для более мощных котлов устанавливают вместо одной две циркуляционные трубы.

Чугунные и стальные секционные котлы нельзя очищать от накипи механическим способом.

Очистка их от накипи производится химическим методом.

4. Переоборудование чугунных котлов для сжигания газа и жидкого топлива

Чугунные секционные котлы шатрового типа по своей конструкции являются универсальными котлами. В зависимости от типа топки (внутренняя или внешняя) они могут приспособляться для сжигания антрацита, высококалорийного каменного и низкокалорийного бурого угля, а также для сжигания газа и жидкого топлива.

Переоборудование котлов для сжигания газообразного топлива заключается в том, что из котлов удаляют колосниковую решетку и фронтную плиту с загрузочной и зольниковой дверками. Вместо них устанавливают с фронта котла или под котлом газовые горелки с автоматикой и соответствующим оборудованием.

На рис. 24 показан котел «Универсал-6» с форкамерной горелкой, переоборудованный для сжигания газообразного топлива. Форкамерная горелка конструкции Укргипроинжпроекта размещена под котлом. Она состоит из труб 1 сварной конструкции, огнеупорного блока каналов-смесителей 2, форкамеры 3 и рамы 4. Рама закреплена в топке. На раме выложены каналы-смесители из огнеупорного кирпича. Над блоком смесителей размещена керамическая насадка — форкамера, представляющая собой канал высотой в 4 кирпича на плашку.

Воздух поступает в каналы-смесители снизу. В подовое пространство котла он проникает через воздушные клапаны 5. В задней стенке топки имеется взрывной клапан. На передней стенке котла устанавливают контрольно-измерительные приборы пневмомеханической автоматики.

Чугунные котлы для сжигания жидкого топлива переоборудуют аналогичным образом. Отличие заключается

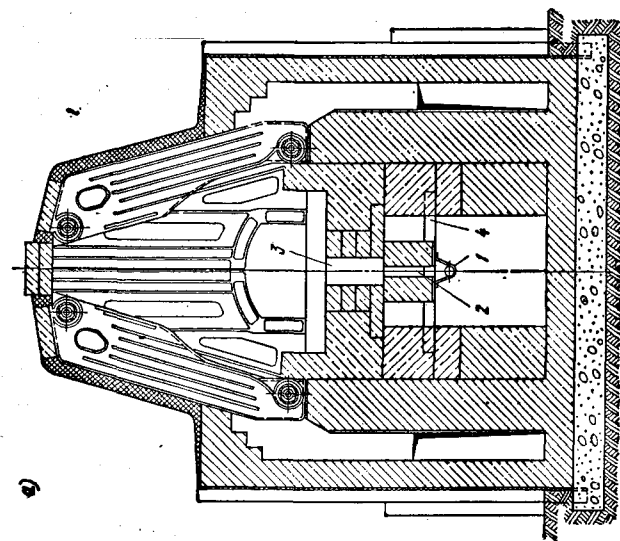
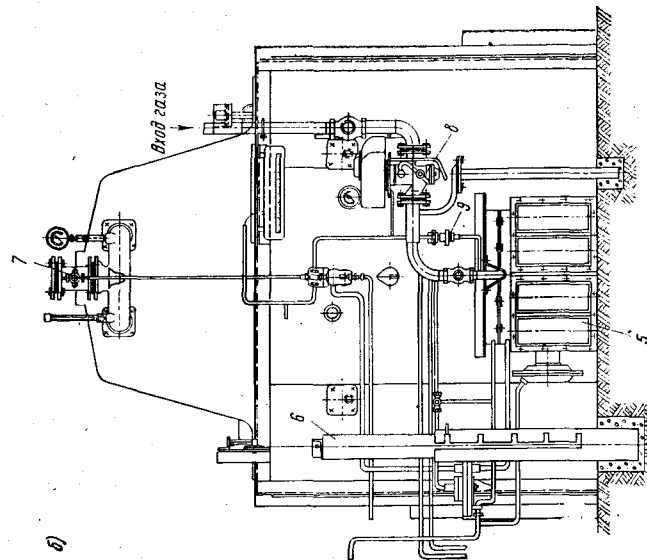


Рис. 24. Котел «Универсал-6» с форкамерной горелкой для сжигания газа

а — поперечный разрез; б — вид с фронта; 1 — газовый коллектор; 2 — канал-смеситель; 3 — фор камера; 4 — рама; 5 — дроссельная заслонка с мембранным приводом; 6 — противовес шибера; 7 — прибор контроля температуры воды; 8 — котловой блок безопасности; 9 — электромагнитный клапан

лишь в том, что вместо газовой горелки устанавливают форсунку для сжигания жидкого топлива (рис. 25).

Ротационную форсунку (рис. 26) применяют для распыливания мазута марок М-40 и М-100. При ротационном распыливании предварительно подогретое топливо подают насосом или самотеком в полый конический стакан 8, насаженный на конец вращающегося вала 14 форсунки. Центробежной силой топливо прижимается к внутренней стенке стакана, движется к краю, растекаясь по стакану тонкой пленкой, и, дойдя до края, разбрызгивается. Находящийся на этом же валу вентилятор 11 подает первичный воздух при напоре 450—500 мм вод. ст., создавая вокруг стакана воздушный поток, под влиянием которого образуется газовая смесь. Вал с вентилятором и стаканом вращается электродвигателем 4 с клиноременной передачей 3, обеспечивающей 3—4 тыс. об/мин. Первичный воздух составляет около 20% общего количества воздуха, необходимого для горения. Вторичный воздух (около 80% общего расхода) поступает от вентилятора или засасывается в топку за счет разрежения.

Основным достоинством ротационной форсунки является ее малая чувствительность к низким сортам топлива, при хорошем качестве распыливания, которое не зависит от тепловой нагрузки котла, что дает возможность легко регулировать производительность. Ротационная форсунка может иметь короткий факел, — это особенно важно для котлов малой мощности.

Неавтоматизированная ротационная форсунка (см. рис. 26) имеет номинальную производительность 150 кг/ч. Опыт эксплуатации этой форсунки при ручном управлении показал, что она устойчиво работает при изменении нагрузки от 35 до 200 кг/ч.

Сжигание тяжелого жидкого топлива требует предварительного его нагрева до 80—90°C. Этот нагрев обеспечивается устройствами топливного блока (см. рис. 25). Топливный блок состоит из подогревателя мазута 7 с двумя дилатометрическими датчиками температуры, редуктора для стабилизации давления мазута перед форсункой, циркуляционного насоса 8 с электродвигателем, электромагнитного клапана 9, кольца циркуляции топлива, манометра и термометра.

Для защиты секций от прямого действия факела задние секции котла в камере горения частично изолирова-

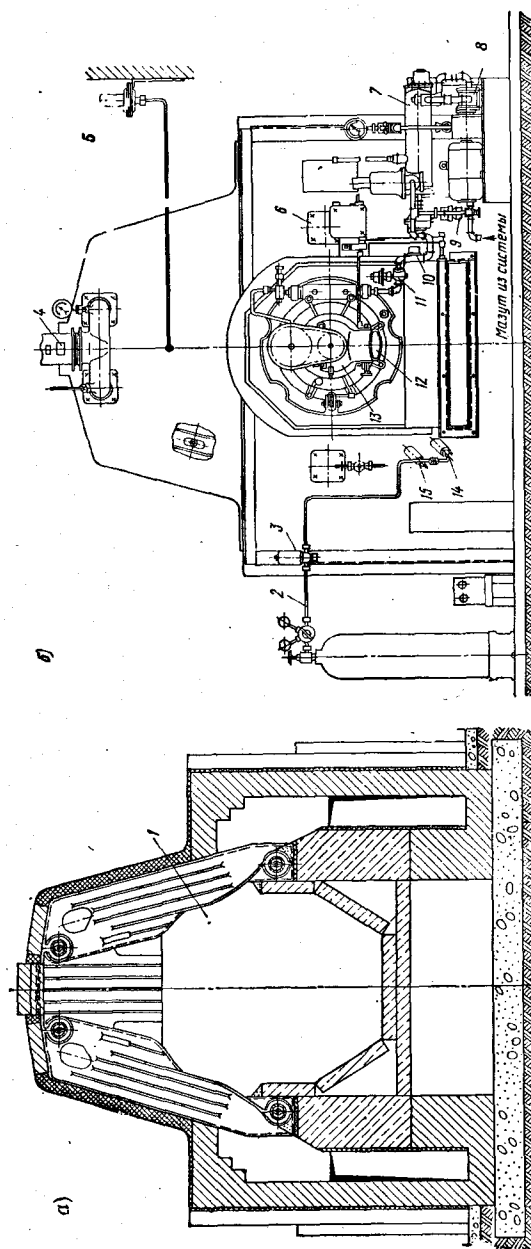


Рис. 25. Котел «Универсал-6» с ротационной форсункой для сжигания жидкого топлива

а — поперечный разрез; б — вид с фронта; 1 — камера сгорания; 2 — газовый трубопровод; 3 — электромагнитный клапан; 4 — датчик температуры; 5 — датчик разрежения; 6 — электрический исполнительный механизм; 7 — подогреватель мазута; 8 — топливный насос; 9 — электромагнитный клапан; 10 — редукционный клапан мощности; 11 — отсечной клапан; 12 — заслонка; 13 — форсунка; 14 — запальник; 15 — фотодатчик

ны огнеупорным кирпичом. Камера горения оборудована взрывным клапаном, предохраняющим котел от разрушения при случайном взрыве топливных паров, скопившихся в камере горения.

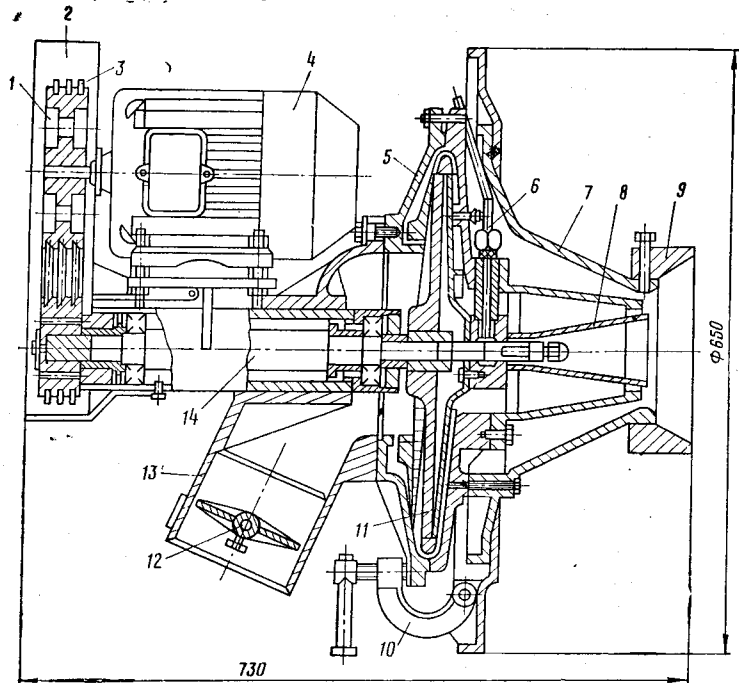


Рис. 26. Ротационная форсунка
1 — шкив; 2 — кожух; 3 — текрошный ремень; 4 — электродвигатель; 5 — корпус форсунки; 6 — подвод топлива; 7 — корпус; 8 — конус-распылитель; 9 — кольцо; 10 — зажим; 11 — вентилятор; 12 — дроссель; 13 — патрубок; 14 — вал

Система автоматики регулирует нормальную работу котла в зависимости от заданной температуры воды на выходе из него. При отказе автоматики возможно ручное управление форсункой. Теллотехнические показатели чугунных котлов при работе на газообразном жидком топливе см. табл. 5.

5. Стальные котлы

Стальные котлы предназначены либо для нагрева воды до температуры не выше 115°C , либо для получения пара давлением до $0,7 \text{ ат}$ при условии установки паро-

сборника. Котлы выполняют из предварительно изогнутых или сварных труб.

Конструкций стальных котлов разработано очень много: к ним относятся котлы конструкции инж. Н. Н. Ревокатова НР-17 и НР-18, инж. И. С. Болотина, инж. Надточия, проф. Л. К. Рамзина, КТИС, проф. М. М. Щеголева, доц. А. В. Хлудова, доц. Ю. Л. Гусева и др. Однако одни из указанных котлов выпущены в очень ограниченном количестве, другие были изготовлены лишь в виде опытных образцов, третьи разработаны лишь в проектных решениях.

Котлы НР-18. Котел НР-18 (рис. 27) собирают из труб длиной 1300 мм . Котел имеет одинаковые левые и правые секции, свариваемые из трех вертикальных труб диа-

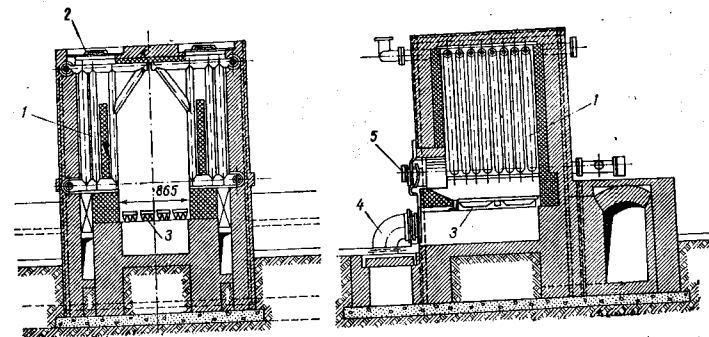


Рис. 27. Стальной водогрейный котел НР-18
1 — пакет; 2 — чистка; 3 — колосник; 4 — короб дутьевого воздуха; 5 — загрузочная дверка

метром $82,5/89 \text{ мм}$. Вертикальные трубы соединяют сверху и снизу горизонтальными трубами того же диаметра, которые приваривают к горизонтальным коллекторам диаметром $100,5/108 \text{ мм}$, расположенным перпендикулярно к ним. Первая от колосниковой решетки вертикальная труба каждой секции у вертикального конца имеет дросселирующее устройство для направления циркуляции воды через надтопочный вылет секции.

Основные технические показатели стальных котлов НР-18 приведены в табл. 6. Котел НР-18 в настоящее время промышленностью не выпускается.

Таблица 6

Основные технические показатели стальных котлов НР-18

Поверхность нагрева в м ²	Размеры колосниковой решетки в мм		Габаритные размеры в мм			Рекомендуемые теплосъемы при сжигании антрацита и каменного угля в ккал/м ² ·ч
	длина	ширина	длина	ширина	высота	
26	1064	} 865	2020	} 2385	2600	12 000
38	1592		2580			
50	2120		3140			

Котел НИИСТУ-V. Котел НИИСТУ-V (рис. 28) состоит из Г-образных труб диаметром 76 мм, объединенных сверху и снизу коллекторами. Задняя стенка котла также выполнена в виде экрана из вертикальных труб. Промежутки между трубами по осям составляют 144 мм. Конвективный газоход котла НИИСТУ-V образован с помощью вертикальных ребер, приваренных по оси между

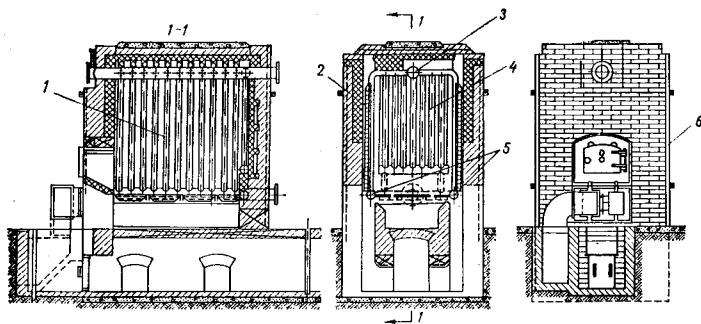


Рис. 28. Стальной водогрейный котел НИИСТУ-V с топкой для сжигания антрацита

1 — трубы бокового экрана; 2 — ребра; 3 — верхний коллектор; 4 — трубы заднего экрана; 5 — нижний коллектор; 6 — каркас

трубами и прерывистыми вертикальными ребрами, расположенными на вертикальных трубах со стороны обмуровки. Колосниковая решетка расположена на уровне нижних боковых коллекторов. Сверху котел имеет кирпичную обмуровку.

Основные технические показатели котлов НИИСТУ-V представлены в табл. 7.

Таблица 7

Основные технические показатели стального котла НИИСТУ-V

Поверхность нагрева в м ²	Размеры колосниковой решетки в мм		Габаритные размеры в мм			Рекомендуемые теплосъемы при сжигании антрацита газа и жидкого топлива в ккал/м ² ·ч
	длина	ширина	длина	ширина	высота	
32,3	1120	} 1055	2280	} 2105	2500	12 000
38,4	1470		2730			
46,5	1860		3175			

Жаротрубный котел. Жаротрубный котел представляет собой цилиндрический барабан, внутри которого расположена одна (корнвалийский) или две (ланкаширский) жаровые трубы.

Промышленность в настоящее время эти котлы не выпускает, но в эксплуатации они еще встречаются. Как отопительные котлы их можно изготавливать из низкокачественной стали. Любой жаротрубный котел может служить в качестве водогрейного или парового в зависимости от типа обмуровки. При одних и тех же размерах поверхность нагрева парового котла меньше, чем водогрейного.

На рис. 29 показан двухжаротрубный паровой котел.

Котел имеет топку, расположенные внутри жаровых труб 2 и предназначенные для сжигания в них высококалорийного топлива. Образовавшиеся после сжигания топлива дымовые газы выходят из обеих жаровых труб, называемых первыми газоходами, попадают в поворотную камеру 4 и оттуда по второму газоходу направляются к фронту котла, омывая поверхность нагрева (заштрихованную крестиками). Далее через отверстие 8 дымовые газы поступают в третий газоход, расположенный симметрично второму, и, омывая левую боковую поверхность (крестиками не заштриховано), уходят в боров 6. Котел устанавливается на чугунных опорах 7, из которых две левые являются подвижными, крайняя правая неподвижной. Такое расположение подвижных опор дает возможность перемещать котел при его температурных деформа-

циях в сторону фронта, а не поворотной камеры, где он может повредить своды кирпичной кладки.

По существующим правилам Госгортехнадзора, паровое пространство котлов во избежание перегрева стенки не должно омываться дымовыми газами. В соответствии

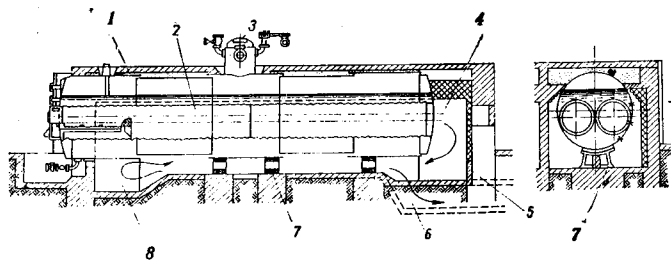


Рис. 29. Стальной двухжаротрубный паровой котел
1 — барабан; 2 — волнистая жаровая труба; 3 — сухопарник; 4 — поворотная камера; 5 — лаз; 6 — боров; 7 — опоры под барабаном; 8 — отверстие

с этим нижний уровень воды должен быть не менее чем на 100 мм выше возможного подъема дымовых газов (огневой линии).

Огневой линией называют высшую линию соприкосновения горячих газов со стенками котла.

Снаружи котел имеет кирпичную обмуровку, скрепленную металлическим каркасом. Для чистки котла от накипи служит люк в сухопарнике 3, а для очистки от сажи и золы используют лазы 5.

В водогрейном жаротрубном котле обмуровка служит для полного обогрева цилиндрического корпуса котла.

Горячую воду отводят сверху котла вблизи его фронта. Питательную воду также подают сверху котла. При этом более тяжелая холодная вода сразу же опускается вниз и хорошо смешивается с горячей водой. В результате в котле не создается условий для охлаждения стенок жаровой трубы и выпадения на них росы из продуктов сгорания топлива.

Для улучшения условий циркуляции одножаротрубные котлы выполняются с жаровой трубой, смещенной относительно оси котла.

Основные технические показатели жаротрубных котлов приведены в табл. 8.

К недостаткам жаротрубных котлов относятся значительная металлоемкость, большие габариты в плане,

Таблица 8

Основные технические показатели жаротрубных котлов

Тип котла	Поверхность нагрева в м ²		Размеры котла в мм			Размеры обмуровки котла в мм			
	водогрейного	парового	диаметр котла	диаметр трубы	длина котла	длина	ширина	высота	
								водогрейного	парового
С одной жаровой трубой	30,3	20	1730	880	3 890	5 400	3370	2520	2160
То же	40,6	29	1730	880	5 130	6 700	3370	2520	2160
С двумя жаровыми трубами	120	100	2200	2×850	10 900	12 700	3850	2770	2400

а также наличие внутренних топок, позволяющих сжигать только высокосортное твердое топливо.

Жаротрубные котлы взрывоопасны. Имея большой объем нагретой воды при внезапном снижении давления внутри котла до атмосферного (раскрытие шва) мгновенно выделяется огромное количество пара и происходит взрыв.

Большой водяной объем и значительное по размеру зеркало испарения позволяют использовать котлы в условиях переменных нагрузок, когда большой объем воды в котле является аккумулятором. Жаротрубные котлы не требуют устройства паросборника. В качестве паросборника служит часть барабана котла, не занятая водой. Сверху парового жаротрубного котла устанавливают сухопарник для уменьшения влажности пара. На сухопарнике размещают предохранительные клапаны и патрубки для крепления вентилей паропроводов. Жаротрубные котлы от накипи очищают механическим способом.

6. Основные характеристики топок отопительных котлов

В отопительных чугунных и стальных секционных котлах применяют два вида топок: для слоевого и камерного сжигания. В слоевых топках сжигают топливо на колосниковых решетках с ручным обслуживанием.

Газообразное и жидкое топливо сжигают в камерных топках. Работу любого топочного устройства характеризуют количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относят:

а) тепловую мощность топочного устройства, которую определяют количеством тепла, выделяемым в топке за 1 ч, т. е.

$$Q = V Q_H^p \text{ ккал/ч (квт)}, \quad (13)$$

где V — количество сжигаемого топлива в кг/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$);

Q_H^p — теплота сгорания топлива в ккал/кг (кДж/кг) или в ккал/ м^3 (кДж/м^3);

б) видимое тепловое напряжение топки (без учета понижения вследствие химической и механической неполноты горения), т. е. количество тепла, выделяемого в 1 м^3 объема топочной камеры за 1 ч.

$$q_V = \frac{Q}{V_T} = \frac{V Q_H^p}{V_T} \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч} \text{ (квт/м}^3), \quad (14)$$

где V_T — объем топочной камеры в м^3 ;

в) видимое тепловое напряжение колосниковой решетки или зеркала горения т. е. количество тепла, выделяемого с 1 м^2 решетки за 1 ч,

$$q_R = \frac{Q}{R} = \frac{V Q_H^p}{R} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \text{ (квт/м}^2), \quad (15)$$

где R — площадь колосниковой решетки в м^2 .

К качественным характеристикам относят коэффициент избытка воздуха в топке α_T или за котлом α_K и величины потерь тепла от химического q_3 и механического q_4 недожога.

Основные характеристики топок чугунных секционных котлов на твердом, газообразном и жидком топливе приведены в табл. 9.

Колосниковая решетка. Колосниковая решетка выполняет две функции: поддерживает топливо, которое горит в слое, и обеспечивает равномерное распределение воздуха, необходимого для горения топлива по всей площади решетки.

По мере прогорания топлива кочегар периодически (не реже чем через каждые 20 мин) подбрасывает на горящий слой новые порции топлива. По мере накопления шлака и золы производится чистка топки.

Вновь загруженное топливо, брошенное на горящий слой, сначала быстро подсушивается и газифицируется (выделяются летучие вещества, которые сгорают в объеме топочного пространства). Твердый остаток — кокс сгорает на колосниках. Необходимый для горения кислород поступает с воздухом под колосниковую решетку.

В современных котлах применяют плитчатые чугунные колосники. Для придания им механической прочности и улучшения условий охлаждения служат ребра. За счет тяги, создаваемой трубой, или под напором дутьевых вентиляторов воздух через поддувало проходит в отверстия колосниковой решетки. Проходя через слой топлива, кислород воздуха вступает в реакцию с горючими компонентами. Горения топлива сопровождается сложными физико-химическими процессами, при которых реакция окисления чередуется с реакцией восстановления.

Часть воздуха, поступившего в топку, подается в топочное пространство и расходуется на сжигание горючей части летучих веществ.

Таким образом, простая по устройству колосниковая решетка обеспечивает двойное зажигание топлива: снизу от горящего кокса и сверху от излучения горящего факела.

Хорошо работающая топка должна обеспечивать наиболее полное сгорание топлива при минимальном избытке воздуха.

Выполнить указанные условия возможно при правильно выбранной толщине слоя топлива и соответственно развитом объеме топочного пространства. Необходимую толщину слоя топлива устанавливают либо с помощью специальных приборов (газоанализаторов), либо визуально по цвету пламени. И в том и в другом случае необходимая толщина слоя топлива будет зависеть от сорта, крупности угля и его влажности.

Визуально химическую неполноту сгорания определяют по степени прозрачности дыма, а величину избытка воздуха — по форме и цвету факела.

При полном сгорании твердого топлива и малом избытке воздуха пламя получается прозрачное, соломенно-желтого цвета.

При полном сгорании газообразного топлива пламя бывает голубым и прозрачным.

Основные характеристики топок чугунных секционных котлов на твердом, газообразном и жидком топливе

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Ручные топки с неподвижными решетками и опрокидывающимися колосниками		Камерные топки	
			Грохоченый уголь		для природного газа	для жидкого топлива
			подмосковный бурый А П Равный 8	антрацит АК, АС, АМ и А П, равный 2		
Видимое тепловое напряжение зеркала горения	$\frac{BQ_H^P}{R}$	тыс. ккал / м ² ·ч	500	500	—	—
Видимое тепловое напряжение топочного объема	$\frac{BQ_H^P}{V_T}$	тыс. ккал / м ³ ·ч	250—300	500	250—300	250—300
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_T	—	1,6—1,8	1,4—1,6	1,08—1,15	1,07—1,2
Потери от химической неполноты сгорания	q_3	%	3	2—3	0—0,6	0—1
Потери от механической неполноты сгорания	q_4	%	9,5	3—10	—	—
Давление воздуха под решеткой	P_P	мм вод. ст.	60—80	40—60	—	—

При большом избытке воздуха пламя, не изменяя своей прозрачности, становится коротким.

При неполном сгорании топлива и недостатке воздуха пламя, оставаясь длинным, краснеет и в нем появляются темные прослойки. Признаком неполноты сгорания антрацита являются голубые язычки горячей окиси углерода, возникающие над слоем топлива.

Ориентировочная толщина слоя топлива для различных сортов топлива составляет: антрацит крупный 200 мм, антрацит мелкий 100 мм; подмосковный бурый уголь 50 мм.

7. Тепловой баланс котла и пути повышения эффективности его работы

Вследствие неизбежных потерь при сжигании топлива в котле, химическая энергия не может быть полностью использована. Выделившееся тепло отдается лучеиспусканием и конвекцией поверхностям, окружающим топочное пространство. Дымовые газы, проходя по газоходам котла, омывают расположенные на их пути конвективные поверхности нагрева и также отдают им часть своего тепла. Температура газов постепенно уменьшается и в дымовую трубу поступают уже значительно охлажденные газы, которые называют уходящими газами.

Физическое тепло этих газов составляет основную часть потерь тепла в котельной установке. Устранить полностью потерю тепла с уходящими газами невозможно, так как для этого необходимо охладить дымовые газы до температуры подаваемого в топку топлива и дутьевого воздуха.

По экономическим соображениям делать это нецелесообразно, так как при незначительных перепадах температур между газами и нагреваемым веществом сильно возрастает поверхность нагрева котла. В отопительных котлах охлаждение уходящих газов должно быть до 180—200°C. В некоторых случаях эта температура достигает 300—350°C.

Потери тепла с уходящими газами обозначают Q_2 . Чаще потери тепла с уходящими газами выражают в процентах. Величина этих потерь q_2 зависит от теплоты сгорания топлива. Для этого величину Q_2 делят на теплоту сгорания топлива Q_H^P и умножают на 100:

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_H^P} 100\%. \quad (16)$$

Из формулы видно, что потери тепла с уходящими газами тем больше, чем выше температура этих газов.

На увеличение потерь тепла влияет коэффициент избытка воздуха. При неплотности обмуровки котла и разрежении в топке, котле и дымоходах к дымовым газам подсасывается воздух из окружающей среды. Поэтому коэффициент избытка воздуха в уходящих газах постепенно возрастает и при выходе дымовых газов из котла его величина становится больше, чем в топке. Попадая в котел, избыточный воздух поглощает тепло для своего нагрева. Чем больше воздуха смешивается с уходящими газами, тем больше будут тепловые потери.

Таким образом, чтобы повысить экономичность котельной установки, необходимо вести процесс горения с наименьшим допустимым коэффициентом избытка воздуха, обеспечивать наибольшую плотность обмуровки котла и добиваться как можно большего охлаждения дымовых газов путем регулярной и своевременной очистки поверхностей нагрева котла от загрязнения золой и сажей.

При неправильной организации процесса горения появляется потеря тепла с химическим недожогом. Горение в этом случае протекает неполно, в продуктах горения появляются горючие компоненты, которые способны выделять тепло при сгорании. Потери тепла q_3 в результате химической неполноты сгорания или химического недожога топлива (в ккал/кг или кдж/кг) обозначают Q_3 и выражают в процентах:

$$q_3 = \frac{Q_3}{Q_H^P} 100\%. \quad (17)$$

Из практики известно, что если горючие компоненты (водород, окись углерода) в уходящих газах составляют даже доли процента, то потери с химическим недожогом измеряют в процентах. Поэтому сжигание топлива должно быть организовано так, чтобы оно было наиболее полным.

Причинами потерь тепла от химической неполноты сгорания являются: не-

достаток воздуха, низкая температура в топке, неправильное распределение воздуха и недостаточный объем топочного пространства. Чтобы потери от химической неполноты сгорания были минимальными, необходимо: а) забрасывать твердое топливо чаще, небольшими порциями; б) не держать долго открытой дверку топки, чтобы холодный воздух не охлаждал топку; в) не допускать прогаров и шлакования колосниковой решетки; прогары способствуют неравномерному распределению воздуха по слою топлива, а зашлакованная решетка препятствует проходу воздуха в топку; г) добиваться хорошего смешения газа с воздухом; д) добиваться тонкого распыливания жидкого топлива в форсунках.

При работе котла на твердом топливе появляются потери тепла от механической неполноты сгорания, которые обозначают величиной Q_4 и измеряют в ккал/кг или кдж/кг. Величину потерь в % обозначают q_4 и вычисляют по формуле

$$q_4 = \frac{Q_4}{Q_H^P} 100\%. \quad (18)$$

Причинами потерь тепла в результате механической неполноты сгорания являются: провал мелких частиц несгоревшего топлива в прозоры колосников, выгреб со шлаком частиц несгоревшего топлива и вынос мелких частиц топлива в газоходы котла и в дымовую трубу. Чтобы уменьшить потери тепла от механического недожога, необходимо: а) установить минимально возможные размеры прозоров между колосниками в соответствии с сжигаемым топливом; б) не допускать выгреба вместе со шлаком несгоревших частиц твердого топлива; в) добиваться наилучшего режима топки и тщательного перемешивания мелочи с крупными кусками топлива для предотвращения уноса мелких несгоревших частиц.

Причинами уноса топлива являются: недостаточная высота топки, неправильно выбранный режим топки, сжигание несортированного (рядового) твердого топлива.

Величину потерь с физическим теплом шлака и золы, удаляемых из котла обозначают $Q_{\text{физ}}^{\text{шл}}$ (ккал/кг, или кдж/кг), а также в процентах $q_{\text{физ}}^{\text{шл}}$:

$$q_{\text{физ}}^{\text{шл}} = \frac{Q_{\text{физ}}^{\text{шл}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}} 100\%. \quad (19)$$

Потери тепла q_4 и $q_{\text{физ}}^{\text{шл}}$ при сжигании газа и жидкого топлива равны нулю.

При работе котла стенки его нагреваются и отдают тепло в окружающую среду, вызывая тепловые потери. Эти потери называют потерями тепла в окружающую среду, обозначают Q_5 (ккал/кг, или кдж/кг) и соответственно в процентах q_5 :

$$q_5 = \frac{Q_5}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}} 100\%. \quad (20)$$

Потери тепла q_5 в % зависят от количества сжигаемого топлива, т. е. от нагрузки котла. При больших нагрузках котел работает экономичнее, чем при малых. Относительная величина наружной поверхности обмуровки у малых котлов больше, чем у больших, поэтому потери тепла в окружающую среду у больших котлов меньше, чем у малых.

Величина q_5 для чугунных отопительных котлов теплопроизводительностью 0,15—1,2 Гкал/ч может изменяться в пределах 5—1,5%. Полезно использованное тепло Q_1 определяют путем вычитания из теплоты сгорания топлива $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ суммарных потерь тепла, т. е.:

$$Q_1 = Q_{\text{н}}^{\text{р}} - (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_{\text{физ}}^{\text{шл}}) \text{ в ккал/кг, или кдж/кг} \quad (21)$$

или

$$q_1 = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_{\text{физ}}^{\text{шл}}) \%. \quad (22)$$

Отношение полезно использованного тепла ко всему теплу, внесенному в топку котла при сжигании топлива, называется коэффициентом полезного действия (к. п. д.)

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}} 100\%. \quad (23)$$

Например, если при работе водогрейного отопительного котла на твердом топливе тепловые потери q_2 , q_3 , q_4 , q_5 и $q_{\text{физ}}^{\text{шл}}$ соответственно составляют 15%, 2%, 8%, 3% и 1%, то его к. п. д. равняется

$$\eta = 100 - (15 + 2 + 8 + 3 + 1) = 71\%.$$

Величина к. п. д. (рис. 30) показывает, что из всего тепла, получаемого от сжигаемого топлива в котле, полезно расходуется всего лишь 71%, а остальные 29% составляют потери тепла.

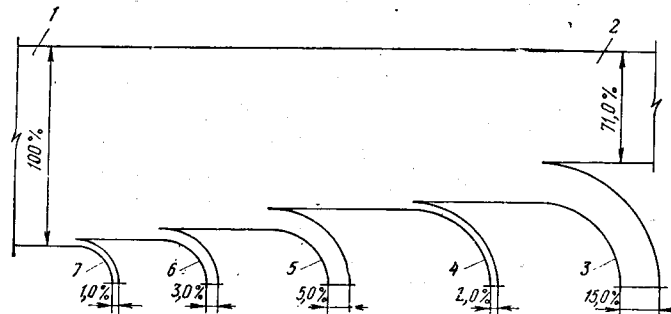


Рис. 30. Тепловой баланс котла, работающего на твердом топливе
1 — располагаемое тепло; 2 — полезно используемое тепло; 3 — потери тепла с уходящими газами; 4 — потери тепла с химическим недожогом; 5 — потери от механической неполноты сгорания; 6 — потери тепла в окружающую среду; 7 — потери с физическим теплом шлака и провала

Различают к. п. д. нетто и к. п. д. брутто котла.

К. п. д. котла, учитывающий собственные нужды котельной, называется к. п. д. нетто.

К. п. д. брутто эти потери не учитывает.

Если расход тепла котельной на собственные нужды составит 3% теплоты сгорания топлива, а к. п. д. брутто равен 75% то к. п. д. нетто составит 72%.

Тепловые потери котла изменяются с увеличением нагрузки.

Чем выше тепловая нагрузка (форсировка) котла, тем больше топлива сжигается в его топке и тем больше образуется дымовых газов.

Одновременно с увеличением теплопроизводительности котла, при повышенной форсировке, растут потери тепла с уходящими газами, так как температура уходящих газов при увеличении нагрузки возрастает.

С увеличением нагрузки также возрастают потери тепла от химической и механической неполноты сгорания. Изменение тепловой нагрузки котла влияет на величину тепловых потерь и его к. п. д.

График зависимости к. п. д. от нагрузки показан на рис. 31. При минимальной нагрузке (точка а) основную роль играют потери тепла в окружающую среду.

С ростом нагрузки потери тепла в окружающую среду уменьшаются. Вместе с тем увеличиваются остальные тепловые потери. К. п. д. котла возрастает и достигает в точке *б* максимальной величины. Потери тепла с уходящими газами, а также химическим и механическим не-

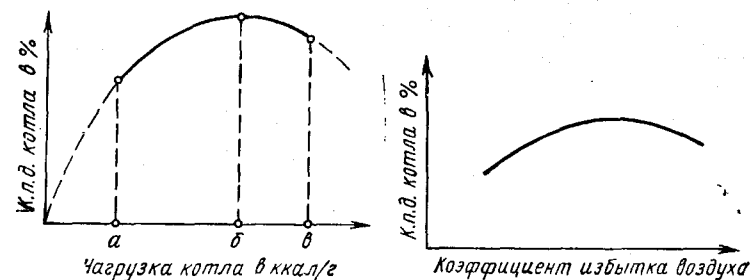


Рис. 31. График зависимости к. п. д. котла от его нагрузки (при неизменном коэффициенте избытка воздуха)

Рис. 32. График зависимости к. п. д. котла от коэффициента избытка воздуха (при неизменной нагрузке)

дожогом (при дальнейшем увеличении нагрузки) возрастают более резко, чем уменьшаются потери тепла в окружающую среду, к. п. д. котла в этом случае снижается (точка *в*).

Каждый котел имеет определенную нагрузку, при которой его к. п. д. достигает максимального значения. Эта нагрузка является наиболее экономичной.

Эксплуатация котла должна быть организована таким образом, чтобы наибольшую часть времени он работал на максимально экономичном режиме нагрузки (точка *б*). Наиболее экономичный режим нагрузки определяют теплотехническими испытаниями.

Как отмечалось ранее, количество дымовых газов с увеличением коэффициента избытка воздуха возрастает, увеличивая потери тепла с уходящими газами.

Однако чрезмерное уменьшение коэффициента избытка воздуха приводит к появлению химического недожога, потеря тепла с которым будет тем больше, чем меньше коэффициент избытка воздуха. К. п. д. котла имеет наибольшее значение при определенном коэффициенте избытка воздуха (рис. 32).

При повышении коэффициента избытка воздуха сверх оптимального значения потери с уходящими газами возрастают более резко, чем снижаются потери с химическим недожогом.

Понижение коэффициента избытка воздуха от оптимального значения вызывает потери тепла с химическим недожогом более резко, чем снижаются потери с уходящими газами. В этом случае к. п. д. котла также уменьшается. Каждый котел работающий на определенном виде топлива, имеет свою оптимальную величину коэффициента избытка воздуха, которую следует поддерживать при его эксплуатации.

Оптимальное значение коэффициента избытка воздуха определяют теплотехническими или наладочными испытаниями котла.

Определение величины коэффициента избытка воздуха, а также поддержание режима работы топки в пределах этой величины производят на основе анализа дымовых газов газоанализаторами.

Наиболее простым и удобным прибором для периодического контроля горения служит газоанализатор типа Орса (ГХП-3М, ГХП-2), позволяющий определять содержание в уходящих газах углекислого газа и кислорода. Содержание в уходящих газах горючих компонентов (окиси углерода, водорода и метана) можно определять с помощью портативного электрического газоанализатора ПГФ-11.

Для непрерывного контроля могут быть использованы как стационарные показывающие, так и регистрирующие газоанализаторы различных типов.

8. Арматура котлов

Арматурой называют контрольные предохранительные и регулирующие приборы, обеспечивающие управление, а также бесперебойную и безопасную работу водогрейных и паровых котлов.

Схема оборудования водогрейного котла арматурой показана на рис. 33.

Предохранительный клапан. Все водогрейные котлы теплопроизводительностью свыше 350 тыс. ккал/ч должны быть оборудованы не менее чем двумя предохранительными клапанами с минимальным диаметром 38 мм;

диаметры устанавливаемых клапанов должны быть одинаковыми.

Предохранительные клапаны служат для автоматического выпуска воды из котла, если давление ее поднимается выше допустимого. Для водогрейных котлов чаще

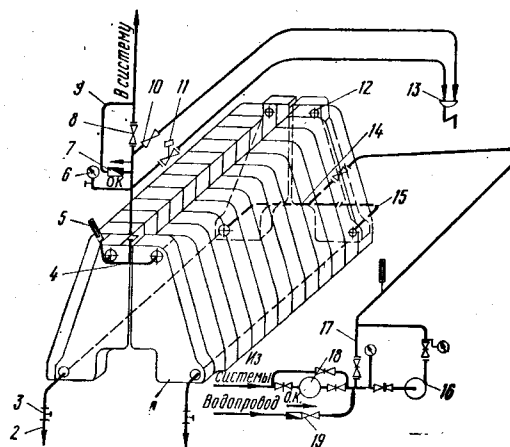


Рис. 33. Схема присоединения водогрейного котла к системе теплоснабжения
1 — секция котла; 2 — труба спускная; 3 — кран спускной; 4 — тройник верхний; 5 — термометр; 6 — манометр; 7 — клапан обратный; 8 — задвижка; 9 — линия обводная; 10 — вентиль воздушный; 11 — клапан предохранительный; 12 — заглушка; 13 — раковина; 14 — тройник нижний; 15 — отвод; 16 — насос циркуляционный; 17 — обводная линия у насоса; 18 — грязевик; 19 — вентиль подпиточный

всего применяют рычажный предохранительный клапан (рис. 34). Клапан состоит из корпуса, седла штока и рычага с грузом.

Водогрейные котлы теплопроизводительностью менее 350 тыс. ккал/ч могут быть оборудованы одним предохранительным клапаном минимальным диаметром 38 мм. Количество и диаметр предохранительных клапанов определяют расчетом.

Для водогрейных котлов вместо одного из предохранительных клапанов можно устанавливать обводную линию с обратным клапаном, пропускающим воду из котла в обход запорного устройства на выходе горячей воды. В этом случае между котлом и расширительным сосудом не должно быть других запорных устройств. Обратный клапан пропускает воду только в одном направлении (в данном случае из котла) и автоматически закрывает вход в котел.

Нагрузку предохранительных клапанов водогрейных котлов рассчитывают так, чтобы давление не могло повыситься более чем на 0,2 ати сверх суммарного давления, получающегося от статического и динамического напоров.

Предохранительные клапаны оборудуют дренажной линией, чтобы предохранить от ожогов обслуживающий персонал котельной при срабатывании клапанов или проверке их действия продувкой.

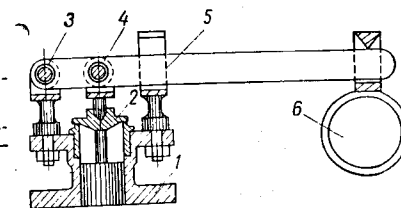


Рис. 34. Рычажный предохранительный клапан
1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — шарнир; 4 — вилка; 5 — рычаг; 6 — груз

Один из предохранительных клапанов (контрольный) должен иметь кожух. Кожух закрывают на замок, а ключ доверяют хранить начальнику котельной. Машинист (оператор) обязан проверять предохранительные клапаны один раз в смену (при приемке). Так как контрольный клапан закрыт кожухом и машинист не имеет доступа к рычагу, то для проверки к рычагу прикрепляют цепочку, которую пропускают через кожух клапана.

Манометры. Манометр устанавливают на каждом водогрейном котле или трубопроводе горячей воды между котлом и запорным устройством.

Чтобы предотвратить вредное действие высоких температур на манометр, его подсоединяют к паровым котлам на сифонной (U-образной) трубке. Пар, поступающий в сифонную трубку, охлаждается и конденсируется, превращаясь в воду, которая постепенно охлаждается. Таким образом, на механизм манометра будет оказывать давление не пар, имеющий высокую температуру, а охлажденная вода.

К водогрейному котлу манометр можно присоединять с помощью прямой трубки.

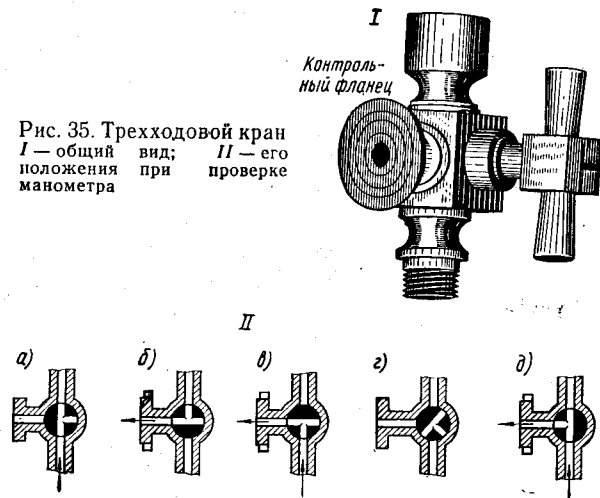
Между сифонной трубкой и манометром устанавливают трехходовой кран, который служит для отключения и проверки исправности манометра.

Пробка трехходового крана (рис. 35) может занимать пять основных положений: а) рабочее; б) для проверки манометра на нуль; в) для продувки сифонной трубки; г) нейтральное положение (накапливание воды в сифонной трубке перед установкой крана в рабочее поло-

жение); д) положение, когда присоединяют контрольный манометр.

Проверка правильности показаний манометра заключается в следующем. Перед проверкой замечают положение стрелки манометра. Затем поворачивают ручку трехходового крана до позиции б, при которой стрелка

Рис. 35. Трехходовой кран
I — общий вид; II — его
положения при проверке
манометра



должна указать на нуль. Потом ручку трехходового крана устанавливают в прежнее положение (положение а), при этом стрелка манометра должна возвратиться в то положение, в котором она находилась к началу проверки.

Для более точного определения правильности показаний рабочего манометра используют контрольный манометр. К фланцу трехходового крана с помощью скобы устанавливают контрольный манометр, а ручку трехходового крана поворачивают в положение д. В этом положении оба манометра будут соединены с котлом. Если рабочий манометр окажется исправным, его показания совпадут с показаниями контрольного манометра.

Рабочий манометр должен проходить ежегодную проверку Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов. При проверке его пломбируют: на пломбе ставят год и месяц проверки. Кроме того, манометр не реже одного раза в 6 месяцев проверяют представители пред-

приятия с записью результатов проверки в журнал контрольных проверок.

Проверку обязательно производят контрольным манометром. Если его нет, то для этой цели можно использовать исправленный рабочий манометр.

Шкала должна быть рассчитана на давление до 3 кгс/см^2 , а деления до 1 кгс/см^2 нанесены в десятых долях. На циферблате манометра должна быть красная черта, показывающая наивысшее допустимое давление для данного котла. Разрешается прикреплять к корпусу манометров (путем припайки) металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра.

Водоуказательное стекло. Для контроля уровня воды на каждом паровом котле устанавливают не менее двух водоуказательных приборов. Существует два типа водоуказательных стекол: цилиндрическое и плоское. Водоуказательное стекло (рис. 36) состоит из верхнего парового и нижнего водяного кранов, нижнего продувочного крана, круглого или плоского стекла. Плоское стекло вставляют в рамку. На внутренней стороне плоского стекла имеются продольные канавки, которые отражают свет, благодаря чему вода в стекле кажется темной, а пар светлым.

Водоуказательное стекло следует продувать не реже одного раза в смену. На водоуказательных приборах против допускаемого низшего уровня воды в котле устанавливают неподвижный металлический указатель с надписью «низший уровень», который должен быть не менее чем на 25 мм выше нижней видимой кромки стекла. Аналогично не менее чем на 25 мм ниже верхней видимой кромки стекла устанавливают указатель высшего допустимого уровня воды в котле.

Водоуказательные приборы с цилиндрическими стеклами должны иметь предохранительные ограждения из органического стекла.

Следует помнить, что при резком снижении воды нельзя сразу же подпитывать котел, так как мгновенное охлаждение перегретых стенок может вызвать образование трещин, а у жаротрубных котлов — выпучин, приводящих к взрыву. Трубопровод для подпитки котлов врезается на расстоянии не менее 3 м от штуцера котла. На линии водопровода обязательна установка запорного вентиля или задвижки и обратного клапана. При этом

вентиль устанавливают между котлом и обратным клапаном.

Допускается замена одного из водоуказательных приборов двумя пробковыми кранами. Установку нижнего крана производят на уровне низшего, а верхнего на уровне высшего допустимого уровней воды в котле.

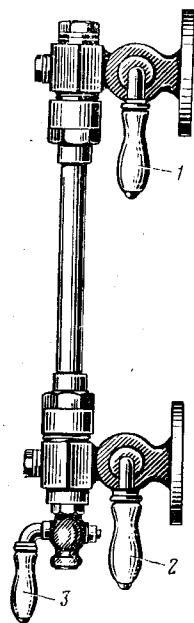


Рис. 36. Водоуказательное стекло (цилиндрическое)
1 — паровой кран; 2 — водяной кран; 3 — спускной кран

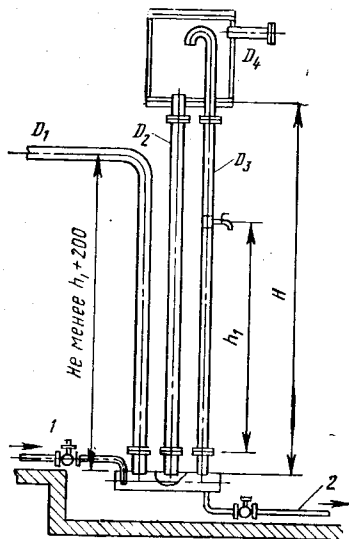


Рис. 37. Схема выкидного предохранительного устройства
1 — подвод воды для заполнения устройства; 2 — спускная труба

Установка только одного водоуказательного прибора допускается для чугунных и стальных трубчатых котлов поверхностью нагрева менее 25 м^2 .

Предохранительное выкидное приспособление. Каждый паровой котел снабжают предохранительным выкидным приспособлением, который присоединяют к паровому пространству котла или клапаном конструкции инж. Шеренциса.

Обычные предохранительные клапаны пружинного

или рычажного типа на котлах низкого давления устанавливать нельзя.

Предохранительное выкидное приспособление (гидравлический затвор) рассчитывают и устанавливают так, чтобы давление в котле не могло превысить рабочее давление более чем на $0,1 \text{ кг/см}^2$. Между котлом и выкидным приспособлением, а также на выхлопных трубах запорные устройства не устанавливают. Для заполнения водой выкидного предохранительного устройства присоединяют трубу от водопровода с запорным вентилем и обратным клапаном (рис. 37).

Такое выкидное приспособление не требует заполнения системы водой каждый раз после сброса излишка пара. Высоту его H (в м) в соответствии с предельным давлением пара в котле определяют по формуле:

$$H = 10p + 1 \text{ м},$$

где p — давление пара в котле в *ати*. Выкидное приспособление заполняют водой до уровня $h_1 = 0,56 H$. При повышении давления пара в котле вода из трубы D_1 вытесняется до тех пор, пока лишний пар не выйдет через верхний бак и выкидную трубу D_3 в атмосферу через трубу D_4 . Трубу D_4 выводят в дымовую трубу или непосредственно наружу с уклоном по направлению движения пара.

Предохранительный клапан инж. Шеренциса. Клапан Шеренциса устанавливают непосредственно на котлах. По принципу действия его можно отнести к самопритирающимся безрычажным, полноподъемным устройствам (рис. 38).

Корпусом клапана служит труба 1, сообщающаяся с паровым пространством котла. На корпусе закреплен диск, который является опорой колпака 3 с пломбируемым затвором, и рычаг 2, необходимый для проверки клапана. В отверстие диска ввернута пароводящая труба 7. В верхнем конце трубки запрессовано седло 5, на которое насажен грибок 6, запирающий выход пара из котла. Грибок прижат к седлу грузом, имеющим форму опрокинутого стакана с круговой щелью у дна. Для утяжеления стакана служат съемные кольца 4, а для ограничения высоты подъема колпак 3.

При превышении установленного давления пара грибок с грузом поднимается, а пар уходит в образовавшуюся щель. Специальная лопатка на клапане создает вращающийся поток пара, вместе с которым начинает

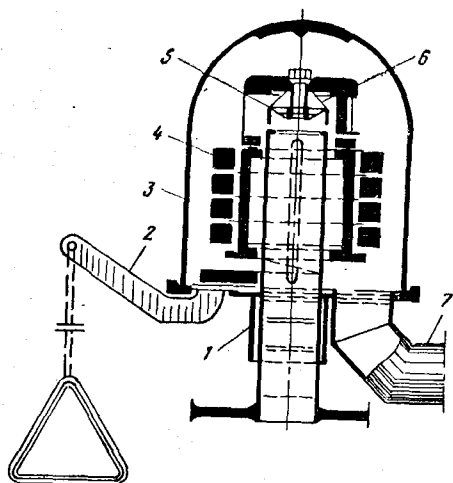


Рис. 38. Схема предохранительного клапана конструкции инж. Шеренциса

1 — корпус клапана (труба с закрепленным на ней диском); 2 — рычаг; 3 — пружина; 4 — грузы; 5 — седло; 6 — грибок; 7 — паропроводящая труба

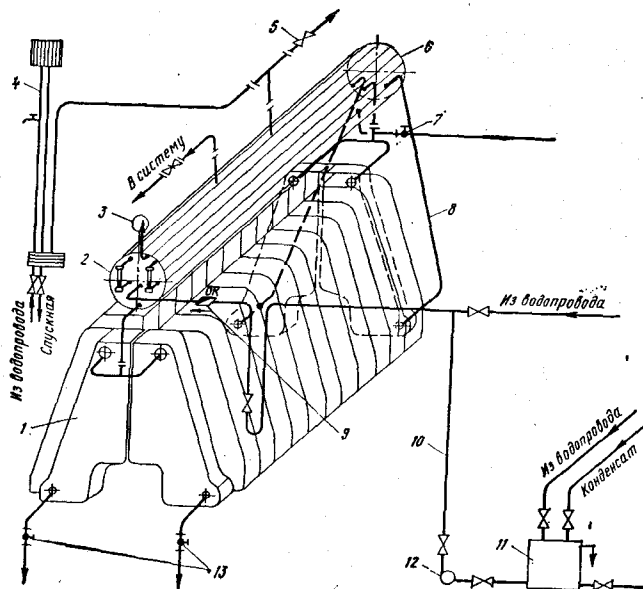


Рис. 39. Схема присоединения парового чугунного котла к системе теплоснабжения

1 — секция котла; 2 — водоуказательные стекла; 3 — манометр; 4 — гидравлический затвор; 5 — воздушный вентиль; 6 — паросборник; 7 — продувочный кран; 8 — циркуляционная труба; 9 — обратный клапан; 10 — питательный трубопровод; 11 — конденсатный бак; 12 — питательный насос; 13 — спускные краны

вращаться и приподнятый груз. После выпуска в атмосферу лишнего количества пара и снижения давления грибок принимает исходное положение.

Схема присоединения чугунного парового котла к системе теплоснабжения показана на рис. 39.

9. Гарнитура и обмуровка котлов

К гарнитуре водогрейных и паровых отопительных котлов относятся фронтальная плита, состоящая из загрузочной и зольниковой дверок, шибера, колосники, подколосниковые балки, отводы, тройники, лазы и люки, взрывные предохранительные клапаны и каркас.

Загрузочные и зольниковые дверки снабжены прочными запорами-шеколдами, а смотровые отверстия — крышками, конструкция которых исключает самопроизвольное их открывание.

В газоходах за каждым котлом устанавливают дымовые заслонки (шиберы).

У котлов, работающих на газе, в верхней части шибера находится отверстие диаметром не менее 100 мм.

К шиберам прикрепляют стальные тросики-тяги, которые через ролики, закрепленные на каркасе котла или на потолке котельной, выводят на фронт котла, где происходит подъем или опускание шибера для регулирования тяги. Для удерживания шибера в нужном положении к концам тяг, выведенных на фронт котла, прикрепляют грузы.

Люки и лазы служат для осмотра, ремонта или очистки внешних и внутренних поверхностей нагрева котла. Для осмотра внешних поверхностей устраивают в обмуровке котла лазы прямоугольного сечения размером не менее 400×450 мм или круглого сечения диаметром не менее 450 мм.

Люки устанавливают в местах, затрудняющих проведение осмотра, чистки или ремонта.

В верхней части топки или газохода котлов, работающих на газообразном или жидком топливе, устанавливают взрывные клапаны, которые служат для предохранения обмуровки топки и котла от разрушения при взрыве скопившихся газов. По конструкции они напоминают лазы в обмуровке, но их отверстия закрыты листовым асбестом по сетке. При взрыве асбестовый лист разрывается и давление взрыва гасится. Если невозможно устано-

вить взрывные предохранительные клапаны в местах, безопасных для обслуживающего персонала, то их снабжают отводами. Количество взрывных предохранительных клапанов, их расположение и размеры сечения определяют по проектным данным.

Обмуровка. Основное назначение обмуровки заключается в том, чтобы сократить потери тепла в окружающую среду. Ее выполняют из материала, имеющего небольшую теплопроводность, обладающего достаточной механической прочностью и термической стойкостью. В процессе эксплуатации температура наружной поверхности обмуровки не должна превышать 70°C . Одновременно обмуровка предохраняет котел от притока воздуха в топку и газоходы. Основную часть обмуровки отопительных котлов выполняют из красного кирпича. В зонах высоких температур (свыше 700°C) вместо красного кирпича применяют огнеупорный шамотный кирпич. Эту часть обмуровки называют футеровкой.

Толщина швов кладки обмуровки не должна превышать 2—3 мм. Швы в кладке располагают вразбежку. Обмуровку выполняют с таким расчетом, чтобы при нагревании она могла легко расширяться. Для этого нельзя производить сплошную перевязку кирпичей футеровки с кладкой из красного кирпича, в связи с различными коэффициентами их объемного расширения. Для плотности в местах соприкосновения обмуровки с металлическими частями котла укладывают листовой или шнуровой асбест.

Снаружи обмуровку укрепляют металлическим каркасом из прокатного металла. В зоне высоких температур для поддержания футеровки устраивают своды из огнеупорного кирпича клиновидной формы.

10. Тяго-дутьевые устройства

Тяго-дутьевые устройства котельной включают в себя дымовую трубу, дымосос и дутьевой вентилятор.

Тяга в котле необходима для того, чтобы подвести к топливу воздух и отвести продукты горения из топки через газоходы котла в атмосферу. Тяга бывает естественная и искусственная.

Естественная тяга в дымовой трубе возникает вследствие различия плотностей наружного воздуха и более горячих дымовых газов.

Искусственная тяга создается дымососами, засасы-

вающими газы из газохода котла и выбрасывающими их в атмосферу (см. рис. 4).

Дымовые трубы отопительных котельных выполняют из кирпича и металла.

Сила естественной тяги зависит от высоты дымовой трубы и температуры уходящих газов. Чем выше дымовая труба и температура уходящих газов, тем сильнее тяга. С этой точки зрения кирпичные трубы лучше металлических, так как дымовые газы остывают в них медленнее.

Искусственная тяга применяется в тех случаях, когда труба не может обеспечить необходимой тяги или когда необходима установка высокой трубы. Например, вновь строящиеся групповые котельные с отопительными котлами, работающими на твердом топливе, должны быть оборудованы золоудалителями устройствами (см. рис. 4), имеющими очень высокое сопротивление (40—60 мм вод. ст.).

Для преодоления такого сопротивления требуется дымовая труба высотой 40—50 м, которую соорудить весьма сложно. В таком случае устанавливают минимально возможную исходя из санитарных норм высоту трубы, а разницу в сопротивлении котельной установки преодолевают за счет дымососа.

При малых нагрузках котла в целях экономии электроэнергии следует работать без дымососа. Для нормальной работы котла необходима хорошая тяга. Ухудшение ее может произойти, если: а) зашлакованы колосники или забит зольник; б) завалены (золой или кирпичом) борова котла; в) имеются щели в газоходах котла или борова, а также неплотно закрыты лазы; г) открыты шиберы у соседних неработающих котлов, залит боров водой.

В процессе эксплуатации дымососов необходимо следить, чтобы температура дымовых газов, поступающих в дымосос, не превышала 200°C ; постоянно производилось охлаждение водой подшипников; имелось хорошее уплотнение сальников, препятствующее вытеканию из них смазки; отсутствовала вибрация.

Для искусственной подачи воздуха в топку используют вентиляторы.

При сжигании газообразного топлива с помощью смесительных горелок подача к ним воздуха осуществляется также при помощи вентиляторов. В отопительных котель-

ных обычно применяют вентиляторы низкого или среднего давления.

Тягомеры. Тягомеры — это приборы, служащие для измерения величины разрежения в различных точках котельной установки.

Принцип действия этих приборов такой же, как и U-образных манометров. Основным отличием тягомера от U-образного манометра является то, что одно его колено расположено не вертикально, а наклонно.

Это вызвано тем, что при вертикальном расположении шкалы невозможно оценить величину тяги в десятых долях миллиметра водяного столба, характерной для отопительных котлов. Благодаря наклонному положению трубки уровень жидкости в ней передвигается на большее

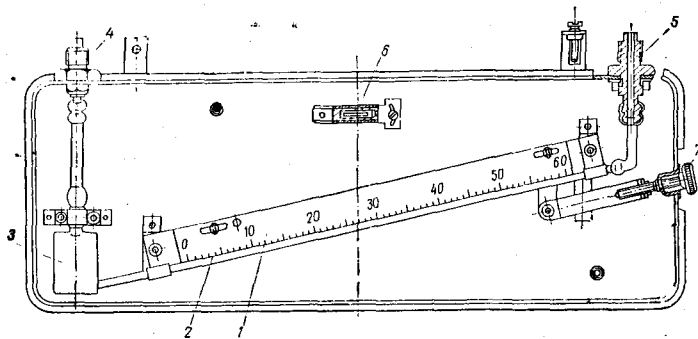


Рис. 40. Жидкостной тягонапормер ТНЖ
1 — шкала; 2 — наклонная стеклянная трубка; 3 — стеклянный сосуд; 4 и 5 — штуцера; 6 — уровень; 7 — винт перемещения шкалы

расстояние. При небольшой разнице между уровнями жидкости (по вертикали) величину разрежения можно измерить с точностью до 0,2 мм вод. ст.

В настоящее время сконструированы приборы ТНЖ, которые служат для измерения давления и разрежения.

Эти приборы (рис. 40) называют тягонапормерами.

Шкала ТНЖ 1 расположена вдоль наклонной трубки 2 и с помощью винта 7 может передвигаться для установки стрелки в нулевое положение против первоначального уровня жидкости. Градуировка шкалы ТНЖ выполнена в мм вод. ст., хотя заполнять прибор следует подкрашенным (для лучшей видимости) спиртом или другими жидкостями с плотностью 0,85.

При заполнении ТНЖ водой точность показаний снижается. Тягонапормеры выпускают с пределами шкалы в 16, 25, 40, 65 и 100 мм вод. ст.

11. Водоподготовка

В системах теплоснабжения отопительных установок наблюдаются потери воды через различные неплотности. Для обеспечения нормальной работы котельной установки и системы теплоснабжения такие потери следует восполнять водой, предварительно прошедшей обработку в установках химводоочистки.

Установка химводоочистки состоит из осветлительных и коагуляционных аппаратов и водоумягчительных фильтров.

Осветлительные аппараты предназначены для удаления из воды дисперсных взвешенных веществ.

Соли кальция и магния, вызывающие образование накипи, локализуются в водоумягчительных фильтрах.

При подаче воды из городского водопровода коагуляция ее не требуется. Установки для нейтрализации, обессоливания и обезмасливания в отопительных котельных не применяют.

Наиболее распространенным способом умягчения питательной воды в отопительных котельных служит катионный способ.

Способ основан на том, что плохо растворимые в воде соли переводятся в легко растворимые, которые даже при большом их количестве в воде не будут доходить в растворе до состояния насыщения и, следовательно, выпадать в осадок в виде накипи. При этом общее количество солей не уменьшается.

В качестве катионита применяют минерал глауконит, сульфуголь и синтетические смолы.

Когда катионит истощится (о чем свидетельствует повышение жесткости умягченной воды), приступают к регенерации катионитового фильтра. Регенерацию катионита производят обратным током 10%-ного раствора поваренной соли (NaCl). Операция регенерации включает взрыхление катионита, пропуск раствора поваренной соли (NaCl) через слой сульфугля и его отмывку. При регенерации происходит обратная реакция: ионы натрия вытесняют из сульфугля поглощенные им ионы кальция и магния, которые переходят в раствор. Обработан-

ный таким образом сульфуголь обогащается катионами натрия и вновь обретает способность умягчать жесткую воду. Для удаления из катионита продуктов регенерации и остатков раствора поваренной соли производится отмывка сульфуголя.

В котловой воде помимо солей жесткости присутствуют растворенные кислород и углекислый газ, которые вызывают коррозию стенок котлов.

Наиболее подвержены коррозии стальные котлы и системы горячего водоснабжения.

Существует несколько способов удаления (деаэрации) из воды растворенных газов: термическая деаэрация, вакуум-деаэрация, с помощью сталестружечных и магномассовых (доломитовых) фильтров, а также электрохимическое обескислороживание.

В водогрейных отопительных котельных, в которых нет пара, рекомендуется дегазировать воду с помощью вакуум-деаэрации.

Принцип работы установки для вакуумной деаэрации заключается в следующем: вода из бака-аккумулятора подпиточным насосом подается к эжектору. Эжектор создает в головке деаэратора необходимый вакуум. После эжектора вода сбрасывается в открытый бак (газоотделитель), где происходит отделение части газов от воды. Из газоотделителя благодаря вакууму в деаэраторе вода всасывается по трубе в деаэраторную головку пленочного типа. При протекании воды через насадку головки она разделяется на тончайшие струйки и окончательно освобождается от кислорода. Для интенсивной дегазации воду в деаэраторе подогревают до 50—60°C.

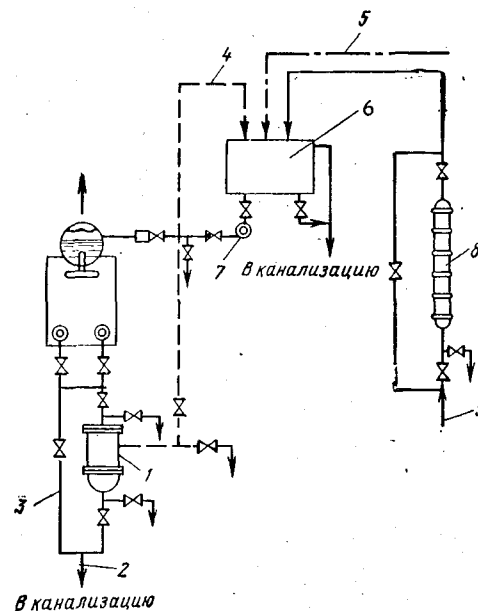
Деаэрация с помощью сталестружечных и магномассовых фильтров электрохимическим способом не нашла применения.

В соответствии с указаниями по проектированию котельных установок (СН 350-66) при питании паровых чугунных секционных котлов водой, в которой преобладает карбонатная жесткость, допускается магнитная обработка воды.

Принцип действия противонакипного магнитного устройства ПМУ (рис. 41) основан на том, что, пропуская подпиточную воду 9 через магнитное поле определенной напряженности и полярности 8, растворенные в ней соли меняют свою структуру и не осаждаются на стенках котла, а выпадают в осадок в виде шлама. Удаление шлама

производится через сепараторный шламоотделитель 1, в котором непрерывно циркулирует определенный объем воды.

Рис. 41. Схема включения противонакипного магнитного устройства ПМУ и шламоотделителя с чугунным секционным котлом
1 — сепараторный шламоотделитель; 2 — сброс шлама в канализацию; 3 — вода, насыщенная шламом; 4 — осветленная от шлама вода; 5 — конденсат; 6 — питательный бак; 7 — питательный насос; 8 — ПМУ; 9 — подпиточная вода (из водопровода)



Вследствие изменения направления движения воды и резкого уменьшения скорости взвешенный шлам выпадает в осадок. Осветленная вода 4 возвращается в питательный бак 6, где смешивается с возвращенным конденсатом 5 и добавочной (подпиточной) водой 9. При этом практически не происходит потерь тепла с горячей водой при продувке. Накопившийся в шламоотделителе шлам периодически удаляется в канализацию.

В настоящее время разрабатывается противонакипное магнитное устройство ПМУ-2 для водогрейных котлов.

12. Химическая очистка чугунных котлов от накипи

Опыт эксплуатации чугунных секционных котлов и результаты обследования отопительных котельных показывают, что отложение накипи в них является одной из причин резкого снижения теплопроизводительности, а также выхода их из строя.

Поскольку конструкция чугунных секционных котлов исключает возможность механической очистки от накипи, следует ежегодно очищать их от накипи химическим способом (раствором соляной кислоты).

Концентрация раствора соляной кислоты зависит от толщины слоя накипи. На 1 мм слоя накипи берется 1% технической соляной кислоты для раствора. Процентное содержание технической соляной кислоты в растворе должно соответствовать толщине накипи (в мм). Раствор выше 10%-ной концентрации не приготавливается.

Если толщина накипи более 10 мм, химическую очистку котла следует производить в два-три приема.

При подаче раствора соляной кислоты в котел происходит бурное растворение накипи с большим выделением углекислого газа. Чтобы уменьшить пенообразование, раствор следует подавать частями.

Процесс очистки протекает 1—2 ч. Окончание очистки характеризуется прекращением выделения углекислого газа и пены. Проверив с помощью ареометра, что реакция раствора соляной кислоты с накипью прекратилась, в отобранный раствор добавляют воду из водопровода, а затем спускают в канализацию.

После спуска раствора котел через верхние ниппельные отверстия промывают водой, затем производят нейтрализацию 1%-ным раствором едкого натра или кальцинированной содой. Заполнение котла производится снизу, так же как и заполнение кислотой. Заполненный котел растапливают, воду нагревают до 60—70°C и подерживают при этой температуре в течение 1 ч. Затем котел останавливают, охлаждают и снова подвергают повторной промывке.

Глава V

СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1. Общие сведения

Системы отопления могут быть местными и центральными. Системы местного отопления (печное, электрическое и газовое) применяют в небольших одно- и двухэтажных зданиях.

Центральными системами отопления называют системы с генератором тепла, вынесенным за пределы отапливаемых помещений.

В качестве теплоносителя в системах центрального отопления используют воду, воздух и водяной пар. В соответствии с этим системы центрального отопления подразделяют на системы водяного, воздушного и парового отопления.

По принципу действия системы водяного отопления делятся на системы с естественной и искусственной циркуляцией.

В системах отопления с естественной циркуляцией движение горячей воды происходит за счет меньшего ее удельного веса по сравнению с холодной водой. Горячая вода поднимается из котла в трубопроводы и нагревательные приборы, а остывшая, более тяжелая, опускается вниз и возвращается в котел.

В системах отопления с искусственной или насосной циркуляцией вода перемещается насосом.

Системы отопления с естественной циркуляцией проектируют для зданий небольшой протяженности (с радиусом действия не более 30 м по горизонтали). В современных жилых и общественных зданиях устанавливают системы отопления с искусственной циркуляцией.

По способу прокладки разводящих магистралей к отопительным стоякам различают системы отопления тупиковые и с попутным движением воды.

По схеме подачи воды к нагревательным приборам системы отопления подразделяют на двухтрубные и однотрубные.

В двухтрубных системах отопления подвод горячей воды к приборам и отвод обратной воды осуществляют по самостоятельным трубопроводам.

В однотрубных системах отопления горячий и обратный трубопроводы составляют единый контур.

Двухтрубные и однотрубные системы отопления проектируют с верхней и нижней разводкой подающих магистралей. При верхней разводке подающий трубопровод располагают на чердаке или под потолком верхнего этажа, а обратный — в подвале или под полом. При нижней разводке подающий и обратный трубопроводы монтируют в подвале или в подполье.

2. Системы водяного отопления с естественной циркуляцией

Эти системы выполняют двухтрубными с верхней или с нижней разводкой.

Двухтрубная система водяного отопления с верхней разводкой и естественной циркуляцией (рис. 42) состоит из следующих элементов: котла 1, установленного в котельной, подающего трубопровода 2, прокладываемого в верхней части здания, обратного трубопровода 3,

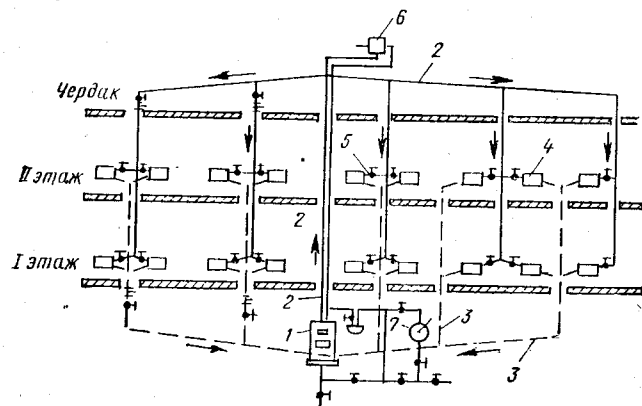


Рис. 42. Схема двухтрубной системы водяного отопления с естественной циркуляцией и верхней разводкой

1 — котел; 2 — подающий трубопровод; 3 — обратный трубопровод; 4 — нагревательные приборы; 5 — краны двойной регулировки; 6 — расширительный сосуд; 7 — ручной насос

нагревательных приборов 4, кранов двойной регулировки 5, установленных у приборов и расширительного сосуда 6. Для перекачивания воды из нижней части системы в канализацию в случае необходимости опорожнения ее и для подкачивания воды в систему при недостаточном давлении в водопроводе служит ручной насос 7. Нагревательные приборы располагают под окнами, а если это невозможно, то у внутренних стен. Установка нагревательных приборов под окнами обеспечивает наиболее равномерную температуру помещений. Вода движется в системе, как показано стрелками на рис. 42.

Давление, под действием которого происходит циркуляция воды в системе отопления, называется циркуляционным напором.

Циркуляционный напор расходуется на преодоление сопротивлений кранов, вентилях, задвижек, отводов (местных сопротивлений) и сопротивлений на трение воды о стенки труб в прямых участках трубопроводов. Потери давления на трение и в местных сопротивлениях зависят от диаметра труб, вида местных сопротивлений и скорости движения воды. Чем больше диаметр труб, тем меньше потери давления при равных количествах протекающей воды. При малом циркуляционном давлении трубопроводы имеют большие диаметры.

3. Системы водяного отопления с насосной циркуляцией

В системах большой протяженности применяют искусственную циркуляцию воды с помощью насосов. Циркуляционное давление, создаваемое насосом, достигает 100 мм вод. ст., что приблизительно в 20 раз превышает естественное.

Большое располагаемое давление в этих системах позволяет значительно повысить скорость движения воды в трубопроводе и тем самым устанавливать трубо-

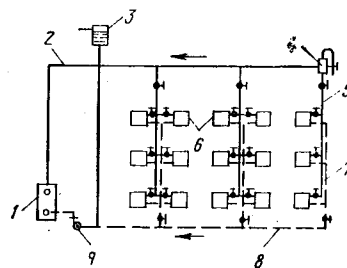


Рис. 43. Схема двухтрубной системы отопления с насосной циркуляцией и верхней разводкой

1 — котел; 2 — верхняя разводящая магистраль; 3 — расширительный сосуд; 4 — воздушосборник; 5 — горячие подающие стояки; 6 — обратные стояки; 7 — нагревательные приборы; 8 — обратная магистраль; 9 — центробежный насос

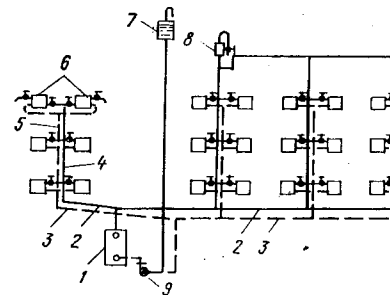


Рис. 44. Схема двухтрубной системы отопления с насосной циркуляцией и нижней разводкой

1 — котел; 2 — подающая магистраль; 3 — обратная магистраль; 4 — подающие стояки; 5 — обратные стояки; 6 — воздушные краны; 7 — расширительный сосуд; 8 — воздушосборник; 9 — центробежный насос

провода меньших диаметров. Это дает значительную экономию металла и снижает стоимость устройства системы отопления.

На рис. 43 приведено устройство двухтрубной насосной системы отопления с верхней разводкой.

Циркуляционный насос размещен на обратной линии перед котлом, а расширительный сосуд присоединен к обратной линии перед всасывающим патрубком насоса. Такое расположение обеспечивает во всех точках системы давление выше атмосферного, предотвращающего вскипание воды. На подающих и обратных стояках, как правило, устанавливают пробочные краны или вентили для регулирования системы и отклонения стояков в случае ремонта.

На рис. 44 показана схема двухтрубной системы отопления с насосной циркуляцией и нижней разводкой магистралей. Расширительный сосуд в системе присоединен к обратной магистрали до насоса, так же как и в системах отопления с насосной циркуляцией с верхней разводкой.

4. Однотрубные системы отопления

Эти системы по своим конструктивным особенностям делятся на две основные группы: проточные и с замыкающими участками. По способу прокладки они подразделяются на вертикальные и горизонтальные.

Однотрубные системы отопления по сравнению с двухтрубными имеют меньшую протяженность, однако при монтаже требуют установки большего количества радиаторов. Однотрубные системы экономичнее применять в зданиях высотой более трех этажей.

На рис. 45,а представлена вертикальная проточная однотрубная система отопления. Вода из стояков не распределяется по отдельным нагревательным приборам, а вначале поступает в нагревательные приборы верхнего этажа, затем, выйдя из них, направляется в стояк и в нагревательные приборы нижележащего этажа. Далее вода проходит через нагревательные приборы следующего этажа и вновь собирается в стояк и т. д. Из приборов нижнего этажа она поступает в обратную магистраль.

Проходя через нагревательные приборы всех этажей, вода постепенно остывает и в каждый нижележащий

прибор приходит менее горячей. Поэтому в проточных системах с равной теплоотдачей в нижних этажах приборы устанавливаются с большим количеством секций, чем в верхних.

Однотрубная вертикальная система отопления с замыкающими участками показана на рис. 45,б. В отличие от проточной системы поток воды в местах присоединения нагревательных приборов к стояку разветвляется: часть воды заходит в нагревательные приборы, а

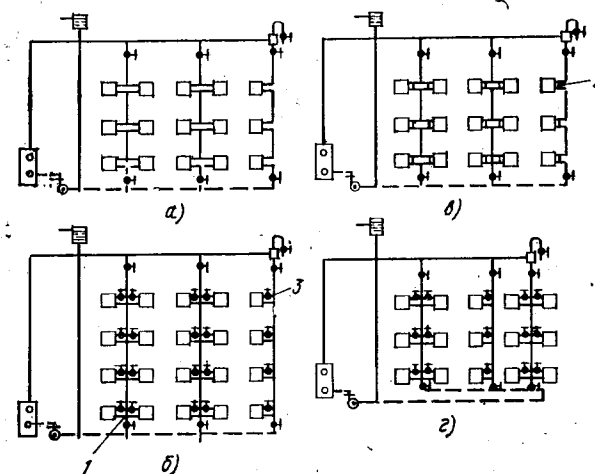


Рис. 45. Схемы вертикальных однотрубных систем отопления с насосной циркуляцией

а — проточная; б — с замыкающими участками; в — со смещенными перемычками; г — с попутным движением воды; 1 — замыкающий участок; 2 — смещенный замыкающий участок; 3 — кран двойной регулировки

часть ее проходит по перемычке замыкающего участка стояка. Вода, охладившись в радиаторе, смешивается с горячей водой, протекающей по замыкающему участку. Далее смешанная вода по стояку поступает к месту разветвления на следующем этаже, где поток воды опять разделяется таким же образом. Проходя последовательно через приборы всех этажей, вода постепенно охлаждается и поступает из стояков в обратную магистраль, а затем в котел.

Так же как и в проточной системе, вода входит в каждый нижележащий прибор с температурой более низкой, чем в верхних этажах. Поэтому в нижележащих

этажах устанавливают большее количество секций в нагревательных приборах. Каждый нагревательный прибор на подводке горячей воды имеет кран двойной регулировки для изменения количества протекающей воды.

Однотрубная вертикальная система отопления со смещенными замыкающими участками показана на рис. 45, в.

Смещение замыкающих участков улучшает условия поступления воды в нагревательные приборы. Кроме того, это способствует компенсации температурных удлинений стояков при их нагревании. Однако смещение замыкающих участков усложняет и удорожает монтаж.

На рис. 45, г показана схема однотрубной системы отопления с замыкающими участками и попутным движением воды.

В этой системе все циркуляционные кольца имеют одинаковую длину, и поэтому стояки с равной тепловой нагрузкой имеют одинаковые размеры.

Схемы горизонтальных однотрубных систем отопления показаны на рис. 46. На схеме (рис. 46, а) изображена проточная система, в которой возможна только поэтажная регулировка теплоотдачи приборов. От главного стояка на каждом этаже прокладывают горизонтальные трубопроводы, к которым присоединяют нагревательные приборы.

На схеме 46, б приведена система с перемычками у приборов. В этой системе возможна поэтажная и индивидуальная регулировка теплоотдачи приборов. Воздух из системы выпускают через воздушные краны, установленные у приборов. При таком способе выпуска воздуха усложняется обслуживание системы.

В горизонтальной проточной системе без перемычек (рис. 46, в) воздух выпускается через воздушную трубу, соединяющую верхнюю часть всех приборов, и через воздухоотборник.

В современных зданиях, не имеющих чердаков, большое распространение получила однотрубная система отопления с нижней разводкой магистрали и П-образными стояками с подсоединением на каждом этаже здания по одному прибору (рис. 47). Для регулирования поступления воды в нагревательные приборы на стояках

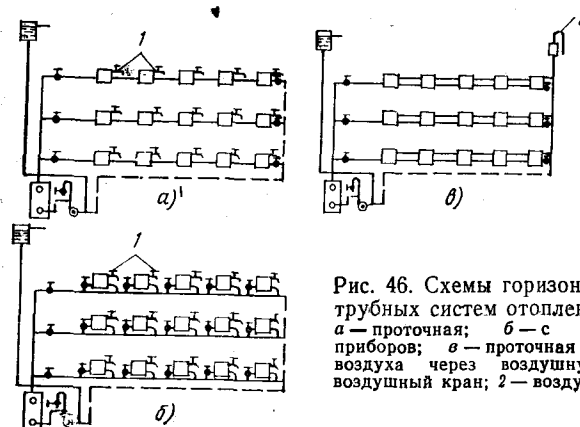


Рис. 46. Схемы горизонтальных однотрубных систем отопления
а — проточная; б — с перемычками у приборов; в — проточная с выпуском воздуха через воздушную трубу; 1 — воздушный кран; 2 — воздушная труба

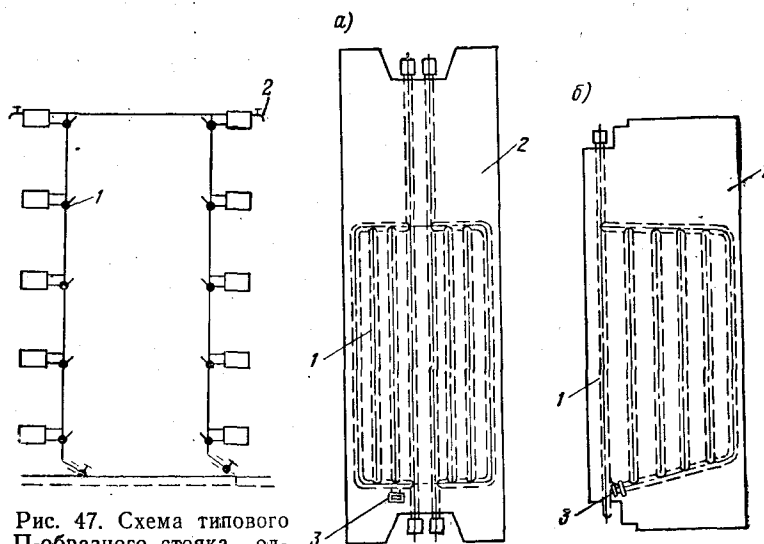


Рис. 47. Схема типового П-образного стояка однотрубной системы отопления с нижней разводкой и трехходовыми кранами
1 — трехходовой кран; 2 — воздушный кран

Рис. 48. Перегородочные отопительные панели
а — для двухтрубной системы; б — для однотрубной системы; 1 — нагревательные элементы; 2 — бетонная панель; 3 — регулировочный кран

в местах подсоединения подводок устанавливают трехходовые краны.

Одностороннее подсоединение нагревательных приборов к стояку, а также установка нагревательных приборов и стояков, смещенных от центра оконного проема и простенка, обеспечивают унификацию узлов этаже-стояков.

Однотрубные системы отопления с П-образными стояками могут быть с центральными и смещенными замыкающими участками. Смещенный замыкающий участок компенсирует удлинение стояка в пределах каждого этажа, поэтому при такой схеме отпадает необходимость устройства компенсаторов на стояке в зданиях повышенной этажности. Для удаления воздуха из системы у приборов верхнего этажа установлены воздушные краны.

5. Панельные системы отопления

В панельных системах отопления нагревательными приборами служат бетонные панели с замоноличенными в них стальными трубами. Такое совмещение элементов системы отопления со строительными конструкциями повышает сборность строительства, сокращает трудовые затраты, улучшает интерьер помещений и снижает расход металла по сравнению с системами отопления, в которых нагревательными приборами являются, например, радиаторы.

При устройстве панельного отопления нагревательные элементы размещают: под окнами, в перегородках, в наружных стенах, а также в потолке или полу. Монтаж отопительных панелей производят одновременно с возведением здания. Чаще всего используют панели заводского изготовления.

Подоконная отопительная панель представляет собой плиту из бетона марок 200—250, в которую замоноличен змеевик диаметром 20 мм.

Между наружной стеной и панелью для термозащиты проложен слой шлаковаты толщиной 30—40 мм или оставлен воздушный зазор размером 40—50 мм. Панель устанавливают непосредственно на плиту перекрытия и прикрепляют к наружной стене.

Ввиду сложности монтажа, а также устройства дополнительной прокладки стояков и подводок подокон-

ные отопительные панели не нашли широкого применения.

Более распространенными являются перегородочные отопительные панели (рис. 48).

В этих панелях замоноличены не только нагревательные элементы, но и стояки. Монтаж системы отопления в этом случае сводится к установке панелей, соединению их междуэтажными вставками и прокладке магистральных трубопроводов. Панель является частью перегородки и устанавливается около наружной стены. Размер панели составляет: толщина 120 мм, ширина 800—1000 мм, высота соответствует этажу. Перегородочные панели применяют как в однотрубных, так и в двухтрубных системах отопления.

Недостатками панелей являются: сложность регулировки поступления тепла в помещения с разными теплопотерями; появление трещин в местах сопряжения панелей с перегородками; отсутствие кранов для бытовой регулировки и большая сосредоточенная теплоотдача панели. Для снижения сосредоточенной теплоотдачи панели нагревательные элементы размещают по периметру перегородки.

Наиболее рациональной из проверенных в экспериментальном строительстве является система панельного отопления, в которой нагревательные элементы и стояки замоноличены в наружные стеновые панели (рис. 49).

При таких системах уменьшается количество холодных поверхностей в помещении; устраняется влияние ниспадающих холодных потоков воздуха от окон и создается возможность регулировать температуру в каждой комнате в отдельности.

Расширительный бак. Для предохранения системы от повреждения в результате расширения воды в высшей точке ее устанавливают расширительный бак, сообщающийся с атмосферой. Кроме того, в системах с естественной циркуляцией через расширительный бак удаляется воздух. Для предотвращения замерзания воды и потерь тепла расширительный бак размещают в утепленной будке. Если установить расширительный бак на чердаке нельзя, то его размещают в верхней части лестничной клетки. При обслуживании одной котельной группы зданий расширительный бак устанавливают на чердаке наиболее высокого здания. В новых жилых районах

города или поселках статическое давление в системе поддерживают подпиточные насосы, устанавливаемые в помещении котельной.

В системе с естественной циркуляцией расширительный бак присоединяют к главному стояку 2 (рис. 42),

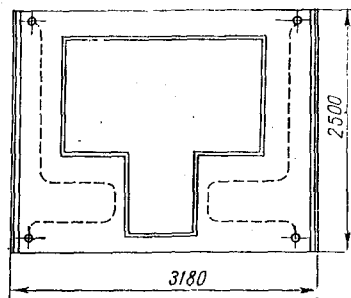


Рис. 49. Стеновая панель с греющим элементом

расширительной трубой, сваренной в дно бака, а в системах с искусственной циркуляцией — к обратному трубопроводу системы (см. рис. 43, 44) на участке перед всасывающими задвижками циркуляционных насосов.

Для того чтобы обслуживающий персонал мог проверить, заполнена ли система водой, на высоте примерно $\frac{1}{3}$ от дна бака присоединяют сигнальную трубу диаметром 13 мм, которую выводят к раковине в котельной. На расстоянии 100 мм от верха бака устанавливают переливную трубу диаметром 35—50 мм, которая служит для сброса из бака излишней воды. Переливную трубу применяют также для удаления воздуха из системы отопления.

Для обеспечения циркуляции воды в расширительном баке и предотвращения его замерзания в системах с естественной циркуляцией, имеется циркуляционная труба диаметром 25 мм, соединенная с ближайшим подающим трубопроводом. Циркуляционная труба располагается примерно на 200—250 мм от основания бака. В системах с искусственной циркуляцией расширительный бак присоединяют расширительной и циркуляционной трубами к обратному трубопроводу перед насосом с расстоянием между точками их присоединения не менее 2 м.

В системах отопления с нижней разводкой расшири-

тельный бак устанавливают выше нагревательных приборов верхнего этажа.

Контроль за понижением уровня воды в расширителе, помимо сигнальной трубы, можно производить по показаниям манометров, расположенных на котлах и насосах.

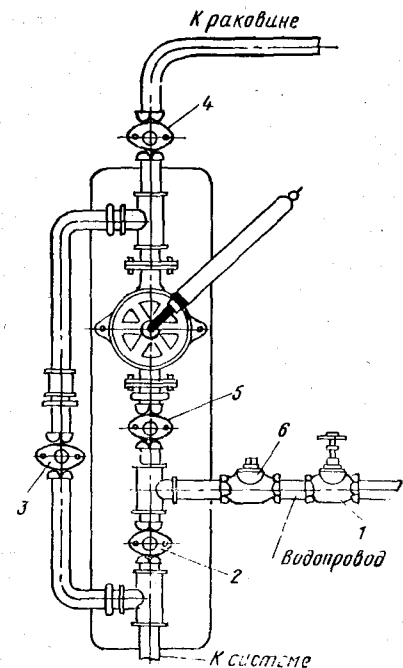
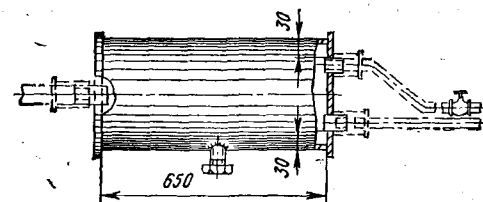


Рис. 50. Схема устройства для наполнения и спуска системы отопления

1 — вентиль; 2 — 5 — краны; 6 — обратный клапан

Рис. 51. Проточный воздухосборник



Устройства для наполнения и опорожнения систем.

Для заполнения водой системы отопления используют ручной насос (рис. 50), который служит также для откачки воды из нижних частей системы отопления при ее опорожнении.

При наличии водопровода система может быть заполнена водой помимо насоса. Для этого открывают вентиль 1 и кран 2, а краны 3, 4, 5 закрывают.

При наполнении системы с помощью насоса должны быть открыты вентиль 1 и краны 3 и 5, а остальные краны закрыты. Между насосом и вентилем 1 устанавливают обратный клапан 6 для устранения возможной утечки воды из системы в водопроводную сеть при понижении в ней давления. При спуске воды из системы краны 2, 5 и вентиль 1 закрывают и открывают краны 3 и 4.

При откачке воды из нижних частей системы, находящихся ниже уровня расположения раковины, вентиль 1 и кран 3 закрывают, а краны 2, 5 и 4 открывают.

Удаление воздуха из системы отопления. В системах отопления с естественной циркуляцией удаление воздуха производят через магистральные подающие трубопроводы, которые прокладывают с подъемом к расширительному баку. Горячие подводки выполняют с подъемом к стоякам, а обратные — к приборам. При устройстве петель на обратных магистралях для обхода дверей прокладывают воздушные линии.

В системах отопления с естественной циркуляцией и нижней разводкой для выпуска воздуха трубопровод монтируют с подъемом к удаленным стоякам, а от верхних приборов устраивают воздухоборники.

Для выпуска воздуха у радиаторов верхнего этажа ставят воздушные краны (см. рис. 46 и 47). Во избежание перетекания воды из стояка в стояк воздушную линию прокладывают с петлями, чтобы в горизонтальном трубопроводе всегда оставался воздух. Воздушную линию ведут под потолком верхнего отапливаемого этажа.

Воздух из системы с насосной циркуляцией и верхней разводкой выпускают через воздухоборники, устанавливаемые в высших точках разводящей магистрали. Горячий магистральный трубопровод прокладывают с подъемом к воздухоборнику, благодаря чему направление движения воды и воздуха совпадает. Воздух из системы отопления с насосной циркуляцией и нижней разводкой выпускают через воздушную линию от группы стояков через воздухоборник, устанавливаемый на воздушной линии.

На рис. 51 показан горизонтальный проточный воз-

духоборник. Диаметр его значительно больше диаметра магистральных труб.

Для выпуска воздуха из воздухоборника необходимо периодически открывать кран на воздухоотводящей трубе. Воздухоборники устанавливают в местах, доступных для их обслуживания.

Питательные и циркуляционные насосы. В котельной с водопрейнными котлами должно быть установлено не менее двух насосов для циркуляции воды в системе теплоснабжения (циркуляционные насосы). Один из насосов является рабочим, другой резервным. Для подпитки сети теплоснабжения устанавливают также не менее двух подпиточных насосов, один из которых резервный. Вместо подпиточных насосов допускается использовать водопроводную сеть, если напор воды в водопроводе превышает давление в нижней части системы теплоснабжения не менее чем на 1 атм. При этом на подпитываемой линии монтируют запорный вентиль и обратный клапан.

Для питания водой паровых котлов в котельной должно находиться не менее двух питательных насосов. В качестве питательных, подпиточных и циркуляционных насосов применяют центробежные насосы.

Насосы включают в обратную линию перед котлами, снабжают обводной линией, позволяющей регулировать их работу (см. рис. 5). При остановке насоса обводная линия обеспечивает незначительную циркуляцию воды в системе. Чтобы шум не проникал в помещения отапливаемого здания, фундаменты под насосы не следует жестко связывать со строительными конструкциями.

Высота всасывания холодной воды для центробежного насоса составляет не более 6 м. При повышении температуры воды допустимая высота всасывания уменьшается, так как в результате создаваемого разрежения горячая вода может быстрее закипеть.

Явление вскипания воды в насосе называется кавитацией. В результате кавитации происходит срыв работы насоса и возникают гидравлические удары, которые быстро выводят насос из строя. При температуре более 40°C вода уже должна подводиться к насосу под напором. При первоначальном пуске центробежного насоса необходимо проверить, чтобы вращение его колеса происходило по направлению движения воды в улитке. Правильность вращения определяется по направлению вращения вала. Если колесо вращается не в ту сторону,

необходимо поменять подключения фаз электродвигателя к электросети.

Центробежные насосы имеют большую производительность и одновременно создают большое давление, поэтому их устанавливают в котельных, обслуживающих группу зданий.

Для систем отопления отдельных зданий рекомендуется применять диагональные насосы ЦНИИПС, создающие при большой производительности небольшие циркуляционные давления. Эти насосы имеют малые габариты и монтируются непосредственно на трубопроводах в горизонтальном или вертикальном положении.

6. Системы воздушного отопления

В системах воздушного отопления для обогрева помещений в качестве теплоносителя применяют воздух, нагретый до температуры более высокой, чем температура помещения. Такой воздух называется перегретым. Поступая в помещения, воздух отдает теплоту перегрева, которая соответствует теплотерям здания.

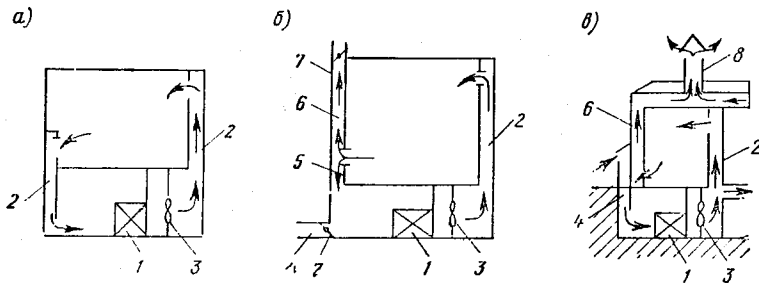


Рис. 52. Системы воздушного отопления

а — рециркуляционная; б — с частичной рециркуляцией; в — прямоточная; 1 — calorifer; 2 — канал; 3 — вентилятор; 4 — канал для подачи наружного воздуха; 5 — канал для рециркуляционного воздуха; 6 — канал для удаления воздуха; 7 — клапан; 8 — вытяжная шахта

Системы воздушного отопления подразделяют на централизованные с подачей воздуха из единого общего центра и децентрализованные с подачей воздуха местными отопительными агрегатами.

Воздух в системах воздушного отопления может перемещаться за счет разности объемных весов холодного

и нагретого воздуха (системы с естественной циркуляцией) и за счет разности давлений, создаваемых вентилятором (системы с механическим побуждением).

Различают системы воздушного отопления с полной рециркуляцией (рис. 52,а), в которых рециркулирует один и тот же внутренний воздух, с частичной рециркуляцией (рис. 52,б) и прямоточные (рис. 52,в).

При эксплуатации систем воздушного отопления с частичной рециркуляцией и прямоточных наряду с отоплением осуществляется и вентиляция.

Системы воздушного отопления с естественной циркуляцией применяют при радиусе действия не более 8 м, при больших расстояниях — с механическим побуждением. Практика показала, что наилучший эффект дают системы с искусственной циркуляцией.

Для помещений большого объема применяют децентрализованные системы с агрегатами большой производительности и сосредоточенной подачей воздуха.

Системы воздушного отопления с полной рециркуляцией могут быть применены в производственных помещениях, в которых отсутствует пыль и отравляющие компоненты газа.

В некоторых общественных и коммунальных зданиях для экономии тепла допускается частичное повторное использование отработанного теплого воздуха (частичная рециркуляция). В жилых домах рециркуляция воздуха не допускается и в них используются прямоточные системы воздушного отопления. Следует отметить, что воздушное отопление в жилищном строительстве не получило распространение.

Воздушное отопление по своим капитальным затратам дешевле радиаторного. В эксплуатационном отношении они оправдывают себя там, где допустима рециркуляция воздуха, имеются условия централизации обслуживания котельных.

7. Системы парового отопления низкого давления

В системах парового отопления низкого давления используется насыщенный пар с давлением не выше 0,7 атм. Пар из котла по паропроводу поступает в нагревательные приборы, установленные в помещениях, где, конденсируясь, выделяет скрытую теплоту парообразования.

ния, и это тепло через стенки приборов передается в помещения. Конденсат отводится из приборов по трубопроводам либо непосредственно в котельную — самотеком, либо направляется в сборные конденсатные баки, откуда насосами перекачивается в котлы.

На рис. 53 приведена система парового отопления с верхней разводкой и с непосредственным возвратом конденсата в котел по сухому конденсатопроводу.

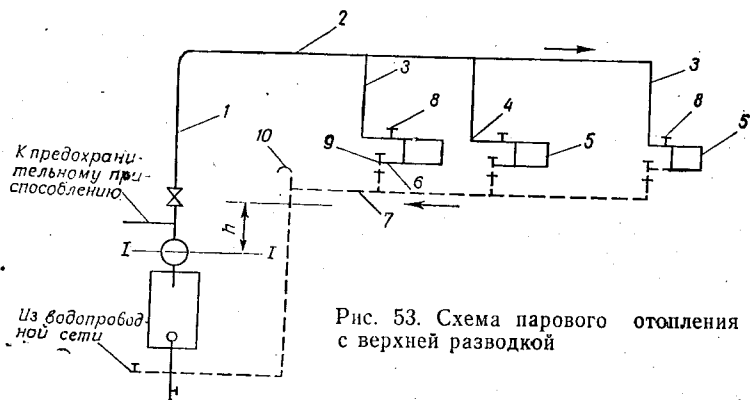


Рис. 53. Схема парового отопления с верхней разводкой

Сухими конденсатопроводами называются конденсатопроводы, сечение которых при работе системы не полностью заполнено конденсатом, а при перерывах в работе — свободно от воды. Соответственно мокрыми конденсатопроводами называют конденсатопроводы, все сечение которых при работе заполнено водой.

Перед растопкой котел и систему отопления заполняют водой до уровня 1—1. После пуска котла пар по главному стояку 1 подается в магистральные паропроводы 2, паровые стояки 3 и далее через ответвления 4 в нагревательные приборы 5. Конденсат из приборов отопления по ответвлениям 6 поступает в магистральный конденсатопровод 7, из него в котел. Давление пара в котле уравнивается столбом воды высотой h . Например, при давлении пара в котле $0,5 \text{ кгс/см}^2 h = 5 \text{ м}$. При стекании конденсата из горизонтальной конденсационной трубы в общий конденсационный стояк высота столба в последнем увеличивается и часть конденсата выдавливается в котел.

При пуске системы отопления воздух из нее вытесняется паром. Воздух тяжелее пара, а поэтому он отводит-

ся через конденсационную линию и воздушную трубу 10. Точка присоединения воздушной трубы к конденсационному трубопроводу должна быть выше уровня воды в общем конденсационном стояке на 200—250 мм.

Для регулирования количества пара перед нагревательными приборами устанавливают вентили 8. Для того чтобы при регулировании убедиться, что пар не поступает из приборов в конденсатопровод, а полностью в них конденсируется, на ответвлениях от приборов рекомендуется устанавливать тройники 9 с пробкой.

На рис. 54 показана система парового отопления низкого давления с нижней разводкой. Система тупиковая с непосредственным возвратом конденсата в котел по сухому конденсатопроводу. Эта система работает аналогично системе с верхней разводкой. Паровая магистраль прокладывается с уклоном в сторону движения пара, что обеспечивает стекание конденсата по направлению движения пара.

Из конечной точки 1 конденсат отводится через петлю, представляющую собой гидравлический затвор, не позволяющий пару проникать в конденсатопровод.

Для обогрева больших помещений, не требующих индивидуальной регулировки теплоотдачи каждого прибора, применяются горизонтальные паровые системы (рис. 55).

Непосредственный возврат конденсата в котел применяется при давлении пара до $0,2 \text{ кг/см}^2$, чтобы не пришлось значительно заглублять котельную. При давлении пара свыше $0,2 \text{ кг/см}^2$ применяют разомкнутые системы с возвратом конденсата самотеком в конденсационный бак с последующей перекачкой его в котел при помощи центробежного насоса (рис. 56). Насос располагают ниже уровня бака, что обеспечивает его работу на горячей воде.

При разомкнутой системе нагревательные приборы можно устанавливать на одном уровне с котлом и даже ниже его. Воздух из системы удаляется в атмосферу по конденсатопроводу через конденсационный бак. Чтобы пар не мог выходить в атмосферу, на конденсатопроводах устанавливаются либо гидравлические затворы при малом остаточном давлении, либо конденсатоотводчики (конденсационные горшки) при повышенном давлении. Конденсатоотводчики, как и гидрозатворы, пропускают конденсат, но препятствуют проходу пара.

Системы парового отопления по сравнению с водяными менее металлоемки и, следовательно, более дешевые; обеспечивают быстрый прогрев помещений; менее опасны в отношении замерзания.

Недостатками систем парового отопления являются:
а) отсутствие центрального качественного регулирования

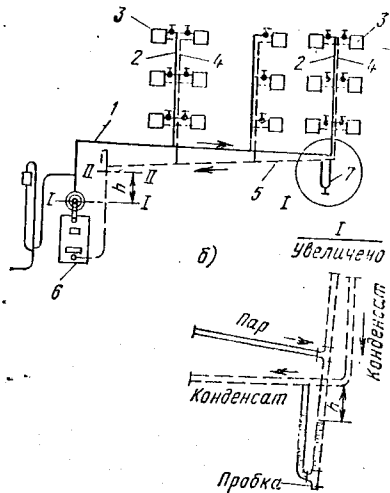


Рис. 54. Схема парового отопления с нижней разводкой

1 — распределительная паровая магистраль; 2 — паровые стояки; 3 — нагревательные приборы; 4 — конденсационные стояки; 5 — сборный конденсатопровод; 6 — котел; 7 — гидравлический затвор

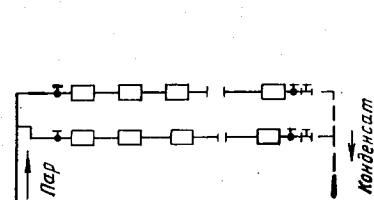


Рис. 55. Схема горизонтальной системы парового отопления

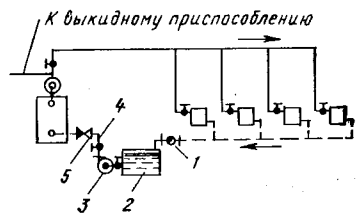


Рис. 56. Схема парового отопления низкого давления разомкнутая

1 — конденсационный горшок; 2 — конденсационный бак; 3 — насос; 4 — питательный трубопровод; 5 — обратный клапан

ния; изменение теплопроизводительности системы отопления достигается путем подачи пара пропусками, что вызывает значительные колебания температуры в помещениях; б) высокая температура поверхности нагревательных приборов, являющаяся причиной пригорания на

них органической пыли и появления в помещении запаха; в) повышенные потери тепла в трубопроводах; г) частые нарушения плотности соединений трубопроводов и стук в системе при перемещении по ней водяных пробок конденсата (гидравлические удары).

8. Системы горячего водоснабжения

Различают местные и централизованные установки горячего водоснабжения. К местным установкам относятся дровяная и газовая ванные колонки, нагревательные элементы, заделанные в отопительных печах, и т. д.

Местные установки в данной книге не рассматриваются.

В централизованных системах горячая водаготавливается непосредственно в водогрейных котлах или водоподогревателях, работающих от теплосети.

В котельных с чугунными котлами для горячего водоснабжения жилых домов чаще всего устанавливают паровые котлы с емкостными теплообменниками (бойлерами). Схема установки приведена на рис. 57. Принцип действия ее заключается в следующем. Пар из паросборника котла поступает в змеевик бойлера, где, конденсируясь, нагревает воду, находящуюся в корпусе подогревателя. Конденсат из змеевика по конденсатопроводу возвращается обратно в котел. Горячая вода из водонагревателя с температурой 65—70°C под давлением городского водопровода поступает к стоякам системы горячего водоснабжения, а затем к санитарным приборам. Часть воды по циркуляционным трубопроводам возвращается в водоподогреватель, что предотвращает остывание воды в подающей магистрали. По мере разбора горячей воды в водоподогреватель поступает холодная вода из водопровода. На водоподогревателе устанавливают рычажный предохранительный клапан и термометр.

В настоящее время широко применяются не емкостные, а скоростные паро- или водоводяные проточные водоподогреватели, в которых вместо стального змеевика установлены латунные трубки. Конструкция подогревателя выполнена таким образом, чтобы нагреваемая вода проходила внутри трубок, а греющая вода или пар в пространстве между трубками.

Подогреватели изготавливают разборными одно- или многосекционными. Секции между собой соединяют

калачами на болтах. Внутри каждой секции расположена трубная решетка и пучок латунных трубок. Скоростные водонагреватели применяются для систем горячего водоснабжения больших жилых домов, бань, прачечных и других крупных потребителей горячей воды. Различают системы горячего водоснабжения тупиковые и системы с циркуляционным трубопроводом. Тупиковые системы применяют в малоэтажных жилых домах или в зданиях, где горячая вода потребляется непрерывно (бани,

Рис. 57. Схема горячего водоснабжения с чугунным котлом и емкостным теплообменником
1 — котел; 2 — змеевик; 3 — емкостный теплообменник; 4 — расходный кран

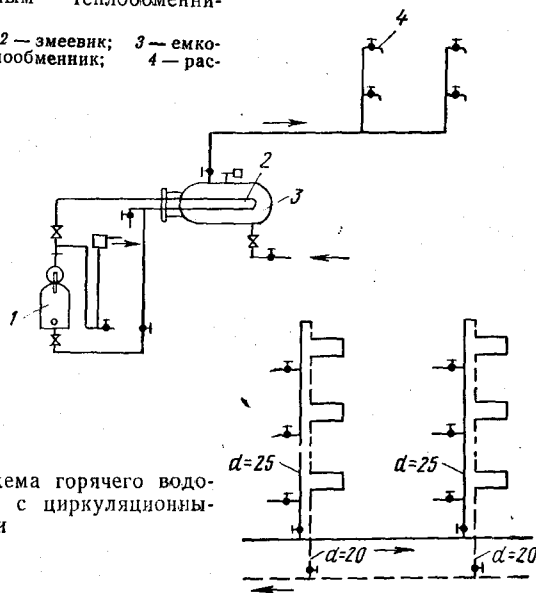


Рис. 58. Схема горячего водоснабжения с циркуляционными стояками

прачечные). В небольших жилых домах протяженность трубопроводов системы небольшая. Поэтому даже в случае длительного отсутствия водоразбора достаточно небольшого слива остывшей воды, чтобы из кранов пошла горячая вода. В многоэтажных жилых домах и гостиницах, где остывание воды в трубах требует больших сливов, применяют схемы горячего водоснабжения с циркуляционными стояками (рис. 58), благодаря которым даже при длительном отсутствии водоразбора из

кранов сразу же потечет горячая вода. Разводящая магистраль системы горячего водоснабжения может прокладываться как в верхней, так и в нижней части здания.

Глава VI.

ГАЗОПРОВОДЫ КОТЕЛЬНЫХ И ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ ПУНКТЫ

1. Газопроводы котельных

Городские газопроводы бывают: а) низкого давления до $0,05 \text{ кгс/см}^2$ ($0,0049 \text{ Мн/м}^2$); б) среднего давления от $0,05$ до 3 кгс/см^2 (от $0,0049$ до $0,29 \text{ Мн/м}^2$); в) высокого давления — от 3 до 12 кгс/см^2 (от $0,29$ до $1,18 \text{ Мн/м}^2$).

Отопительные котельные присоединяют к газовым сетям среднего давления. Только небольшие котельные с расходом газа не более $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ питаются газом низкого давления.

В помещении отопительных котельных разрешается прокладка газопроводов низкого и среднего давления. В котельных, расположенных в отдельно стоящих зданиях, разрешается прокладка газопроводов высокого давления, но не более 6 кгс/см^2 .

Газопроводы должны либо вводиться непосредственно в помещение, где располагаются котлы, либо в смежное с ним помещение при условии соединения их открытым проемом. На вводе газопровода внутри помещения должно устанавливаться отключающее устройство в доступном для обслуживания и освещенном месте.

Газопроводы в котельной прокладываются открыто и в местах, удобных для обслуживания и исключающих возможность их повреждения. Ответвления от внутреннего газопровода к котлам допускается прокладывать с заделкой труб в бетонном полу, при условии покрытия этих труб противокоррозионной изоляцией. При этом газопроводы должны иметь минимальное количество сварных стыков.

Резьбовые и фланцевые соединения, а также установка арматуры на газопроводах, заделанных в бетонном полу, не допускаются.

Крепление газопроводов производится с помощью

кронштейнов или подвесок с хомутами. Приварка хомутов и кронштейнов к газопроводам не допускается. Газопроводы в местах прохода людей должны прокладываться на высоте не менее 2,2 м, считая от пола до низа трубы.

На каждом отводе газопровода от коллектора к котлу предусматривается не менее двух отключающих устройств, одно из которых устанавливается непосредственно у горелки.

Эта арматура располагается в местах, легко доступных для управления, осмотра и ремонта. Если арматура находится на высоте более 2 м, то для доступа к ней делаются площадки с лестницами. Кроме запорной арматуры и приборов контроля, на газопроводе к котлам монтируют различные устройства автоматики, предназначенные для обеспечения безопасной и экономичной работы котлов.

Внутренние газопроводы котельной снабжаются системой продувочных трубопроводов (свечей) с запорными устройствами. Продувочные трубопроводы присоединяются к наиболее удаленным от ввода в котельную участкам газопровода, а также на отводах к каждому котлу перед последним по ходу газов отключающим устройством.

Газопроводы после окончания монтажа и испытаний окрашивают масляными красками в светло-коричневый или желтый цвет.

2. Газорегуляторные пункты

Газорегуляторные пункты (ГРП) или установки (ГРУ) предназначены для: а) снижения давления газа до заданной величины; б) поддержания заданного давления вне зависимости от изменения расхода газа и давления на входе в ГРП или ГРУ; в) прекращения подачи газа при повышении или понижении его давления после ГРП или ГРУ сверх установленных норм.

Отличие ГРУ от ГРП заключается в том, что первые сооружаются непосредственно у потребителей и предназначены для снабжения газом котлов и других агрегатов, расположенных только в одном помещении, в то время как ГРП оборудуются на городских распределительных сетях или объектах коммунально-бытового

назначения. Принципиальные схемы ГРП и ГРУ аналогичны.

В зависимости от давления газа на входе в ГРП они подразделяются на установки среднего и высокого давления.

Газорегуляторное оборудование может быть размещено в отдельно стоящем здании, в помещении, встроенном в котельную, или в металлических шкафах снаружи здания. В последнем случае установка называется шкафным газорегуляторным пунктом (ШРП).

Устраивать ГРП в подземных, подвальных и полуподвальных помещениях, а также в колодцах не допускается.

В комплект оборудования ГРП входят: фильтр для очистки газа от механических примесей; предохранительно-запорный клапан, автоматически отключающий подачу газа потребителям в случае выхода из строя регулятора давления газа; регулятор давления газа, снижающий давление газа и автоматически поддерживающий его на заданном уровне; предохранительно-сбросной клапан (гидравлический или пружинный) на выходе газа, обеспечивающий сброс избыточного газа в случае неплотного закрытия предохранительно-запорного клапана или регулятора давления, и манометры для замера давления газа на входе и выходе.

Основная линия, на которой размещена газовая аппаратура, оборудуется обводным газопроводом (байпасом) с двумя задвижками, с помощью которых при неисправности основной линии, вручную производится регулирование давления газа.

В ГРП небольшой пропускной способности на выходе ставятся ротационные счетчики для замера количества израсходованного газа. Для сброса газа в атмосферу устанавливаются «свечи». Принципиальная схема размещения ГРП показана на рис. 59.

Типы регуляторов давления. Регуляторы давления являются основными приборами ГРП. Они подразделяются на: а) регуляторы прямого действия, использующие энергию газа в газопроводе; б) регуляторы непрямого действия, работающие на энергии посторонних источников (пневматических, гидравлических и электрических); в) регуляторы промежуточного типа, использующие энергию газа в газопроводе, снабженные усилителями, как и регуляторы непрямого действия.

Наибольшее распространение в системах газоснабжения отопительных котельных получили регуляторы прямого действия как наиболее простые и надежные в работе. В свою очередь эти регуляторы подразделяются на пилотные и беспилотные.

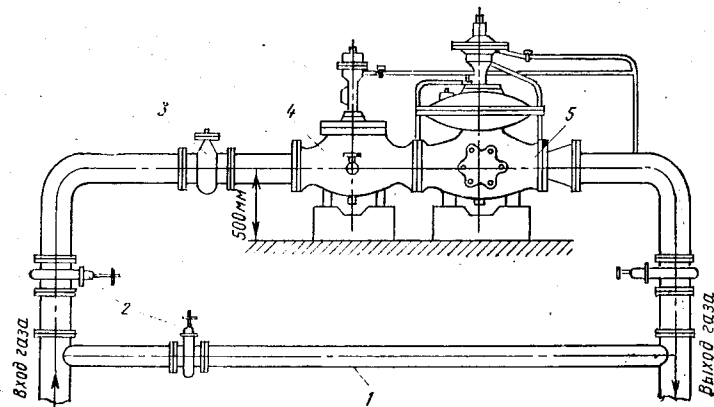


Рис. 59. Схема оборудования регуляторного пункта
1 — обводной газопровод (байпас); 2 — задвижки; 3 — фильтр; 4 — предохранительный клапан; 5 — регулятор давления

Пилотные регуляторы имеют управляющее устройство в виде небольшого регулятора, называемого пилотом.

Регуляторы РД. Регуляторы РД используются для ГРП небольшой производительности. Регуляторы РД беспилотные. Маркируются они по диаметру условного прохода: РД-20, РД-25, РД-32 и РД-50. Максимальная пропускная способность газа первых трех типов — $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ и последнего — $150 \text{ м}^3/\text{ч}$. Первые три типа имеют одинаковые габаритные размеры и отличаются лишь присоединительными размерами входных и выходных патрубков. Регуляторы РД-20 теперь не изготавливаются.

В последнее время выпущены модернизированные регуляторы РД-32М и РД-50М, имеющие по два входных штуцера. Устройство и принцип действия этих регуляторов одинаковы. На рис. 60 показано устройство регулятора РД-32М.

Принцип его работы заключается в следующем. При уменьшении расхода газа давление после регулятора начинает увеличиваться. Это передается по импульсной

трубке 2 под мембрану. Мембрана 4 под давлением газа идет вверх, сжимая пружину 5 до тех пор, пока силы давления газа и пружины не уравниваются. Движение мембраны вверх передается системой рычагов 3 на клапан, который прикрывает отверстие для прохода газа. В ре-

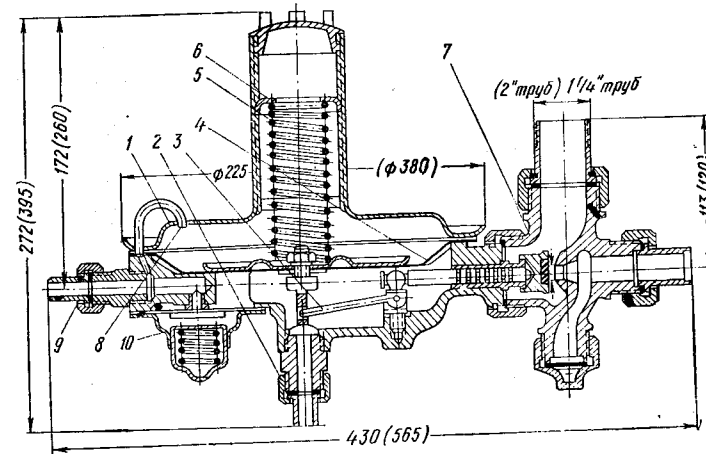


Рис. 60. Регулятор РД-32М (размеры в скобках относятся к РД-50М)

1 — корпус; 2 — штуцер для импульса; 3 — система рычагов; 4 — мембрана; 5 — пружина; 6 — нажимная шайба; 7 — штуцер; 8 — отверстие для воздуха; 9 — штуцер для свечи; 10 — предохранительное устройство

зультате этого давление газа уменьшается до заданной величины.

При увеличении расхода газа давление после регулятора начинает падать. Это передается по импульсной трубке 2 под мембрану 4, которая под действием пружины 5 идет вниз, и посредством системы рычагов 3 клапан открывается. Проход для газа увеличивается и давление газа после регулятора восстанавливается до заданной величины.

Пропускная способность регулятора РД-32М и РД-50М составляет 190 и $780 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Регуляторы РДУК. В эксплуатации применяют регуляторы РДУК-2-50, РДУК-2-100 и РДУК-2-200, которые отличаются друг от друга величиной условного прохода D_u , соответственно равной 50, 100 и 200 мм. Максимальная пропускная способность этих регуляторов составляет 6600, 17 850 и $44 800 \text{ м}^3/\text{ч}$.

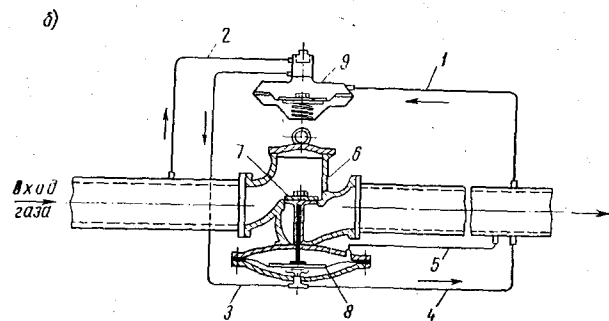
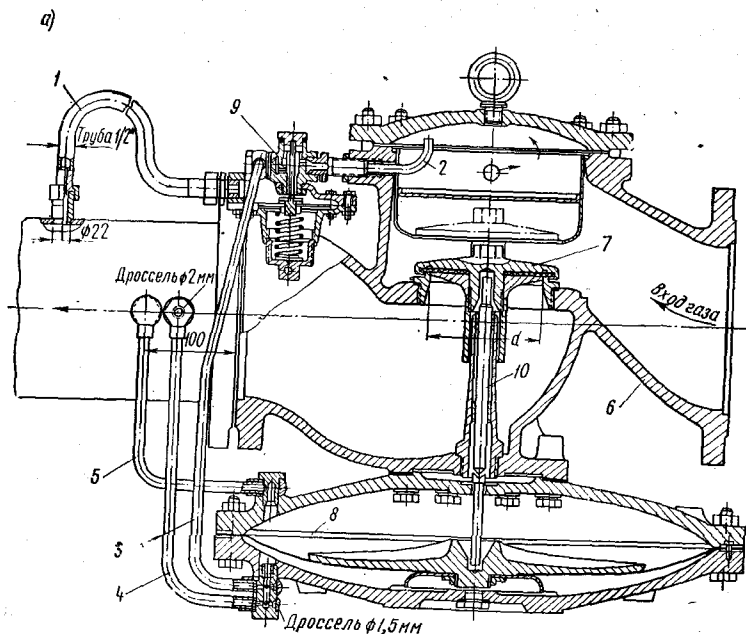


Рис. 61. Регулятор типа РДУК с пилотом системы инж. Казанцева
 а — регулятор в разрезе; б — схема обвязки регулятора; 1 — импульс с низкой стороны; 2 — импульс с высокой стороны; 3 — импульс под мембрану РДУК; 4 — импульс сброса; 5 — импульс стабилизации; 6 — корпус РДУК; 7 — клапан; 8 — мембрана; 9 — пилот; 10 — шток

Регуляторы РДУК устанавливают в комплекте с регуляторами (пилотами) КН-2 (низкого давления) и КВ-2 (высокого давления). Устройство регулятора РДУК показано на рис. 61.

Регулятор состоит из корпуса, клапана со штоком, мембраны с грузовой тарелкой, пилота и системы импульсов. Работа регулятора РДУК осуществляется следующим образом.

При уменьшении расхода газа давление после регулятора начинает возрастать. Это передается по импульсу 1 на мембрану пилота, которая, опускаясь вниз, закрывает клапан пилота. Проход газа через пилот по импульсу 2 прекращается, поэтому давление газа под мембраной регулятора тоже падает. Когда давление под мембраной РДУК окажется меньше тяжести тарелки и давления, оказываемого клапаном регулятора, мембрана пойдет вниз, вытесняя газ из-под мембранной полости через импульс 3 на сброс. Клапан начинает закрываться, уменьшая отверстие для прохода газа. Давление после регулятора уменьшится до заданной величины.

При увеличении расхода газа давление после регулятора начинает падать. Это передается по импульсу 1 на мембрану пилота. Мембрана пилота под действием пружины идет вверх, открывая клапан пилота. Газ с высокой стороны по импульсу 2 поступает на клапан пилота и затем по импульсу 3 идет под мембрану регулятора. Часть газа поступает на сброс по импульсу 4, а часть — под мембрану.

Давление газа под мембраной регулятора возрастает и, пересиливая тяжесть грузовой тарелки и усилие клапана, заставляет его двигаться вверх. Клапан регулятора при этом открывается, увеличивая отверстие для прохода газа. Давление после регулятора повышается до заданной величины.

При повышении давления газа перед регулятором сверх установленной нормы работа его происходит аналогично работе этого прибора при снижении расхода газа.

Предохранительный запорный клапан. Наиболее распространенными из них являются предохранительные клапаны низкого давления (ПКН) и высокого (ПКВ).

Предохранительный запорный клапан ПКВ показан на рис. 62. Корпус 1 имеет входной и выходной фланцы.

Внутри корпуса имеется седло 2, на которое сверху садится клапан 3 с мягким уплотнителем. Поток газа направлен так, что закрытый клапан прижимается к седлу давлением газа с силой, зависящей от входного давления.

Уравнительный клапан у ПКВ встроен в основной, чем он и отличается от ПК старой конструкции. Чтобы

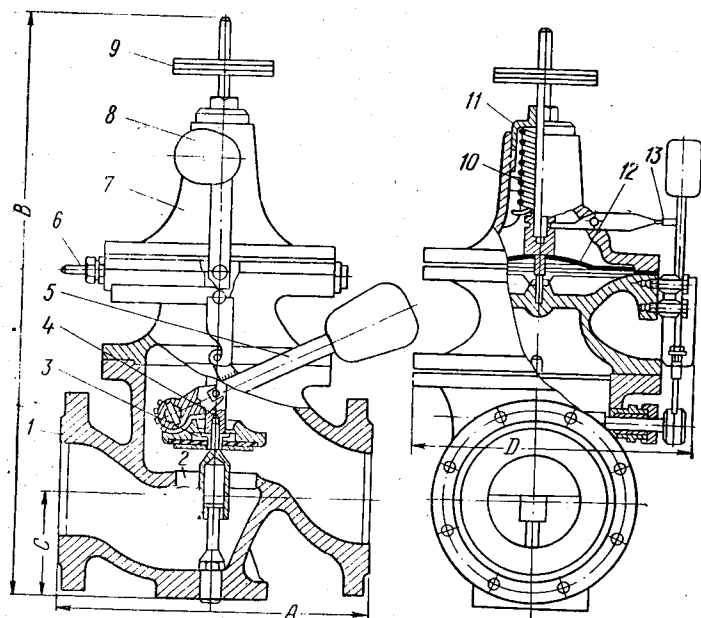


Рис. 62. Малогабаритный запорный клапан ПКВ

1 — корпус; 2 — седло клапана; 3 — клапан; 4 — перепускной клапан; 5 — рычаг; 6 — штуцер для импульса; 7 — головка; 8 — молоток; 9 — груз; 10 — пружина; 11 — стакан; 12 — мембрана с тарелкой; 13 — зацепление молотка

поднять основной клапан, сначала открывают уравнительный. Газ, поступающий под основной клапан через уравнительный, выравнивает давление до и после основного клапана, который после этого легко поднимается.

Система рычагов соединяет основной клапан с чувствительной головкой. По ее сигналу рычаги своим весом закрывают клапан, который затем дополнительно прижимается к седлу давлением газа. Головка располагается в верхней части ПКВ. Ее чувствительной частью является мембрана, на которую сверху давит грузик, а снизу газ, поступающий по импульсу с низкой стороны

130

газопровода. Над мембраной расположена пружина, которая не действует на мембрану, находящуюся в нормальном среднем положении.

При поднятии мембраны вверх она упирается в пружину. При дальнейшем подъеме пружина начинает сжиматься, противодействуя движению мембраны. Сжатие пружины можно регулировать стаканом, расположенным в верхней части головки. Шток мембраны соединен горизонтальным рычагом с молотком.

Предохранительный запорный клапан действует следующим образом. Повышение давления сверх допустимого в газопроводе (после регулятора) передается по импульсу под мембрану ПКВ, которая поднимается вверх, преодолевая вес груза и силу пружины. Горизонтальный рычаг, соединенный со штоком мембраны, приходит в движение и нарушает свое сцепление с молотком. Молоток падает и ударяет по рычагу, соединенному со штоком основного клапана, который при этом закрывается, перекрывая проход для газа.

Понижение давления сверх допустимого в газопроводе (после регулятора) передается по импульсу под мембрану, которая под действием груза начинает опускаться. При этом вновь нарушается сцепление горизонтального рычага с молотком. Молоток падает, и основной клапан ПКВ закрывается.

Предохранительный клапан низкого давления (ПКН) отличается от предохранительного клапана высокого давления (ПКВ) тем, что у него отсутствует опорное кольцо, ограничивающее рабочую поверхность мембраны. Кроме того, тарелка на мембране у ПКН имеет больший диаметр.

Сбросные предохранительные устройства. Сбросные предохранительные устройства в отличие от предохранительных запорных не перекрывают подачу газа, а лишь сбрасывают часть его в атмосферу, уменьшая давление газа в газопроводе за счет увеличения его расхода.

Различают гидравлические, рычажно-грузовые, пружинные и мембранно-пружинные предохранительные сбросные устройства.

Гидравлический сбросной предохранитель (гидрозатвор). Наиболее распространен при использовании газа низкого давления. Он отличается простотой и надежностью в работе. Устройство гидрозатвора показано на рис. 63. Основной его частью является корпус 1, в кото-

рый заливают жидкость. Верхний штуцер служит для присоединения газопровода, а боковой штуцер подсоединяют к свече для выброса газа в атмосферу. С внешней стороны корпуса установлено водоуказательное стекло, позволяющее определять высоту столба жидкости, залитой в корпус.

При нормальном давлении газ не может преодолеть веса столба жидкости, залитой в гидрозатвор, и поэтому в атмосферу не сбрасывается. Но как только давление окажется больше веса столба жидкости в гидрозатворе, — газ начинает вытеснять жидкость из трубки штуцера, доходит до ее нижнего края, и поднимаясь вверх через воду, уходит через свечу в атмосферу.

Глубина погружения трубки определяется давлением, при котором затвор должен включаться в работу, сбрасывая газ в атмосферу. Величина сбросного давления должна быть на 10—20 мм вод. ст. ниже давления, при котором срабатывает предохранительный запорный клапан.

Если гидрозатвор установлен в помещении с положительной температурой, то в качестве запорной жидкости используется вода. При этом необходимо контролировать, чтобы она не испарилась. В помещениях с отрицательной температурой применяют глицерин, керосин или веретенное масло.

Жидкость в гидрозатворе заливают через пробку, расположенную в верхней части корпуса.

Мембранно-пружинный сбросной клапан ПСК. Мембранно-пружинный сбросной клапан в отличие от гидрозатвора имеет меньшие размеры и может работать на низком и среднем давлениях. Он выпускается двух типов: ПСК-25 и ПСК-50, отличающихся друг от друга только габаритами и пропускной способностью. Устройство ПСК-50 показано на рис. 64.

Основные части ПСК: корпус 1, клапан 2, мембрана 3, пружина 4 и регулировочный винт 5.

Газ из газопровода после регулятора поступает на мембрану ПСК. Если давление газа сверху больше, чем давление пружины снизу, то мембрана отходит вниз, клапан открывается и газ идет в атмосферу. Как только давление газа станет меньше, чем усилие пружины, клапан закрывается. Регулировка степени сжатия пружины осуществляется винтом 5.

Фильтр. Существуют различные типы фильтров (сет-

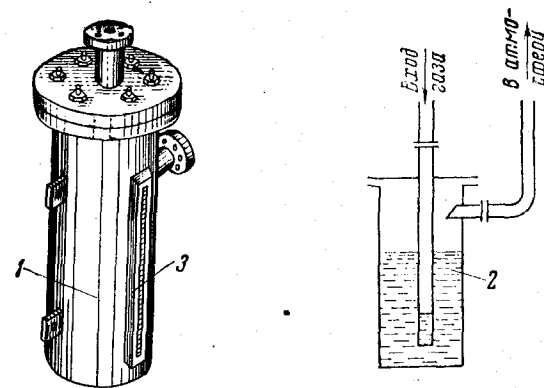


Рис. 63. Гидрозатвор
1 — корпус; 2 — запорная жидкость; 3 — водомерное стекло

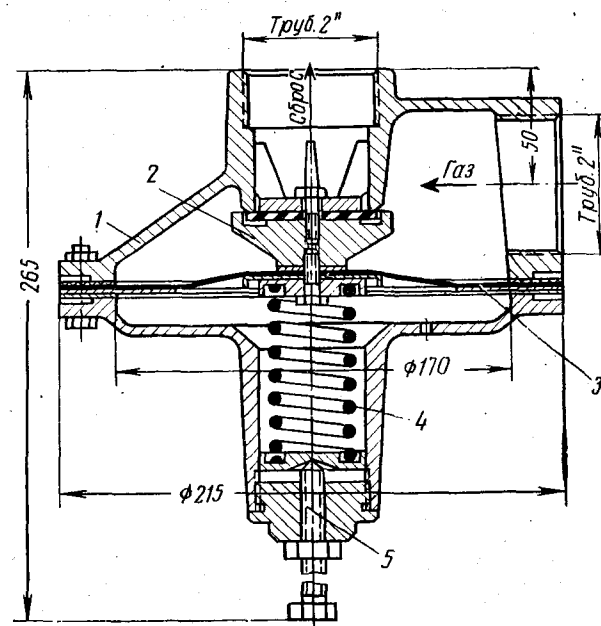


Рис. 64. Мембранный пружинный сбросной клапан
1 — корпус; 2 — клапан; 3 — мембрана; 4 — пружина; 5 — регулировочный винт

чатый типа ФГ, волосяной, висциновый с кольцами Рашига), которые устанавливаются в зависимости от типа регулятора, диаметра газопровода и давления газа. Наиболее широкое распространение в городском газоснабжении получил волосяной фильтр, изображенный на рис. 65.

Он состоит из корпуса 1, крышки 2 и кассеты 3. Обойма кассеты с обеих сторон обтянута металлической сеткой 4, которая задерживает крупные частицы

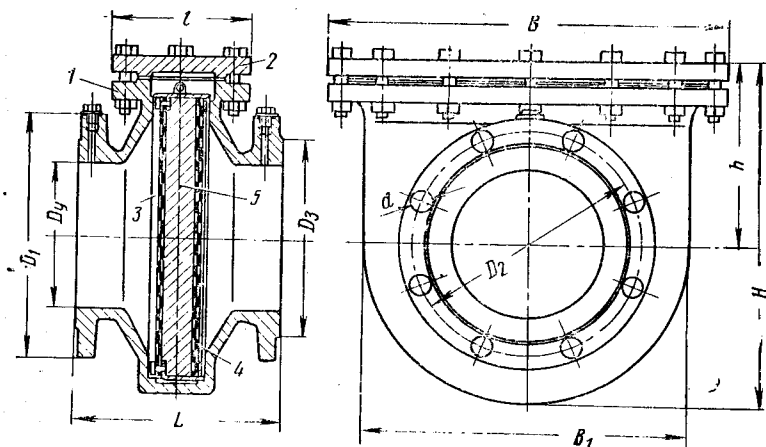


Рис. 65. Фильтр

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — кассета; 4 — сетка; 5 — конский волос

механических примесей. Более мелкая пыль оседает внутри кассеты на прессованном конском волосе 5, смазываемом висциновым маслом.

Кассета фильтра оказывает сопротивление потоку газа, поэтому до и после фильтра возникает определенный перепад давления. Для замера его установлен манометр. По величине перепада давления можно судить о степени засоренности фильтра. Засоренный фильтр разбирают и промывают.

Манометры. Манометры служат для измерения давления газа до и после регулятора, а также для замера перепадов давления у фильтров.

В зависимости от величины давления газа в газопроводе выбирается тип манометра. Для измерения низко-

го давления применяют жидкостные и мембранные манометры, для среднего и высокого давления — пружинные и жидкостные с ртутным наполнителем.

Для непрерывного измерения давления газа в течение суток, недели и месяца используют самопишущие манометры, которые на специальной диаграмме вычерчивают кривую изменения давления газа в газопроводе.

Ротационный счетчик РС. Ротационный счетчик является наиболее распространенным счетным механизмом количества газа, проходящего через небольшие и средние ГРП. Погрешность учета счетчика РС не превышает 2—3%.

Выпускаются счетчики следующих модификаций: РС-25; РС-40; РС-100; РС-250; РС-400 РС-600М и РС-1000. Цифры соответственно указывают номинальную пропускную способность счетчика в $м^3/ч$.

Основными элементами ротационного счетчика являются корпус, роторы, коробки шестерен, редуктор, счетный механизм и дифференциальный манометр.

При вращении роторов между одним из них и стенкой камеры образуется замкнутое пространство, которое заполнено газом. Вращаясь, ротор выталкивает газ в газопровод, идущий к потребителю. Каждый поворот ротора передается через систему шестерен и редуктор счетному механизму. Вращение ротора осуществляется за счет разности давлений до и после счетчика.

Неисправности оборудования ГРП. При работе ГРП могут возникнуть неисправности у регуляторов давления, предохранительных клапанов, фильтров и ротационных счетчиков. Наиболее часто встречающиеся неисправности регуляторов типа РДУК:

1. Регулятор не подает газ потребителю.

В этом случае возможны следующие причины прекращения подачи газа: а) в результате разрыва мембраны или образования в ней отверстия давление газа над мембраной и в подмембранном пространстве выравнивается, и клапан под действием груза закрывается. Для устранения неисправности необходимо разобрать регулятор, а вышедшую из строя мембрану заменить новой; б) при износе пружины регулятора пилота снижается нагрузка на мембрану пилота, и клапан его закрывается (неисправность обнаруживается при снятии пружины пилота); в) при засорении импульса сброса перестает действовать пилот регулятора, закрывает-

ся клапан, выходное давление газа возрастает и становится равным входному (неисправность обнаруживают при снятии импульса сброса); г) засорение клапана пилота или его обмерзание (для удаления этой неисправности необходимо разобрать пилот).

2. Регулятор не снижает давление газа. В этом случае возможны следующие неисправности: а) неплотно закрыт клапан (для проверки плотности закрытия клапана снимают крышку регулятора); б) имеется разрыв мембраны пилота, в результате которого давление газа перестало противодействовать пружине, а клапаны пилота и регулятора полностью открылись (неисправность обнаруживают при разборке пилота); в) засорен импульс, подающий газ с высокой стороны, из-за чего падает давление у РДУК под мембраной.

Возможные неисправности предохранительных клапанов:

1. Клапан не перекрывает подачу газа. Возможны следующие причины: а) произошло засорение клапана или имеются дефекты у седла (для обнаружения и устранения неисправности необходимо провести разборку клапана); б) заедание штока или рычагов клапана, отчего при падении молотка клапан остается открытым (дефект обнаруживается при внешнем осмотре).

2. Клапан при настройке не открывается. Причины: а) отрыв клапана от штока (дефект обнаруживается при поднятии клапана); б) заедание штока клапана;

3. Утечка газа через неплотности в различных частях клапана и в местах его соединения с остальными приборами.

Наиболее распространенной неисправностью у фильтров является загрязнение сетки, в результате чего резко увеличивается ее сопротивление. Сетку в таких случаях заменяют новой.

Неисправности в ротационных счетчиках

1. Счетчик не работает. Возможные причины: а) засорение пространства между роторами и стенками камер (необходимо вскрытие счетчика); б) мало давление газа перед счетчиком (неисправность следует искать в регуляторе давления, а не в счетчике).

2. Роторы счетчика вращаются, но счетчик не показывает расхода газа.

Причины неисправности: а) засорен редуктор; б) поврежден счетный механизм.

Утечки газа через неплотности. Утечки газа объясняются наличием большого количества фланцевых и резьбовых соединений. Для уменьшения утечек в резьбовых соединениях следует по мере возможности сократить их количество, применяя вместо муфт и сгонов накидные гайки.

Для устранения утечек через фланцевые соединения необходимо тщательно выполнять эти соединения, используя для прокладок доброкачественные материалы. В качестве прокладок рекомендуется применять паронит, клингерит или маслобензостойкую резину. Паронитовые и клингеритовые прокладки перед установкой тщательно пропитывают маслом. Они не должны иметь надрезов и вмятин.

Использование вместо этих материалов картона или простой (не маслобензостойкой) резины приводит к большим утечкам газа. Недопустимо промазывание прокладок белилами и масляными красками, так же как и нанесение их в несколько слоев взамен прокладок.

Глава VII

ГАЗОГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Газовой горелкой называется устройство, служащее для подачи к месту сжигания горючего газа, смешения его с воздухом и обеспечения устойчивого процесса горения.

В отопительных котлах наибольшее распространение получили диффузионные, инжекционные и смешительные горелки низкого давления (до 500 мм вод. ст.) и среднего давления (500 мм вод. ст. — 3 кгс/см²).

1. Диффузионные горелки

В диффузионных горелках весь воздух, необходимый для сгорания газа, поступает из окружающего пространства или подается принудительно к месту выхода газа из горелки. Во всех случаях газ подается в зону горения без предварительного смешения с воздухом. По-

Этому такие горелки иногда называют горелками внешнего смешения или атмосферными.

Большое распространение в чугунных отопительных котлах получили щелевые (подовые) горизонтальные горелки без принудительной подачи воздуха. Установка

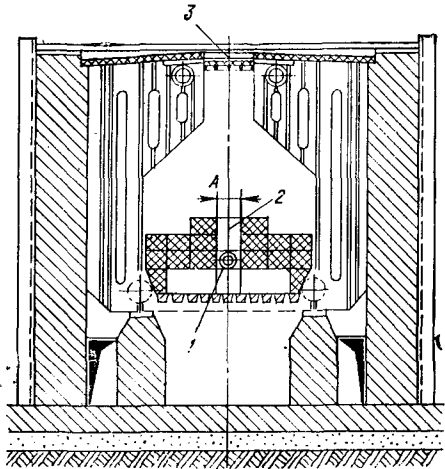


Рис. 66. Установка горизонтальной (подовой) щелевой горелки низкого давления без принудительной подачи воздуха на котле «Универсал-4»

1 — газовый коллектор; 2 — щель; 3 — предохранительный взрывной клапан

подовой горелки конструкции института Укргипроинж-проекта в топке котла «Универсал-4» показана на рис. 66.

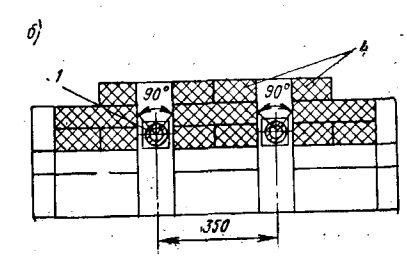
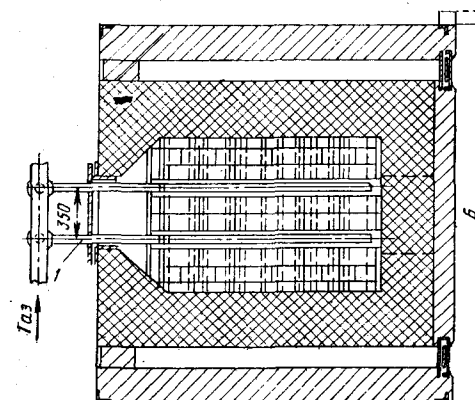
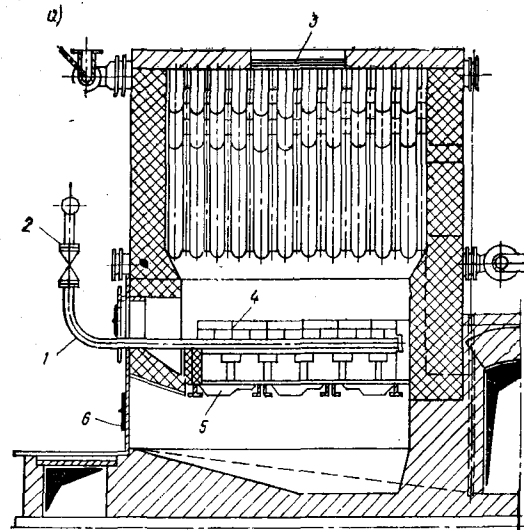
Горелка состоит из горизонтального туннеля 2 (щели) и газового коллектора 1, располагаемого в нижней части туннеля вдоль его оси.

Газовый коллектор представляет собой трубу с двумя рядами отверстий, угол между осями которых составляет 90° . Щель выкладывается из шамотного кирпича класса А. Через щель за счет разрежения в топке поступает воздух, необходимый для сжигания газа. Газ низкого давления подается в газовый коллектор и выходит через два ряда отверстий в ту же щель, в которую поступает воздух. В щели происходит перемешивание струек газа с потоком воздуха и начинается горение. Щель раскаляется и обеспечивает надежную стабилизацию факела на всех режимах работы горелки. В котле на колосниковой решетке устанавливаются одну или две горелки.

Горизонтальные щелевые горелки без принудительной подачи воздуха обеспечивают сжигание природного газа низкого давления в пределах $15-80 \text{ м}^3/\text{ч}$, что при-

Рис. 67. Установка горизонтальной щелевой горелки на котле МГ-2

а — общий вид котла; б — разрез кладки из огнеупорного кирпича; 1 — газовый коллектор; 2 — рабочий край; 3 — взрывной предохранительный клапан; 4 — кладка из огнеупорного кирпича; 5 — колосниковая решетка; 6 — поддувальная дверка



мерно соответствует изменению поверхности нагрева чугунных секционных котлов от 10—55 м².

К достоинствам горизонтальных щелевых горелок низкого давления без принудительной подачи воздуха относится их простота, устойчивость в работе и бесшумность. Кроме того, горелка обеспечивает равномерное распределение тепла по длине топки, что благоприятно сказывается на прочности и долговечности чугунных секций.

Недостатком горизонтальных щелевых горелок низкого давления без принудительной подачи воздуха является наличие высокого факела над щелью (не менее 1 м при тщательной наладке режима горения), в результате чего факел касается верхних частей секций и приводит к отложению сажи в газоходах.

В больших котлах («Энергия-3», МГ-2) широкое распространение получила установка двух газовых коллекторов (рис. 67). Каждый коллектор располагается в своей щели, что позволяет более равномерно распределить тепло по ширине топки. Разновидностью горизонтальной щелевой горелки без принудительной подачи воздуха являются многощелевая одноколлекторная горелка низкого давления конструкции Ленгипроинжпроекта и блочная горелка конструкции КПИ (Куйбышевского политехнического института, рис. 68).

В горелках Ленгипроинжпроекта высота факела несколько меньше, чем у однощелевых, однако у них происходит повышенный нагрев газового коллектора (500—700°C), вызванный излучением на коллектор раскаленных кирпичей. Кроме того, выкладка щелей этих горелок требует высокой квалификации.

Особенностью блочной горелки КПИ является то, что у нее газовые коллекторы располагаются не по центру щели, а по краям. Горелочные устройства практически не подвержены нагреву от раскаленных стенок щелей, что дает возможность упростить кирпичную кладку. Наличие горизонтальных пластин обеспечивает поступление воздуха только в щели между газовыми коллекторами, а простая форма щелей не требует особой квалификации рабочего.

К недостаткам этой горелки, как и других горизонтальных щелевых горелок диффузионного типа, следует отнести зависимость коэффициента избытка воздуха за котлом от нагрузки. Кроме того, большая высота факела

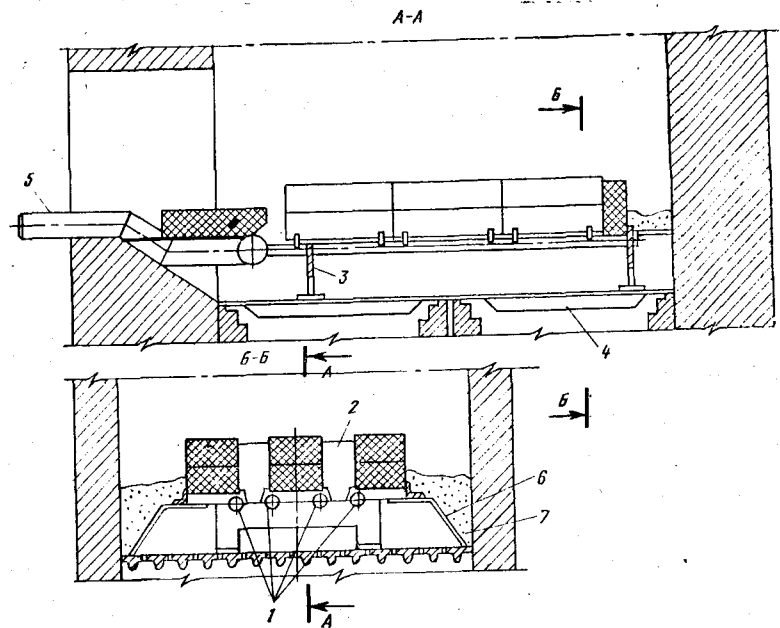


Рис. 68. Установка блочной подовой горелки конструкции Куйбышевского политехнического института на котле НРч
1 — газовые коллекторы; 2 — щель из огнеупорного кирпича; 3 — опора под горелку; 4 — колосниковая решетка; 5 — газопровод горелки; 6 — металлический кожух; 7 — засыпка битым кирпичом и песком

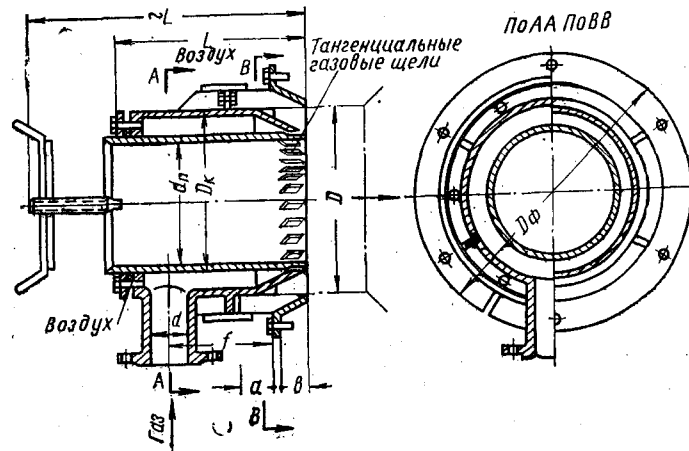


Рис. 69. Диффузионная горелка Куйбышевского промышленного института

ла (не менее 1 м) позволяет использовать их только в достаточно высоких топках.

Получила распространение в чугунных секционных котлах также диффузионная горелка конструкции КИИ Куйбышевского индустриального института (рис. 69).

Подача газа в горелку происходит через кольцевое пространство, а выход его из горелки производится через тангенциальные щели, расположенные под углом к оси горелки. Часть воздуха (около 50%) подается через внутренний патрубок, а остальной воздух — через специальные отверстия на фронте котла (регистры). Выход газа через тангенциальные щели обеспечивает закручивание потока и улучшает перемешивание его с воздухом. Такое явление называется турбулентной диффузией в отличие от молекулярной диффузии, имеющей место в щелевых горелках. Горелка может работать на низком и среднем давлении и имеет производительность по газу 35—350 м³/ч.

2. Инжекционные горелки

В инжекционных горелках образование газозвдушной смеси происходит подсосыванием (инжекцией) внутрь горелки первичного воздуха за счет энергии струи газа. В зависимости от количества инжектируемого первичного воздуха горелки могут быть частичного или полного смешения. Горелки частичного смешения иногда называют атмосферными или факельными.

Горелки частичного смешения. Эти горелки нашли применение при переоборудовании котлов Стреля и Стребеля, поверхность нагрева которых не превышает 25 м².

Инжекционные горелки низкого давления, применяемые для этих котлов, инжектируют 40—60% первичного воздуха. Остальная часть воздуха (вторичный воздух) поступает в топку через колосниковую решетку за счет разрежения, создаваемого дымовой трубой. Поэтому полнота сгорания газа в топке и величина коэффициента избытка воздуха за котлом зависит от правильности расположения горелок на колосниках и возможности регулирования подачи вторичного воздуха. Горелки устанавливают на колосниковой решетке с зазором для прохода вторичного воздуха между образующими горелок.

Давление газа перед горелками при номинальной теплопроизводительности котлов для природного газа принимается равным 100 мм вод. ст.

Горелки могут выполняться литыми чугунными или стальными сварными. Основными частями горелки являются регулятор первичного воздуха, газовое сопло или форсунка, смеситель (инжектор), конфузор, диффузор и коллектор.

Регулятор первичного воздуха представляет собой вращающийся диск или шайбу. При повороте шайбы изменяется сечение для прохода воздуха в смеситель горелки. Сопло горелки служит для преобразования потенциальной энергии давления газа в кинетическую энергию струи. При перемещении струи газа в инжекторе (смесителе) горелки создается разрежение (вакуум), под действием которого воздух засасывается в горелку. В конфузоре и горловине горелки происходит перемешивание и выравнивание скорости струи газозвдушной смеси. В диффузоре давление газозвдушной смеси возрастает за счет снижения ее скорости. Под этим давлением газозвдушная смесь поступает в зону горения.

Как показала практика, инжекционные горелки создают сравнительно равномерное температурное поле по всей площади колосниковой решетки, обеспечивая к.п.д. котла в пределах 75—80%. Горелки хорошо комбинируются с автоматикой типа АГК-2 системы Института газа АН УССР.

Инжекционные многофакельные горелки низкого давления работают с высоким коэффициентом избытка воздуха из-за неравномерного распределения вторичного воздуха между коллекторами горелки, что является их существенным недостатком.

При создании газовых горелок для чугунных секционных котлов особое внимание уделяется вопросу равномерного распределения тепловыделения в топке по ее длине и ширине с целью ликвидации локальных перепадов чугунных секций, приводящих к их разрушению. Наиболее равномерное распределение тепла в объеме топки обеспечивает инжекционная форкамерная горелка конструкции Укрпипроинжпроекта, которая и рекомендуется для использования ее в чугунных секционных котлах.

Устройство в топке различного рода шамотных сводиков, горок и решеток, стабилизирующих процесс го-

рения газа, увеличивает одновременно неравномерность распределения тепла по объему топки, что приводит к локальным перенапряжениям топочного объема и, как следствие, к перегреву чугунных секций и выходу их из строя.

Указанные шамотные устройства в топочной камере не должны допускаться в эксплуатации чугунных котлов, работающих на газообразном топливе.

Установка форкамерной горелки под котлом «Универсал-6» показана на рис. 24.

Горелка может работать на газе низкого и среднего давления. Размещается горелка на поду топки.

Как показала практика, форкамерные горелки инжектируют 65—75% воздуха, необходимого для полного горения газа, а остальной воздух поступает в форкамеру за счет разрежения в топке. Нормальная работа горелок обеспечивается при разрежении в топке 1—2 мм вод. ст. при газе среднего давления и 0,5—1 мм вод. ст. при газе низкого давления.

По данным Укргипроинжпроект, в форкамере сгорает более 90% газа, а догорание его происходит в топке котла. Высота факела составляет 800—1200 мм.

Надежная работа форкамерной горелки может быть достигнута только при тщательном выполнении кладки смесителей и форкамеры, обеспечивающих строгое совпадение осей смесителей и газовых отверстий на коллекторе. Трудность соблюдения этого условия является существенным недостатком горелок. Кроме того, горелка требует больших затрат дефицитного огнеупорного кирпича.

Горелки полного смешения. К инжекционным горелкам полного смешения относится горелка ИГК конструкции Мосгазпроект. Эта горелка, как отмечалось выше, в настоящее время не рекомендуется для использования в чугунных секционных котлах.

Горелка ИГК состоит из регулятора первичного воздуха, форсунки, конфузора, смесителя, насадка и пластинчатого стабилизатора (рис. 70). Работает горелка на газе среднего давления.

Регулятор первичного воздуха горелки одновременно является и глушителем шума, который создается за счет повышенных скоростей движения газозвушной смеси.

Пластинчатый стабилизатор обеспечивает устойчивую работу горелки без отрывов и проскока пламени в широком диапазоне нагрузок. Стабилизатор состоит из стальных пластин толщиной 0,5 мм, расположенных на расстоянии 1,5 мм друг от друга. Этот зазор между

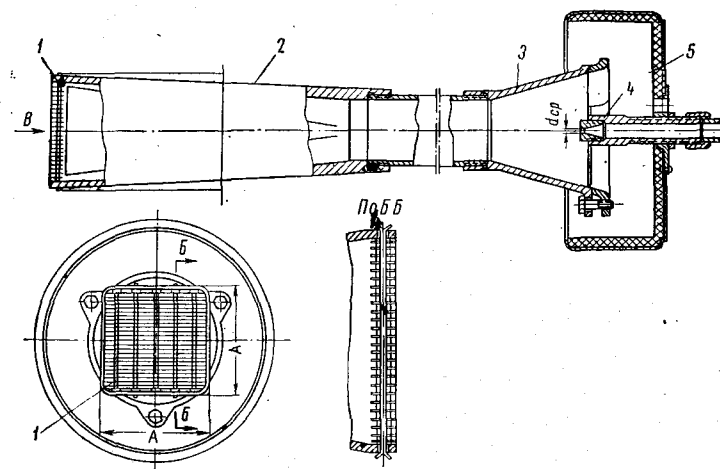


Рис. 70. Инжекционная горелка среднего давления ИГК
1 — стабилизатор; 2 — насадка; 3 — конфузор; 4 — форсунка; 5 — регулятор первичного воздуха с шумоглушителем

пластинками меньше критической величины, при которой возможен проскок пламени в горелку.

Пластины стабилизатора стягиваются между собой стальными стержнями, которые на пути движения газозвушной смеси создают зону обратных токов горячих продуктов сгорания и непрерывно поджигают газозвушную смесь. Такое устройство пластинчатого стабилизатора одновременно исключает и отрыв пламени.

В других конструкциях горелок отрыв пламени предотвращается за счет снабжения горелок керамическими тоннелями или устройством в топке горелок из огнеупорных материалов. Нагретые до высоких температур (вы-

ше температуры воспламенения газа) тоннели и горки обеспечивают непрерывное воспламенение газозвушной смеси и исключают возможность отрыва пламени от горелок.

Существенными недостатками инжекционных горелок ИГК (помимо отмеченных выше) являются их громоздкость и высокий уровень шума при работе (75—80 дб).

В жаротрубных отопительных котлах нашли применение инжекционные туннельные горелки среднего давления с полным предварительным смешением газа и воздуха. В устройстве смесительной части туннельная горелка мало отличается от атмосферной (несколько большие размеры горловины, диаметр сопла и т. п.). Заканчивается горелка суживающейся головкой, за которой расположен огнеупорный туннель. Горение смеси в туннеле дает короткое несветящееся прозрачное пламя, поэтому такие горелки называют также беспламенными. Однако применение беспламенных горелок в существующих отопительных котлах следует считать нераациональным. Вследствие отсутствия светящегося пламени уменьшается прямая отдача тепла в топке. В результате радиационные поверхности котла работают как конвективные, что приводит к повышению потерь тепла с уходящими газами и снижению к. п. д. котла.

Другим недостатком туннельных горелок является их громоздкость.

3. Горелки с принудительной подачей воздуха

В этих горелках воздух, необходимый для сгорания газа, подается в смеситель принудительно с помощью вентилятора. Поскольку газ и воздух поступают в зону смешения по отдельным патрубкам, иногда эти горелки называют двухпроводными. Чаще горелки с принудительной подачей воздуха называют смесительными.

Смесительные горелки, как правило, работают на газе низкого давления. Однако некоторые конструкции горелок могут работать и на среднем давлении газа.

Конструкций смесительных горелок много. Наиболее распространенной горелкой, применяемой в ото-

пительных котлах, является горелка Мосгазпроекта (рис. 71).

Газ подается в зону горения по трубкам 3, на конце которых насажены головки 10 с отверстиями. По окружности головок под определенным углом к поверхности приварены ребра 9. Воздух, необходимый для горения,

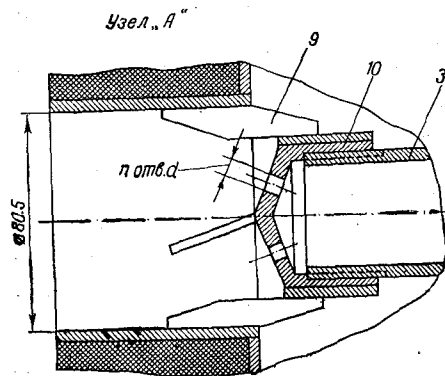
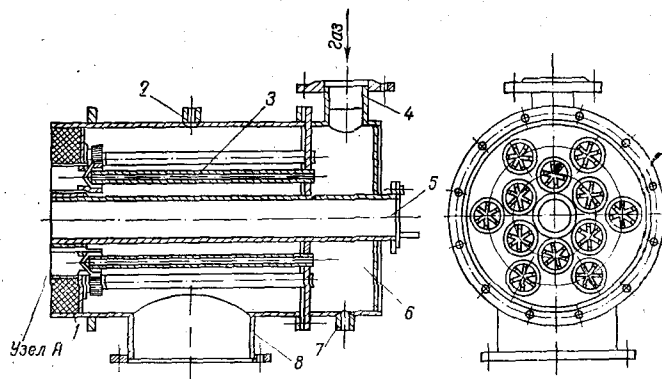


Рис. 71. Горелка с принудительной подачей воздуха (смесительная) конструкции Мосгазпроекта

1 — футеровка из жароупорного бетона; 2 — штуцер для манометра; 3 — газовая труба; 4 — газовый патрубок; 5 — смотровое окно; 6 — газовая камера; 7 — штуцер для манометра (газ); 8 — воздушный патрубок; 9 — направляющее ребро; 10 — газовая головка с отверстиями

под давлением вентилятора поступает в межтрубное пространство и, проходя через ребра, приобретает вращательное движение. Газ, выходящий из отверстий го- ловки под углом к оси трубы, пересекается закрученный поток воздуха. В результате обеспечивается хорошее пе- ремешивание газа с воздухом. Во избежание перегрева передней части горелки пространство между трубками, по которым поступает в топку газозвоздушная смесь, футеруется жароупорным бетоном 1. В центре горелки располагается труба 5 диаметром 80 мм, которая при работе котла на газовом топливе используется в качест- ве гляделки, а при отсутствии газа может быть исполь- зована для установки в ней мазутной форсунки.

Номинальное давление газа низкого давления перед горелкой составляет 130 мм вод. ст., а давление воздуха равно 100 мм вод. ст. независимо от расчетного давлени- я газа.

При переоборудовании чугунных котлов снимается фронтальная плита и в образовавшееся отверстие устанавливается смесительная горелка. Колосниковая решетка перекрывается двумя слоями листового асбеста толщ- ной 5—10 мм и поверх него огнеупорным кирпичом плашмя насуху.

Нижняя часть секций, обращенная в топку, перекры- вается стенкой из огнеупорного кирпича для защиты от излучения факела горелки. Нижняя часть защитной стенки делается сплошной, верхняя — в виде решетки. В обмуровке горелки на фронтальной стенке котла устраи- вается круглая амбразура. Применение смесительных горелок целесообразно в жаротрубных котлах, имею- щих большую производительность.

Преимуществами смесительных горелок являются: а) широкие диапазоны регулирования производительности; б) компактность; в) возможность сжигания боль- шого количества газа (до 1000 м³/ч).

К недостаткам этих горелок относятся сравнитель- ная сложность их конструкции, потребность в электро- энергии для работы дутьевого вентилятора и необходи- мость в установке устройств для блокировки подачи газа и воздуха. Поддержание нужного соотношения ко- личества газа и воздуха без применения автоматики очень затруднительно.

Чтобы избежать отрыва пламени, эти горелки требу- ют устройства в топке керамических насадков в виде

шамотных отсыпок, решеток и т. п., что приводит к не- равномерному распределению тепла по длине топки, перегреву отдельных чугунных секций и выходу их из строя.

4. Неполадки в работе горелок

Основными неполадками в работе горелок являются отрыв и проскок пламени.

Явление отрыва пламени. Если скорость распростра- нения пламени газозвоздушной смеси, выходящей из го- релки, меньше скорости движения этой смеси, то пламя может оторваться от устья горелки. Такое явление на- зывается отрывом пламени. Отрыв пламени может произойти вследствие увеличения количества газа или первичного воздуха, поступающих в горелку, подачи воздуха с большой скоростью при малом давлении га- за или при чрезмерной тяге.

Отрыв пламени наблюдается также при розжиге го- релок и при выключении части горелок. Незамеченный отрыв пламени может повлечь за собой заполнение топки котла газозвоздушной смесью, способной взорвать- ся от раскаленных частей кладки горячих горелок или повторного розжига.

Для устранения опасности, связанной с отрывом пламени, необходимо строго выполнять требования ин- струкции по эксплуатации газового оборудования, вни- мательно следить за работой газогорелочных устройств и автоматики. При необходимости ручного управления своевременно регулировать давление газа перед горел- ками, тягу за котлом и поступление воздуха в горелки.

Явление проскока пламени. Проскок пламени в го- релку может произойти в том случае, если скорость распространения пламени будет больше скорости дви- жения газозвоздушной смеси из горелки.

Проскок пламени может сопровождаться горением газа внутри самой горелки.

В результате проскока может произойти перегрев горелки и преждевременный выход ее из строя. Проскок сопровождается хлопком или взрывом внутри горелки, разрушающим ее или даже фронтальную часть котла.

Проскок пламени может возникнуть у горячей го- релки при внезапном снижении подачи газа, например при резком падении давления газа в газопроводе. Про-

скок может также произойти в момент выключения инжекционной горелки при открытом регуляторе воздуха, особенно при перегретой горелке.

Проскок пламени наблюдается не только в инжекционных, но и смесительных горелках, что наиболее опасно, так как при этом могут быть разрушены не только горелки, но и воздухопроводы.

Во всех случаях, когда проскок пламени произошел в одной или нескольких горелках, необходимо немедленно закрыть газовый кран перед горелкой или перед группой горелок и дать возможность горелкам остыть во избежание повторного проскока при последующем зажигании. Для ускорения остывания горелок воздух следует держать открытым не менее 5 мин. При одновременном проскоке во всех горелках нужно немедленно закрыть газовые задвижки перед котлом, а также все краны перед горелками и открыть кран «свечи». Повторное зажигание после ликвидации проскока производится в последовательности, изложенной в главе IX.

Глава VIII

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ

1. Общие сведения

В отопительных котельных в разные периоды получили распространение следующие системы автоматизации газовых котлов.

1. Пневматическая автоматика Мосгазпроекта для водогрейных и паровых котлов, оборудованных инжекционными горелками низкого давления.

2. Пневматическая автоматика Мосгазпроекта для водогрейных и паровых котлов, оборудованных смесительными горелками.

3. Комплексная пневматическая автоматика Института газа АН УССР для водогрейных котлов (АГК-1 и АГК-2).

4. Комплексная пневматическая автоматика АПВ Мосгазпроекта для водогрейных котлов, оборудованных инжекционными горелками среднего давления.

5. Пневмомеханическая система автоматизации ПМА Мосгазпроекта для водогрейных котлов, оборудованных газовыми горелками среднего и низкого давления.

6. Электрическая система автоматизации АГОК-66 для водогрейных котлов, оборудованных горелками низкого давления газа.

Все системы автоматизации, за исключением электрической системы АГОК-66 и пневмомеханической системы ПМА, являются устаревшими.

2. Пневмомеханическая система автоматизации ПМА для водогрейных котлов

Система автоматизации ПМА (рис. 72) предназначена для водогрейных котлов, оборудованных различными горелками (инжекционные, форкамерные, щелевые и др.), работающих на газе как среднего, так и низкого давления.

Привод командных приборов регуляторов управления нижним пределом давления (РН) и верхним пределом давления (РВ), а также терморегулятора 5 осуществляется подачей газа через общекотельный блок безопасности 6, контролирующей наличие циркуляции воды в системе отопления и величину давления газа в газопроводе котельной.

При нарушении циркуляции или заданных пределов изменения давления блок безопасности 6 прекращает питание командных приборов РН и РВ. В результате этого регулирующей клапан РК отключает подачу газа ко всем котлам. Для возобновления подачи газа необходимо вмешательство персонала.

Импульс давления из газопровода к блоку безопасности 6 подводится по трубке а через дроссель др. Трубка а соединена с трубкой б, которая в свою очередь соединена с камерой отбора импульса разрежения II каждого котла. При нормальной работе котлов трубки а и б герметичны и блок б фиксирует давление в газопроводе. В случае возникновения резких пульсаций (хлопков и взрыва) в топке котла срабатывает клапан, соединяющий трубку б с атмосферой. При этом давление в трубке а падает, что приводит к отключению подачи газа к горелкам.

Автоматический питательный клапан 7 регулирует

давление воды в трубопроводе системы отопления до циркуляционного насоса, что обеспечивает постоянный уровень воды в расширительном баке системы отопления. Благодаря этому для подпитки системы не требуется вмешательства персонала.

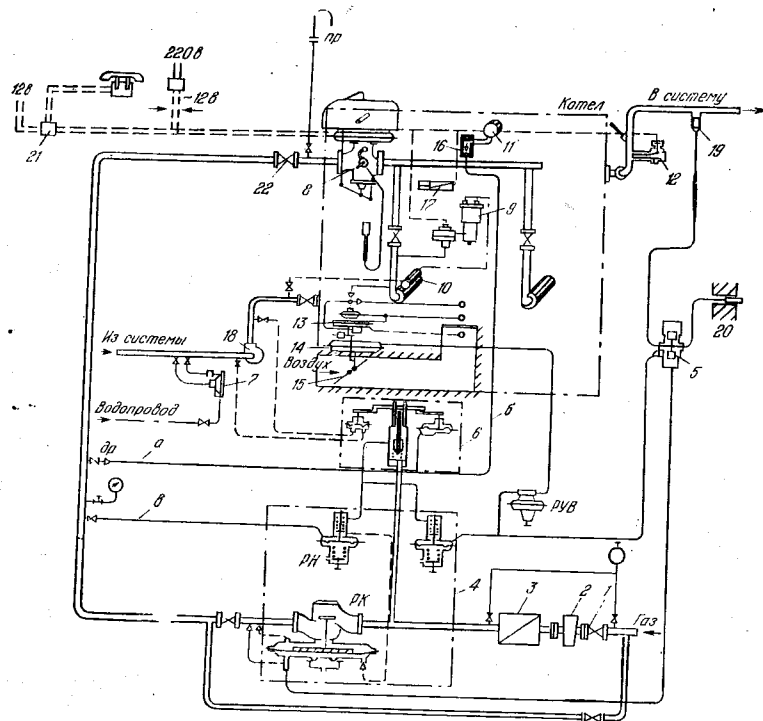


Рис. 72. Принципиальная схема пневматической системы автоматизации ПМА для водогрейных котлов на газе низкого давления
 1 — задвижка на вводе; 2 — фильтр; 3 — узел учета расхода газа; 4 — регулятор подачи газа; 5 — терморегулятор; 6 — общекотельный блок безопасности; 7 — автоматический питательный клапан; 8 — котельный блок безопасности; 9 — электромагнитный клапан; 10 — термопара; 11 — камера отбора разрежения; 12 — прибор контроля температуры воды; 13 — командный прибор регулятора соотношения «газ — воздух»; 14 — пневмопривод; 15 — дроссельная заслонка; 16 — клапан; 17 — тягомер; 18 — циркуляционный насос; 19, 20 — термобаллоны; 21 — узел сигнализации; 22 — контрольный кран на опуске котла

У каждого котла имеется блок безопасности 8, представляющий собой клапан-отсекатель, на котором смонтированы: прибор контроля давления газа, прибор контроля разрежения, сигнальное устройство и предохранитель. Отдельно от основного блока устанавливается

прибор контроля погасания пламени, состоящий из полуавтоматического электромагнитного клапана 9 и водоохлаждаемой термопары 10. На фронтальную сторону котла выходят камера отбора импульса разрежения 11 и прибор контроля температуры воды 12.

Общекотельная система регулирует расход газа, температуру и давление воды на выходе из котельной и отключает подачу газа при отклонении от нормы какого-либо из контролируемых параметров работы котельной. Котловая система осуществляет регулирование параметров работы каждого из эксплуатируемых котлов и отключает подачу газа при нарушении этих параметров.

Газ через фильтр 2, узел учета расхода газа 3 и регулятор подачи газа 4 поступает в газопровод, расположенный вдоль фронта котлов, и далее через кран 22 к горелкам котла. Регулятор подачи газа общий для всех котлов. Командным прибором регулятора подачи газа является терморегулятор 5, имеющий два датчика, один из которых расположен снаружи котельной, а другой на линии горячей воды, поступающей в систему отопления.

Регулятор подачи газа 4 состоит из регулирующего клапана РК и двух регуляторов управления (РН и РВ), ограничивающих изменение величины давления газа строго установленными нижним и верхним пределами регулирования давления. За верхний предел принимается величина давления газа, при которой нагрузка котлов равна максимальной рабочей, а за нижний — минимальное давление газа, при котором установленные на котлах горелки работают устойчиво.

Поддержание постоянной величины коэффициента избытка воздуха в топке осуществляется регулятором соотношения «газ — воздух», состоящего из командного прибора 13, пневмопривода 14 и дроссельной заслонки 15. Питание регулятора соотношения осуществляется газом через регулятор управления РВВ.

Система автоматизации ПМА снабжена блоком сигнализации 21 для подачи аварийного сигнала на диспетчерский пункт. Блок сигнализации оборудован телефоном, который позволяет поддерживать двустороннюю связь с диспетчерским пунктом. Автоматика регулирования включает в себя следующие приборы: регулирующий клапан РК, регулятор управления высокого РВ и низкого РН давления, терморегулятор ТР, автомати-

ческий питательный клапан *АПК* и регулятор соотношения «газ — воздух».

Автоматика безопасности общекотельного блока состоит из клапана общекотельного блока *К*, который является исполнительным органом, прибора контроля циркуляции *ПКЦ* и прибора контроля давления *ПКД*.

Клапан общекотельного блока *К* предназначен для подачи газа к регуляторам управления *РВ* и *РН* при получении команды от приборов *ПКЦ* и *ПКД*.

Прибор контроля давления газа срабатывает при отклонении давления газа от заданных пределов. К приборам автоматики безопасности относятся котловой блок безопасности, прибор контроля температуры *ПКТ*, прибор контроля погасания пламени *КПП*, камера отбора разрежения *КОР*.

В свою очередь котловой блок безопасности состоит из: отсекающего клапана, прибора контроля разрежения, прибора контроля давления *ПКД* и электромагнита *ЭМ*.

Отсекательный клапан отключает подачу газа к горелкам котла при срабатывании одного из приборов котловой автоматики безопасности. Прибор контроля разрежения настраивается на пределы срабатывания 0,2—1 мм вод. ст.

Прибор контроля температуры предназначен для отключения газа в случае превышения температуры воды на выходе из котла сверх допустимой величины.

3. Электрическая система автоматики АГОК-66 для водогрейных котлов, работающих на газе низкого давления

Так же как и система автоматики *ПМА*, система АГОК-66 предназначена для обслуживания котельной с диспетчерского пункта, объединяющего несколько котельных.

В автоматике АГОК-66 контролируемые параметры тоже разделены на общекотельные и котловые. Например, общекотельными параметрами являются циркуляция воды в системе и уровень ее в расширительном баке, так как они определяют условия работы всей системы отопления. Поэтому при нарушении этих параметров происходит центральное отключение подачи газа ко

всем котлам, т. е. осуществляется отключение всей котельной.

При нарушении какого-либо из котловых параметров, например тяги, срабатывает система автоматики безопасности того котла, на котором это нарушение произошло.

Система регулирования теплопроизводительности котельной работает независимо от системы безопасности. При изменении теплопроизводительности в системе АГОК-66 осуществляется взаимосвязанное изменение соотношения «топливо — воздух» с одновременной стабилизацией разрежения в дымоходе. При нарушении каких-либо параметров в котельной в диспетчерскую подаются звуковые и световые сигналы. Данная система не имеет автоматического включения (выключения) дополнительных котлов при снижении (повышении) наружной температуры, поэтому схемой автоматики предусмотрена подача светового сигнала на щит диспетчера о необходимости включения (выключения) резервного котла. Система сигнализации обеспечивает фиксацию на котельных щитах автоматики причин аварийных отключений котлов. Принципиальная схема автоматики регулирования системы АГОК-66 показана на рис. 73.

Электрический регулятор расхода газа *11* установлен на общем газовом коллекторе после газового счетчика. Если циркуляционный насос работает и вода в расширительном баке находится на нормальном уровне, то контакты сигнализатора уровня *СУ* и сигнализатора циркуляции *СЦ* замкнуты и при подаче электропитания срабатывает аварийное реле *1РА* контактом *1РА-1*, отключая аварийную сигнализацию общекотельного блока от диспетчерского пункта. Другие контакты этого реле (*1РА-2*, *1РА-3*, *1РА-4*, *1РА-5*) обеспечивают подключение электропитания блоков безопасности котлов. После того как общекотельный блок включен, переключателем положения *ПП* в любой последовательности можно произвести поочередное включение в работу всех котлов в котельной.

При установке переключателя *ПП* в положение *1* контакты сигнализатора давления газа перед горелками *СД* и контакт *2Р-1* будут зашунтированы. Далее выключателем *2ВК* подается электропитание на блок безопасности котла, и на панели блока зажигается сигнальная лампа *ЛКН-1*. При нажатии кнопки управления

1КУ включается в работу релейная схема безопасности котла. Если котловые параметры (тяга в топке, температура воды в котле) находятся в допустимых пределах, то все реле безопасности котлов срабатывают, т. е. дают разрешение на запуск котла. В этот период сигнальные лампы 1Л-3Л гаснут.

Запуск котла происходит в такой последовательности. Реле пуска РП срабатывает и своим контактом РП-3 подает напряжение на первичную обмотку катушки зажигания КЗ. Со вторичной обмотки этой катушки снимается напряжение 16—20 тыс. в, которое подается на электроды зажигания электрозапального устройства. Между электродами зажигания появляется искра. Одновременно через контакт 2РА-1 реле аварий блока котла подается напряжение на электромагнит контрольного и запально-продувочного клапанов. Контрольный клапан ВК открывается, а запально-продувочный клапан ВЗП переключает подачу газа на запальную горелку. Регулятор расхода газа электрически связан с датчиком температуры теплоносителя 24, установленным в коллекторе горячей воды и датчиком температуры наружного воздуха 27. Газ в основные горелки подается через контрольный 12 и рабочий 13 вентили. При закрытом положении клапанов горизонтальный участок газопровода между этими вентилями связан через трехходовой запально-продувочный вентиль 14 с атмосферой. Для регулирования расхода газа предусмотрена обводная линия.

Минимально допустимая величина разрежения в топке котла контролируется сигнализатором 22, а перегрев воды в котле — электроконтактным термометром ЭКТ-1, датчик которого устанавливается в выходном патрубке горячей воды из котла.

Контроль наличия циркуляции воды в системе отопления осуществляется электроконтактным манометром ЭКМ-1. Минимальный уровень воды в расширительном баке контролируется двумя поплавковыми сигнализаторами уровня СУ-3.

Розжиг котла осуществляется автоматически посредством запально-контрольного устройства, катушки зажигания, электродов зажигания блока контроля пламени. Запально-контрольное устройство 17 состоит из газовой инжекционной горелки низкого давления с электродом блока контроля наличия пламени и электродом электро-

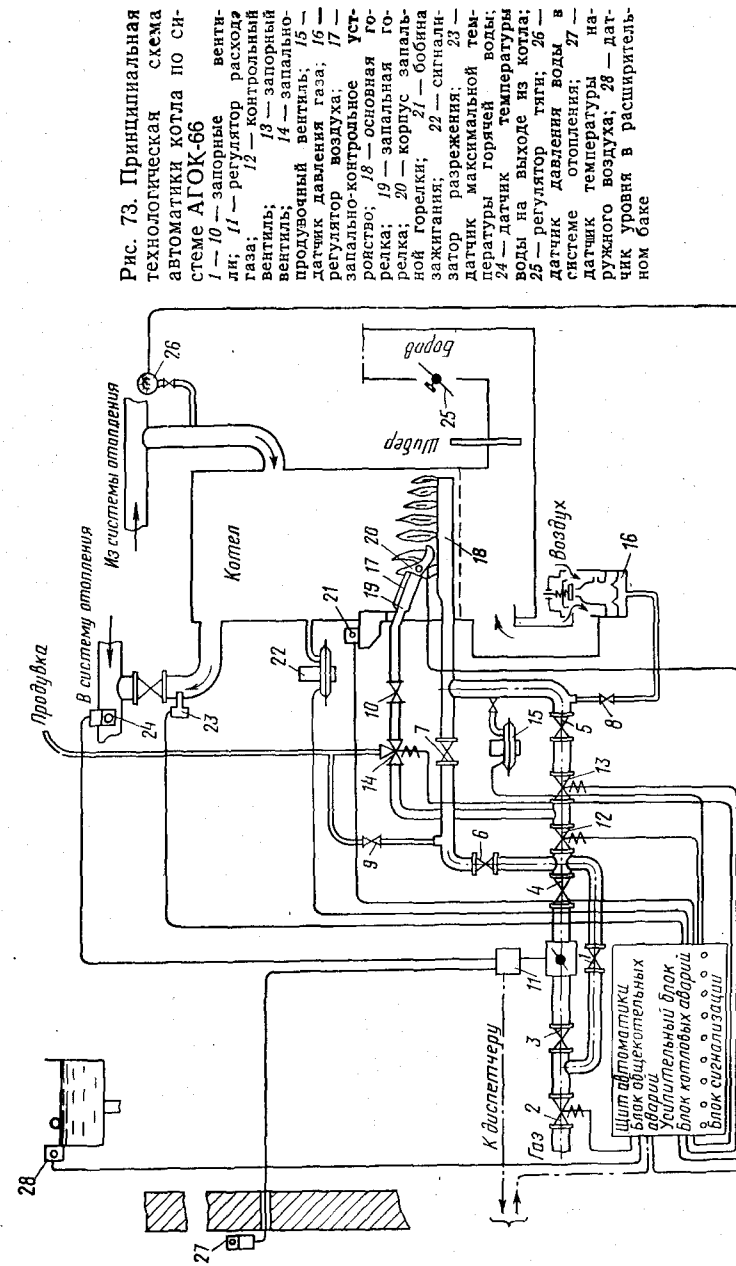


Рис. 73. Принципиальная технологическая схема автоматики котла по системе АГОК-66
 1 — 10 — запорные вентили; 11 — регулятор расхода газа; 12 — контрольный вентиль; 13 — запорный вентиль; 14 — запально-продувочный вентиль; 15 — датчик давления газа; 16 — регулятор воздуха; 17 — запально-контрольное устройство; 18 — основная горелка; 19 — запальная горелка; 20 — корпус запальной горелки; 21 — обмотка зажигания; 22 — сигнализатор разрежения; 23 — датчик максимальной температуры горячей воды; 24 — датчик температуры воды на выходе из котла; 25 — регулятор тяги; 26 — датчик давления воды в системе отопления; 27 — датчик температуры наружного воздуха; 28 — датчик уровня в расширительном баке

запального устройства. Электрическая часть системы автоматического регулирования, безопасности и сигнализации смонтирована на специальном щите, дистанционный пуск котла в работу может осуществляться со щита управления. Принципиальная схема автоматики безопасности системы АГОК-66 приведена на рис. 74. Электропитание на щит подается с помощью выключателя *1ВК* на общекотельном блоке безопасности, что фиксируется включением сигнальной лампы *ЛКН-0*. В это время происходит воспламенение газа от искры, возникающей между электродами запального устройства. Появление в топке запального факела фиксируется

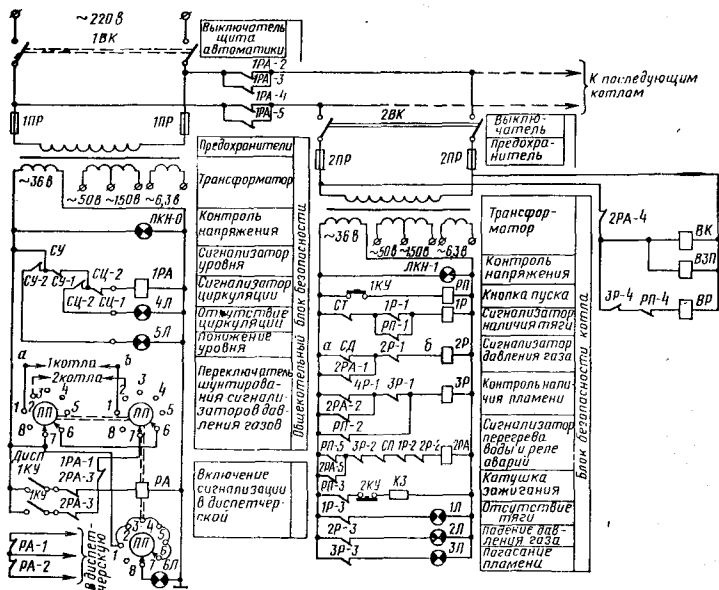


Рис. 74. Принципиальная электрическая схема автоматики безопасности системы АГОК-66

прибором контроля наличия пламени и реле *4Р* этого блока срабатывает, а его контакт *4Р-1* замыкает цепь питания реле *3Р*. Цепь питания рабочего клапана *ВР* в это время разорвана контактом *РП-4* реле пуска *РП*. Контакт *3Р-4* реле *3Р* замкнут. При опускании кнопки *1КУ* обесточивается реле *РП*. Контакт *РП-4* этого реле подает напряжение на электромагнит рабочего клапана

на *ВР*. Вентиль открывается, газ начинает поступать в рабочую горелку и поджигается факелом запального устройства.

После пуска котла переключатель *ПП* на панели общекотельного блока устанавливается в положение «Дисп.» (диспетчерская).

Причины аварийных отключений котлов вследствие исчезновения тяги в топке, падения давления газа перед горелками и погасания факела фиксируется сигнальными лампами *1Л-3Л*.

При снижении уровня воды в расширительном баке или прекращении циркуляции воды в системе отопления реле *1РА* обесточивается. Его контакты *1РА-2*, *1РА-3*, *1РА-4* и *1РА-5* отключают электропитание автоматики безопасности, и котлы прекращают работу. Аварийное срабатывание системы автоматики безопасности фиксируется сигналом на щите диспетчера.

Система автоматики безопасности АГОК-66 построена по блочному принципу. Конструктивно блоки представляют собой выдвижные металлические ящики-кассеты, внутри которых смонтированы реле, трансформаторы и другие элементы схемы. При выдвижении блока из щита открывается свободный доступ к его электрической схеме. На лицевых панелях блоков размещены рукоятки и тумблеры управления, а также сигнальные лампы. Электрическая схема автоматики безопасности системы АГОК-66, а также блока безопасности котла разработана в двух вариантах.

4. Электрическая система автоматики для водогрейных котлов, оборудованных ротационными форсунками для сжигания жидкого топлива

Общий вид фронта котла «Универсал-6» с установленной на нем автоматизированной форсункой *Р-1-150*, разработанной НИИ сантехники (см. на рис. 25).

Разработанная НИИ сантехники электрическая система автоматики котла обеспечивает автоматический пуск его в работу, контроль горения и поддержание заданной температуры воды на выходе из котла по отопительному графику.

Системой безопасности предусмотрен немедленный останов котла в случае погасания факела, падения раз-

режения в топке, перегрева воды на выходе из котла сверх допустимой температуры (95 или 115°C) или падения давления в питающей магистрали. При отклонении заданной температуры горячей воды на выходе из котла осуществляется плавное изменение расхода топлива одновременно с изменением количества первичного и вторичного воздуха.

Следует отметить, что электрическая система автоматики еще не имеет широкого распространения.

Глава IX ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

1. Подготовка котельной к отопительному сезону

Промывка котла и системы. После окончания отопительного сезона вода из котлов и системы отопления спускается и производится их промывка.

Целью промывки системы отопления является удаление из нее шлама, остатков формовочной земли, попадающей из радиаторов или котлов, песка и прочего мусора. Эти загрязнения могут засорять отдельные участки системы отопления и вызывать местные недогревы. Промывку системы отопления осуществляют наполнением и спуском воды, повторяя эту операцию два или три раза.

Для того чтобы находящаяся в системе грязь при промывке не осаждалась снова в трубах и нагревательных приборах, а удалялась из системы вместе с водой, воду из системы нужно спускать с большой скоростью. Для опорожнения системы к спускной трубе присоединяется шланг, который выводится во двор к сточному колодцу. Промывку котлов осуществляют также их наполнением и спуском воды через нижние фланцы, к которым присоединены дренажные трубы.

Промытую систему отопления и водогрейные котлы вновь заполняют чистой водой и прогревают до 80°C для удаления из воды воздуха, который может вызвать коррозию системы. В таком положении система отопления и котлы остаются до следующего отопительного сезона.

При остановке по окончании отопительного сезона парового котла из него спускают воду, очищают при необходимости от накипи, промывают, а затем заполняют котел доверху водой, прогревают до 80°C, плотно закрывают все люки и в таком положении оставляют котел до следующего сезона. С наружной стороны котлы должны быть тщательно очищены от золы, сажи и шлака.

Гидравлическое испытание. После проведения ремонта производится гидравлическое испытание котлов и системы отопления. Гидравлическое испытание производится для обнаружения неплотностей в системе и их устранения.

При наполнении системы отопления для гидравлического испытания водой из системы необходимо полностью удалить воздух, сжатие которого в период подъема давления может создать впечатление о недостаточной плотности соединений.

Испытание системы следует производить при отключенных котлах и расширительном баке давлением воды, превышающим рабочее давление в самой нижней точке на 1 ат, но не менее 3 ати. Система признается выдержавшей испытание, если в течение 5 мин нахождения ее под давлением падение давления по манометру не будет превышать 0,2 ати.

Водогрейные чугунные котлы испытываются пробным гидравлическим давлением, превышающим рабочее вдвое, но не менее 4 ати и не более 6 ати. Водогрейные стальные котлы испытывают на рабочее давление 3 ати, но не более 6 ати. Паровые котлы, работающие на давлении не свыше 0,7 ати, испытывают давлением 3 ати.

Под пробным давлением котел находится 5 мин, после чего оно постепенно снижается до максимальной рабочей величины, которая и поддерживается в течение всего времени, необходимого для подробного осмотра котла. Котел испытывается гидравлическим давлением в комплексе с арматурой.

Котел признается выдержавшим испытание, если в нем не оказывается признаков разрыва и не замечается течи воды, а также видимых деформаций частей котла, остающихся после окончания испытаний.

При появлении капель и сырости в сварных швах котел не считается выдержавшим испытание.

Пробная топка. После проведения ремонта и гидравлического испытания системы производится пробная

топка котлов для проверки работы всех элементов отопительной системы. При пробной топке температура воды в котле поднимается до 90°C. Пробная топка делается не позднее чем за две недели до начала отопительного сезона.

2. Эксплуатация котельной установки, работающей на твердом топливе

Пуск котла. Перед пуском котла в эксплуатацию ответственный за работу котельной обязан лично проверить готовность котла и системы отопления к работе. При этом проверяется: а) действие предохранительных устройств (предохранительных клапанов, выкидных гидравлических приспособлений) и контрольно-измерительных приборов; б) соответствие состояния оборудования и помещения котельной установленным правилам.

Пуск котла в начале отопительного сезона производят только в присутствии лица, ответственного за котельную. Перед растопкой котел следует тщательно осмотреть, проверить наличие в нем воды, пользуясь водопробными кранами или по водомерным стеклам, затем проверить заполнение системы по выходу воды из сигнальной трубки расширителя, проверить исправность арматуры, убедиться в том, что вынуты заглушки в трубопроводах, поставленные на время ремонта, проверить плотность лазов и лючков в обмуровке, легкость хода шиберов для регулирования тяги и воздуха; проверить действие циркуляционных насосов, дутьевых вентиляторов и электродвигателей к ним. Необходимо удостовериться в том, что вся система отопления заполнена водой и весь воздух из системы выпущен через воздушные краны. Проверить правильность установки колосников, наличие тяги в трубе. Плотно закрыть шиберы у тех котлов, которые не будут растапливаться, открыть задвижки у котлов и на трубопроводах, залить тильзы у термометров маслом. За некоторое время перед растопкой в течение 10—15 мин при естественной тяге и на 3—5 мин при искусственной произвести вентиляцию топки и газоходов котла.

При растопке чугунных секционных котлов, имеющих небольшой объем воды, до разведения в топке огня пустить в действие циркуляционный насос, после чего от-

крыть задвижки на всасывающей и нагнетательной линиях. Убедиться в том, что на обводной линии у насосов задвижка закрыта.

При пуске котлов с большим объемом воды (жаротрубных) циркуляционный насос включают в работу после растопки, когда температура воды поднимается до 35—40°C. Растопку, как правило, следует вести медленно, чтобы обмуровка успела прогреться и равномерно расширится. Растопка котлов производится дровами при открытой дверце дутьевой коробки или жаром соседнего работающего котла. При сжигании антрацита сначала на решетку укладывается слой шлака, а затем дрова. Когда дрова прогорят настолько, что вся решетка покроется горящими углями, можно начинать забрасывать тонким слоем антрацит, каменный или бурый уголь. Перед заброской основного топлива необходимо добиться, чтобы горящие угли от прогоревших дров лежали ровным слоем по всей площади колосниковой решетки. В противном случае в тех местах, где на решетке было мало горящих древесных углей, антрацит или каменный уголь не загорится и горение долгое время будет происходить не по всей площади решетки. Забросив на решетку уголь, нужно закрыть дверцу дутьевой коробки и дать слабое дутье, постепенно усиливая его по мере того, как уголь будет разгораться. Сила дутья регулируется шибером, установленным на воздуховоде перед котлом по показаниям тягомера, расположенного перед фронтом котла. В зависимости от тепловой нагрузки котла и длительности работы колосниковой решетки без чистки напор дутья изменяется от 0 до 80 мм вод. ст. Во всех случаях дутье должно быть отрегулировано таким образом, чтобы в топке создавалось разрежение 1—2 мм вод. ст., в противном случае при колебаниях тяги газы будут выбрасываться в помещение котельной. Крупные куски топлива перед заброской в топку должны быть размельчены.

Заброску топлива следует производить небольшими порциями по 6—8 лопат, через равные интервалы 10—15 мин (не реже 20 мин), равномерно разбрасывая уголь по всей решетке. Если по площади горящего топлива заметны более раскаленные места, чем вся другая поверхность, то это показывает, что в указанных местах слой тоньше и их необходимо забрасывать свежим топливом или разравнять всю поверхность. Следует помнить, что

антрацит не допускает шуровки и разравнивания топлива, поэтому заброску антрацита следует вести особенно тщательно.

Уход за котлом во время работы. Во время работы необходимо следить за тем, чтобы горение топлива было полное. Полное горение без помощи газоанализатора узнает по цвету пламени (см. главу IV). Чтобы обеспечить полное горение, толщину слоя угля следует изменять в зависимости от величины кусков. Чем крупнее куски, тем толще нужно держать слой для получения небольшого избытка воздуха при полном горении. При мелких кусках для полного горения потребуется держать слой значительно тоньше.

Регулировать работу котла следует не толщиной слоя топлива, а количеством воздуха, подаваемого под колосники при помощи шиберов на воздуховоде и за котлом. При увеличении нагрузки котла нужно больше открыть шибер на дутьевом воздуховоде, а также приоткрыть шибер регулирования тяги, чтобы не было выбрасывания газов из котла (при его работе и загрузке топлива). Регулировать горение необходимо так, чтобы при экономном расходе топлива в котле поддерживалась необходимая температура. При остановке дутьевого вентилятора необходимо немедленно открыть дверцу поддувала, поскольку в противном случае колосники не будут охлаждаться воздухом и сгорят.

Чистка топki. Время работы котла между чистками решетки от шлака зависит от зольности угля и нагрузки решетки. При сжигании антрацита чистка решетки производится обычно через 6—8 ч, при сжигании каменного и бурого угля через 4—5 ч.

При чистке топki закрывают дутье, сгребают горящее топливо либо к одной стороне топki, либо на заднюю половину решетки, затем ломом отделяют шлак от колосников и выгребают его специальным гребком из топki в противень. Горящее топливо переваливают на вычищенную часть решетки и чистят вторую ее половину. При наличии опрокидных колосников шлак и золу не выгребают из топki, а проваливают в поддувало. После чистки решетки оставшееся горящее топливо разравнивают, открывают дутье и, постепенно подбрасывая уголь, добиваются нормального горения. Поддувало чистят по мере накопления в нем золы и шлака.

Загрузку топлива, чистку решетки и поддувала надо производить быстро, открывая только нужные дверцы на короткое время, иначе происходит нерациональное охлаждение установки. При чистке решетки следует избегать сильных ударов ломом по колосникам и стенкам топki. Для быстрого проведения необходимых операций кочегар должен иметь следующий набор инструментов: а) лом длиной на 1 м больше длины решетки с концом в форме резака; б) легкий скребок и кочергу-крюк такой же длины, как и лом; в) лопату-совок, кувалду и молоток для дробления топлива.

Неисправности в работе и их устранение. Бесперебойное действие котельной обеспечивается не только правильным ведением топki, но и внимательным обслуживанием находящегося в котельной оборудования при соблюдении следующих основных правил.

Все задвижки, краны и вентили нужно открывать и закрывать медленно и осторожно. Для открывания задвижек не следует применять лом, трубу или какой-либо другой рычаг, так как можно сломать маховик или червяк задвижки. Действие задвижек у насосов, котлов и в системе отопления должно проверяться ежедневно путем их открывания и закрывания.

При эксплуатации котельной необходимо ежедневно проверять также и действие предохранительных клапанов, осторожно приподнимая концы рычагов и слегка поворачивая тарелку клапана в седле. Нужно следить за тем, чтобы рычаги клапанов не терлись о вилки и не вращались туго на болтах.

При обслуживании котельной необходимо следить за манометрами у циркуляционных насосов. При нормально заполненной и действующей системе показания манометров на нагнетательной и всасывающей линиях должны быть неизменными. Если показания манометров уменьшаются при одной и той же разности давлений, это указывает на то, что система не полная. Если после дополнения воды давление по манометрам вскоре опять уменьшится, это показывает, что в системе имеется утечка.

Уменьшение разности давлений по манометрам указывает на уменьшение давления, создаваемого насосом. При эксплуатации котельной надо внимательно следить за циркуляционными насосами, подшипники которых всегда должны быть залиты достаточным количеством

чистого машинного масла. Сальник насоса должен быть набит плотно, но не туго.

Насос следует пускать в действие при закрытой задвижке на нагнетательной линии. Пустив насос, эту задвижку надо медленно открыть. При остановке насоса нужно выключить электродвигатель, после чего закрыть задвижки на всасывающей и нагнетательной линиях.

Пуск дутьевого вентилятора и дымососа также производится при закрытом шибере. При уходе за агрегатами не следует допускать нагревания электродвигателей свыше 60°C. Если электродвигатель нагревается до более высокой температуры, то его необходимо остановить и выяснить причины перегрева.

Режим топки. Во время работы водогрейных котлов температуру воды на выходе из котлов следует держать в зависимости от температуры наружного воздуха. Температура воды, которую следует поддерживать в отопительных котлах при различных температурах наружного воздуха, приведена в табл. 10.

Таблица 10

Температура воды в отопительном котле при различной температуре наружного воздуха (в °С)

Температура				Температура			
наружного воздуха	воды в котле	наружного воздуха	воды в котле	наружного воздуха	воды в котле	наружного воздуха	воды в котле
7	40	-3	53	-13	67	-20	78
5	43	-5	56	-14	68	-22	80
3	45	-7	58	-15	70	-24	83
1	48	-9	61	-16	71	-26	85
-1	51	-11	64	-18	74	-30	90

Аварийный останов котлов. Аварийный останов котлов производят в случаях, если:

А. Водогрейные котлы

1. Температура воды или давление резко повышаются, несмотря на принятые меры.
2. При подпитке системы долго не появляется вода из сигнальной трубки расширителя.
3. Давление в системе, несмотря на питание, резко падает.

4. В котле появились трещины, из которых вытекает вода.

5. Повреждена кладка или обмуровка, угрожающая обвалом, или замечена трещина в секции котла.

6. Обнаружено горение сажи и частиц топлива или взрывы газов в газоходах котла.

7. Неисправны предохранительные устройства котла.

Б. Паровые котлы

1. Давление пара в котле поднимается выше допустимого и продолжает расти, несмотря на прекращение подачи топлива, уменьшение тяги и дутья и усиленное питание котла водой.

2. Произошел упуск воды.

3. Уровень воды в котле, несмотря на питание его водой, быстро понижается.

4. Перестали действовать все водоуказательные стекла, пробные краны и предохранительные клапаны.

5. Вышли из строя питательные устройства.

6. В котле обнаружена трещина, выпучина или течь.

Для аварийной остановки котла надо: а) прекратить подачу топлива и воздуха и резко ослабить тягу; б) выгresti из топки несгоревшее топливо и залить его водой, очистить колосниковую решетку; в) закрыть топочную и поддувальную дверцы; г) для парового котла — отключить его от паровой магистрали и постепенно снижать давление пара в котле при работающем питательном насосе и если не произошел упуск воды; питать паровой котел при упуске воды запрещается.

Права и обязанности машиниста. К обслуживанию отопительных котлов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение, сдавшие экзамен квалификационной комиссии и имеющие соответствующие удостоверения.

Обслуживающий персонал котельной в своей работе должен руководствоваться производственной инструкцией, составленной на основании требований типовой инструкции для персонала котельных и применительно к данному оборудованию котельной. Производственная инструкция должна быть утверждена руководством предприятия, вывешена на видном месте и выдана на руки обслуживающему персоналу.

3. Эксплуатация котельной установки, работающей на газообразном топливе

Общие мероприятия по подготовке и обслуживанию котельного и вспомогательного оборудования, не связанных непосредственно с газом, остаются такими же, как при работе котлов на твердом топливе.

Подготовка котельной. Подготовка котельной после легкого перерыва производится самими машинистами в присутствии ответственного за эксплуатацию котельной. Не пренебрегая никакими мелочами, необходимо проделать следующую работу:

1. При входе в котельную включить дежурное электроосвещение во взрывоопасном исполнении.

2. Провентилировать котельную в течение 10 мин, независимо от того, ощущается запах газа или нет; для этого включить в работу имеющийся вытяжной вентилятор во взрывоопасном исполнении, при его отсутствии провентилировать котельную через окна и двери.

3. Включить общее электроосвещение в обычном исполнении.

4. Проверить, закрыты ли все газовые задвижки и краны, кроме кранов на продувочных газопроводах.

5. Открыть шиберы за всеми котлами для последующего одновременного удаления из их топков и газоходов котлов газа, случайно проникшего при возможно неплотной запорной газовой арматуре.

6. Открыть регуляторы первичного воздуха или ручные заслонки на воздухопроводе перед горелками и поддувала под ними, включить в работу дутьевой вентилятор и провентилировать топки и газоходы всех котлов не менее 10 мин; у смесительных горелок давление воздуха в это время должно быть не менее 40—50 мм вод. ст.

7. Снять заглушку у первой задвижки по ходу газа; заглушку вынимает только представитель городской эксплуатационной организации, ведающей газом.

8. Открыть первую задвижку на газовом вводе примерно на четверть ее полного открытия, чтобы избежать выброс ртути или воды из жидкостного манометра, присоединенного к коллектору газопровода котельной; полностью эта задвижка открывается после установления в газопроводе рабочего давления.

9. Поднять тарелку у запорного предохранительного клапана и зацепить крючки его рычагов.

10. Открыть по ходу газа газовые задвижки и краны, кроме задвижек и кранов перед котлами и горелками.

11. Замерить давление газа на газовом вводе до регулятора и коллектора газопровода котельной; произвести проверку плотности во фланцевых и резьбовых соединениях путем нанесения на них мыльного раствора при помощи кисточки; отсутствие мыльных пузырей указывает на отсутствие утечки газа; пользоваться огнем при проверке плотности газопровода запрещается.

12. Открыть задвижку или кран перед пускаемым котлом и продуть газопровод газом в течение 2—5 мин. Через продувочную линию для вытеснения газозудной смеси, которая образуется в газопроводе во время длительного перерыва в работе котельной.

13. Перед самым розжигом горелок котла закрыть кран на продувочном газопроводе, чтобы уменьшить опасность утечки газа в топку через неплотные задвижки или краны у горелок.

До устранения неисправностей газового оборудования и ликвидации утечки газа, а также до получения от заведующего котельной разрешения на пуск котельной на газообразном топливе растопка котлов воспрещается.

Пуск котлов и наблюдение за их работой на газе без автоматики. Для пуска котлов, работающих на газе без автоматики, необходимо:

1. Зажечь переносный запальник.

2. Поднести через глазок зажженный запальник к основной горелке и убедиться, что пламя его не погасло.

3. Медленно открывая кран у горелки, зажечь газ; при воспламенении газа и устойчивом его горении следует погасить запальник и повесить его на место; если газ не воспламенился и начавшееся его горение прекратилось, следует немедленно прекратить подачу газа к горелке и начать розжиг заново после повторного вентилирования топки.

4. Отрегулировать горение газа путем медленного открывания воздушной заслонки до получения прозрачного голубоватого пламени.

5. После пуска котла необходимо установить молоток у предохранительного клапана на газовом вводе чтобы включить его в работу. Это возможно только после розжига основной горелки у котла, когда начнет-

ся движение газа и давление газа за регулятором и под мембраной клапана будет меньше, чем до регулятора.

Если при вводе запальника в топку его пламя погаснет, нужно немедленно выключить его, шибером убавить тягу за котлом, снова зажечь запальник и ввести его в топку к горелке. Если в процессе розжига погаснет пламя введенного в топку запальника и у горелки котла, нужно немедленно закрыть газовый кран, задвижку перед горелкой и выключить запальник. Причиной такого явления может быть чрезмерная тяга в топке, в результате чего произошел отрыв пламени от горелок. В этом случае после выключения горелок необходимо провентилировать топку и газоходы в течение 10 мин по правилам подготовки котла к пуску в работу и, убавив тягу до 1 мм вод. ст. за котлом, произвести повторное зажигание горелок.

Растопку котлов следует вести медленно, для равномерного прогрева всех его частей, наблюдая одновременно за работой всего оборудования котельной.

В зависимости от требуемой нагрузки машинист должен регулировать газовые горелки, добиваясь полного сгорания газа по указаниям газоанализатора или по цвету и длине пламени.

Машинист должен следить за тем, чтобы горящий факел не соприкасался с металлической поверхностью котла, так как при этом понижается температура пламени и сгорание делается не полным, коптящим, на поверхности нагрева котла откладывается сажа, у чугунных котлов появляются трещины вследствие местных перегревов, у стальных котлов образуются отдулины. Для укорочения пламени следует отрегулировать горение газа или убавить тягу за котлом, руководствуясь показаниями тягомера.

Машинисты во время дежурства обязаны через каждые 2 часа производить замеры давлений газа, воздуха, воды и пара, температуры наружного воздуха, воды в котлах. Эти данные должны записываться в вахтенный журнал.

Пуск котлов, снабженных автоматикой, и наблюдение за их работой. В качестве примера рассмотрим пуск котла с форкамерными или половыми горелками и автоматикой ПМА.

Для выполнения подготовительных работ переходят

непосредственно к розжигу основных горелок, для чего открывают кран запальника, зажигают его и устанавливают в отверстие над запальной горелкой. После этого закрывают кран на свечу.

Для включения в работу автоматики безопасности котла поворачивают рукоятку блока безопасности против часовой стрелки до упора. Через 5—10 сек рукоятку возвращают в исходное положение. Усилитель блока остается в вертикальном положении (виден через прозрачный фонарь крышки блока). Если усилитель падает, то это значит, что один из параметров отклоняется от нормы. В этом случае нужно проверить положение кранов перед горелками и заслонки камеры отбора разрежения (они должны быть закрыты), а также величину давления газа перед котлом, разрежение в топке и температуру воды. Убедившись, что все указанные параметры находятся в нормальных пределах, повторно производят операции пуска. Если, несмотря на принятые меры, усилитель не держится в вертикальном положении, необходимо приостановить пуск и вызвать представителя службы горгаза.

Клапан-отсекатель котла открывается с помощью ручного звзда. Для этого, убедившись, что запальник продолжает гореть, открывают кран перед горелкой, против которой установлен запальник. Через некоторое время (1—2 мин), необходимое для нагрева термопары, нажимают и отпускают кнопку, электромагнитного клапана и плавно, поочередно открывают краны перед остальными горелками. Если каждая из установленных горелок оборудована водоохлаждаемой термопарой, то розжиг горелок производят при нажатой кнопке электромагнитного клапана поочередно. Убедившись в том, что горелки работают нормально, закрывают трехходовой кран запальника и вынимают его из топки.

Регулирование количества работающих котлов с автоматикой. Когда давление газа перед горелками работающих котлов повышается до максимального для данной котельной, дополнительно включается новый котел. При снижении нагрузки котельной давление газа перед котлами падает. В котельной, снабженной газом низкого давления, часть котлов (не более половины) автоматически отключается при понижении давления газа до величины нижнего предела регулирования.

Останов котла. Для остановки котла необходимо:

1. Закрыть кран на спуске к котлу.
2. Закрыть краны перед всеми горелками.
3. Открыть кран на свечу.
4. После остывания обмуровки котла закрыть задвижку на выходе воды из котла и кран на линии подачи газа к регулятору соотношения «газ—воздух».

Пуск ГРП. Пуск ГРП после перерыва в работе должен производиться в следующем порядке:

1. При входе в ГРП убедиться, что он не загазован, и обязательно его проветрить открыванием двери и окон или с помощью вентиляционных устройств.

2. Проверить состояние и положение задвижек ГРП; все задвижки и краны, кроме задвижек после регулятора, перед счетчиком и после него, должны быть закрыты, а кран на гидрозатвор или свечу (после регулятора) открыт.

3. Включить манометры на вводе и после регулятора.

4. Осторожно открыть задвижку на вводе в ГРП и проверить наличие давления газа, достаточного для работы установки.

5. Проверить внешним осмотром исправность регулятора (у регуляторов типа РД состояние сжатия пружины, открытие крана на импульсной трубке).

6. Осмотреть предохранительный запорный клапан и при помощи рычага поднять его тарелку и закрепить в этом положении защелкой; ударный молоточек пока не устанавливать, так как закрепление его с рычагом мембраны без давления газа под ней невозможно; проверить, чтобы краник байпаса и краник на импульсной трубке были закрыты.

7. При наличии гидрозатвора убедиться, что он залит водой до установленного уровня.

8. Если котельная готова к приему газа, при открытой свече осторожно открыть задвижки на вводе, а затем и после регулятора; далее, очень медленно, наблюдая за показаниями манометра до и после регулятора, открыть задвижку перед ним; при этом давление газа после регулятора не должно подниматься выше 40—60 мм вод ст.; после этого постепенно наложить на мембрану регулятора необходимый груз, пока давление газа не достигнет требуемого. При пилотном регуляторе, открыв задвижку перед ним и убедившись на слух, что газ идет и давление его за регулятором (по мере откры-

тия задвижки) не возрастает, медленно и плавно открыть ее путем ввертывания винта пилота и тем самым отрегулировать давление газа за регулятором до необходимого.

9. Убедившись в устойчивой работе регулятора, открыть краник на импульсной трубке предохранительного запорного клапана и, подняв ударный молоточек, произвести его сцепление с зубом рычага мембраны головки клапана. Далее следует закрыть продувочную свечу и выключить водяные и ртутные манометры, так как в случае неисправности регулятора и повышения давления газа за ним жидкость из манометра может быть выброшена и помещение ГРП будет загазовано.

Остановка ГРП. Остановку ГРП следует производить в таком порядке:

1. Осторожно опустить молоточек предохранительного клапана и закрыть краник на его импульсной трубке.

2. Закрыть задвижку на вводе в ГРП и проверить, чтобы давление газа на входе было равно нулю.

3. Закрыть задвижку перед регулятором и снять с мембраны груз или ослабить ее пружины в регуляторах типа РД); при пилотном регуляторе выдвинуть до отказа винт пилота.

4. Опустить тарелку предохранительного клапана.

5. Выключить манометры и открыть кран на свечу.

Если работа ГРП производилась по байпасной линии, нужно закрыть задвижки на вводе и затем на байпасной линии.

Аварийная остановка котла. Машинист обязан остановить котел, если прекратилась подача газа или воздуха, повредились газопроводы или газовая аппаратура.

4. Эксплуатация котельной установки, работающей на жидком топливе

Общие мероприятия по подготовке и обслуживанию котлов и вспомогательного оборудования, не связанные непосредственно с жидким топливом, аналогичны изложенным ранее.

Прежде чем растопить котел на жидком топливе, машинист обязан:

1. Спустить отстоявшуюся воду из расходного бака и в случае надобности подкачать в него топливо из главного резервуара.

2. Проверить температуру топлива.

3. Провентилировать топку и газоходы котла, отрегулировать тягу так, чтобы в топке разрежение составляло 2—3 мм вод. ст.

4. Проверить заполнение котла водой.

5. Ввести в топку на железном стержне подожженные концы, смоченные в мазуте (растопочный факел), потом слегка открыть воздушный шибер, а затем медленно топливный вентиль и подать топливо в топку.

6. После воспламенения топлива, изменяя подачу воздуха, отрегулировать горение, чтобы факел был коротким и чистым, без дымных полос.

При розжиге и регулировке форсунок машинист должен находиться сбоку от форсуночного отверстия, чтобы предохранить себя от возможности ожога в случае сильной вспышки. Если при розжиге форсунки жидкое топливо не загорелось, надо немедленно закрыть сначала топливный, а потом воздушный дроссель и удалить из топки растопочный факел, найти и устранить причины незагорания топлива. Повторить пуск форсунки можно только тогда, когда топка и газоходы будут провентилированы в течение 10—15 мин. Зажигать форсунки от раскаленной кладки топки без растопочного факела запрещается.

При работе котла на жидком топливе машинист обязан следить за: а) исправным состоянием форсунок, топливопроводов, топливных насосов, фильтров; б) расходными баками и температурой топлива (расходные баки должны быть всегда достаточно заполнены, а температура топлива не снижаться ниже установленного предела); в) своевременным спуском из расходных баков отстоявшейся воды; г) устранением утечек топлива через неплотности.

При необходимости остановки котла следует сначала закрыть подачу жидкого топлива в форсунку, а затем воздуха, уменьшая тягу, затем провентилировать топку и газоходы и после этого закрыть тягу.

Глава X

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

1. Металлы, применяемые для изготовления отопительных котлов

Чугун. Для изготовления чугунных секционных котлов (котельные секции, соединительные части, гарнитура) применяется серый чугун (СЧ) марки не ниже СЧ15-32 по ГОСТ 1412—70. Для изготовления соединительных ниппелей используется ковкий чугун (КЧ) марки КЧ30-6 по ГОСТ 1215—59. Первые цифры показывают предел прочности при растяжении σ_r , вторые — предел прочности при изгибе $\sigma_{из}$.

Например, СЧ15-32 означает, что серый чугун имеет $\sigma_r = 15 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_{из} = 32 \text{ кг/мм}^2$.

Серый чугун хорошо отливается в формах и легко поддается обработке. Ковкий чугун более вязок, чем серый, также хорошо обрабатывается, имеет меньшую хрупкость.

Свойства чугуна меняются в зависимости от содержания в нем углерода и других примесей: чем больше углерода, тем чугун более хрупкий. Содержание углерода в чугуне колеблется от 1,7 до 4,5%.

Сталь. Сталь представляет собой сплав железа и углерода, содержание которого изменяется от 0,04 до 1,7%. Для изготовления стальных отопительных котлов низкого давления применяется главным образом углеродистая мартеновская сталь обыкновенного качества: Ст.0, Ст.1, Ст.2, Ст.3 и Ст.4 (ГОСТ 380—60). Для частей котла, находящихся в пределах топки, например для жаровых труб и днищ, применяется углеродистая сталь по качеству не ниже марок Ст.2 и Ст.3. Цифры, стоящие перед маркой стали, указывают содержание углерода в сотых долях процента.

Трубы, являющиеся поверхностями нагрева котлов (кипятильные, дымогарные), допускаются только цельнотянутые из стали марок 10, 20 (ГОСТ 301—50), а для трубопроводов — из стали марок Ст.2 и Ст.3. Проволока, применяемая в качестве присадочного материала для газовой сварки, должна быть по химическому составу не ниже марок I, IA и II по ГОСТ 2246—43, а электроды по механическим свойствам сварного соединения — не ниже марки Э34 ГОСТ 2523—44.

Цветные металлы. Основными преимуществами цветных металлов перед черными являются стойкость против коррозии и лучшая обрабатываемость. Цветные металлы — медь, свинец, олово, цинк, как правило, в чистом виде в отопительно-котельной технике не применяются, а используются в виде сплавов (бронза, латунь, баббиты и др.). Помимо чугунной арматуры для отопительных котлов и трубопроводов большое применение имеет бронзовая — сплав меди и олова (ГОСТ 5017—49). Арматура изготавливается на определенное условное давление и на определенные размеры проходных сечений.

Для заливки вкладышей подшипников применяют различные марки баббитов — сплавы олова, свинца, меди, сурьмы и др. При работе мягкая основа баббита истирается быстрее, в результате чего твердые частички оказываются выступающими и общая трущаяся поверхность уменьшается, что приводит к уменьшению трения. Между выступающими твердыми частичками образуются каналы, по которым легко циркулирует масло, смазывая и охлаждая трущиеся поверхности.

Для изготовления труб скоростных теплообменников используется латунь — сплав меди и цинка.

2. Теплоизоляционные материалы

Наиболее распространенными теплоизоляционными материалами в отопительно-котельной технике являются асбест, асбестит, асбозурит, шерстяные и бумажные очесы — отходы шерсто- и бумагопрядильных фабрик, шлаковая и стеклянная вата, ньювель, совелит.

Асбест, асбозурит и очесы применяют главным образом для мастичной изоляции. Эта изоляция может выполняться только на горячих поверхностях. При температурах не выше 100°C обычно используют белую глину (70%) и шерстяные и бумажные очесы (30%). Первый слой наносится в разжиженном состоянии толщиной 0,5 мм. Последующие слои набрасываются шлепками после высыхания предыдущего. Нанесение последнего слоя производится под рейку. Вместо глины иногда употребляют инфузорную землю (порошкообразный диатомит), имеющую значительно меньший коэффициент теплопроводности.

При температуре выше 100°C, например, для изоляции наружных поверхностей секций чугунных котлов,

вместо очесов используются материалы неорганического происхождения — асбест, асбозурит. По составу: асбестит — 70% асбестового волокна, 30% глины; асбозурит — 70% диатома и 30% асбеста. Объемный вес готовой изоляции из асбозурита 780—800 кг/м³.

Для ликвидации мокрых процессов (кирпичная кладка, мастичная изоляция) используется формовочная изоляция, которая накладывается как на горячие, так и на холодные поверхности различных трубопроводов. Для изготовления различного рода сегментов, скорлуп формовочной изоляции используется шлаковая и стеклянная вата, трепел, диатомит, пеностекло, совелит, ньювель и др. Сегменты и скорлупы на трубопровод накладываются в один или несколько слоев. Стыки между ними промазываются тем же материалом, из которого изготовлены элементы изоляции. Затем сегменты скрепляют вязальной проволокой, после чего штукатурят и бандажируют (оклеивают) суровым миткалем или мешковиной.

Для производства оберточной изоляции используют маты из стеклянной или шлаковой ваты. Объемный вес такой изоляции примерно равен 300 кг/м³.

Ньювель состоит из смеси легкой магнезии — 85% и асбеста — 15% и выпускается в виде порошка. Применяется ньювель для мастичной и формовочной изоляции для горячих поверхностей с температурой до 250°C. Объемный вес готовой изоляции из ньювеля 300—400 кг/м³.

Совелит (смесь доломита) 85% и асбеста 15%. Совелит выпускается в виде плит и порошка. Применяется для изоляции поверхностей с температурой до 425°C. Объемный вес его равен 450—500 кг/м³.

3. Обмуровочные материалы

Для обмуровки отопительных котлов применяется кирпич красный обыкновенный и кирпич шамотный (огнеупорный), глина красная и огнеупорная, шамотный порошок, цемент и песок.

Кирпич красный применяется для кладки фундамента, бортов, наружных стен обмуровки и других элементов, подверженных действию температуры не выше 700°C. Кирпич кладется на глиняном растворе, который готовится из красной глины и обыкновенного песка. Глина не должна содержать посторонних примесей.

Цементный раствор применяется только для кладки фундаментов котла или вспомогательного оборудования (насосы, вентиляторы и т. п.) или борозов.

Кирпич шамотный применяется для футеровки топочной камеры и газоходов котла в местах высоких температур — до 1400°C. Кирпич, бывший в употреблении, допускается к укладке только после его тщательной очистки от раствора и шлака.

Для неэкранированных топок или экранированных при шаге экранных труб, равном более двух диаметров трубы, применяется шамотный кирпич класса А — огнеупорность 1730°C; при шаге экрана от 1,2 до 2 диаметров трубы кирпич класса Б 1670°C и при шаге меньше 1,2 диаметра — класса В 1580°C.

В качестве вяжущих материалов для шамотной кладки применяют огнеупорную глину и шамотный порошок, из которых изготавливается раствор. Шамотный порошок получается путем размола огнеупорного кирпича на специальных мельницах.

Толщина швов в кирпичной кладке не должна превышать: для стен 3 мм, в сводах и арках 2 мм.

Песок для примесей должен быть речной, мелкозернистый, с зерном не более 1 мм в поперечнике. Тонкий помол шамота и мелкого песка позволит выкладывать тонкие швы.

Для придания стенкам гладкости их протирают мокрой тряпкой (швабровка). При кладке обмуровки не следует промазывать стены газоходов глиной, так как это не придает гладкость стенкам, а, наоборот, увеличит их шероховатость за счет растрескивания глины. Из-за наличия разных коэффициентов линейного расширения не следует красный кирпич перевязывать с огнеупорным.

Асбест и асбестовые изделия (шнур, картон и др.) используют главным образом для заполнения температурных швов в кирпичной кладке, защиты металлических частей котла от воздействия высоких температур, уплотнения отверстий для труб, проходящих через обмуровку.

4. Прокладочные материалы

Прокладочные материалы служат для уплотнения зазоров во фланцевых соединениях трубопроводов и арматуры. Различают мягкие и металлические прокладки.

Для отопительных котлов металлические прокладки не применяются.

Мягкие прокладки выполняют из сплошной резины или резины с парусиновой прокладкой и применяют для воды с температурой не выше 80°C. Нельзя применять резиновые прокладки для масла и нефтепродуктов, так как они растворяют резину.

Асбестовые прокладки изготовляют из листового асбеста или асбестового шнура для уплотнения фланцевых соединений газоходов, воздухопроводов, дымососов, вентиляторов, лючков, лазов и пр. Картонные прокладки изготовляют из технического (тряпичного картона) и применяют для фланцевых соединений водопроводов, работающих при давлении до 16 *ата* и температуре до 120°C и для масла и нефтепродуктов при давлении до 8 *ата* и 80°C.

Паронитовые прокладки (смесь асбестового волокна, каучука и минеральных примесей) применяют для горячей воды и пара с температурой до 425°C и при давлении до 60 *ата*. Перед установкой паронитовую прокладку следует натереть сухим графитом с обеих сторон во избежание прилипания.

Для уплотнения резьбовых соединений трубопроводов холодной и горячей воды (до 100°C) применяется лен (чесаный без костры) в виде тонких прядей, смазанный суриковой замазкой.

5. Притирочные материалы

Притирочные материалы (порошки стеклянной пыли, наждака, корунда, карборунда, пасты ГОИ и пр.) применяют для притирки поверхностей уплотнений различной арматуры. Притирочные порошки и пасты используют в зависимости от твердости металла притираемых поверхностей. Для грубой притирки бронзовых поверхностей применяется стеклянная пыль.

Наждачный порошок также пригоден для грубой притирки бронзовых и чугуновых деталей, корундовый и карборундовый — для притирки поверхностей из твердых металлов.

Для доводки уже притертых поверхностей применяют главным образом пасту ГОИ (состоящая из окиси хрома, стеарина и силикагеля). Она изготовляется трех

сорт: грубая — черного цвета, средняя — темно-зеленого цвета, тонкая — светло-зеленого цвета.

6. Набивочные материалы

Для предотвращения утечки воды, пара и прочих жидкостей через зазоры в сальниках задвижек, вентилях, клапанов, валов, насосов и т. п. применяется специальная сальниковая набивка. Она изготавливается из асбеста, хлопчатобумажных, льняных и пеньковых волокон, пропитанных говяжьим салом или минеральным маслом, тальком и серебристым графитом. Такая набивка обеспечивает самосмазывающее действие и тем самым уменьшает силу трения в местах уплотнения. Сальниковые плетеные набивки изготавливаются различных размеров по диаметру или стороне квадрата от 4 до 50 мм. При отсутствии заводской набивки ее можно изготовить на месте следующим образом: асбестовый шнур проваривается примерно в течение 2 ч в говяжьем сале или техническом масле, смешанном с серебристым графитом. После проварки шнур охлаждается и насухо протирается серебристым графитом и затем из него плетут набивки соответствующей толщины.

Глава XI.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, САНИТАРНЫЕ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПРАВИЛА

1. Законодательство и органы надзора по охране труда в СССР

Наука, именуемая «охраной труда» включает в себя: трудовое законодательство, производственную санитарную и технику безопасности. Правовые нормы труда, т. е. рабочее время, труд женщин и подростков и т. п., вопросы оздоровления условий труда и вопросы техники безопасности отражены в кодексе законов о труде (КЗоТ). КЗоТ установлено также право трудящихся на получение специальной одежды и предохранительных приспособлений при работе в условиях, где имеются вредности и опасности, что также является одной из мер по обеспечению техники безопасности.

Для осуществления контроля за выполнением действующего законодательства в области санитарии организована Государственная санитарная инспекция.

Для надзора за обеспечением безопасной эксплуатации и безаварийной работы паровых котлов и других агрегатов, работающих под давлением, создана Главная Государственная инспекция котлонадзора, на которую возложен не только постоянный надзор за изготовлением, установкой и эксплуатацией котлов, сосудов, работающих под давлением, баллонов и цистерн со сжатыми газами, но также разработка обязательных для всех ведомств правил и инструкций, выдача разрешений на пуск и эксплуатацию соответствующих установок, экспертиза и консультация, проверка квалификации сварщиков и персонала, обслуживающих установки, расследование причин аварий.

Для надзора и контроля за правильным ведением работ по прокладке газовых сетей и безопасным использованием газа всеми потребителями создана Государственная газовая техническая инспекция. На всех предприятиях работу по технике безопасности возглавляют главные инженеры.

2. Правила Госгортехнадзора РСФСР

Безопасность труда при обслуживании отопительных котельных достигается точным выполнением Правил техники безопасности и производственной инструкции для персонала.

На водогрейные котлы, работающие с температурой воды не более 115°C, и паровые котлы с давлением не выше 0,7 атм распространяются «Правила устройства и безопасной эксплуатации водогрейных котлов и паровых котлов с давлением не свыше 0,7 атм», утвержденные Госгортехнадзором РСФСР в 1960 г.

Этими правилами определены основные требования к конструкции, установке, содержанию и обслуживанию указанных котлов. Ряд этих требований, касающихся нормальной эксплуатации и безопасного обслуживания котлов, работающих на различных видах топлива, изложен в соответствующих разделах, где рассматривалось то или иное оборудование.

3. Техника безопасности при обслуживании электрооборудования котельной

Обслуживающий персонал котельной должен:
при работе в котле пользоваться электролампой для освещения напряжением не выше 12 в;
при включении или выключении рубильников пользоваться резиновыми перчатками, иметь перед рубильником резиновый коврик;
следить за тем, чтобы освещение котельной, особенно у манометров, термометров, водоуказательных стекол и других контрольно-измерительных приборов, было в исправности;
следить за тем, чтобы все электрооборудование имело заземление.

4. Выписка из Правил Госгортехнадзора РСФСР о производстве газоопасных работ

Газоопасными работами считаются те, которые проводятся в заведомо загазованных помещениях или при производстве которых возможны утечка газа и образование среды, способной вызвать отравление, взрыв или пожар. Признаком загазованности помещения является неприятный запах одоранта газа.

Степень загазованности помещения определяется по показателям стационарных или переносных газоанализаторов. При отсутствии в котельной указанных приборов степень загазованности помещения может быть определена по характеру запаха газа.

Газоопасные работы должны производиться рабочими, прошедшими специальное обучение по особому наряду за подписью лица, ответственного за газовое хозяйство. Перед началом работ рабочие должны быть проинструктированы этим же ответственным лицом о мерах предосторожности.

Газоопасные работы должны проводиться бригадой не менее двух человек с применением шланговых или кислородно-изолирующих противогазов. Обычные противогазы не пригодны для этих целей, так как они пропускают окись углерода. Шланговые противогазы с длиной шланга 12—15 м могут применяться для работы в

загазованных помещениях только в том случае, если имеется возможность выбросить свободный конец шланга в зону чистого воздуха через окно, форточку и т. п. Шланг не должен скручиваться и перегибаться. Шлем должен плотно прилегать к голове и лицу.

Кислородно-изолирующий противогаз ранцевого типа КИП-5 состоит из кислородного баллона, шлема и короткого гофрированного шланга, уложенных в наплечном ранце. Противогаз типа КИП-5 изолирует дыхательные органы человека от внешнего воздуха, а необходимый для дыхания чистый воздух получается в самом противогазе. Этот противогаз применяется в тех случаях, когда пользование шланговым противогазом невозможно. При газоопасных работах необходимо пользоваться взрывобезопасным инструментом (не дающим искр): медным или омедненным. Если инструмент не может быть омеднен, как, например, зубило, то на время работы его поверхность должна быть густо смазана тавотом или солидолом, препятствующими образованию искры. Проволока для прочистки отверстий или удаления сальниковых набивок должна быть из латуни.

5. Действия машиниста при пожарах в котельной

Если пожар угрожает котельной или возник в самой котельной, необходимо принять меры к полной остановке котлов и предупреждению их взрыва, для чего необходимо: а) остановить дутье и выгрести жар из топки, а если это невозможно, засыпать котел шлаком или залить водой; б) закрыть шибер за котлом и дверки в поддувале; в) закрыть окна и двери; г) если котел паровой, выключить питательный насос; поднять предохранительные клапаны и заклинить их, чтобы они не могли закрыться и обеспечить выпуск пара в атмосферу; д) если котлы работают на газе, закрыть запорный предохранительный клапан, задвижку на вводе, а также все краны и задвижки; открыть краны продувочных свечей и принять меры к тушению огня; е) вызвать пожарную команду.

На случай пожара в котельной должен быть следующий противопожарный инвентарь: а) огнетушители ОП-5, один на каждую топку; б) ящик емкостью 0,5 м³

с сухим песком и две стальные лопаты; в) войлок или одеяло; г) шланг для водопроводного крана.

6. Первая помощь пострадавшему при отравлении газом, ожогах и поражениях электрическим током

Первая помощь при отравлении газом. Первым признаком отравления газом являются: чувство тяжести в голове, шум в ушах, общая слабость, усиленное сердцебиение, головокружение, головная боль, тошнота и рвота.

При более сильном отравлении появляется чувство сонливости, состояние апатии. При еще более сильном отравлении наступает потеря сознания, затем прекращается дыхание.

Если пострадавший может передвигаться сам на свежем воздухе, необходимо помочь ему двигаться, так как при движении будет быстрее происходить освобождение крови от окиси углерода и усиливаться приток кислорода к тканям организма.

Если пострадавший находится без сознания, но еще дышит, необходимо привести его в чувство, расстегнуть одежду, устроить приток свежего воздуха, дать пострадавшему нюхать нашатырный спирт и дышать кислородом. Следует также растирать и согреть тело пострадавшего. Если пострадавший не только находится без сознания, но и перестает нормально дышать, — немедленно приступить к проведению искусственного дыхания, не дожидаясь прибытия врача, вызвать которого надо без промедлений при всех случаях отравлений. Искусственное дыхание необходимо делать непрерывно до прихода врача.

После приведения пострадавшего в сознание следует дать ему выпить горячего чая, кофе, тепло укрыть и обеспечить покой, наблюдая за его состоянием.

Первая помощь при ожогах. При легких ожогах надо перевязать обожженное место стерильным бинтом и отправить пострадавшего в медпункт. В случае загорания одежды на человеке необходимо сбить огонь, накрыв его одеялом или залить водой. После этого осторожно снять остатки обгоревшей одежды, разрезая ее ножницами по частям, но не удаляя приставших к телу частей одежды.

Завернуть пострадавшего в чистую мокрую простынь, укрыть одеялом и отправить немедленно в больницу.

Первая помощь при поражении электрическим током. В первую очередь необходимо быстро выключить ток в установке, с которой работал пострадавший. Если не удастся быстро отключить установку, то следует быстро оторвать пострадавшего от токоведущих частей, с которыми он соприкасается, пользуясь для этого сухой одеждой, доской или каким-либо другим изолятором. При этом, если пострадавший находится на высоте, необходимо принять меры, предупреждающие его падение.

После освобождения пострадавшего от электрического тока ему немедленно оказывают первую медицинскую помощь и обеспечивают полный покой до прибытия врача; пострадавшего, не пришедшего в сознание, удобно укладывают, расстегивают ему одежду, обеспечивают приток свежего воздуха и создают покой. Пострадавшему, который дышит с перебойми, делают искусственное дыхание до прибытия врача.

7. Причины аварий котлов и меры их предупреждения

Аварии и неполадки котлов вызывают большие простои оборудования, перерывы в снабжении теплом зданий, а в некоторых случаях значительные разрушения сооружений и тяжелые человеческие травмы.

Основным признаком аварий чугунных отопительных котлов является возникновение в секциях трещин. Факторы, влияющие на их появление, могут быть различными. Например, этому способствуют дефекты заводского производства котла, неправильная его эксплуатация, конструктивные недостатки и неправильный монтаж котла.

К дефектам заводского производства относятся наличие внутри секций остатков формовочной земли и отливка секций с различной толщиной стенок, трещинами и раковинами.

Наличие внутри секций формовочной земли нарушает циркуляцию воды в них и так же, как накипь, ухудшает передачу тепла от стенки секций к воде, в результате чего стенка перегревается и в ней появляются трещины.

Появлению трещин может способствовать и наличие раковин в теле отливки.

К конструктивным недостаткам относятся неудачные решения, по которым выполнены конструкция секции или отдельные детали котла.

Примером конструктивного недостатка является секция котла МГ-2. Стремление к увеличению поверхности нагрева секции привело к созданию надтопочного вылета коробчатой формы в виде буквы Г (см. рис. 14). Однако расположение ниппелей на одной оси не обеспечивало надежной циркуляции воды в указанном вылете (движение воды осуществлялось по наикратчайшему пути), стенки этого вылета перегревались и появлялись трещины.

Парообразование в секциях чугунных котлов, их перегрев и появление трещин при повышенных форсировках котлов вызываются конструктивными недостатками гидравлической схемы чугунных секционных котлов.

На рис. 75 показан разрез чугунного секционного котла по ниппельным головкам, где в ниппелях установлены специальные шайбы на стяжных болтах. Шайбы имеют прорезы, которые в верхних ниппелях направлены вверх и служат для удаления воздуха, а прорезы в нижних ниппелях направлены вниз и служат для удаления шлама.

Движение воды в таком котле с шайбами показано стрелками. Вода входит в нижний тройник и, равномерно распределяясь, направляется по двум пакетам секций. Войдя снизу в первую секцию, вода не может пойти по нижним ниппелям, так как установленная внизу шайба между первой и второй секциями мешает проходу и направляет ее вверх. Вверху вода также не может пройти по всем верхним ниппелям, поскольку там тоже стоит шайба между второй и третьей секциями и вода направляется вниз по второй секции.

Так, по очереди, поднимаясь и опускаясь, вода проходит до передней секции и вверху уходит в трубопровод горячей воды. При такой последовательной схеме движения воды расход ее через каждую секцию, по сравнению с параллельным распределением воды по секциям, увеличивается, вода лучше охлаждает стенки секций, в результате чего повышается прочность котла.

Наиболее распространенными монтажными неполадками, вызывающими нарушение нормальной работы чу-

гунных секционных котлов, являются неправильное расположение колосниковой решетки по высоте котла и неправильный монтаж газовых горелок и форсунок, а также отсутствие у задвижек горячей воды обводной линии с обратным клапаном или отсутствие выкидного предохранительного устройства у паровых котлов.

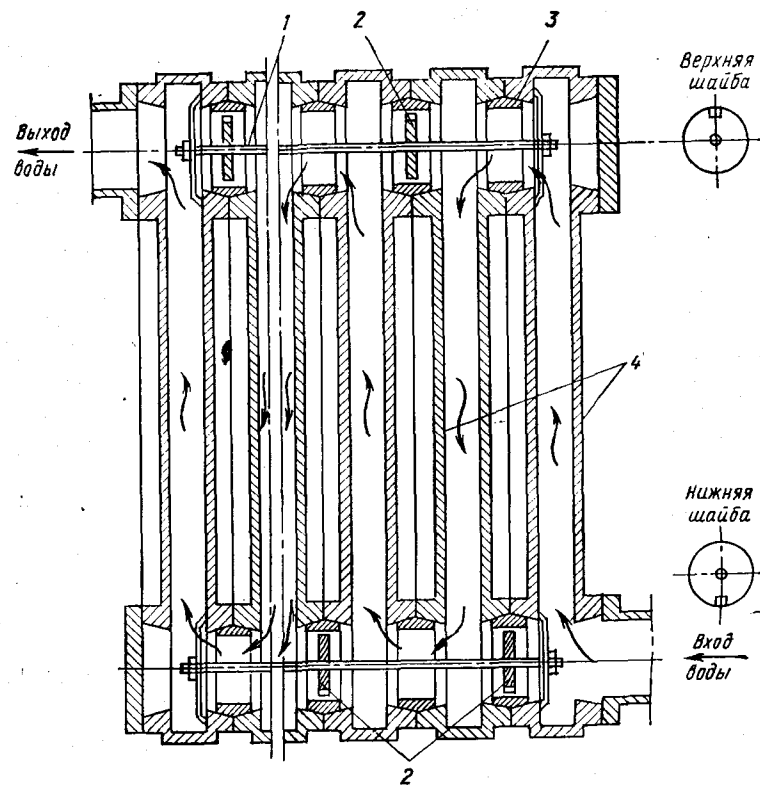


Рис. 75. Устройство НИИ сантехники для создания прямооточного движения воды в котлах шатрового типа
1 — стяжной болт; 2 — шайба; 3 — ниппель; 4 — секция котла

При сжигании каменных и бурых углей, имеющих значительный выход летучих газов, требуется больший объем топки, чем при сжигании антрацита, который практически не имеет летучих газов, сгораемых только в слое топлива.

При необходимости увеличения объема топки в чу-

гунных секционных котлах обычно увеличивают расстояние от колосниковой решетки до низа котельных секций, т. е. поднимают котел над колосниковой решеткой. Очень часто при монтаже котлов это важное обстоятельство упускается из виду и, как правило, в чугунных секционных котлах, в которых предполагается сжигать длинно-пламенные каменные или бурые угли, колосниковую решетку располагают на том же уровне, что и при сжигании короткопламенных углей — антрацитов. В результате соприкосновения пламени со стенками чугунных секций они в отдельных местах перегреваются и выходят из строя.

Локальные перегревы секций очень часто возникают при неправильном монтаже горелок и форсунок, а также установке в топке вторичных излучателей в виде шамотных горелок и различного рода сводиков.

Если газовые горелки расположены несимметрично и не одинаково нагружены, возможен случай, когда часть секций нагревается больше других. В результате значительной разницы напряжения в металле секции начинают коробиться и давать трещины.

Нельзя допускать, чтобы пламя горелок или форсунок «било» в чугунные секции.

К монтажным неполадкам относятся и течи в соединениях отдельных секций вследствие неправильной установки ниппелей или установке корродированных ниппелей.

Одной из важнейших причин выхода чугунных секционных котлов из строя и очень часто недооцениваемой обслуживающим персоналом является накипеобразование в котлах, в результате чего происходит перегрев стенок секций и появление в них трещин.

Для ликвидации накипеобразования в котлах необходимо свести до минимума подпитку котлов сырой водопроводной водой. Этого можно добиться, если ликвидировать возможные утечки воды из системы отопления.

Очень опасен упуск воды ниже допускаемого уровня в паровых котлах.

В этом случае стенки секций котла перестают охлаждаться водой и быстро перегреваются.

При утечке воды чрезвычайно опасна подача относительно холодной воды в котел без предварительного ее смешения с обратной сетевой водой, так как раскаленная стенка, охлаждаемая водой, может разорваться.

Снижение уровня воды в паросборнике ниже отверстия циркуляционных труб также ведет к прекращению циркуляции воды в пакетах секций и их перегреву.

Во избежание понижения уровня воды в котле ниже допускаемого следует ежедневно проверять наполнение системы водой. Проверка производится с помощью крана, установленного на сигнальной трубке. При открытии крана вода из трубки должна идти ровной, непрерывной струей в течение нескольких минут, чтобы определить, выливается ли вода из расширительного сосуда или только из сигнальной трубки, которую она заполняла.

Чтобы не ошибиться при наполнении системы водой, следует следить дополнительно за показанием манометра на обратной линии.

Трещинообразование в котле могут вызвать чрезмерно быстрая растопка и расхолаживание котла.

При остановленном котле и низкой температуре наружного воздуха может произойти замораживание и разрыв котла, если у него не полностью спущена вода. Это происходит вследствие расширения замерзающей в нем воды. Вода замерзает в котле даже при положительной температуре в котельной, если все котлы зимой не работают и из дымовой трубы в боров и топку проходит холодный наружный воздух (обратная тяга).

При работе чугунных секционных котлов на твердом топливе гричиной образования трещин в секциях может явиться сжигание больших порций топлива, которое приводит к резкому повышению температуры стенок секций.

При работе на твердом топливе помимо выхода из строя секций часто происходит прогорание и коробление колосников. Повышение температуры колосников во время чистки топки возможно от раскаленного топлива или от излучения накаленной футеровки при остановке дутьевого вентилятора и закрытом поддувале. Поэтому необходимо открывать поддувальную дверцу как во время чистки, так и после остановки котла.

Серьезные аварии отопительных котлов могут быть вызваны отсутствием или неисправной работой предохранительных устройств, установленных на котлах. Предохранительные клапаны должны быть отрегулированы на соответствующее давление.

Работа котлов с неисправными или неотрегулированными предохранительными клапанами запрещается.

Так же категорически запрещается заклинивать предохранительные клапаны или увеличивать нажатие на их тарелки путем добавления груза на рычаги или каким-либо другим способом. Невыполнение указанных требований приводит к взрыву котлов от превышения давления. Особенно разрушительными являются взрывы котлов с большим водяным объемом. В специальной литературе указанные случаи описаны подробно.

Ниже приводятся несколько примеров.

Авария водогрейного котла «Универсал». Монтаж котла был произведен с отступлением от требований «Правил по отопительным котлам». У задвижек на трубопроводах горячей воды не были установлены обводные линии с обратными клапанами, не было термометров для замера температуры воды, манометры просрочены проверкой, трехходовые краны на манометрах отсутствовали. Машинисты не были обучены и аттестацию не проходили. Авария произошла в результате того, что машинист стал производить растопку, не заполнив предварительно систему отопления водой. Спустя некоторое время произошел взрыв котла.

Авария парового котла «Универсал». Предохранительное выкидное устройство, установленное на котле, было отключено заглушкой с целью повышения рабочего давления в котле до 5 *ати* вместо допускаемого 0,7 *ати*. При этом на шкале манометра красная черта также была нанесена на делении 5. Машинистами работали необученные рабочие, вопреки требованиям Правил по котлам с давлением до 0,7 *ати*, а теплотехником был назначен машинист паровоза, не знавший особенностей работы таких котлов. Ни машинист, ни теплотехник не имели представления о назначении выкидного предохранительного устройства. При растопке котла стал пропускать сальник водоуказательного стекла, которое только перед растопкой было поставлено. Уровень воды в стекле в это время находился около верхней кромки стекла, давление в котле составляло 2,5 *ати*. Теплотехник начал подтягивать пропускаявший сальник, и в это время произошел взрыв котла. При осмотре водомерного стекла было обнаружено, что ниже отверстия его было забито сальниковым уплотнителем и стекло оказалось отключенным от котла. Причиной аварии послужил перегрев котла из-за выпуска воды при работе на повышенном против допускаемого давлении.

Авария жаротрубного котла. Машинист растопил однопотрубный водогрейный котел при закрытых входной и выходной задвижках. Вода в котле сначала перегрелась, затем началось парообразование и пар через обводную линию задвижки горячей воды уходил в отопительную систему и расширитель. Из-за большого снижения уровня воды в котле жаровая труба оголилась, вследствие перегрева просела и оторвалась от днища, в результате чего произошел взрыв котла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. С. Берсенев, М. А. Волков, Ю. С. Давыдов. Автоматика отопительных котлов и агрегатов, Стройиздат, 1969.
2. В. С. Вергазов. Спутник коцегара в вопросах и ответах. Издание 2-е, переработанное, Стройиздат, 1968.
3. А. И. Гордюхин. Эксплуатация газовых сетей и установок, Стройиздат, 1965.
4. К. Г. Кязимов. Эксплуатация и ремонт газовых сетей и оборудования, Стройиздат, 1968.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации водогрейных котлов с давлением не свыше 0,7 *ати*. Госгортехиздат, 1960.
6. Типовая инструкция для персонала котельных с водогрейными котлами и паровыми котлами с давлением не более 0,7 *ати*. Издание 3-е, «Недра», 1966.
7. В. М. Чепель. Сжигание газов в топках котлов и печей и обслуживание газового хозяйства предприятий, «Недра», 1965.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Чтение чертежей и схем	5
Глава II. Основные сведения из физики, химии и теплотехники	14
1. Понятие о веществе	14
2. Понятие о рабочем теле и его параметрах	15
3. Понятие о теплоте	22
4. Удельная теплоемкость	23
5. Способы передачи тепла	23
6. Понятие о теплопередаче	25
7. Получение пара	28
8. Понятие о горении	30
9. Состав воздуха и свойства его элементов	31
10. Понятие о питательной воде	32
Глава III. Топливо, применяемое в отопительных котельных	33
1. Характеристики топлива	34
2. Твердое топливо	37
3. Газообразное топливо	39
4. Жидкое топливо	41
Глава IV. Котлы, топки и вспомогательное оборудование	43
1. Общие сведения	43
2. Чугунные котлы устаревших конструкций	46
3. Чугунные котлы новых конструкций	60
4. Переоборудование чугунных котлов для сжигания газа и жидкого топлива	68
5. Стальные котлы	72
6. Основные характеристики топок отопительных котлов	77
7. Тепловой баланс котла и пути повышения эффективности его работы	81
8. Арматура котлов	87
9. Гарнитура и обмуровка котлов	95
10. Тяго-дутьевые устройства	96
11. Водоподготовка	99
12. Химическая очистка чугунных котлов от накипи	101
Глава V. Системы центрального отопления и горячего водоснабжения	102
1. Общие сведения	102
2. Системы водяного отопления с естественной циркуляцией	104
3. Системы водяного отопления с насосной циркуляцией	105
4. Однотрубные системы отопления	106
5. Панельные системы отопления	110
6. Системы воздушного отопления	116
7. Системы парового отопления низкого давления	117
8. Системы горячего водоснабжения	121
Глава VI. Газопроводы котельных и газорегуляторные пункты	123
1. Газопроводы котельных	123
2. Газорегуляторные пункты	124
Глава VII. Газогорелочные устройства	137
1. Диффузионные горелки	137
2. Инжекционные горелки	142
3. Горелки с принудительной подачей воздуха	146
4. Неполадки в работе горелок	149
Глава VIII. Автоматизация работы отопительных котлов	150
1. Общие сведения	150
2. Пневмомеханическая система автоматики ПМА для водогрейных котлов	151
3. Электрическая система автоматики АГОК-66 для водогрейных котлов работающих на газе низкого давления	154
4. Электрическая система автоматики для водогрейных котлов, оборудованных ротационными форсунками для сжигания жидкого топлива	159

	Стр.
Глава IX. Эксплуатация котельных установок	160
1. Подготовка котельной к отопительному сезону	160
2. Эксплуатация котельной установки, работающей на твердом топливе	162
3. Эксплуатация котельной установки, работающей на газообразном топливе	163
4. Эксплуатация котельной установки, работающей на жидком топливе	173
Глава X. Материаловедение	175
1. Металлы, применяемые для изготовления отопительных котлов	175
2. Теплоизоляционные материалы	176
3. Обмуровочные материалы	177
4. Прокладочные материалы	178
5. Притирочные материалы	179
6. Набивочные материалы	180
Глава XI. Техника безопасности, санитарные и противопожарные правила	180
1. Законодательство и органы надзора по охране труда в СССР	180
2. Правила Госгортехнадзора РСФСР	181
3. Техника безопасности при обслуживании электрооборудования котельной	182
4. Выписка из Правил Госгортехнадзора РСФСР о производстве газоопасных работ	182
5. Действия машиниста при пожарах в котельной	183
6. Первая помощь пострадавшему при отравлении газом, ожогах и поражениях электрическим током	184
7. Причины аварий котлов и меры их предупреждения	185
Список литературы	191

ДМИТРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ БОРЩОВ

«ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ»

Редактор издательства В. А. Чекрыжов
Технические редакторы В. Д. Павлова и Н. Г. Бочкова
Корректоры М. Ф. Казакова и В. Г. Штанге

Сдано в набор 14/III—1974 г. Подписано к печати 9/IV—1974 г.
Т-01909 Формат 84×108¹/₃₂ л. п. Бумага типографская № 2.
19,08 усл. печ. л. (уч.-изд. 10,46 л.)
Тираж 16 000 экз. доп. Изд. № AV—3392 Зак. № 125 Цена 24 коп.

Стройиздат
103777, Москва, Кузнецкий мост, д. 9

Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, 25.