

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.11.01 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

**Направление подготовки 35.03.06. Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы «Электрооборудование и электротехнологии»**

**Форма обучения** заочная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1.Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Эксплуатация теплоэнергетических установок. Правила монтажа и безопасности эксплуатации котлов.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2Лекция №2 Задачи эксплуатации тепловых сетей .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Эксплуатация теплогенераторов, калориферов.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4Лекция №4 Введение в эксплуатацию.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Методические указания по пополнению лабораторных работ.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Лабораторная работа ЛР 1 Эксплуатация паровых котлов на газовом и жидком топливе.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.Лабораторная работа ЛР 2 Эксплуатация паровых котлов на газовом и жидком топливе .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.Лабораторная работа ЛР 3 Эксплуатация водогрейных котлов.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4. Лабораторная работа ЛР 4 Задачи эксплуатации тепловых сетей.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5. Лабораторная работа ЛР 5 Подготовка к пуску. Температурный режим.....</b>	<b>38</b>
<b>2.6 Лабораторная работа ЛР6 Задачи эксплуатации тепловых сетей.....</b>	<b>56</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция №1(2 часа).

**Тема: «Эксплуатация теплоэнергетических установок. Правила монтажа и безопасности эксплуатации котлов.»**

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Условия допуска персонала к обслуживанию котлов.
2. Подготовка стационарного парового котла к работе.
3. Розжиг котла на твердом, жидком топливе и на газе.
4. Наблюдение за паровыми котлами во время работы.
5. Остановка котла: кратковременная, плановая, аварийная.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1 Введение

Промышленные **предприятия** и относящийся к ним жилищно-коммунальный сектор потребляют значительное количество теплоты как на технологические нужды, так и на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

В зависимости от технологической направленности **предприятия**, его места расположения, мощности, наличия или отсутствия централизованных теплоснабжающих предприятий и прочих факторов теплоэнергетическое хозяйство (система) **предприятия** может быть различной степени сложности.

Однако в любом случае повышение надежности, безопасности и экономичности работы теплоэнергетических систем и оборудования является одной из важнейших хозяйственных задач.

Надежность, безопасность и экономичность в значительной степени зависят от качества изготовления, монтажа, наладки, ремонта и культуры обслуживания, т.е. от качества изготовления и эксплуатации.

В связи с этим инженеры-теплоэнергетики промышленных предприятий должны владеть приемами и методами рациональной эксплуатации теплотехнического оборудования, хорошо знать требования нормативно-технической документации, уметь организовывать работу и подготовку эксплуатационного персонала.

#### 2 Правила монтажа котлов

До начала монтажа котла на фундаменте необходимо разбить монтажные оси котла — продольную ось и линию фронта котла. Разбивку осей выполняют по чертежам, производя промеры от колонн или стен здания. Ввиду возможных неточностей выполнения строительных конструкции здания после предварительной разбивки осей котла необходимо проверить их взаимную перпендикулярность.

Имея отправные точки, проверяют следующие геометрические размеры:

- а) габариты закладных деталей фундамента;
  - б) правильность расположения закладных деталей в горизонтальной плоскости и в плане;
  - в) соответствие чертежам габаритов фундамента в целом и его прямоугольность (путем сопоставления длин диагоналей).
- Допуски по размерам фундамента определяются требованиями, при которых габариты опорной рамы котла должны укладываться в габариты закладных деталей.

При проверке фундамента следует руководствоваться требованиями СНиП 3.05.05-84.

Приемка фундамента оформляется трехсторонним актом (заказчик, генподрядчик и монтажная организация) с составлением исполнительной схемы фундамента.

Монтаж котлов и котельно-вспомогательного оборудования должен выполняться специализированной организацией, имеющей разрешение органов Ростехнадзора в соответствии с «Инструкцией о порядке выдачи разрешения на право монтажа объектов надзора», утвержденной Ростехнадзором.

Монтаж котлов и оборудования может быть начат при следующих условиях:

- наличии комплектной проектно-сметной документации, технической документации предприятий-изготовителей оборудования и проектно-монтажной документации;
- готовности строительной части, подтвержденной актами о сдаче под монтаж заказчику и монтирующей организации;
- комплектации объекта оборудованием, конструкциями, материалами, приборами и средствами автоматизации.

При проверке фундамента следует руководствоваться требованиями СНиП 3.05.05-84. Приемка фундамента оформляется трехсторонним актом (заказчик, генподрядчик и монтажная организация) с составлением исполнительной схемы фундамента.

### 3 Правила безопасности при эксплуатации котлов.

К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

Обучение и аттестация машинистов (кочегаров), операторов котельной и водосмотров должны проводиться в профессионально-технических училищах, учебно-курсовых комбинатах (курсах), а также на курсах, специально создаваемых типовых программ, согласованных с Госгортехнадзором России.

Индивидуальная подготовка персонала не допускается.

Аттестация операторов (машинистов) котлов проводится комиссией с участием инспектора госгортехнадзора. Лицам, прошедшим аттестацию, должны быть выданы удостоверения за подписью председателя комиссии и инспектора госгортехнадзора.

О дне проведения аттестации администрация обязана уведомить орган госгортехнадзора не позднее, чем за 5 дней.

Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна проводиться не реже одного раза в 12 мес.

Внеочередная проверка знаний проводится:

- а) при переходе на другое предприятие;
- б) в случае перевода на обслуживание котлов другого типа;
- в) при переводе котла на сжигание другого вида топлива;
- г) по решению администрации или по требованию инспектора

госгортехнадзора.

Комиссия по периодической и внеочередной проверке знаний назначается приказом по предприятию, участие в ее работе инспектора госгортехнадзора не обязательно.

Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении.

## **1. 2 Лекция №2(2 часа).**

**Тема: «Задачи эксплуатации тепловых сетей»**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Подготовка к пуску.
2. Задачи эксплуатации тепловых сетей
3. Требования к качеству воды. Температурный режим. Установление наличия циркуляции в сети.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Системы централизованного теплоснабжения являются важными звеньями энергетического хозяйства и инженерного оборудования городов и промышленных районов. На надежность, качество и экономичность теплоснабжения городов существенное влияние оказывает организационная структура эксплуатации системы этих городов.

Выбор оптимальной структуры определяется конкретно для каждого города (промышленного района) в зависимости от масштабов системы центрального теплоснабжения, а также технических характеристик этой системы.

Наиболее целесообразно единое управление системы центрального теплоснабжения: источниками теплоты, магистральными и распределительными тепловыми сетями. Эксплуатацией теплоиспользующих установок и систем, как правило, должны заниматься их владельцы (потребители) либо своими силами и средствами, либо с привлечением специализированных предприятий.

Возможен вариант, когда энергоснабжающая организация будет выполнять также функции по эксплуатации теплоиспользующих установок у потребителей. Но это должно осуществляться по отдельному договору с потребителем. При этом энергоснабжающая организация будет оказывать услуги по теплоснабжению, а не продавать тепловую энергию, то есть предметом договора теплоснабжения между энергоснабжающей организацией и потребителем будет обеспечение комфорта в отапливаемых помещениях и температуры горячей воды в водо разборных кранах, требуемой санитарными правилами, независимо от количества теплоты, израсходованной потребителем

3. При выборе системы отопления здания необходимо учитывать особенности его теплового режима. Это прежде всего действие инфильтрации наружного воздуха под влиянием сил гравитации и ветра, а также солнечной радиации и особенностей технологических тепловыделений.

Зимой вследствие инфильтрации наружного воздуха переохлаждаются нижние этажи, поэтому в многоэтажных зданиях целесообразно применять системы отопления с подачей теплоносителя снизу вверх (с «опрокинутой» циркуляцией). Лестничные клетки, лифтовые шахты и холлы должны отапливаться в основном внизу. Необходимы интенсивный обогрев вестибюлей, устройство теплых тамбуров, нагревание пола.

Охлаждающее действие инфильтрации обусловлено ориентацией ограждений помещения и зависит от направления и скорости ветра. В связи с этим желательно предусматривать пофасадное разделение системы отопления, что позволяет регулировать теплоотдачу приборов в зависимости от скорости и направления ветра, температуры наружного воздуха, интенсивности солнечной радиации. Такое разделение системы не исключает необходимости индивидуального ручного или автоматического регулирования теплопередачи отопительных приборов в отдельных помещениях в связи с разнообразием режимов бытовых и технологических тепловыделений.

3..Тепловые сети от современных ТЭЦ и мощных котельных представляют собой сложные протяженные и разветвленные гидравлические системы, содержащие протяженные трубопроводы разного диаметра, большое число насосов, емкостей и других устройств, необходимых для передачи тепловой энергии с помощью теплоносителя — сетевой воды или пара от источников теплоты потребителям.

Современное развитие систем централизованного теплоснабжения в России характеризуется следующими тенденциями:

ростом количества источников теплоты, работающих в единой системе теплоснабжения юрлиц;

усложнением структуры теплового потребления в связи с увеличением помимо традиционных нагрузок отопления и горячего водоснабжения тепловых нагрузок вентиляции и кондиционирования воздуха, а также разнообразных технологических нагрузок;

увеличением числа потребителей, для которых практически недопустимы перерывы в подаче теплоты: промышленных предприятий, не допускающих прерывания технологических процессов; лечебных учреждений; высококлассных гостиниц т.п.;

снижением конкурентоспособности централизованного теплоснабжения в сравнении с другими способами обеспечения тепловой энергией (децентрализованным, внезапная потеря значительной мощности источников теплоты).

Пониженная надежность действующих тепловых сетей в системах транспортировки и распределения теплоты объясняется условиями их сооружения и эксплуатации:

сложностью выполнения строительно-монтажных работ в неблагоприятных грунтовых и климатических условиях;

невозможностью постоянного визуального контроля состояния тепловой сети в процессе эксплуатации;

неблагоприятными внешними условиями, способствующими наружной коррозии подземных теплопроводов в диапазоне коррозионно-опасных при высокой влажности температур (70—90°С);

сооружением тепловых сетей из стальных труб общего назначения, часто не удовлетворявших требованиям эксплуатации тепловых сетей по качеству металла и стального листа, из которых изготавливались трубы (в России до настоящего времени отсутствуют ГОСТ и ТУ на трубы, предназначенные специально для тепловых сетей);

отсутствием промышленного производства теплопроводов полной заводской готовности, конструкция которых обеспечивает защиту стальных труб от коррозии при неблагоприятных внешних условиях, а тепловая изоляция — низкие потери теплоты;

интенсификацией коррозионных процессов внутренних поверхностей труб вследствие несоблюдения качества сетевой воды из-за нарушений водно-химических режимов систем теплоснабжения, связанных с режимами водоподготовительных установок ТЭЦ (котельных); неудовлетворительной эксплуатацией теплоиспользующих установок и систем, принадлежащих потребителям тепла (подсос воздуха, перетоки водопроводной необработанной воды в сетевую воду через неплотности в абонентских теплообменниках и т.п.);

слабой оснащенностью систем транспортировки и распределения теплоты (тепловых сетей) средствами дистанционного контроля и управления и связанными с этим более сложными условиями эксплуатации, в том числе при ликвидации возможных нарушений в работе сетей.

В системах горячего водоснабжения качество воды должно соответствовать нормам для хозяйственно-питьевого водоснабжения по ГОСТ 2874-93. Вода должна быть бесцветной, без привкуса и запаха (цветность — не более 20 град, мутность — не более 1,5 мг/л, а общая жесткость — не более 7 мг-экв/л). Общее количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды должно составлять не более 100, количество кишечных палочек в

1 л воды — не более 3. После обеззараживания воды хлором концентрация остаточного свободного хлора в воде должна быть не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л.

4. В централизованных системах горячего водоснабжения в зависимости от свойств исходной воды (жесткости, наличия агрессивной углекислоты, значения водородного показателя pH) предусматривают мероприятия по предотвращению образования накипи и защите от коррозии металла труб, арматуры и оборудования.

Жесткость воды, предназначенной для мытья в банях, должна быть не более 7 и не менее 2 мг--экв/л (см. СНиП П-Л. 13-92), для стирки белья в прачечных — не более 1,8 мг - экв/л, что обуславливает экономный расход стирочных материалов (СНиП П-Л. 14-92). В банях и прачечных с высокой жесткостью воды предусматривается умягчение ее в централизованных установках. В банях вместимостью 50 мест и менее умягчение не обязательно.

Жесткость воды характеризуется содержанием ионов кальция и магния. Общая жесткость сырой воды равна сумме карбонатной и некарбонатной жесткостей. Карбонатная жесткость вызывается содержанием бикарбонатов кальция и магния и почти полностью исчезает после кипячения воды, причем бикарбонаты подвергаются распаду с образованием углекислоты и выпадением бикарбонатов в осадок. Некарбонатная жесткость после кипячения остается.

Степень кислотности или щелочности исходной воды характеризуется величиной pH. Сочетание показателя pH с содержанием углекислоты определяет степень агрессивности воды. При pH=7 вода нейтральна, чем ближе pH к нулю, тем выше кислотность воды, а чем ближе к 14, тем сильнее ее щелочность. По ГОСТ 2784-93 водородный показатель pH должен находиться в пределах 6,5—8,5. Допустимое содержание в воде кислорода — 0,05 мг/л (см. СНиП 11-36-73).

### **1.3 Лекция №3 (2 часа).**

#### **Тема: 3 «Эксплуатация теплогенераторов, калориферов»**

##### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Подготовка теплогенераторов к работе.
2. Пуск теплогенераторов, работающих на природном газе, дизельном, печном - бытовом топливе и керосине.
3. Работа теплогенераторов в режиме отопления и вентиляции.
4. Обслуживание во время работы.
5. Неполадки в работе теплогенераторов и способы их устранения.
6. Остановка теплогенераторов.
7. Техника безопасности.
8. Эксплуатация калориферов и водоподогревателей.

##### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Нормы качества питательной воды.

Согласно правилам Госгортехнадзора докотловая обработка воды должна предусматриваться для всех котлов паропроизводительностью более 0,7 т/ч, для котлов, имеющих экранные поверхности нагрева, независимо от паропроизводительности и давления, для неэкранированных котлов, сжигающих высококалорийное топливо — газ и мазут, и для всех водогрейных котлов.

Внутрикотловая обработка воды допускается: для неэкранированных котлов паропроизводительностью менее 0,7 т/ч и давлением пара до 14 кгс/см<sup>2</sup> 1,4 МПа), работающих на твердом топливе, для газотрубных и жаротрубных котлов, работающих на твердом топливе. Жесткость питательной воды в этих случаях не должна превышать 3 мг-экв/л.

Для паровых чугунных секционных котлов допускается применение внутрикотловой магнитной обработки воды при питании их исходной водой с преимущественно карбонатной жесткостью и при надежном удалении шлама.

Для водогрейных котельных с чугунными секционными котлами при закрытой системе теплоснабжения допускается применение магнитной обработки воды при соблюдении следующих условий:

- а) подогрев воды в котле не выше 95°C;
- б) омагничивание подпиточной воды и восстановление магнитных свойств воды, циркулирующей в системе (антирелаксационный контур);
- в) карбонатная жесткость исходной воды не более 9 мг-экв/л;
- г) при использовании артезианской воды с содержанием растворенного кислорода до 3 мг/л и  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} < 50$  мг/л — без деаэрации при содержании кислорода более 3 мг/л или  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} > 50$  мг/л — с вакуумной деаэрацией при  $< 70^\circ\text{C}$ ; д) содержание железа  $\text{Fe}^{2+}$  не более 0,3 мг/л.

- 1 Нормы качества питательной воды для паровых котлов при докотловой обработке в соответствии с ГОСТ 20995-75 приведены в табл. 3-1. Общую щелочность и сухой остаток питательной воды для паровых котлов не нормируют. Они обуславливаются выбранными методами обработки в соответствии с допустимыми размерами продувки котлов и качеством исходной воды.

## **Лекция №4(2 часа).**

### **Тема: «Введение в эксплуатацию»**

#### **1.4.1. Вопросы лекции:**

- 1. Подготовка котельного агрегата к ремонту.
- 2. Ремонт барабанов, трубной системы, арматуры и гарнитуры.
- 3. Приемка котлов и котельного оборудования после ремонта.

#### **1.4.2. Краткое содержание вопросов**

##### **1 Классификация и материал теплопроводов**

Трубы систем центрального водяного и парового отопления предназначены для подачи в приборы и отвода из них необходимого количества теплоносителя; поэтому их называют теплопроводами. Теплопроводы вертикальных систем отопления подразделяют на магистрали, стояки и подводки. Теплопроводы горизонтальных систем, кроме магистралей, стояков и подводок, имеют горизонтальные ветви.

Движение теплоносителя в подающих (разводящих) и обратных (сборных) магистралях может совпадать по направлению или быть встречным. В зависимости от этого системы отопления называют системами с тупиковым (встречным) и попутным движением воды в магистралях. На *а* стрелками на линиях, изображающих магистрали (линии с индексом T1 — подающие, с индексом T2 — обратные магистрали), показано попутное движение теплоносителя: теплоноситель в подающей и обратной магистралях каждой системы движется в одном направлении. На *б* показано тупиковое движение теплоносителя: теплоноситель в подающей магистрали

##### **2. Размещение теплопроводов в здании**

Прокладка труб в помещениях может быть открытой и скрытой. В основном применяют открытую прокладку как более простую и дешевую. Поверхность труб нагрета, и теплоотдачу труб принимают в расчет при определении площади отопительных приборов.

По технологическим, гигиеническим или архитектурно - планировочным требованиям прокладка труб может быть Скрытой: магистрали переносят в технические помещения (подвальные, чердачные и т. п.), стояки и подводки к отопительным приборам размещают в специально предусмотренных шахтах и бороздах (штрабах) в



строительных конструкциях или встраивают (замоноличивают) в них. При этом в местах расположения разборных соединений и арматуры устраивают лючки. Теплоотдача в помещении труб, проложенных в глухих бороздах стен, значительно меньше (примерно вдвое) теплоотдачи открытых теплопроводов. Встроенные (как правило, в заводских условиях) подвода или стояк играют роль бетонного отопительного прибора с одиночным греющим элементом и односторонней (в наружной стене) или двусторонней (во внутренней стене, в полу или в перекрытии) теплоотдачей.

При прокладке теплопроводов учитывают предстоящее изменение длины труб в процессе эксплуатации системы отопления. Эксплуатация проходит при изменяющейся температуре теплоносителя (выше 35 °С) и трубы удлиняются по сравнению с монтажной их длиной в большей или меньшей степени.

Температурное удлинение нагреваемой трубы — приращение ее длины  $\Delta l$ , м, определяется по формуле

$$\Delta l = a(l \cdot t - t_0) \cdot K \quad (5.1)$$

где  $a$  — коэффициент линейного расширения материала трубы (для мягкой стали при температуре до 150 °С близок к  $1,2 \cdot 10^{-6}$ );  $t_0$  — температура теплопровода, близкая к температуре теплоносителя, °С (при расчетах учитывают наивысшую температуру);  $t$  — температура окружающего воздуха в период производства монтажных работ, °С;  $l$  — длина теплопровода, м.

### 3. Присоединение теплопроводов к отопительным приборам

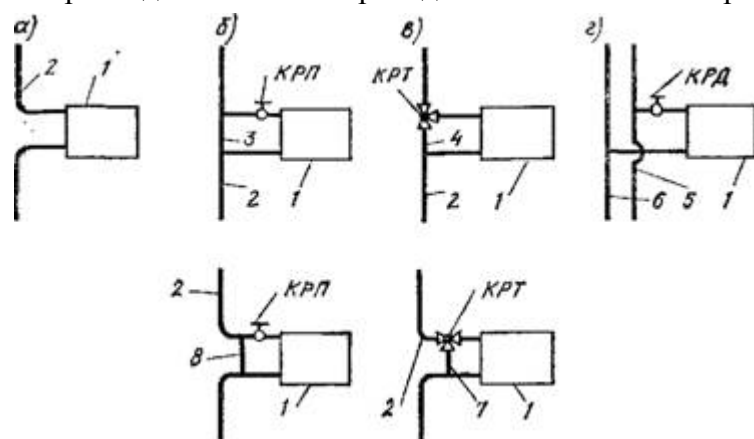


Рис. 1. Одностороннее присоединение труб к отопительным приборам вертикальных систем отопления однотрубных (а—в), двухтрубных (г) 1 — отопительные приборы; 2 — однотрубные стояки; 3 — осевой замыкающий участок; 4 — осевой обходной участок; 5 и 6 — подающая и обратная трубы двухтрубного стояка; 7 — смещенный обходной участок; 8 — смещенный замыкающий участок

На рис. 1 изображены основные приборные узлы трех типов, применяемые в вертикальных однотрубных системах водяного отопления, и приборный узел, используемый в двухтрубных системах водяного и парового отопления. Все приборные узлы показаны с односторонним присоединением теплопроводов к приборам.

В приборном узле первого типа (рис. 1, а), называемом проточным (потому что и стояк с такими узлами называют проточным), отсутствует кран для регулирования расхода теплоносителя. Проточные приборные узлы, наиболее простые по конструкции, устраивают не только в случае, когда не требуется индивидуальное регулирование теплоотдачи приборов, но и при применении конвекторов с кожухом типа КН, имеющих воздушные клапаны для такого регулирования. Проточные приборные узлы характеризуются тем, что расход теплоносителя в каждом приборе стояка равен его расходу в стояке в целом.

В приборных узлах второго типа (рис. 1, б), называемых узлами с замыкающими участками, на подводках со стороны входа теплоносителя помещаются проходные регулирующие краны (КРП). В таких узлах часть общего расхода теплоносителя в стояке минует приборы: вода постоянно протекает через замыкающие участки. Замыкающие участки могут располагаться по оси стояка, и тогда они именуются осевыми (см. на рис. 1, б сверху), а также смещенно по отношению к оси стояка, называясь смещенными (см. на рис. 1, б внизу). Для приборных узлов с замыкающими участками характерно, что расход теплоносителя в приборах всегда меньше общего расхода теплоносителя в стояках, а расход теплоносителя в замыкающих участках может возрастать до максимального по мере закрывания (при регулировании) крана КРП.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа №1-2 (4 часа).**

**Тема:** Эксплуатация паровых котлов на газовом и жидком топливе

**2.1.1 . Цель работы :** Эксплуатация паровых котлов на газовом и жидком топливе

**2.1.2 Задачи работы:**

1. Подготовка стационарного котла к работе
2. Организация эксплуатации теплоэнергетических установок и систем.
3. Организационная структура теплоэнергетического хозяйства предприятий.
4. Организация топливного хозяйства котельных.
5. Эксплуатация топочных устройств.
6. Контроль над процессом горения.
7. Методика теплового расчета топочных устройств на различных видах топлива.

**2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторный практикум.

**2.1.4 Описание(ход) работы:**

Паровым котлом называют теплообменный аппарат, предназначенный для превращения воды в пар заданных параметров за счет тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива.

Принцип действия парового котла определяется сущностью рабочих процессов, происходящих в нем. Рабочие процессы в паровых котлах протекают в воздушно-газовом тракте, в пароводяном тракте, и тесно взаимосвязаны друг с другом.

Существует два основных источника получения тепла в паровом котле:

- непосредственное сжигание органического топлива в топке котла (основной способ). При этом образуется большой объем горячих продуктов сгорания (дымовых газов), которые являются теплоносителем, передающим теплоту нагреваемой и испаряемой воде и перегреваемому пару;
- использование теплоты отработавших газов других типов тепловых двигателей: дизельного двигателя или газотурбинной установки.

Паровые котлы можно классифицировать по следующим признакам:

по назначению:

- на главные, обеспечивающие паром главный двигатель (паровую турбину) и все потребители пара;
- вспомогательные, обеспечивающие паром все потребители при неработающих главных котлах, а также используемые для ввода в действие главных котлов;

по способу использования:

- на автономные, имеющие собственную топливную систему и систему подвода воздуха, и использующие для выработки пара теплоту продуктов сгорания, образующихся при сжигании органического топлива в топке;
- утилизационные, использующие теплоту выхлопных газов ДЭУ или ГТУ;
- комбинированные, в которых подогрев воды и ее испарение могут осуществляться как от собственной топливной и воздушной систем, так и от теплоты продуктов сгорания других типов ЭУ;

по конструкции:

- на водотрубные, в которых вода и пароводяная смесь движутся внутри труб, омываемых снаружи горячими газами;
- огнетрубные, в которых горячие газы движутся внутри труб, омываемых снаружи водой;
- комбинированные, имеющие в своем составе водотрубную и огнетрубную части;

по принципу организации движения воды и пароводяной смеси:

- на котлы с естественной циркуляцией (ЕЦ), в которых движение воды и пароводяной смеси по контуру циркуляции происходит за счет разности плотностей питательной воды и образующейся при испарении воды пароводяной смеси;
- котлы с принудительной циркуляцией (ПЦ), в которых движение воды и пароводяной смеси в контуре циркуляции происходит за счет работы специального циркуляционного насоса.

В свою очередь паровые котлы с ПЦ по кратности циркуляции делятся на котлы:

- прямоточные;
- с принудительной циркуляцией малой кратности (ПЦ МК);
- с многократной принудительной циркуляцией (МПЦ);

по способу организации движения воздуха:

- на котлы с вентиляторным дутьем (открытым и закрытым), в топке которых топливо сгорает при давлении, незначительно превышающем атмосферное, а подача воздуха в топку осуществляется котельным вентилятором;
- котлы с компрессорным наддувом (высоконапорные котлы), в топке которых топливо сгорает при давлении, существенно превышающем атмосферное:  $0,2 \div 0,4$  МПа ( $2 \div 4$  кгс/см<sup>2</sup>), а нагнетание воздуха в топку производится с помощью специального компрессорного агрегата;

по типу используемого топлива:

- на котлы, работающие на твердом топливе (уголь и угольная пыль);
- котлы, работающие на жидком топливе (мазуты, дизельное топливо);
- котлы, работающие на газообразном топливе (природные и синтетические газы);

По расположению топочных устройств:

- на котлы с однофронтным отоплением, в которых топочные устройства располагаются на одном, переднем (со стороны обслуживания) фронте котла;
- с двухфронтным отоплением, в которых топочные устройства расположены на переднем и заднем фронтах котла;
- с потолочным расположением топочных устройств;
- с боковым расположением топочных устройств;

Паровые котлы также могут классифицироваться и по другим признакам, характеризующим их конструктивные особенности:

- по типу применяемых поверхностей нагрева: испарительных пучков труб, экономайзера, воздухоподогревателя и пароперегревателя;
- по наличию или отсутствию хвостовых поверхностей нагрева (экономайзеров и воздухоподогревателей); 11
- по взаимному размещению поверхностей нагрева;

- по количеству коллекторов;
- по организации топочного процесса, и др.

Как правило, в состав КТЭУ входит несколько котлоагрегатов. Один или несколько котлоагрегатов, обеспечивающих выработку пара заданных параметров, вместе с обслуживающими их системами, вспомогательными механизмами и устройствами, называются котельной установкой.

## 1.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Рабочий процесс, происходящий в паровом котле, весьма сложен. Его можно рассматривать состоящим из отдельных процессов, происходящих в воздушно-газовом и пароводяном трактах котла.

В воздушно-газовом тракте котла происходит непрерывный подвод воздуха и топлива, горение топлива и отвод продуктов сгорания (дымовых газов), которые являются основным теплоносителем. Горение топлива и движение продуктов сгорания по газоходам обеспечивают протекание основного процесса, связанного с тепловыделением и передачей теплоты поверхностям нагрева котла. При движении воздуха и газов в ВГТ котла возникает сопротивление, на преодоление которого требуется определенный расход энергии, затрачиваемой котельным вентилятором или компрессорным агрегатом.

В пароводяном тракте котла происходят процессы подвода питательной воды, нагрев ее до кипения, парообразование, перегрев пара и отвод его к потребителям.

Оценку различных типов паровых котлов можно произвести по их характеристикам.

К основным характеристикам паровых котлов относятся:

паропроизводительность –  $D$ , [т/ч] (кг/ч) – весовое количество пара, вырабатываемое котлом в единицу времени;

Паропроизводительность является главным показателем, характеризующим нагрузку котла. В зависимости от мощности ПТУ паропроизводительность современных главных котлов может составлять от 10 до 100 т/ч и более, вспомогательных котлов – от 0,5 до 15 т/ч.

Так как в современных котлах может производиться отбор не только перегретого, но и насыщенного пара, в этом случае общая паропроизводительность котла равна сумме паропроизводительностей по перегретому и насыщенному (охлажденному) пару:

$$D = D_{ПЕ} + D_{НАС}$$

рабочее давление пара в котле –  $P_K$ , [МПа] (кгс/см<sup>2</sup>) – это избыточное давление пара:

- в паровом коллекторе котла с ЕЦ;
- в сепараторе котла с МПЦ;
- за главным стопорным клапаном прямоточного котла.

Рабочее давление пара современных главных паровых котлов находится в пределах от 2,5 до 9,0 МПа (25 ÷ 90 кгс/см<sup>2</sup>);

температура перегретого пара –  $t_{ПЕ}$ , [°C] – температура пара за пароперегревателем котла;

Температура перегретого пара, вырабатываемого современными главными котлами, составляет от 350 до 540 °C.

коэффициент полезного действия котла –  $\eta_K$ , [%] – это отношение полезно использованного тепла, ушедшего на производство и перегрев пара, к подведенному теплу в топке котла:

$$\eta_K = \frac{D_{ПЕ}(i_{ПЕ} - i_{ПВ}) + D_{НАС}(i_X - i_{ПВ})}{BQ_H^P}$$

где:  $D_{ПЕ}$ ,  $D_{НАС}$  – паропроизводительность котла по перегретому и насыщенному пару, [кг/ч];

$i_{ПВ}$ ,  $i_X$ ,  $i_{ПЕ}$  – энтальпии питательной воды, насыщенного и перегретого пара соответственно, [кДж/кг];

$Q_H^P$  – низшая теплота сгорания топлива, [кДж/кг];

$B$  – расход топлива, [кг/ч].

КПД парового котла характеризует его экономичность и совершенство протекающих в нем процессов горения топлива, теплообмена, полноты использования тепла продуктов сгорания. Для современных паровых котлов значение КПД находится в следующих пределах:

- главные котлы с вентиляторным дутьем –  $72 \div 80$  %;
- котлы с развитыми хвостовыми поверхностями нагрева –  $92 \div 94$  %;
- котлы с промежуточным перегревом пара –  $96 \div 97$  %;
- высоконапорные котлы –  $83 \div 92$  %.

Расход топлива в единицу времени –  $B$ , [кг/ч] – также, как и паропроизводительность, характеризует нагрузку котла;

Существенное значение для котлов имеет способность их работы в течение длительного времени с перегрузкой и значительной недогрузкой. При выходе из строя одного главного котла, оставшиеся должны за счет перегрузки обеспечить паропроизводительность установки, достаточную для дачи заданной скорости хода.

Температура питательной воды –  $t_{ПВ}$ , [°C] – температура воды, подаваемой в котел. Этот параметр имеет существенное значение, так как его величина взаимосвязана с другими характеристиками котла: расходом топлива, паропроизводительностью, температурой перегретого пара, КПД.

Температура питательной воды определяется тепловой схемой установки и используемым способом регенеративного подогрева питательной воды. Основным показателем при этом является величина недогрева питательной воды до кипения, обеспечивающая надежную работу экономайзера котла.

Температура воздуха, поступающего в топку –  $t_B$ , [°C] – также влияет на расход топлива и экономичность котла, и зависит от компоновочной схемы котла, наличия и конструкции воздухоподогревателя. Подача в топку подогретого воздуха улучшает как процессы испарения топлива и перемешивания его с воздухом, так и сам процесс горения топлива.

О степени совершенства паровых котлов можно по следующим характеристикам:

Теплонапряжение топочного объема –  $q_T$ , [кДж/м<sup>3</sup>·ч] (Вт/м<sup>3</sup>) – количество теплоты, выделяющейся в одном кубическом метре топочного объема в единицу времени при сжигании вводимого в топку топлива:

$$q_T = \frac{BQ_H^P}{V_T}$$

где:  $V_T$  – объем топки, [м<sup>3</sup>].

в старых котлах значение  $q_T$  составляло:  $q_T = 1,5 \div 2,0$  МВт/м<sup>3</sup>;

в современных котлах:  $q_T = 14 \div 16$  МВт/м<sup>3</sup>.

теплонапряжение поверхностей нагрева котла –  $q$ , [кДж/м<sup>2</sup>·ч] (Вт/м<sup>2</sup>) – количество тепла, воспринимаемое от продуктов сгорания топлива одним квадратным метром поверхности нагрева котла в единицу времени;

удельный паросъем –  $y$ , [кг/м<sup>2</sup>·ч] – отношение паропроизводительности котла –  $D$  к площади испарительной поверхности нагрева –  $F_{исп}$

$$y = \frac{D}{F_{исп}}$$

Удельный паросъем характеризует интенсивность парообразования и показывает, сколько (в среднем) килограммов пара образуется с каждого квадратного метра испарительной поверхности нагрева котла;

относительное водосодержание котла –  $\omega$ , [ч] – отношение весового количества воды в парообразующих элементах котла к его паропроизводительности:

$$\omega = \frac{G_B}{D}$$

Величина относительного водосодержания показывает, сколько потребуется времени на испарение всей воды, содержащейся в испарительном контуре котла, если его нагрузка будет соответствовать данной паропроизводительности. Чем меньше величина относительного водосодержания, тем более заметны колебания уровня воды и давления пара при изменении режимов работы котла.

для слабонапряженных паровых котлов:  $\omega = 0,5 \div 1,0$  ч и более;

для высоконапряженных котлов:  $\omega < 0,3$  ч.

относительный вес сухого котла –  $g_{ск}$ , [(кг·с)/кг] – отношение полного веса котла без воды к его паропроизводительности:

$$g_{ск} = \frac{G_K}{D}$$

относительный вес котла с водой –  $g_{БК}$ , [(кг·с)/кг] – отношение полного веса котла, заполненного водой до рабочего уровня при температуре 20 °С, к его паропроизводительности.

$$g_{BK} = \frac{G_K + G_B}{D}$$

относительный объем котла –  $v_K$ , [(м<sup>3</sup>·с)/кг] – отношение полного объема, занимаемого котлом, к его паропроизводительности:

$$v_K = \frac{V_K}{D}$$

Об эксплуатационных свойствах паровых котлов можно судить по следующему ряду показателей:

маневренности, характеризующейся скоростью подъема давления пара в котле из холодного состояния, состояния горячего резерва, и скоростью изменения нагрузки котла;

надежности действия во всех условиях повседневной деятельности судна и повседневной и боевой деятельности корабля;

скрытности действия, характеризующейся бездымностью, бесшумностью работы и достижением минимального уровня теплового поля, создаваемого при работе котла;

живучести, характеризующейся способностью котла противостоять ударным нагрузкам, работать при наличии кренов и дифферентов;

простотой устройства, эксплуатации и ремонта, доступностью ремонта отдельных элементов в условиях судна;

сроком службы.

Создать конструкцию универсального судового котла, имеющего высокими все перечисленные показатели невозможно, так как многие из рассмотренных показателей противоречат друг другу. По этой причине не может существовать универсального типа паровых котлов, пригодных для любых типов КТЭУ и любых условий эксплуатации. Выбор приоритета того или иного показателя зависит от типа судна и тепловой схемы установки, в которой этот котел работает.

## **2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).**

**Тема: Эксплуатация водогрейных котлов**

### **2.3.1 . Цель работы : Изучить эксплуатация водогрейных котлов**

#### **2.3.2 Задачи работы:**

1. Эксплуатация водогрейных котлов
2. Особенности эксплуатации стационарных водогрейных котлов, неполадки в работе водогрейных котлов и мероприятия по их предотвращению.
3. Аварийная остановка водогрейных котлов.
4. Консервация котлов.

#### **2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторный практикум.

**2.3.4 Описание(ход) работы:** котлами одна группа котлов работает на отопление по отопительному графику, другая обеспечивает нагрузку горячего водоснабжения (горячая вода от котлов этой группы поступает в водяные подогреватели, установленные в котельной). Циркуляция воды в обоих контурах (сети отопления и сети водяных подогревателей) осуществляется сетевыми насосами, общими для обеих групп.

Чтобы воду в сети горячего водоснабжения нагреть до температуры 65 °С, температуру теплоносителя в котлах поддерживают на уровне 95 °С. Такие котельные получили название котельных с единым теплоносителем. В них предусмотрена возможность, в случае надобности, переключать котлы из отопительной группы на работу в группе горячего водоснабжения.

Котельные по надежности теплоснабжения потребителей делят на две категории: первую, если нарушение теплоснабжения связано с опасностью для жизни людей и со значительным ущербом народному хозяйству (котельная - единственный источник теплоты), и вторую, к которой относят все остальные котельные

В поселках с небольшой плотностью застройки и при малых тепловых нагрузках применяются местные котельные, удовлетворяющие коммунально-бытовые нужды населения.

Тепловая нагрузка котельных характеризуется расчетными суммарными часовыми расходами теплоты, для производственных и отопительно-производственных котельных - это максимальные часовые расходы теплоты, которые определяются по суточному графику теплопотребления с учетом аккумуляторов горячей воды; для отопительных - это сумма максимальных часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и среднечасовых расходов теплоты на горячее водоснабжение с учетом работы аккумуляторов горячей воды.

Котельная может включать один или несколько котлов (кот-лоагрегатов), находящихся в одном здании и оснащенных вспомогательным оборудованием.

### Чугунные секционные котлы

Чугунные секционные котлы могут быть выполнены с внутренней или внешней топкой. Они имеют исполнение шатрового типа и собираются в пакеты из отдельных секций с ребрами (рис. 1). Секции соединяются между собой стяжными болтами, проходящими через отверстия конусных ниппелей. Ребра на секциях образуют газоходы и служат для увеличения поверхности нагрева котла. Пакеты из секций устанавливаются в виде шатра над топкой (на стенки обмуровки) в два ряда по ширине котла. Дымовые газы поднимаются вверх, омывают выступ секций и, разделяясь на два потока по каналам, образованным ребрами секций, опускаются в боковые газоходы и далее в боровы.

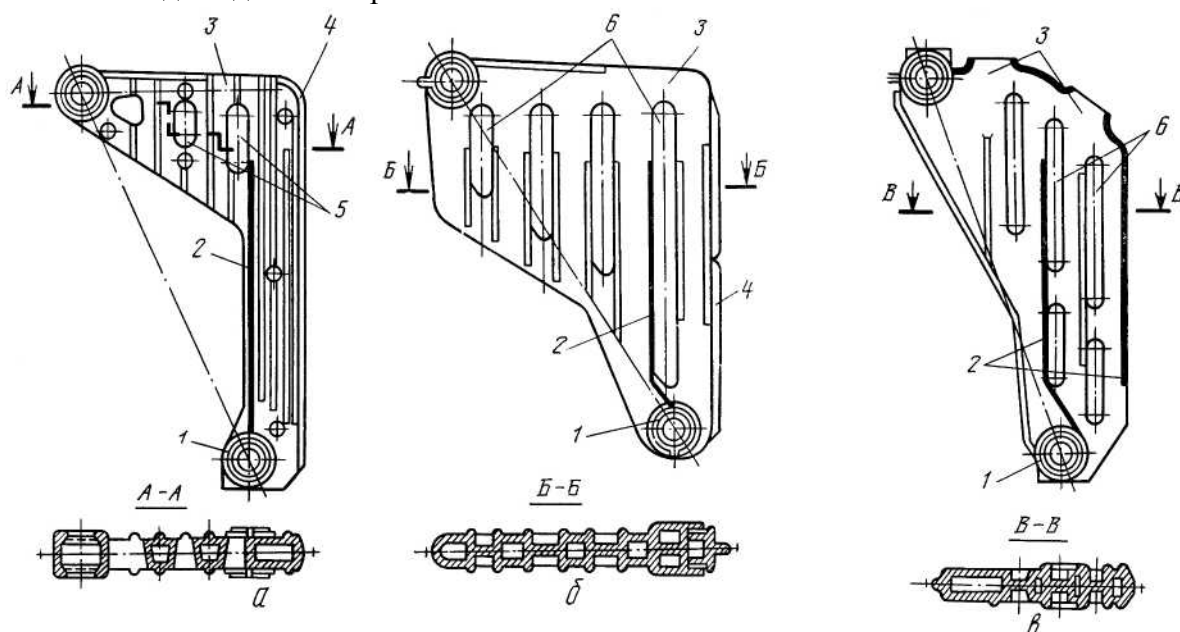




Рис. 1. Средние секции чугунных водогрейных котлов: а - Э-5Д1; б - Ча-2; в - «Отопитель»; 1 - ниппельная головка; 2 - стыкующее ребро; 3 - отверстие для чистки; 4 - торцевое ребро; 5 - отверстия; 6 - пережимы

Топки котлов выполняют с плитчатыми неподвижными и опрокидывающимися колосниками, позволяющими сжигать твердое топливо. Для сжигания жидкого и газообразного топлива топки оборудуют соответствующими горелками, причем внутренние поверхности секций экранируются.

Котлы действующих серий (КЧ-1, КЧМ-1, «Универсал-5», «Универсал-6», «Энергия-6», «Энергия-3», «Тула-1», «Тула-3», «Минск-1») имеют общую конструктивную схему и отличаются лишь межнипельным расстоянием.

В целях унификации различные модели котлов принято делить по межнипельному расстоянию на три группы, условно обозначая их соответственно КЧ-1, КЧ-2 и КЧ-3. К первой группе относятся котлы, имеющие межнипельное расстояние 890 мм, ко второй группе - 1100 мм («Универсал-5», «Универсал-6»), к третьей - 1330 мм («Энергия-3», «Энергия-6», «Тула-1» и др.).

Котел КЧ-1 собирается из средних 2 (рис. 2) и крайних 3 секций и предназначен для сжигания любых топлив. Оборудуется внешней топкой с плитчатыми колосниками.

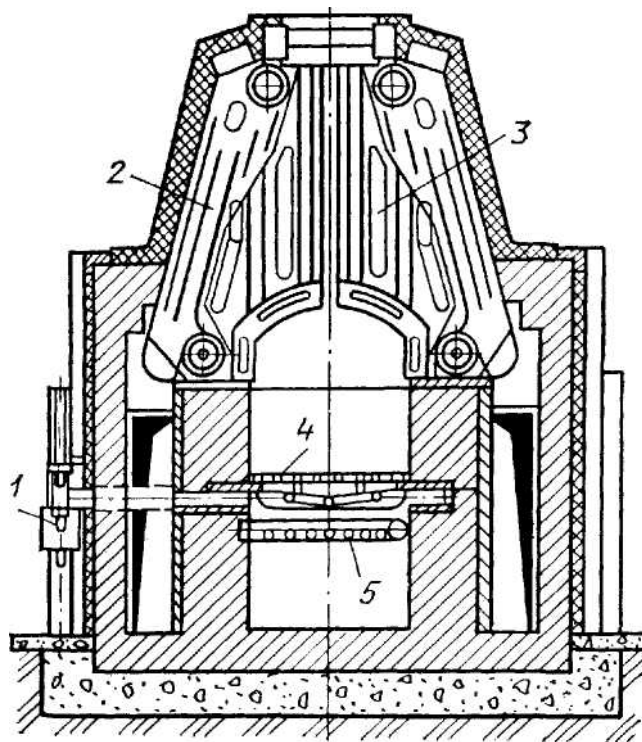


Рис. 2. Котел КЧ-1 с внешней топкой для антрацита: 1 - рукоятка с грузом для поворота опрокидывающихся колосников; 2 - средняя секция; 3 — крайняя секция; 4 - колосники; 5 - труба для заливки шлака

Котел КЧМ-1 (рис. 3) имеет значительно меньшие, чем котел КЧ-1, габариты, площадь поверхности нагрева и теплопроизводительность, обмуровка у него отсутствует.

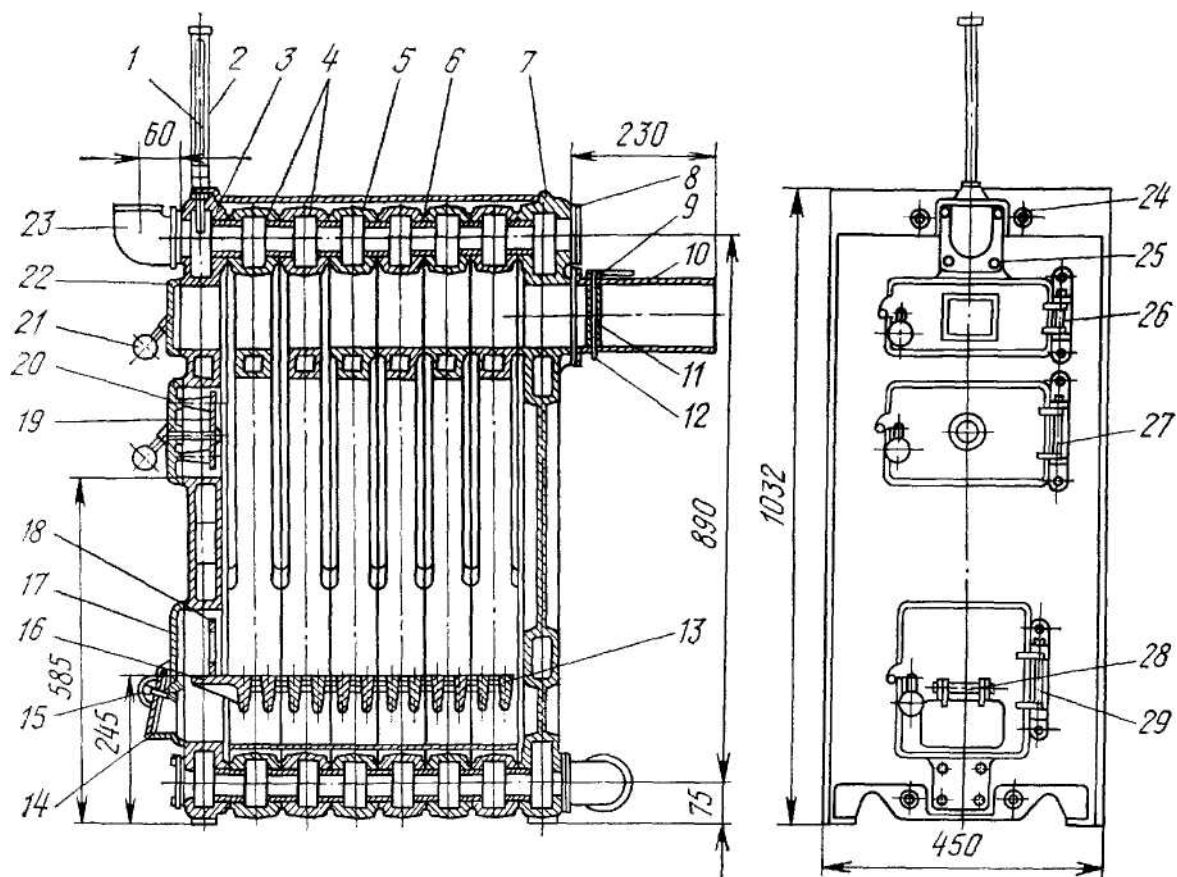
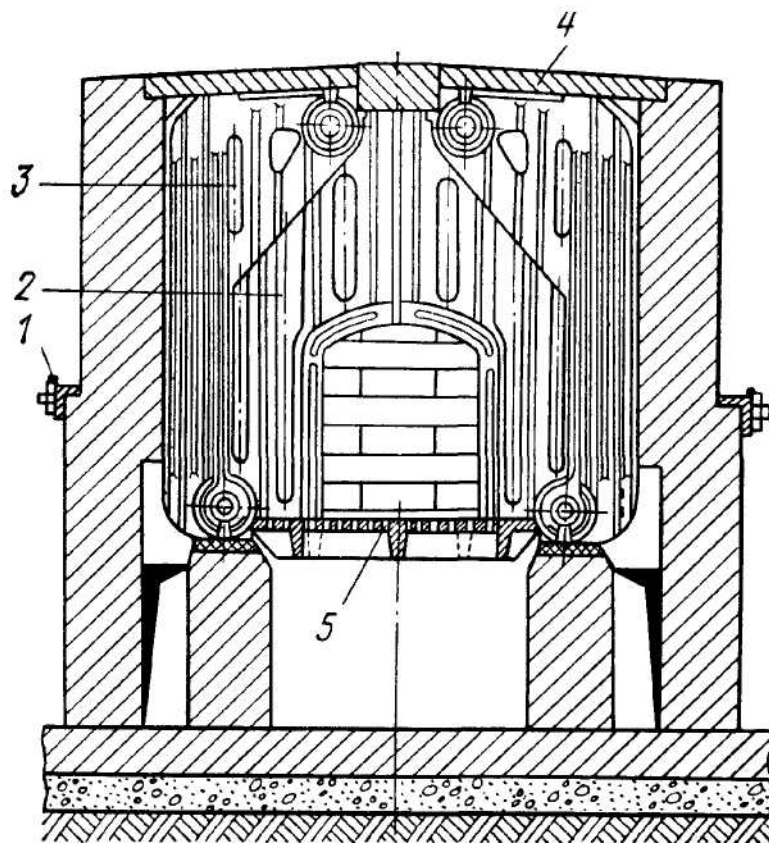


Рис. 3. Котел КЧМ-1:

1 - термометр; 2 - оправа термометра; 3 - передняя секция; 4 - первая средняя секция; 5 - вторая средняя секция; 6 - ниппель; 7 - задняя секция; 8 - глухой фланец; 9 - ручка шибер; 10 - патрубок газохода; 11 - шибер; 12 - ось шибер; 13 - колосники; 14 - дверка зольниковая; 15 - винт распорный; 16 - передний колосник; 17 - дверка шуровочная; 18 - щиток шуровочной дверки; 19 - отражатель загрузочной дверки; 20 - дверка загрузочная; 21 - ручка; 22 - дверка чистки; 23 - отвод; 24 - стяжной болт; 25 - болт; 26 - ось дверки; 27 - ось загрузочной дверки; 28 - ось зольниковой дверки; 29 - ось шуровочной дверки

Котел «Универсал-5» собирается из средних 3 (рис. 4) и крайних 2 секций. Крайние секции покрыты теплоизоляционной мастикой. Между боковой поверхностью секций и облицовкой котла имеется газоход. В связи с этим на боковой стороне секции отлито специальное ребро для увеличения поверхности нагрева. Котел имеет внутреннюю топку, предназначенную для сжигания только сортированного антрацита.



*Рис. 4. Котел «Универсал-5» с внутренней топкой для антрацита:*

*1 – каркас; 2 – крайняя секция; 3 – средняя секция; 4 – отверстия для чистки (заложенные кирпичом); 5 – колосники*

Котел «Универсал-6» собирается из средних 2 (рис. 5) и крайних 1 секций и имеет внешнюю топку. Снаружи секции котла покрываются теплоизоляционной мастикой. Сборные боковые газоходы выкладываются из кирпича. Чистка газоходов от золы производится сверху через лючки, закладываемые кирпичом.

Котел «Универсал-6М» (рис. 6) является модернизированной конструкцией котла «Универсал-6». Для улучшения гидравлических характеристик топочный вылет у него выполнен более плавным, чем в котле «Универсал-6». Кроме того, ширина колосниковой решетки у него большая, причем колосники устанавливаются не поперек, а вдоль. Один ряд колосников сделан опрокидывающимся. Для заливки шлака в поддувале имеется труба с отверстиями.

Котел «Энергия-6» (рис. 7) собирается только из средних секций. При этом топка спереди и сзади ограждается перевернутыми средними секциями лишь частично, а оставшиеся промежутки между секциями закладываются кирпичом. Сверху между пакетами секций монтируется кирпичный свод. Котел имеет внешнюю топку с плитчатыми колосниками.

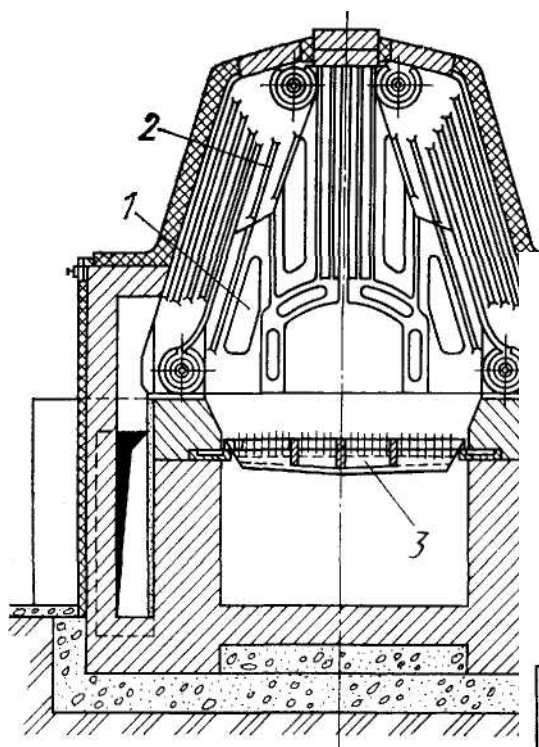


Рис. 5. Котел «Универсал-6» с внешней топкой для антрацита:  
1 - крайняя секция; 2 -средняя секция; 3 — колосники

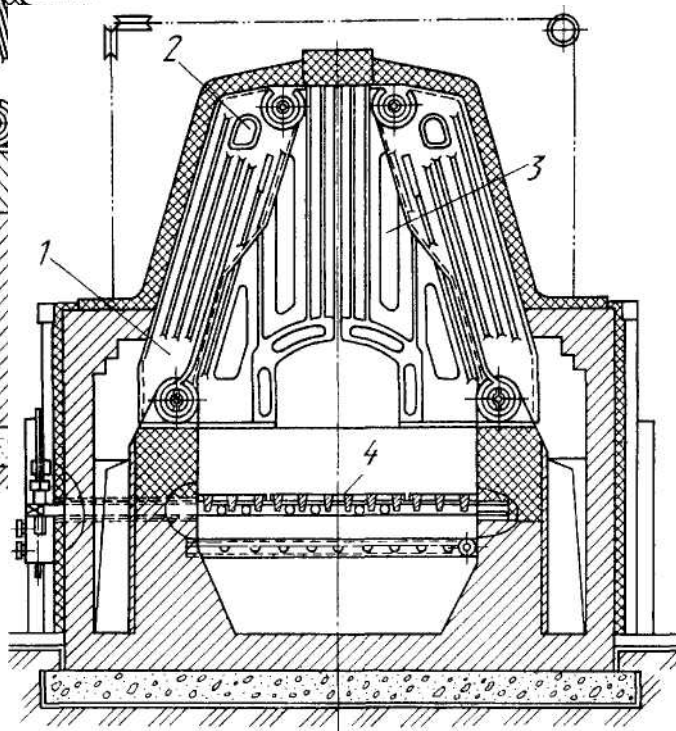
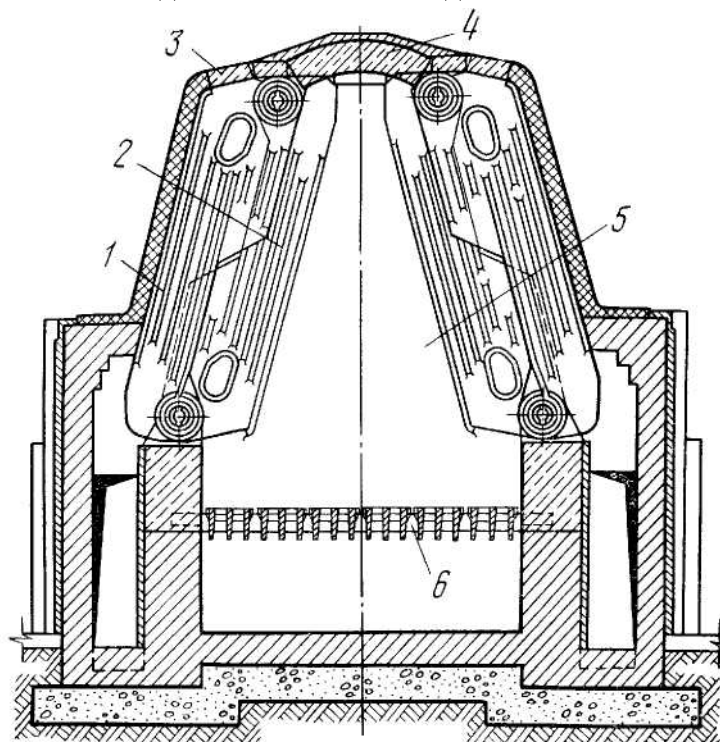


Рис. 6. Котел «Универсал-6М» с внешней топкой для антрацита: 1 - средняя секция; 2 -сквозное отверстие для упрочнения секции;  
3 -крайняя секция; 4 - колосники

Котел «Тула-3» (рис. 8) разработан взамен котлов «Тула-1» и «Тула-2». В нем топочные газы совершают трехходовое движение. Сначала они поднимаются вверх и собираются в горизонтальных газоходах, расположенных в верхней части обмуровки, после чего удаляются из котла либо по кирпичным каналам, на-

ходящимся сзади котла, либо по подвесным металлическим газоходам. Крайние секции в котле отсутствуют, боковые пространства котла закладываются кирпичом. В этом большом количестве кирпичной кладки и заключается недостаток котла.

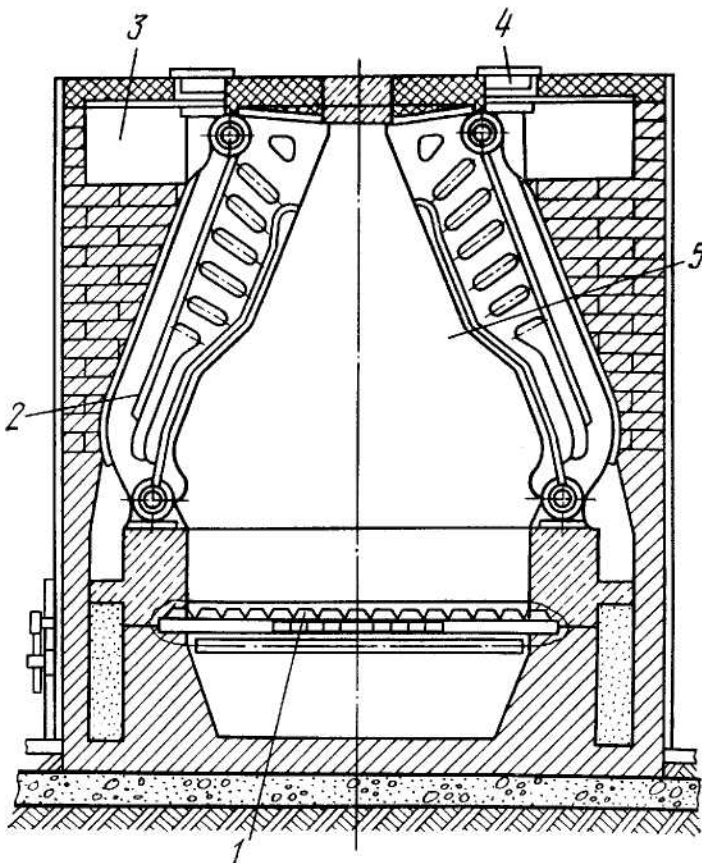


*Рис. 7. Котел «Энергия-6» с внешней топкой для антрацита:*

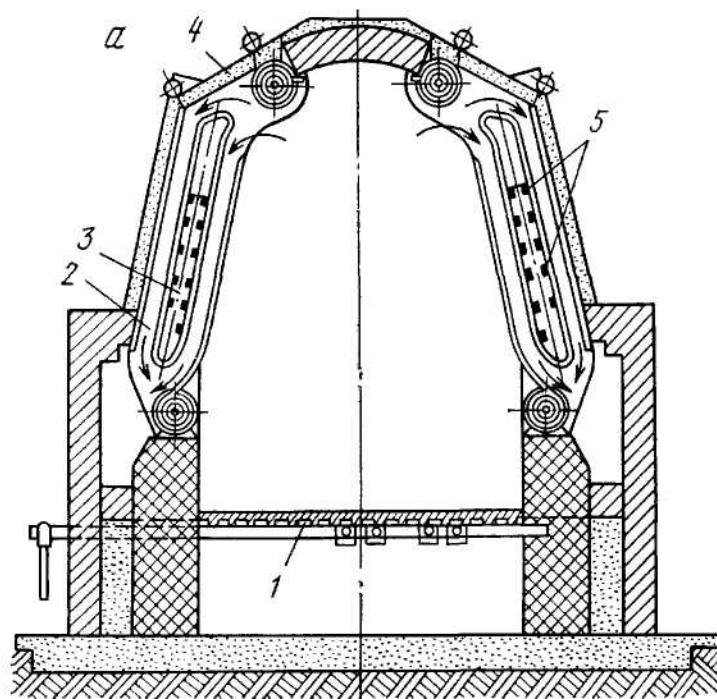
*1 – средняя секция; 2 – пере-вернутая средняя секция; 3 – отверстия для чистки газоходов (заложены кирпичом); 4 – свод; 5 – кирпичная стенка между секциями; 6 – колосники*

*Рис. 8. Котел «Тула-3» с внешней топкой для антрацита:*

*1 – колосниковая решетка; 2 – секция; 3 – сборный газоход; 4 – лючки для чистки; 5 – кирпичная стена между секциями*

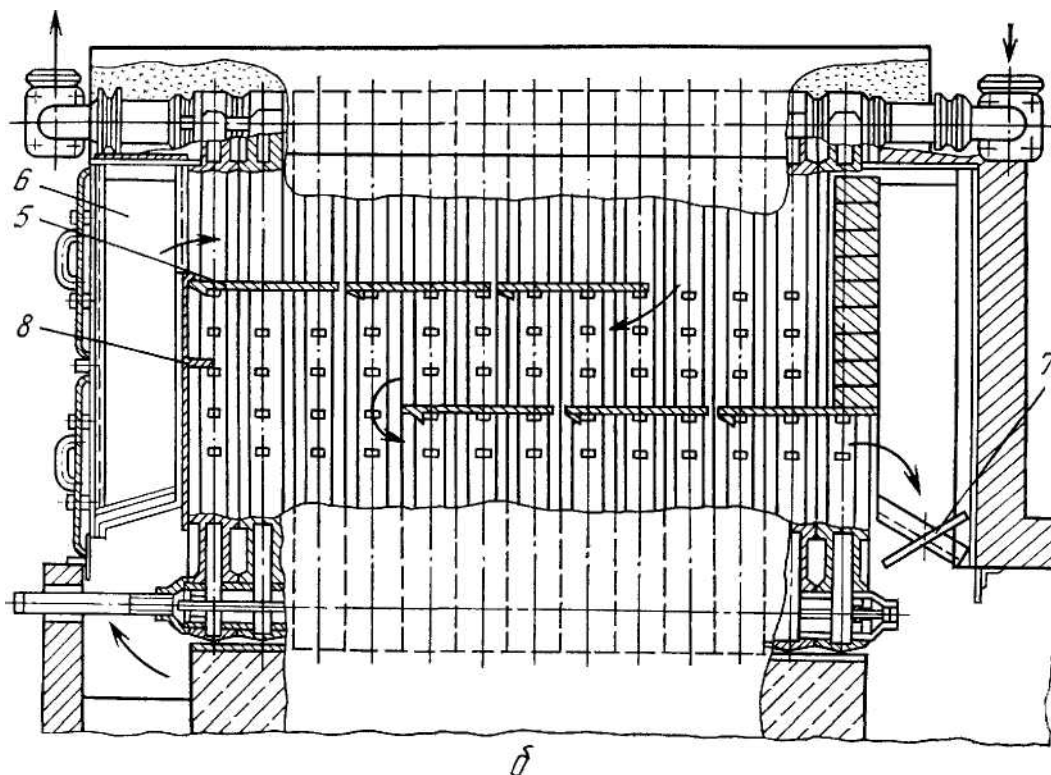


Котел «Минск-1» (рис. 9) разработан взамен котла «Энергия-6».



*Рис. 9. Котел «Минск-1» с внешней топкой для антрацита:*

*а – поперечный разрез;  
б – продольный разрез;  
1 – колосниковая решетка; 2 – секция; 3 – межтрубное пространство (газоход); 4 – крышка лючка; 5 – перегородки для создания многоходового движения газов; 6 – газовая камера; 7 – поворотная заслонка; 8 – съемная крышка газоходов*



Отличительные его особенности состоят в наличии трубчатых, а не коробчатых секций, обеспечивающих более высокую прочность; наличии межтрубного пространства, позволяющего организовать многоходовое движение газов и тем самым интенсифицировать теплообмен в газоходах; использовании шайбового устройства для создания прямоточного движения воды, а, следовательно, и для увеличения скорости движения воды по секциям; наличии специальных лючков для удобства обслуживания не только сверху, но и с фронта котла. Дымовые газы из топки поднимаются кверху секции, затем опускаются и попадают в сборный боковой газоход, после чего движутся к фронту котла, омывая торцы нижних секций.

Основные теплотехнические характеристики чугунных секционных котлов, работающих на каменном угле, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные теплотехнические показатели чугунных секционных котлов

Модель котла	Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup>	Номинальная мощность, МДж/ч	КПД	Требуемое разрежение за котлом, Па
Универсал-5	15,2	427,3	0,67	40
	19,7	553		
	24,2	682,9		
	28,6	808,6		
	33,1	934,3		
	37,6	1060		
	42,1	1185,7		
Универсал-6	19,8	703,9	0,67	55
	24,2	863,1		
	28,6	1018,1		
	33	1177,4		
	37,4	1332,4		
	41,8	1487,5		
	46,2	1646,7		
Универсал-бМ	24,2	712,3	0,67	55
	33	932,1		
	41,8	1231,9		
Энергия-3	36,6	1248,6	0,73	40
	55,2	1872,9		
	73,6	2497,2		
Тула-3	28,1	1177,4	0,675	60
	40,6	1696,9		
	53	2220,7		
Минск-1	20,8	959,5	0,68	70
	30,4	1399,5		
	40	1843,6		

**Стальные котлы**

Стальными изготавливают малометражные (до 4 м), выпускаемые предприятиями местной промышленности, секционные типа НИИСТУ-5, типа МЗК-4, жаротрубные и жароводотрубные типа КВ, прямоточные типа КВ-ТС, КВ-ТСВ, КВ-ГМ, котлы.



Котел НР-18 (рис. 10) собран из вертикальных труб, скомпонованных в левые и правые секции (по 3 трубы в каждой). Вертикальные трубы сверху и снизу соединяют с трубами того же диаметра, которые приварены к горизонтальным коллекторам, расположенным перпендикулярно им. Котел предназначен для нагрева воды до температуры 115 °С.

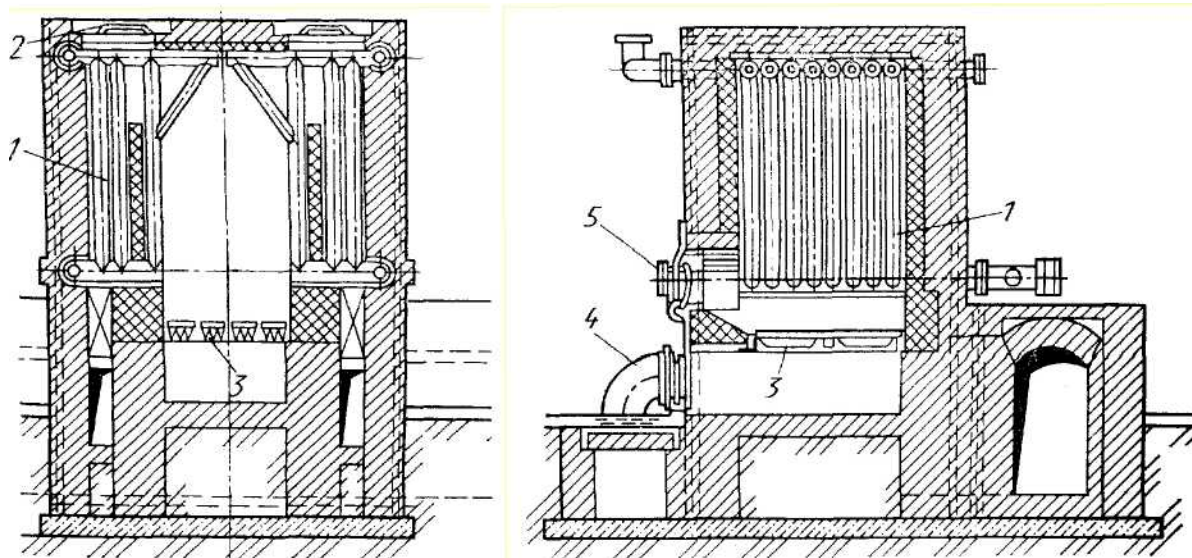


Рис. 10. Котел НР-18:

1 - пакет стальных труб; 2 - отверстия для чистки секций; 3 - колосники; 4 - короб дутьевого воздуха; 5 - загрузочная дверца

Котел НИИСТУ-5 предназначен для нагрева воды до температуры не выше 115 °С и состоит из Г-образных труб 1 (рис. 11), соединенных сверху и внизу коллекторами 2 и 3. Задняя стенка котла выполнена в виде экрана из вертикальных труб. Конвективный газоход котла образован с помощью вертикальных ребер 4, приваренных по оси между 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.

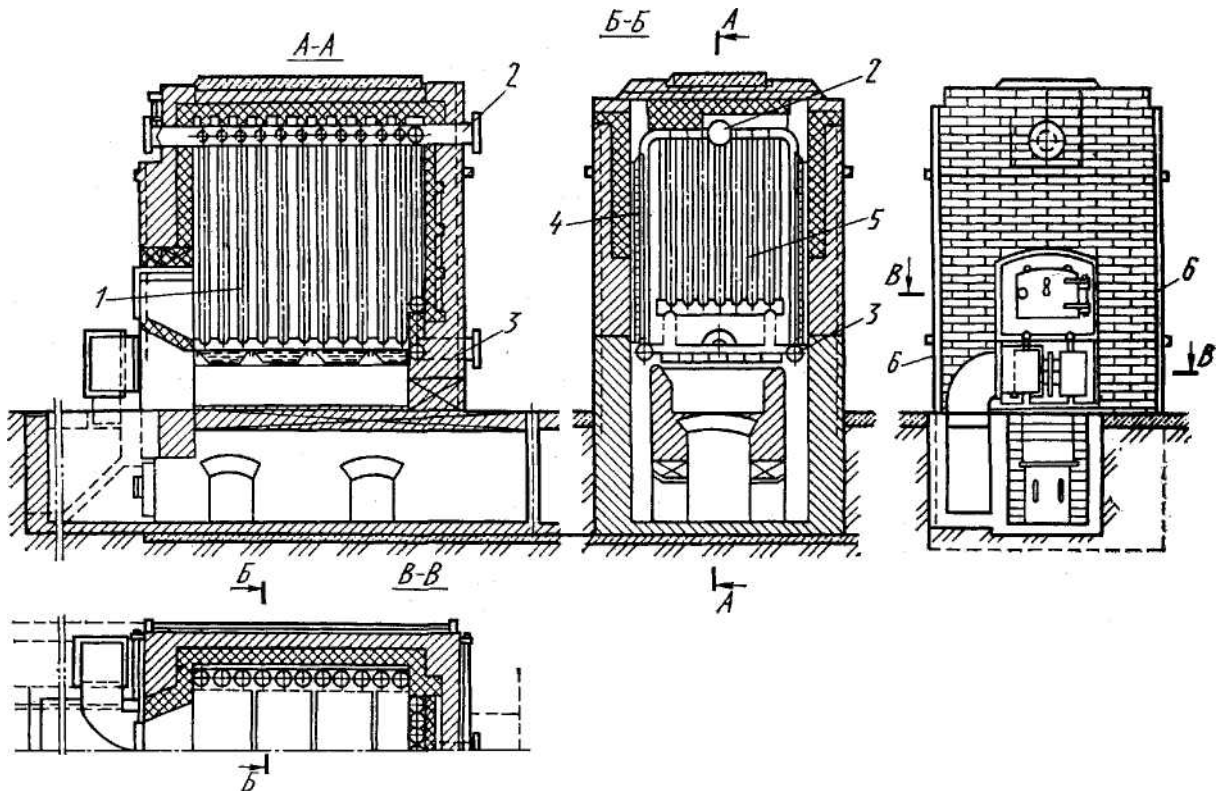


Рис. 11. Котел НИИСТУ-5 с топкой для сжигания антрацита 1 - трубы бокового экрана; 2 - верхний коллектор; 3 - нижний коллектор; 4 - ребра; 5 - трубы заднего экрана; 6 - каркас

Котлы типа МЗК-4 (рис. 12) предназначены для выработки горячей воды температурой 75-90 °С, используемой предприятиями коммунально-бытового обслуживания для технологических, хозяйственных и отопительных нужд.

Котлы изготавливают вертикальными двухконтурными. Внутренний корпус образует прямоугольную экранированную топочную камеру, плоские вертикальные стенки которой соединяются с наружным корпусом стальными анкерными связями. Первый контур рассчитан на рабочее давление 0,07 МПа с постоянным количеством воды. Вторым контуром является встроенный бойлер (трубная система), обогреваемый водой первого контура. Бойлер выполнен из ребристых медных змеевиков, расположенных в верхней части котла (над дымогарными трубами) ниже уровня воды.

Котел МЗК-4 снабжен газовой горелкой, МЗК-4Ж - устройством для сжигания жидкого топлива.

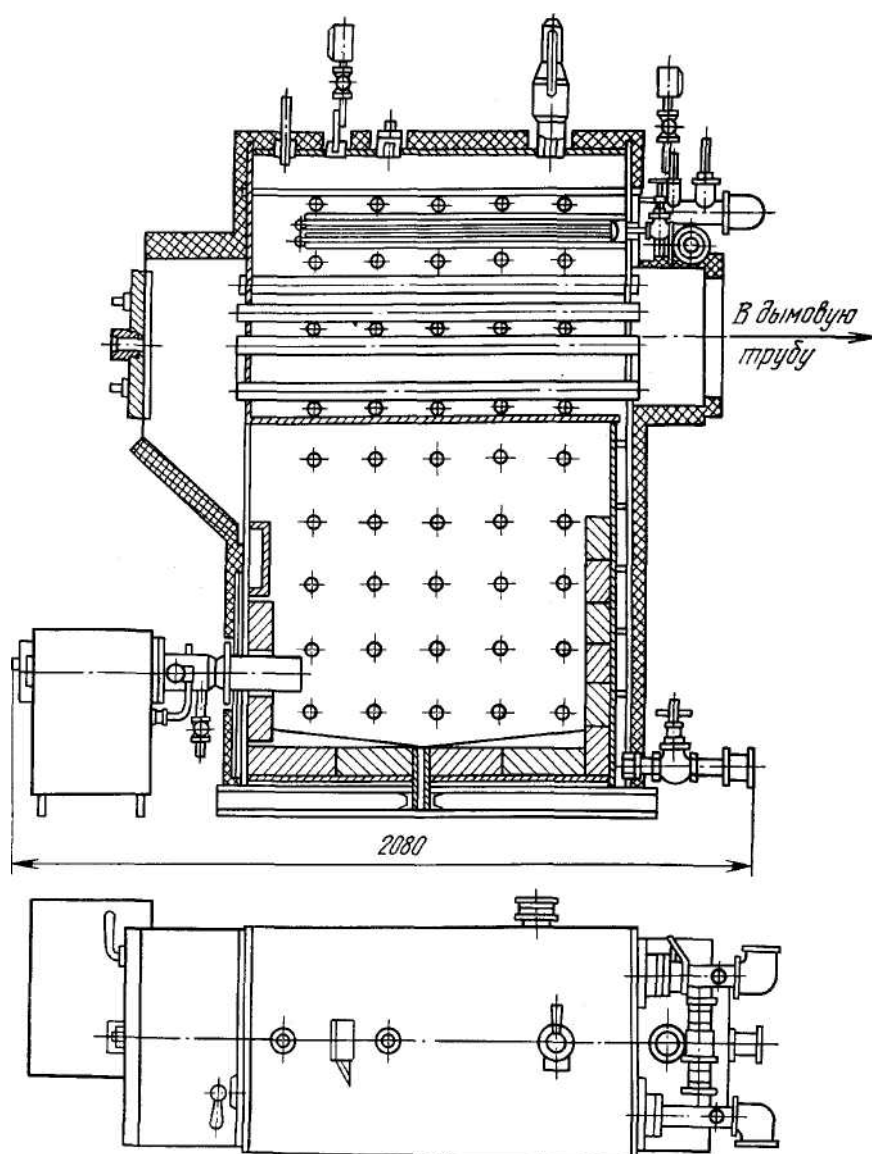


Рис. 72. Водогрейный котел типа МЗК-4

Котлы типа КВ-ТС, КВ-ТСВ, КВ-ГМ (рис. 13) работают под давлением воды до 2,5 МПа, нагреваемой до температуры 200 °С, и предназначены для отопления вентиляции, горячего водоснабжения промышленных и индивидуальных потребителей, а также для обеспечения технологических потребностей предприятий в горячей воде.

Котлы КВ-ТС-10, КВ-ТС-20, КВ-ТС-30, КВ-ТСВ-10, КВ-ТСВ-20, КВ-ТСВ-30 представляют единую унифицированную серию горизонтальных водогрейных прямоточных котлов с принудительной циркуляцией и отличаются глубиной топочной камеры и конвективной шахты. Котлы типа КВ-ТСВ отличаются от котлов типа КВ-ТС наличием воздухоподогревателя.

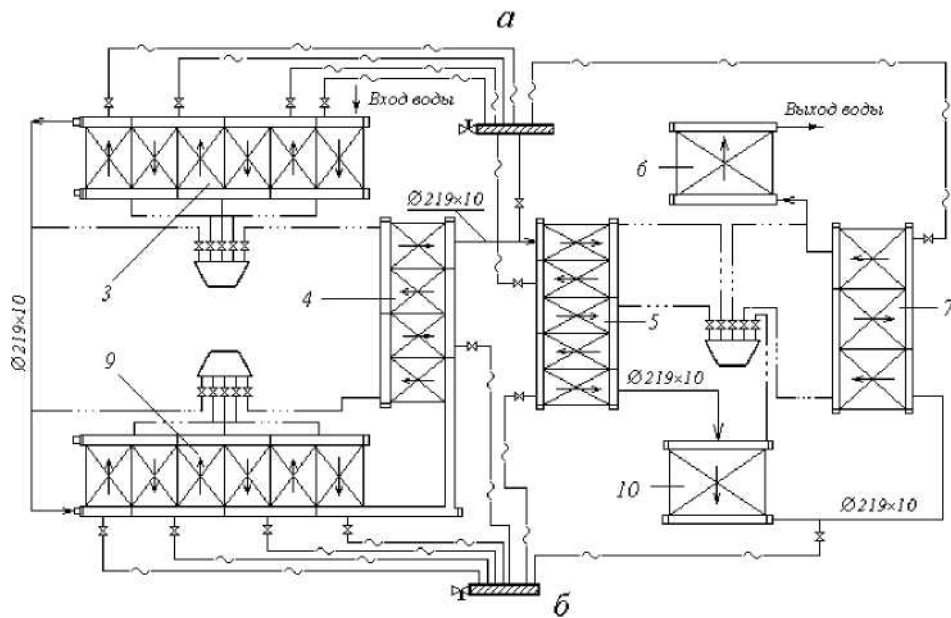
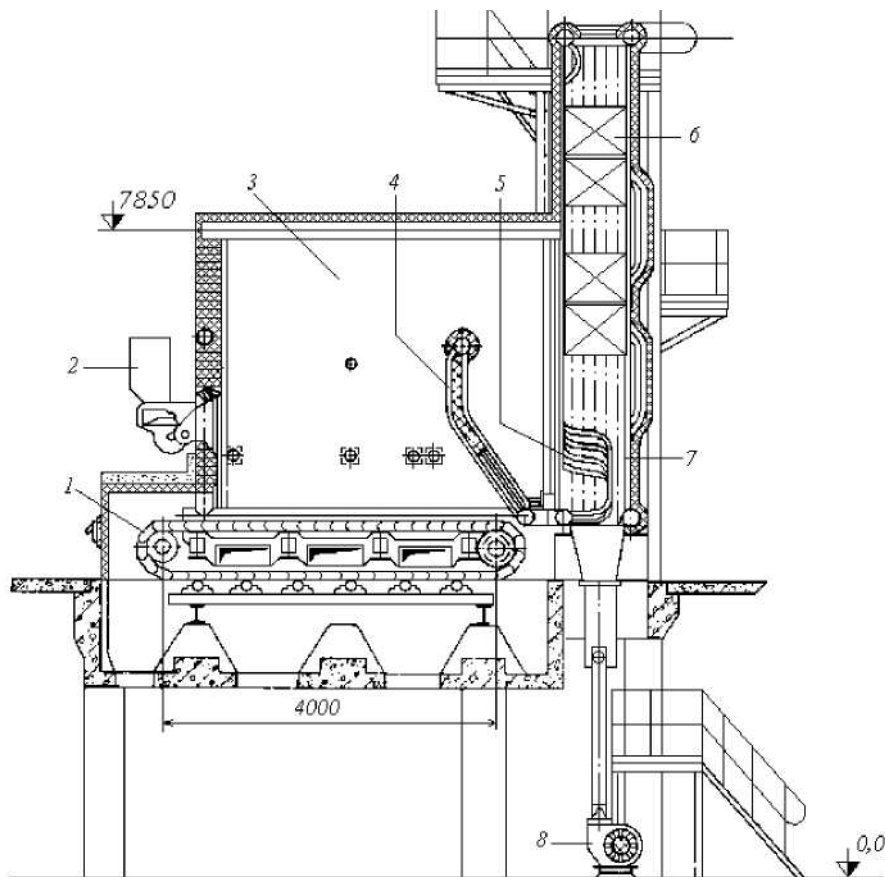


Рис.13. Котел KB-ТС-10:

*а - продольный разрез; б - схема циркуляции; 1 - цепная решетка, 2 - забрасыватель топлива; 3 - боковой левый экран; 4 - поворотный экран; 5 - фестонный экран; 6 - левые секции конвективного блока; 7 - задний экран; 8 - вентилятор острого дутья и возврата уноса; 9 - боковой правый экран; 10 - правые секции конвективного блока*

Основные технические характеристики котлов КВ-ТС, КВ-ТСВ и КВ-ГМ теплопроизводительностью 11,63 МВт приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики водогрейных котлов КВ-ТС, КВ-ТСВ и КВ-ГМ теплопроизводительностью 11,63 МВт

Параметр	Марка котла		
	КВ-ТС-10	КВ-ТСВ-10	КВ-ГМ-10
Теплопроизводительность, МВт	11,63	11,63	11,63
Расход воды, т/ч	123,5	123,5	123,5
Температура уходящих газов, °С	220	205	185/230*
КПД	0,819	0,838	0,918/0,885*
Расход топлива, м <sup>3</sup> /ч, кг/ч	2160	3140	1290/1200*
Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup> :			
радиационная	55,9	55,9	57,6
конвективная	221,5	221,5	221,5
Габаритные размеры, мм:			
ширина	6000	5580	6000
глубина	7580	8650	8350
высота	10800	9515	13410

\*- в числителе при работе на газе, в знаменателе - на мазуте.

#### Контрольные вопросы

1. В чем заключается основное различие чугунных котлов действующих серий?
2. Покажите на рис. 2 и др. траекторию движения дымовых газов в котле.
3. Что вы понимаете под термином «шибер»? Поясните его назначение в конструкции котла (рис. 3).
4. Чем определяется площадь поверхности нагрева чугунного котла?
5. Как вы понимаете выражение «трехходовое движение дымовых газов»?
6. Чем отличается компоновка котла КВ-ТС от компоновки котла КВ-ТСВ ?
7. Поясните очередность прохождения водой поверхностей нагрева котла на рис. 13.
8. Для чего служит вентилятор острого дутья и возврата уноса
9. Какая должна быть температура питательной воды на входе в водогрейный котел?
10. Зачем в котле КВ-ТС поворотный экран?

## **2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).**

**Тема: «Задачи эксплуатации тепловых сетей»**

### **2.4.1 Цель работы : Изучить задачи эксплуатации тепловых сетей**

#### **2.4.2 Задачи работы:**

1. Подготовка к пуску.
2. Задачи эксплуатации тепловых сетей
3. Требования к качеству воды. Температурный режим. Установление наличия циркуляции в сети.

#### **2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторный практикум.

#### **2.4.4 Описание(ход) работы:**

Системы централизованного теплоснабжения являются важными звеньями энергетического хозяйства и инженерного оборудования городов и промышленных районов. На надежность, качество и экономичность теплоснабжения городов существенное влияние оказывает организационная структура эксплуатации системы этих городов.

Выбор оптимальной структуры определяется конкретно для каждого города (промышленного района) в зависимости от масштабов системы центрального теплоснабжения, а также технических характеристик этой системы.

Наиболее целесообразно единое управление системы центрального теплоснабжения: источниками теплоты, магистральными и распределительными тепловыми сетями. Эксплуатацией теплоиспользующих установок и систем, как правило, должны заниматься их владельцы (потребители) либо своими силами и средствами, либо с привлечением специализированных предприятий.

Возможен вариант, когда энергоснабжающая организация будет выполнять также функции по эксплуатации теплоиспользующих установок у потребителей. Но это должно осуществляться по отдельному договору с потребителем. При этом энергоснабжающая организация будет оказывать услуги по теплоснабжению, а не продавать тепловую энергию, то есть предметом договора теплоснабжения между энергоснабжающей организацией и потребителем будет обеспечение комфорта в отапливаемых помещениях и температуры горячей воды в водо разборных кранах, требуемой санитарными правилами, независимо от количества теплоты, израсходованной потребителем

При выборе системы отопления здания необходимо учитывать особенности его теплового режима. Это прежде всего действие инфильтрации наружного воздуха под влиянием сил гравитации и ветра, а также солнечной радиации и особенностей технологических тепловыделений.

Зимой вследствие инфильтрации наружного воздуха переохлаждаются нижние этажи, поэтому в многоэтажных зданиях целесообразно применять системы отопления с подачей теплоносителя снизу вверх (с «опрокинутой» циркуляцией). Лестничные клетки, лифтовые шахты и холлы должны отапливаться в основном внизу. Необходимы интенсивный обогрев вестибюлей, устройство теплых тамбуров, нагревание пола.

Охлаждающее действие инфильтрации обусловлено ориентацией ограждений помещения и зависит от направления и скорости ветра. В связи с этим желательно предусматривать пофасадное разделение системы отопления, что позволяет регулировать теплоотдачу приборов в зависимости от скорости и направления ветра, температуры наружного воздуха, интенсивности солнечной радиации. Такое разделение системы не исключает необходимости индивидуального ручного или автоматического регулирования теплопередачи отопительных приборов в отдельных помещениях в связи с разнообразием режимов бытовых и технологических тепловыделений.

Тепловые сети от современных ТЭЦ и мощных котельных представляют собой сложные протяженные и разветвленные гидравлические системы, содержащие протяженные трубопроводы разного диаметра, большое число насосов, емкостей и других устройств, необходимых для передачи тепловой энергии с помощью теплоносителя — сетевой воды или пара от источников теплоты потребителям.

Современное развитие систем централизованного теплоснабжения в России характеризуется следующими тенденциями:

- ростом количества источников теплоты, работающих в единой системе теплоснабжения юрлиц;

- усложнением структуры теплового потребления в связи с увеличением помимо традиционных нагрузок отопления и горячего водоснабжения тепловых нагрузок вентиляции и кондиционирования воздуха, а также разнообразных технологических нагрузок;

- увеличением числа потребителей, для которых практически недопустимы перерывы в подаче теплоты: промышленных предприятий, не допускающих прерывания технологических процессов; лечебных учреждений; высококлассных гостиниц т.п.;

- снижением конкурентоспособности централизованного теплоснабжения в сравнении с другими способами обеспечения тепловой энергией (децентрализованным, внезапная потеря значительной мощности источников теплоты).

Пониженная надежность действующих тепловых сетей в системах транспортировки и распределения теплоты объясняется условиями их сооружения и эксплуатации:

- сложностью выполнения строительно-монтажных работ в неблагоприятных грунтовых и климатических условиях;

- невозможностью постоянного визуального контроля состояния тепловой сети в процессе эксплуатации;

- неблагоприятными внешними условиями, способствующими наружной коррозии подземных теплопроводов в диапазоне коррозионно-опасных при высокой влажности температур (70—90°C);

- сооружением тепловых сетей из стальных труб общего назначения, часто не удовлетворявших требованиям эксплуатации тепловых сетей по качеству металла и стального листа, из которых изготавливались трубы (в России до настоящего времени отсутствуют ГОСТ и ТУ на трубы, предназначенные специально для тепловых сетей);

- отсутствием промышленного производства теплопроводов полной заводской готовности, конструкция которых обеспечивает защиту стальных труб от коррозии при неблагоприятных внешних условиях, а тепловая изоляция — низкие потери теплоты;

- интенсификацией коррозионных процессов внутренних поверхностей труб вследствие несоблюдения качества сетевой воды из-за нарушений водно-химических режимов систем теплоснабжения, связанных с режимами водоподготовительных установок ТЭЦ (котельных); неудовлетворительной эксплуатацией теплоиспользующих установок и систем, принадлежащих потребителям тепла (подсос воздуха, перетоки водопроводной необработанной воды в сетевую воду через неплотности в абонентских теплообменниках и т.п.);

- слабой оснащенностью систем транспортировки и распределения теплоты (тепловых сетей) средствами дистанционного контроля и управления и связанными с этим более сложными условиями эксплуатации, в том числе при ликвидации возможных нарушений в работе сетей.

В системах горячего водоснабжения качество воды должно соответствовать нормам для хозяйственно-питьевого водоснабжения по ГОСТ 2874-93. Вода должна быть бесцветной, без привкуса и запаха (цветность — не более 20 град, мутность — не более 1,5 мг/л, а общая жесткость — не более 7 мг-экв/л). Общее количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды должно составлять не более 100, количество кишечных палочек в 1

л воды — не более 3. После обеззараживания воды хлором концентрация остаточного свободного хлора в воде должна быть не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л.

4. В централизованных системах горячего водоснабжения в зависимости от свойств исходной воды (жесткости, наличия агрессивной уголекислоты, значения водородного показателя pH) предусматривают мероприятия по предотвращению образования накипи и защите от коррозии металла труб, арматуры и оборудования.

Жесткость воды, предназначенной для мытья в банях, должна быть не более 7 и не менее 2 мг--экв/л (см. СНиП П-Л. 13-92), для стирки белья в прачечных — не более 1,8 мг - экв/л, что обуславливает экономный расход стирочных материалов (СНиП П-Л. 14-92). В банях и прачечных с высокой жесткостью воды предусматривается умягчение ее в централизованных установках. В банях вместимостью 50 мест и менее умягчение не обязательно.

Жесткость воды характеризуется содержанием ионов кальция и магния. Общая жесткость сырой воды равна сумме карбонатной и некарбонатной жесткостей. Карбонатная жесткость вызывается содержанием бикарбонатов кальция и магния и почти полностью исчезает после кипячения воды, причем бикарбонаты подвергаются распаду с образованием уголекислоты и выпадением бикарбонатов в осадок. Некарбонатная жесткость после кипячения остается.

Степень кислотности или щелочности исходной воды характеризуется величиной pH. Сочетание показателя pH с содержанием уголекислоты определяет степень агрессивности воды. При pH=7 вода нейтральна, чем ближе pH к нулю, тем выше кислотность воды, а чем ближе к 14, тем сильнее ее щелочность. По ГОСТ 2784-93 водородный показатель pH должен находиться в пределах 6,5—8,5. Допустимое содержание в воде кислорода — 0,05 мг/л (см. СНиП 11-36-73).

## **2.5. Лабораторная работа № 5 (2 часа).**

### **Тема: Подготовка котла к пуску. Температурный режим котла**

**2.5.1. Цель работы:** Изучение правил подготовка котла к пуску. Температурный режим котла

#### **2.5.2 Задачи работы**

1. Водный режим паровых и водогрейных котлов.
2. Показатели качества воды.
3. Обработка воды для питания паровых котлов.
4. Основные схемы обработки воды.
5. Эксплуатация катионитовых фильтров.
6. Регенерация фильтров.
7. Нормы качества питательной воды.
8. Очистка внутренней поверхности котлов. Продувка котлов.

#### **2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторный практикум.

#### **2.5.4 Описание(ход) работы:**

. Подготовка стационарного парового котла к работе.

Промышленные предприятия и относящийся к ним жилищно-коммунальный сектор потребляют значительное количество теплоты как на технологические нужды, так и на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

В зависимости от технологической направленности предприятия, его места расположения, мощности, наличия или отсутствия централизованных теплоснабжающих предприятий и прочих факторов теплоснабжающее хозяйство (система) предприятия может быть различной степени сложности.



Однако в любом случае повышение надежности, безопасности и экономичности работы теплоэнергетических систем и оборудования является одной из важнейших хозяйственных задач.

Надежность, безопасность и экономичность в значительной степени зависят от качества изготовления, монтажа, наладки, ремонта и культуры обслуживания, т.е. от качества изготовления и эксплуатации.

В связи с этим инженеры-теплоэнергетики промышленных предприятий должны владеть приемами и методами рациональной эксплуатации теплотехнического оборудования, хорошо знать требования нормативно-технической документации, умело организовывать работу и подготовку эксплуатационного персонала.

## 2 Правила монтажа котлов

До начала монтажа котла на фундаменте необходимо разбить монтажные оси котла — продольную ось и линию фронта котла. Разбивку осей выполняют по чертежам, производя промеры от колонн или стен здания. Ввиду возможных неточностей выполнения строительных конструкции здания после предварительной разбивки осей котла необходимо проверить их взаимную перпендикулярность.

Имея отправные точки, проверяют следующие геометрические размеры:

- а) габариты закладных деталей фундамента;
- б) правильность расположения закладных деталей в горизонтальной плоскости и в плане;
- в) соответствие чертежам габаритов фундамента в целом и его прямоугольность (путем сопоставления длин диагоналей). Допуски по размерам фундамента определяются требованиями, при которых габариты опорной рамы котла должны укладываться в габариты закладных деталей.

При проверке фундамента следует руководствоваться требованиями СНиП 3.05.05-84.

Приемка фундамента оформляется трехсторонним актом (заказчик, генподрядчик и монтажная организация) с составлением исполнительной схемы фундамента.

Монтаж котлов и котельно-вспомогательного оборудования должен выполняться специализированной организацией, имеющей разрешение органов Ростехнадзора в соответствии с «Инструкцией о порядке выдачи разрешения на право монтажа объектов надзора», утвержденной Ростехнадзором.

Монтаж котлов и оборудования может быть начат при следующих условиях:

- наличии комплектной проектно-сметной документации, технической документации предприятий-изготовителей оборудования и проектно-монтажной документации;
- готовности строительной части, подтвержденной актами о сдаче под монтаж заказчику и монтирующей организации;
- комплектации объекта оборудованием, конструкциями, материалами, приборами и средствами автоматизации.

## 3 Правила безопасности при эксплуатации котлов.

К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

Обучение и аттестация машинистов (кочегаров), операторов котельной и водосмотров должны проводиться в профессионально-технических училищах, учебно-курсовых комбинатах (курсах), а также на курсах, специально создаваемых типовых программ, согласованных с Госгортехнадзором России.

Индивидуальная подготовка персонала не допускается.

Аттестация операторов (машинистов) котлов проводится комиссией с участием инспектора госгортехнадзора. Лицам, прошедшим аттестацию, должны быть выданы удостоверения за подписью председателя комиссии и инспектора госгортехнадзора.

О дне проведения аттестации администрация обязана уведомить орган госгортехнадзора не позднее, чем за 5 дней.

Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна проводиться не реже одного раза в 12 мес.

Внеочередная проверка знаний проводится:

- а) при переходе на другое предприятие;
- б) в случае перевода на обслуживание котлов другого типа;
- в) при переводе котла на сжигание другого вида топлива;
- г) по решению администрации или по требованию инспектора госгортехнадзора.

Комиссия по периодической и внеочередной проверке знаний назначается приказом по предприятию, участие в ее работе инспектора госгортехнадзора не обязательно.

Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении

Котельные установки подразделяются по характеру обслуживания потребителей на отопительные, производственно-отопительные, производственные и энергетические, а по роду вырабатываемого теплоносителя — на паровые и водогрейные.

К отопительным котельным, которые, как правило, бывают водогрейными (но могут быть и паровыми), относятся котельные, обслуживающие системы отопления и работающие, вследствие этого, лишь в течение отопительного периода.

Производственно-отопительные котельные (обычно только паровые) вырабатывают тепло не только для целей отопления, но и для вентиляции, горячего водоснабжения и технологических процессов. Они работают круглый год.

Производственные котельные вырабатывают теплоноситель (пар) для технологических процессов. Производственные и производственно-отопительные котельные составляют группу промышленных котельных.

Исторически сложилось так, что совершенствование паровых котельных агрегатов шло по двум направлениям: по пути развития внутренней поверхности нагрева, что привело к появлению жаротрубных и газотрубных котлов, и увеличения внешних поверхностей нагрева - водотрубные котлы. Последнее направление оказалось более перспективным, так как позволяло создавать более экономичные котлы большой тепловой производительности.

По конструкции и характеру расположения трубных пучков и их объединению в общую систему водотрубные котлы принято разделять на горизонтально-водотрубные (угол наклона кипящих труб к горизонту составляет 10... 15°) и вертикально-водотрубные (угол 50° или 90°).

Горизонтально-водотрубные котлы имеют ряд конструктивных недостатков (громоздкость, наличие дорогостоящих соединительных камер и др.), вследствие чего их вытеснили вертикально-водотрубные котлы. В настоящее время горизонтально-водотрубные котлы отечественной промышленностью не выпускаются. Цель настоящей работы - изучение конструкций широко распространенных паровых котлов промышленных котельных установок.

#### Вертикально-водотрубные котлы

Котлы типа Е (МЗК) паропроизводительностью до 1000 кг/ч, выпускаемые таганрогским заводом «Красный котельщик», имеют две модификации: Е-1,0-9Г (для работы на природном газе) и Е-1,0-9Ж (для работы на дизельном топливе, соляровом масле и печном топливе). На рис. 1 приведена конструкция кот-лоагрегата Е-1,0-9Г

(старая маркировка МЗК-7Г). Аналогичное устройство имеет и котел Е-1,0-9Ж (МЗК-7Ж).

Циркуляционный контур котла образуют верхние 17 и нижние 24 кольцевые камеры (коллекторы), соединенные прямыми вертикальными трубами 23, расположенными по концентрическим окружностям в шахматном порядке. Кольцевые камеры образованы штампованными трубными решетками, концентрическими обечайками и съемными крышками.

Первый внутренний ряд труб, экранирующий топочную камеру, выполнен с шагом, обеспечивающим возможность крепления труб вальцовкой или сваркой. Для обеспечения работы котла под наддувом (при избыточном давлении в топке 0,4-0,5 кПа) межтрубное пространство в ряду закрывается либо плавниками, либо мембранами, которыми оснащаются трубы экрана. Отвод газов из топочной камеры 8 осуществляется через межтрубное пространство расположенных во внутреннем ряду нескольких гладких труб. Затем газы проходят по газоходу кольцеобразной формы, расходясь в разные стороны и омывая кипятильные трубы и тыльную сторону труб экрана. Оба потока соединяются на стороне, противоположной входу, и отводятся в дымовую трубу.

Питательная вода подается в верхнюю камеру, на которой установлены два водоуказательных прибора 2 и два предохранительных клапана 13. Здесь происходит отделение пара от воды.

Нижняя камера имеет два штуцера для продувки котла. Роль опускных труб выполняют трубы наружного ряда, расположенные в зоне пониженных температур, подъемных — трубы экрана, в которых образуется пароводяная смесь. Экраны выполнены из труб диаметром 38х4 мм, конвективные поверхности нагрева -38х2,5 мм.

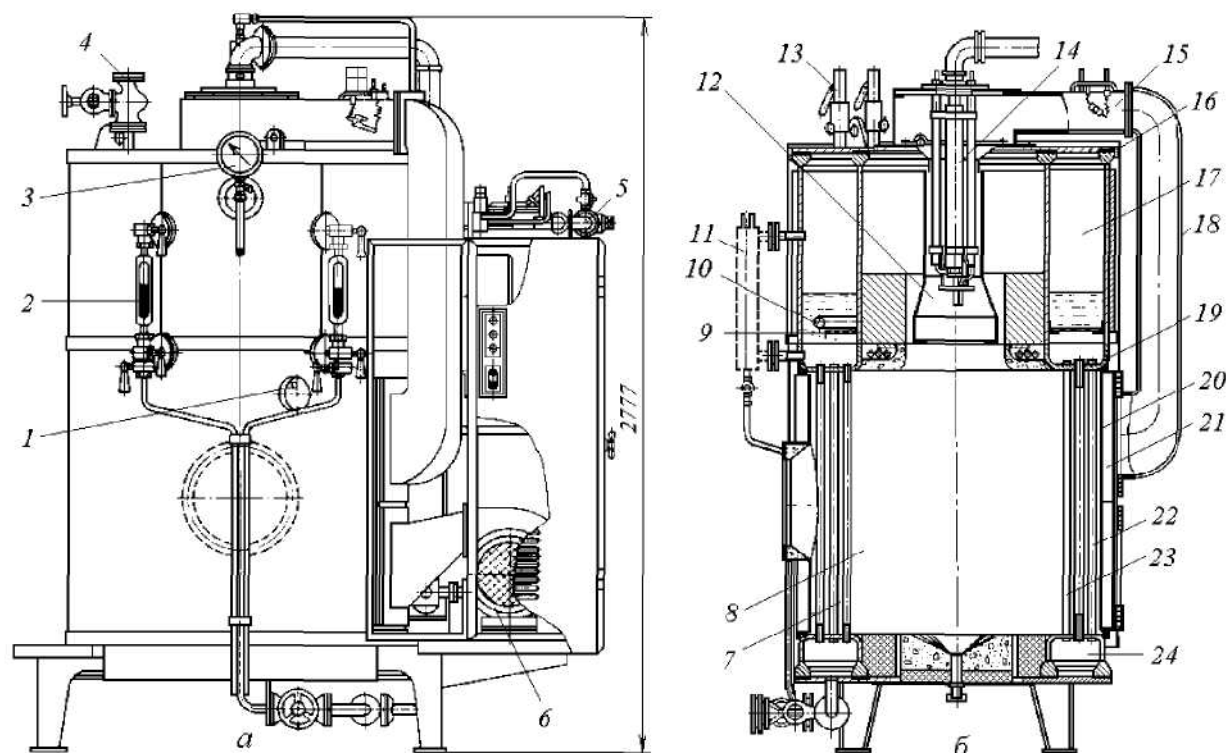


Рис. 1. Котел Е-1,0-9Г:

а - общий вид; б - разрез; 1 - гляделка; 2 - водоуказательный прибор; 3 — манометр; 4 — клапан отбора пара; 5 — газопровод; 6 - дутьевой вентилятор; 7 - мембрана; 8 - топочная камера; 9 — паропромывочный лист; 10 — питательная труба; 11 — уровнемерная колонка; 12 — смесительная камера горелки; 13 — предохранительный клапан; 14 - горелочное устройство; 15 - воздушный регистр; 16 — съемная крышка; 17 — верхний коллектор; 18 — воздуховод; 19 — трубная решетка; 20 — газоплотная обшивка;

21 - внутренний канал обшивки; 22 - труба конвективного пучка; 23 - труба экрана; 24 - нижний коллектор

Тепловая изоляция котла образуется за счет наружной и внутренней обшивки, имеющей воздушный зазор, через который вентилятором 6 подается холодный воздух, поступающий затем через воздушный регистр 15 к горелкам. Обшивки собирают на асбестовой прокладке и соединяют болтами. Внутренняя обшивка выполнена из жаропрочной стали, наружная - из углеродистой.

Электродвигатель вентилятора одновременно приводит в движение и питательный плунжерный насос. Режим работы и горения может контролироваться визуально через гляделку 1 на боковой поверхности обшивки котла.

Технические характеристики вертикально-водотрубных котлов паропроизводительностью до 1 т/ч приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Технические характеристики вертикально-водотрубных

КОТЛОВ		
Наименование	Марка котла	
	Е-1,0-9Г	Е-1,0-9Ж
Давление пара, МПа	0,9	0,9
Паропроизводительность, кг/ч	1000	1000
Влажность пара, % (не более)	2,0	2,0
Топливо	Прир. газ	Жидк. топл.
Низшая теплота сгорания топлива, кДж/м <sup>3</sup> , кДж/кг	33494	41868
Расход топлива, м <sup>3</sup> /ч, кг/ч	90	72
Поверхность нагрева полная, м <sup>2</sup>	17,1	17,1
Тепловое напряжение топочного объема, кДж/(м <sup>3</sup> ·ч)	5,02·10 <sup>6</sup>	5,23·10 <sup>6</sup>
Температура, °С: питательной воды	50	50
уходящих газов	250-270	300-320
Коэффициент избытка воздуха	1,15-1,2	1,15-1,2
Коэффициент полезного действия	0,86	0,84
Общая масса котла, кг	2800	2800
Габариты котла, мм:		
длина	2300	2300
ширина	1525	1525
высота	2750	2750

Котлоагрегаты, работающие на жидком топливе, оборудуются механическими форсунками. Топливо к ним подается шестеренчатым насосом под давлением 1,2-1,5 МПа. Котлоагрегаты, работающие на газе, оснащены короткофакельными смесительными горелками и автоматикой, обеспечивающей режим горения и безопасность.

На предприятиях используются также другие модификации вертикально-водотрубных котлов с естественной циркуляцией: Е-0,2-9Г; Е-0,2-9Ж, Е-0,4-9Г (МЗК-8Г); Е-0,4-9Ж (МЗК-8Ж).

**Двухбарабанные котлы.** Котлы типа Е-1/9-1 (ММЗ-1), Е-1/9-1М (ММЗ-1М), Е-1/9-1Г (ММЗ-1 Г), Е-0,4/9Т имеют общую конструктивную базу и предназначены для работы на твердом (антрацит АС и АМ) топливе, мазуте М100 и природном газе и служат для удовлетворения потребностей предприятий в насыщенном паре влажностью до 3 % для покрытия технологических и теплофикационных нагрузок.

Котел Е-1/9-1 (рис. 2) состоит из верхнего и нижнего барабанов, расположенных на одной вертикальной оси и соединенных между собой пучком, которые образуют конвективную поверхность нагрева. Топочная камера экранирована двумя боковыми и потолочным экранами, включенными в циркуляцию посредством четырех топочных экранов, вваренных в барабаны.

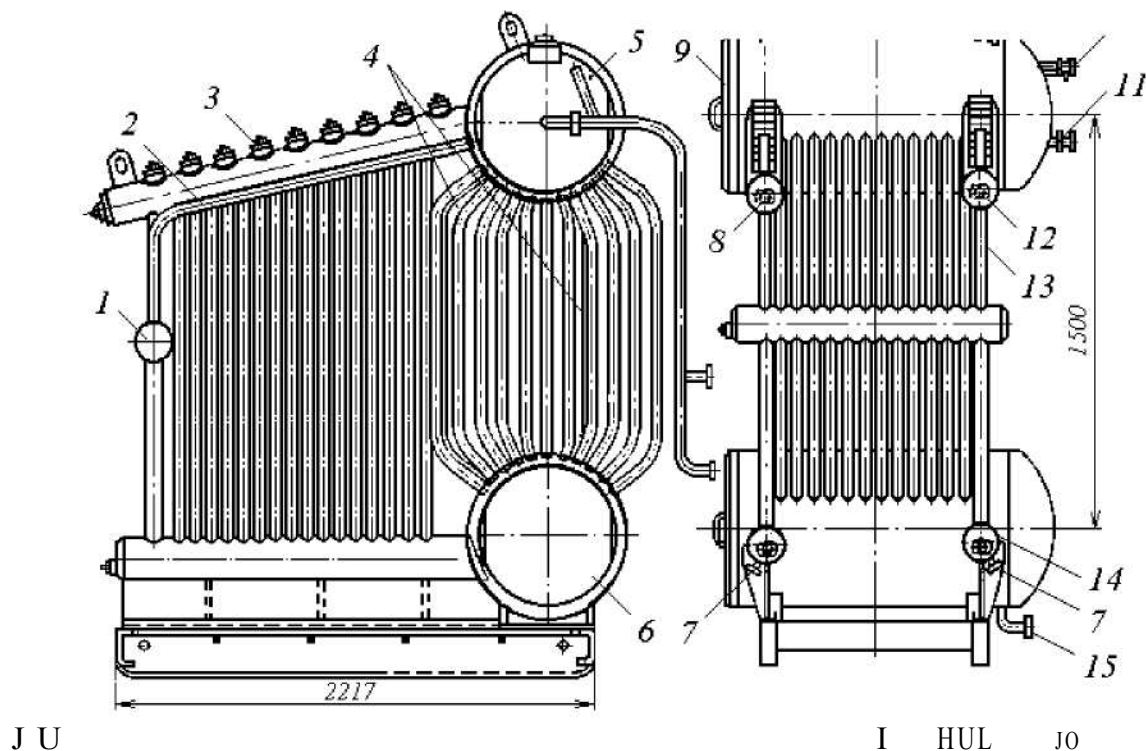


Рис.2. Котел Е-1/9-1:

1 - фронтальный коллектор; 2 - потолочный экран; 3 - люки для осмотра и очистки экранных труб; 4 - газовые перегородки; 5 - верхний барабан; 6 - нижний барабан; 7 - штуцеры продувки нижних коллекторов боковых экранов; 8 - торцевые люки коллекторов; 9 - люк верхнего барабана; 10,11 - штуцеры для подключения водоуказательных приборов и уровнемерной колонки; 12 - верхний коллектор бокового (правого) экрана; 13 - боковой (правый) топочный экран; 14 - нижний коллектор бокового (правого) экрана; 15 - штуцер продувки нижнего барабана

Потолочный экран частично охватывает и фронт котла, образованный фронтальным коллектором с вваренным в него пакетом изогнутых труб (повторяющих контур фронта и потолка топки), присоединенных сваркой к верхнему барабану. Для обеспечения поперечного омывания труб газовым потоком с необходимыми скоростями конвективный пучок перегорожен двумя газовыми перегородками 4.

На рис. 3 показана схема циркуляции воды в двухбарабанном котле Е-1/9-1. Питание боковых экранов водой осуществляется из нижнего барабана котла по нижним коллекторам, потолочного экрана - из фронтального коллектора, в который вода поступает по соединительным трубам из нижних коллекторов боковых экранов. Затем питательная вода вводится в верхний барабан котла, внутри которого размещена распределительная труба.

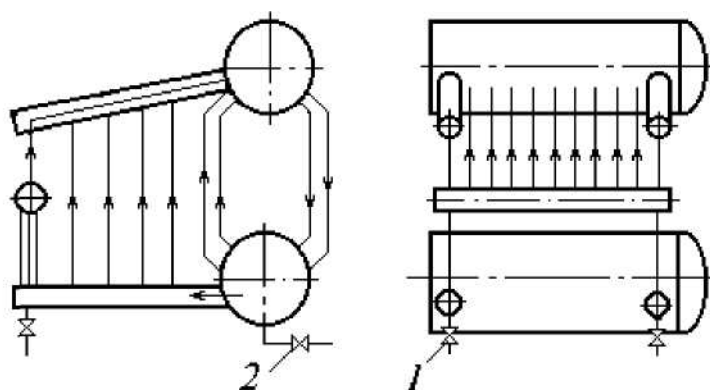


Рис. 3. Схема циркуляции воды в котле Е-1/9-1: 1 - линия продувки нижнего барабана; 2 - линия продувки коллекторов экранов

Котел оборудован автоматикой, отключающей тягодутьевые устройства при снижении уровня воды ниже допустимого и превышении давления против рабочего, а также сигнализаторами предельных уровней воды в барабане. Технические характеристики двухбарабанных водотрубных котлов приведены в табл. 2.

Топка котла прямоугольной формы, обмуровка облегченная, комбинированная из огнеупорного кирпича и совелитовых (или асбовермикулитовых) плит. Обмуровка котлов, работающих на жидком и газообразном топливе, отличается наличием пода, который расположен в зоне высоких температур. Его выполняют из

двух слоев; в первый укладывают диатомитовый кирпич, во второй — огнеупорный.

Таблица 2

Технические характеристики двухбарабанных водотрубных

КОТЛОВ

Наименование	Марка котла		
	Е-1/9-1	Е-1/9-1М	Е-1/9-1Г
Номинальная производительность, т/ч	1,0	1,0	1,0
Давление пара, МПа	0,9	0,9	0,9
Температура уходящих газов, °С	350	300	250
Топливо	Каменный уголь, АС и АМ	Мазут М1 00	Природный газ
Расход топлива, кг/ч, м /ч	134,5	82,6	90,1
Поверхность нагрева, м	30	30	30
Коэффициент полезного действия	0,73	0,80-0,81	0,86
Масса котла, кг	5180	5620	5506
Габаритные размеры, мм:			
длина	3300	3695	3300
ширина	2400	2300	2300
высота	2700	2790	2870

Топочный объем котлов, работающих на жидком и газообразном топливе, ограничивается подом топки, боковыми и потолочными экранами и передним рядом конвективного пучка.

В топках котлов, предназначенных для работы на твердом топливе, применена ручная колосниковая решетка с четырьмя качающимися и двумя неподвижными колосниками. Топочный объем ограничивается колосниковой решеткой, боковыми и потолочными экранами и передним рядом конвективного пучка. Воздух, необходимый для горения топлива, подается под колосниковую решетку, а воздух, поступающий без предварительного подогрева, предохраняет колосниковую решетку от перегрева.

Конструкция котла Е-0,4/9Т напоминает конструкцию котла Е-1/9-1, но у него верхний барабан несколько смещен по

вертикали относительно нижнего, верхние боковые коллекторы отсутствуют, а верхние концы боковых экранных труб подключены к верхнему барабану.

**Котлы ПКН-1С, ПКН-2 и ПКН-3Г** предназначены для обеспечения технологическим паром буровых установок, обогрева механизмов в зимнее время и отопления бытовых помещений. Эти котлы принадлежат к типу вертикально-водотрубных двух-барабанных котлов с естественной циркуляцией.

Котел ПКН-2 состоит из верхнего и нижнего барабанов (рис. 4), соединенных между собой трубами, образующими конвективный пучок, топочных экранов, включенных в циркуляционный контур котла посредством четырех боковых коллекторов, вваренных в барабаны, и одного фронтального коллектора для подключения потолочного экрана.

Барабаны расположены на общей вертикальной оси. Боковые экраны выполнены из прямых труб, расположенных в вертикальной плоскости. Все коллекторы снабжены лючками, обеспечивающими доступ для очистки и осмотра внутренних поверхностей. Барабаны котла снабжены люками, открывающими все поперечное сечение и обеспечивающими свободный доступ внутрь. Внутренний диаметр барабанов 650 мм.

Конвективный пучок образуется одиннадцатью коридорно расположенными рядами труб (по 12 шт. в ряд) с общей поверхностью нагрева  $21,5 \text{ м}^2$ . Шаг труб боковых экранов 85 мм, потолочного экрана 80 мм. В конвективной и экранной поверхностях нагрева использованы бесшовные трубы 051х2,5 мм из стали 10. Присоединение труб к барабанам и коллекторам выполнено на сварке. В конвективном пучке установлены газовые перегородки, обеспечивающие поперечное омывание труб газовым потоком с необходимыми скоростями.

Под топочной камеры выполнен из огнеупорного кирпича, передний ряд труб конвективного пучка по высоте наполовину, а боковые экраны на четверть высоты защищены обмазкой из жаропрочного бетона.

На котлах КПН-2 применена облегченная обмуровка, состоящая из отдельных съемных щитов, непосредственно прилегающих к трубам. Со стороны котла обшивка щитов выполнена из листов окалиностойкой стали толщиной 2 мм, с наружной сто-



роны - из листов углеродистой стали толщиной 1 мм. Полость между листами обшивки заполнена теплоизоляционным материалом.

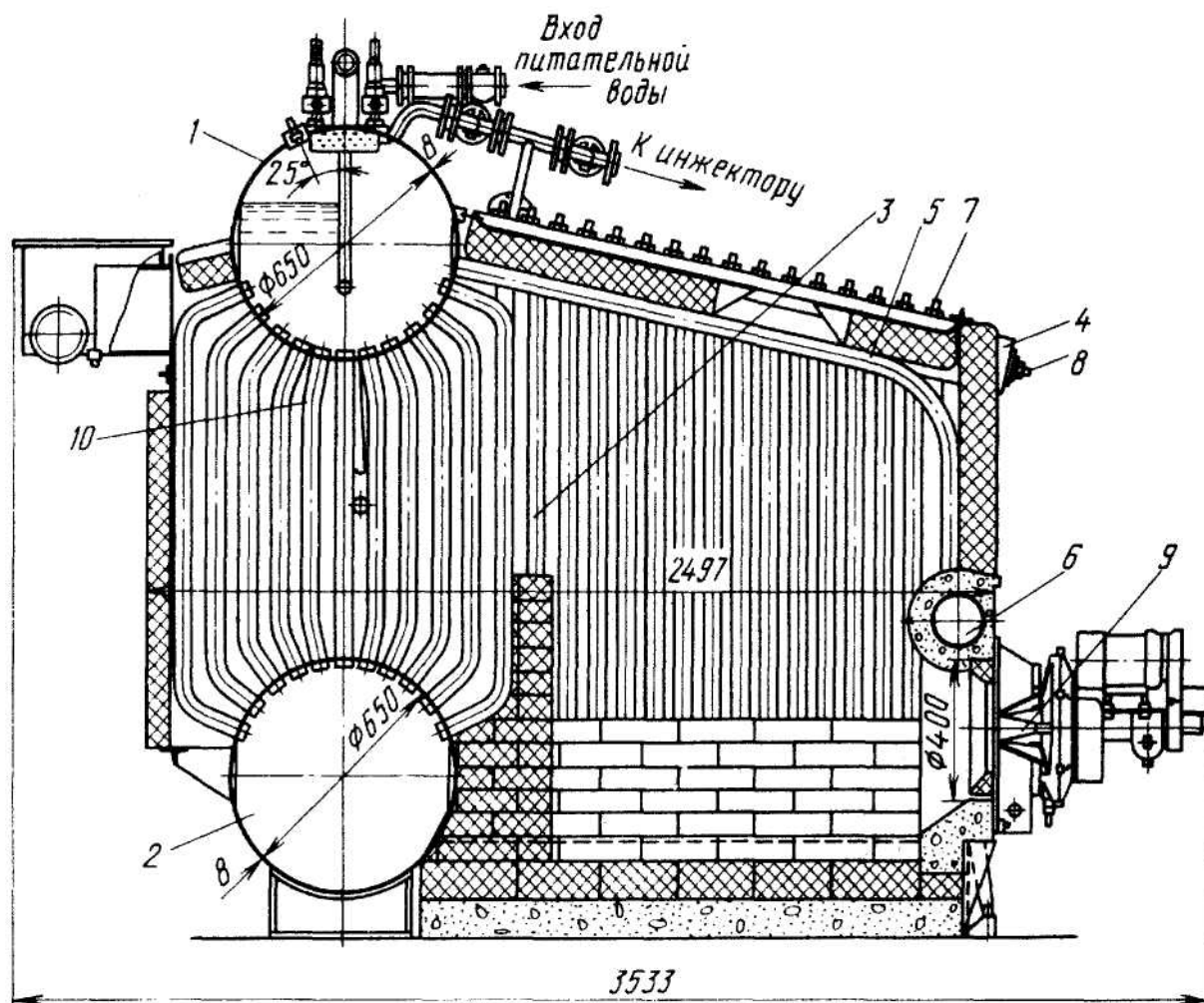


Рис. 4. Котел ПХН-2:

1 - верхний барабан; 2 - нижний барабан; 3 - боковой (правый) экран; 4 - верхний коллектор бокового (правого) экрана; 5 - потолочный экран; 6 - коллектор потолочного экрана; 7 — лючки для осмотра и очистки экранных труб; 8 - торцевой лючок коллектора; 9 - ротационная форсунка; 10- конвективный пучок

Котел ПХН-2 является модернизированным вариантом конструкции котла ПХН-1С, а дальнейшим развитием этих котлов является паровой котел ПХН-3Г, работающий на природном газе. Конструктивная схема котла аналогична котлу типа ПХН-2.

Основные технические характеристики котлов ПХН приведены в табл. 3.

## Технические характеристики котлов ПКН-1С(ПКН-2) и ПКН-3Г

Широкое применение в производственных и производственно-отопительных котельных получили котлы типа **ДКВР** (Д - двухбарабанный, К - котел, В - вертикально-водотрубный, Р -реконструированный) (рис. 5).

42

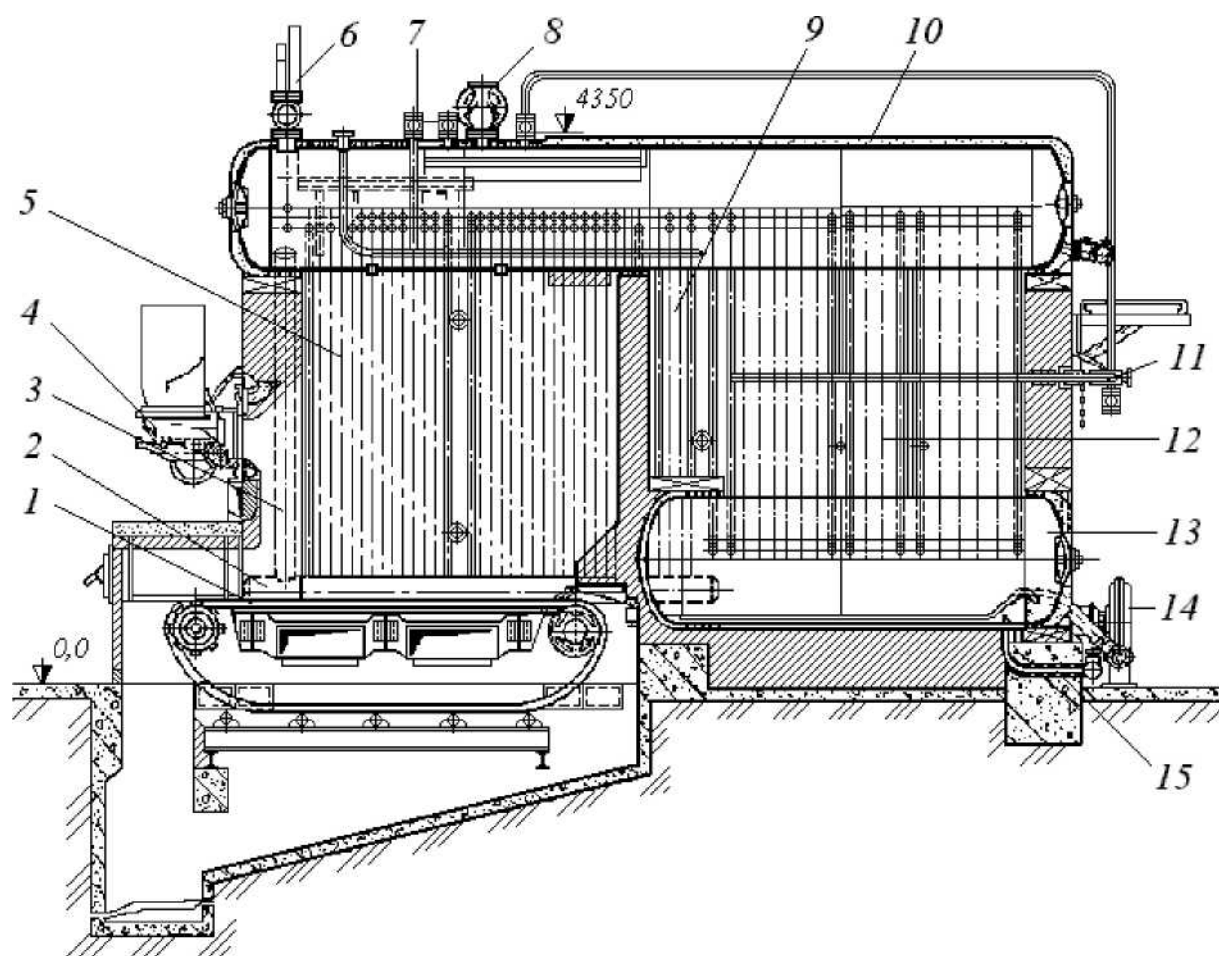


Рис. 5. Котел ДКВР-6,5-13 в тяжелой обмуровке с топкой типа

ПМЗ-ЛЦР для сжигания каменных и бурых углей: 1 -решетка обратного хода; 2 - коллектор бокового экрана; 3 -опускная труба; 4 - пневмомеханический забрасыватель топлива; 5 -боковой экран; 6 - предохранительный клапан; 7 - ввод питательной воды; 8 - отвод пара; 9 - камера догорания; 10 — верхний барабан; 11 - обдувочное устройство; 12 - пучок конвективных труб; 13 - нижний барабан; 14 - вентилятор возврата уноса; 15 - продувочный трубопровод

Котлы типа ДКВР работают на жидком, газообразном топливе и на различных видах твердого топлива. Для работы на каменных и бурых углях, грохоченых антрацитах марок АС и АМ применяются полумеханические топki типа ПМЗ-РПК (с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками) и механические топki типов ПМЗ-ЛРЦ, ПМЗ-ЧЦР

и ЧЦР (с пневмомеханическими забрасывателями с обратным ходом колосникового полотна ленточного и чешуйчатого типов).

Для работы на древесных отходах котлы комплектуются топками системы Померанцева. Работа котлов на фрезерном торфе обеспечивается предтопками системы Шершнева. Кусковой торф сжигается в котлах, оборудованных шахтными топками или топками с решетками типа РПК (решетки с поворотными колосниками).

Основные технические характеристики котлов типа ДКВР приведены в табл. 4.

Таблица 4 Технические характеристики котлов типа ДКВР

Наименование	Марка котла					
	ДКВР-2,5-13	ДКВР-4-13	ДКВР-6,5-13	ДКВР-10-13	ДКВР-10-39-440	ДКВР-20-13
Паропроизводительность, т/ч	2,5	4,0	6,5	10,0	10,0	20,0
Давление пара, МПа	1,3	1,3	1,3	1,3	3,9	1,3
Температура пара, °С	Насыщ.	Насыщ.	Насыщ.	Насыщ.	440	Насыщ.
Поверхность нагрева котла, м <sup>2</sup> :	17,7	21,4	27,9	47,9	34,5	51,3
радиационная						
конвективная	73,6	116,9	197,4	229,1	176,5	357,4
общая	91,3	138,3	225,8	227,0	211,0	408,7
пароперегревателя	-	-	-	-	68,0	-
КПД при сжигании:						
каменного угля	0,819	0,821	0,831	0,835	0,787	0,836
бурого угля	0,756	0,758	0,767	0,775	-	0,772
газа	0,90	0,908	0,918	0,919	-	0,90
мазута	0,896	0,898	-	-	-	0,896
Расход топлива, кг/ч:						
каменного угля	320	540	860	1310	н.д.	2290
бурого угля	820	1380	2210	3370	н.д.	5660
газа	210	310	550	840	н.д.	2060
мазута	200	320	-	-	н.д.	1960

**Котлы типа Е (КЕ)** (рис. 6) предназначены для работы на твердом топливе, имеют слоевые механические топki и вырабатывают пар для технологических нужд предприятий, а также для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Паропроизво-

длительность котлов этого типа 2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч. Конструктивная схема напоминает схему котлов типа ДКВР.

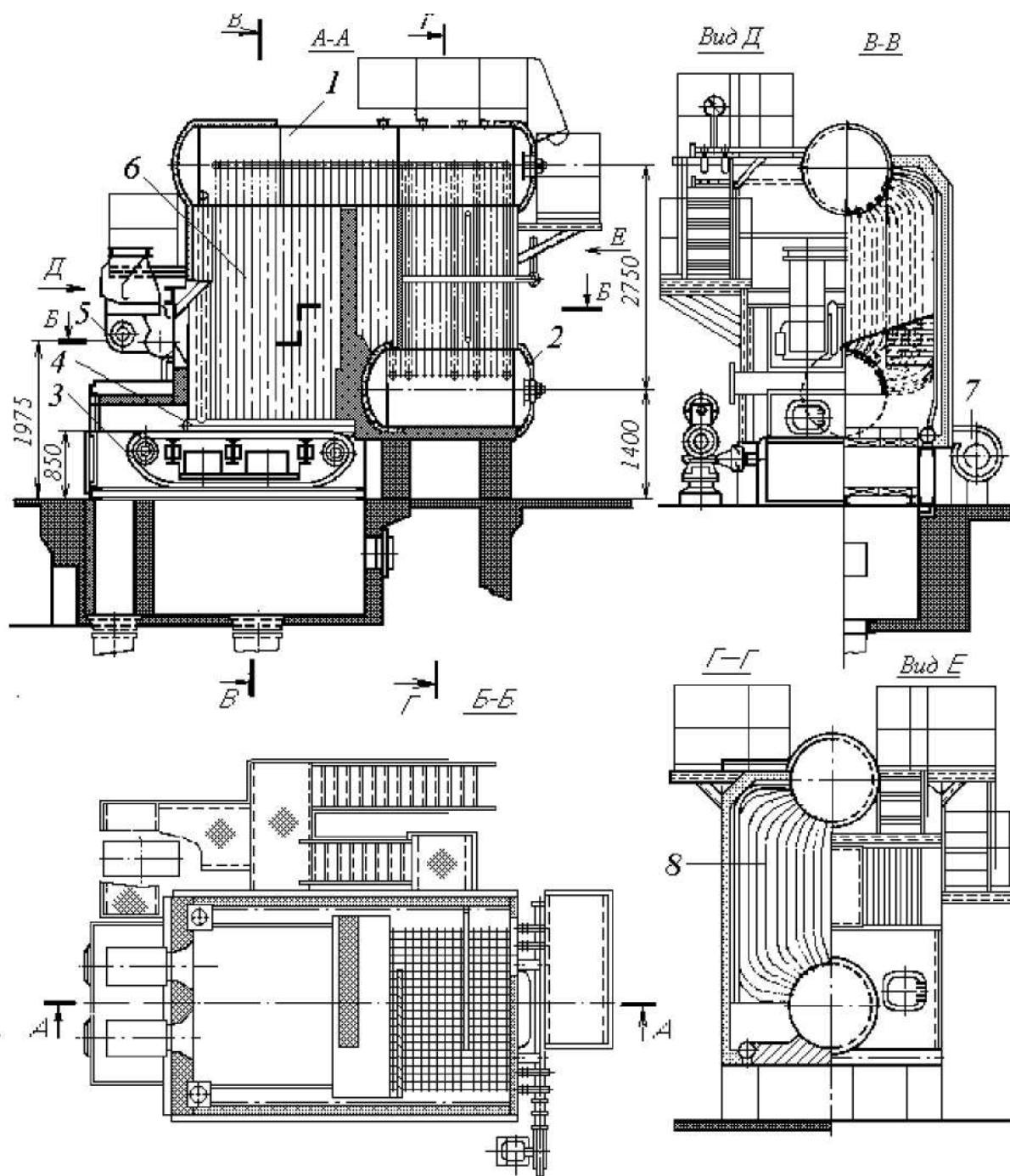


Рис. 6. Котел КЕ-6,5-14Р:

1 - верхний барабан; 2 - пилений барабан; 3 - ленточная решетка обратного хода; 4 - коллектор бокового экрана и ограждающей стены пучка конвективных труб; 5 - пневмомеханический забрасыватель топлива; 6 - боковой экран; 7 - вентилятор острого дутья и возврата уноса; 8 - пучок конвективных труб

Верхний и нижний барабаны котла внутренним диаметром 1000 мм размещаются друг над другом, они соединены пучком конвективных труб, которые завальцованы в барабаны. Топочная камера образована плотными боковыми экранами. Боковые экраны и крайние боковые ряды конвективных труб объединены общими нижними коллекторами по всей длине котла. Верхние концы труб боковых экранов и боковых рядов конвективных труб присоединены к верхнему барабану.

Фронтальная и задняя стенки топочной камеры выполнены из огнеупорного кирпича. С правой стороны задней стенки топочной камеры имеется окно, через которое продукты сгорания поступают в камеру догорания и далее в пучок конвективных труб. Под камеры догорания выполнен с уклоном в сторону топки с тем, чтобы попадающие в камеру догорания куски топлива скатывались на решетку.

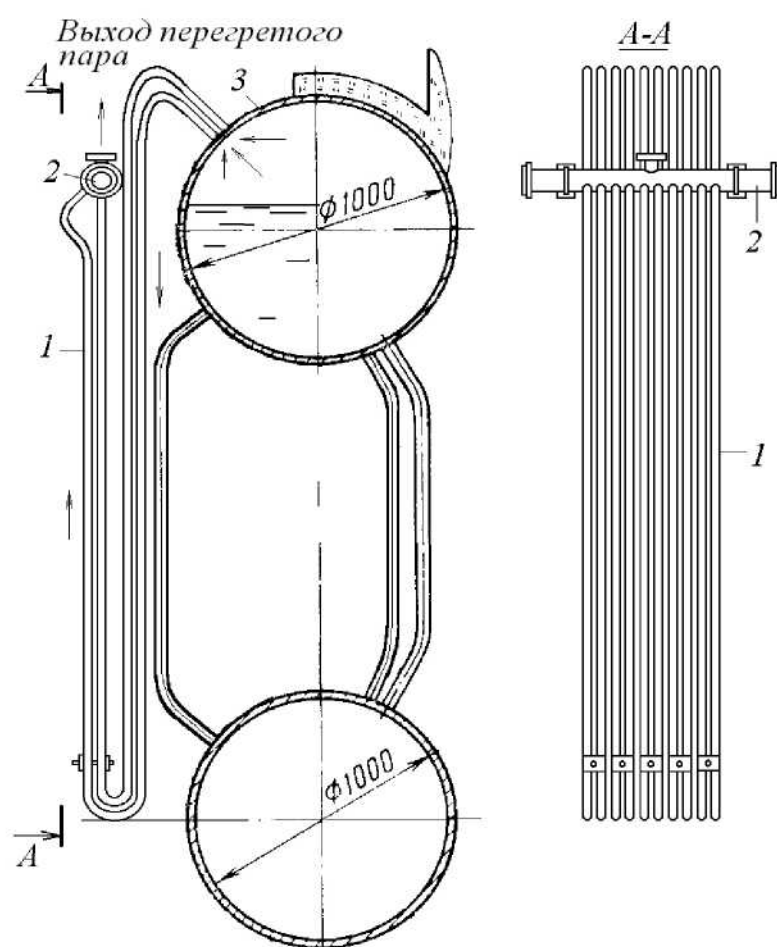
Топочные газы из камеры догорания поступают в пучок конвективных труб, который проходят, разворачиваясь в горизонтальной плоскости, для чего служат шамотная и чугунная перегородки.

Питательная вода, подогретая в водяном экономайзере, подается по перфорированной трубе в верхний барабан под уровень воды и по задним конвективным трубам поступает в нижний барабан. Передняя часть пучка конвективных труб является подъемной (кипятильной).

Питание нижних коллекторов экранов, ограждающих стены пучков конвективных труб происходит по перепускным трубам из нижнего барабана и по опускным стоякам, расположенным на фронте котла.

Конвективный пароперегреватель (рис. 7) для котлов ДКВР, КЕ, рассчитанный на давление 1,4 и 2,3 МПа, выполняют одно-ходовым, а на давление 4,0 МПа - двухходовым. Входные концы труб пароперегревателя развальцовывают в верхнем барабане котла, выходные - приваривают к камере перегретого пара.

Основные технические характеристики котлов типа КЕ приведены в табл. 4.



*Рис. 7. Конвективный пароперегреватель котлов типа КЕ:*

*1 – трубы пароперегревателя; 2 – камера перегретого пара; 3 – верхний барабан*

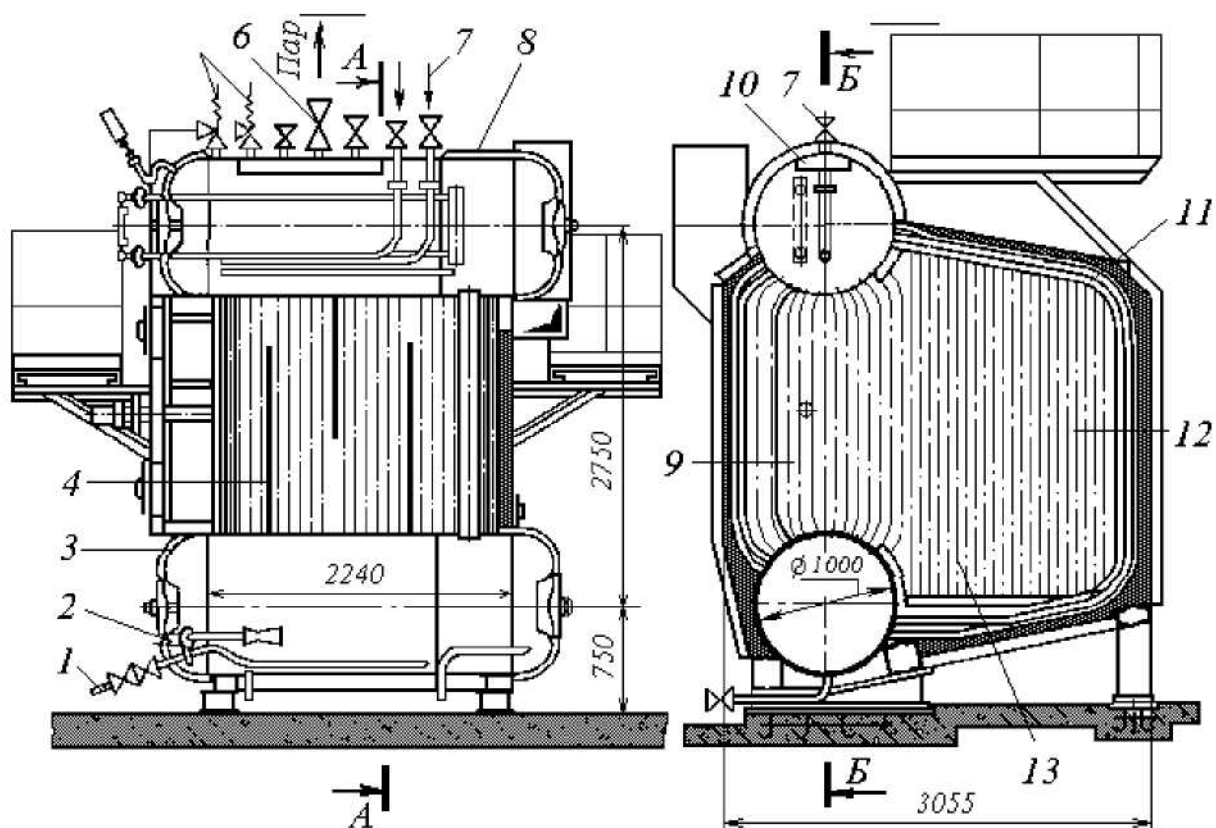
Таблица 4 Технические

характеристики котлов типа КЕ

Наименование	Марка котла			
	Е-2,5-14Р	Е-4-14Р	Е-6,5-14Р	Е-10-14Р
Паропроизводит., т/ч	2,5	4,0	6,5	10,0
Давление пара, МПа	1,4	1,4	1,4	1,4
Температура пара, °С	194;225	194;225	194;225	194; 225
Поверхн. нагрева, м :				
радиационная	19	20,5	24,8	30,3
конвективная	62	94	149	214
Коэффициент полезного действия	0,81-0,83	0,81-0,83	0,81-0,83	0,81-0,83
Рекомендуемое топочное устройство, тип	ЗП-РПК-2-1800/2552	ТЛЗМ-1870/2400	ТЛЗМ-1870/3000	ТЛЗМ-2700/3000
Размеры, м:      длина	5Д	6,4	7,7	8,5
ширина	4,5	4,5	4,5	4,5
высота	4,15	4,15	4,15	4,15
Масса в объеме заводской поставки, кг	9817	11335	13946	16668

Газомазутные паровые вертикально-водотрубные котлы типа Е (ДЕ) (рис. 8) предназначены для выработки насыщенного или перегретого до температуры 225 °С пара, используемого на технологические нужды, отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Паропроизводительность котлов этого типа 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч при рабочем давлении 1,4 и 2,4 МПа. Они имеют естественную циркуляцию воды и пароводяной смеси.

1 - трубопровод продувки; 2 - устройство парового обогрева при растопке; 3 - нижний барабан; 4 - перегородки конвективного газохода; 5 - предохранительные клапаны; 6 - отвод пара; 7 - ввод питательной воды; 8 - верхний барабан; 9 - пучок конвективных труб; 10 - сепарационное устройство; 11 - потолочный экран; 12 - задний экран; 13 - топочная камера



Конструктивная особенность таких котлов заключается в размещении топочной камеры 13 сбоку пучка конвективных труб 9, развальцованных в верхнем 8 и нижнем 3 барабанах. Многие детали и сборочные единицы унифицированы с аналогичными деталями и узлами котлов типов ДКВР и КЕ. Для всех типоразмеров котлов ДЕ ширина топочной камеры принята одинаковой, равной 1790 мм (по осям экранных труб). В зависимости от паро-производительности котлов изменяется глубина топочной камеры (для паропроизводительности 4 т/ч -1980 мм, для паропроиз-водительности 25 т/ч — 6960 мм) и связанная с ней глубина конвективного пучка. Средняя высота топочной камеры 2400 мм.

Циркуляционная схема всех котлов типа ДЕ одинакова и включает четыре экрана (фронтной, задний и два боковых) и конвективный пучок. Боковые экраны и конвективный пучок котлов всех типоразмеров, а также фронтной экран котлов паропроизводительностью 16 и 25 т/ч присоединены непосредственно к верхнему и нижнему барабанам. Задние экраны всех котлов и фронтные экраны котлов паропроизводительностью 4; 6,5; 10 т/ч объединяются нижними (горизонтальными) раздающими и верхними (наклонными) собирающими коллекторами, присоединенными к барабанам. Другие концы коллекторов объединены не обогреваемой рециркуляционной



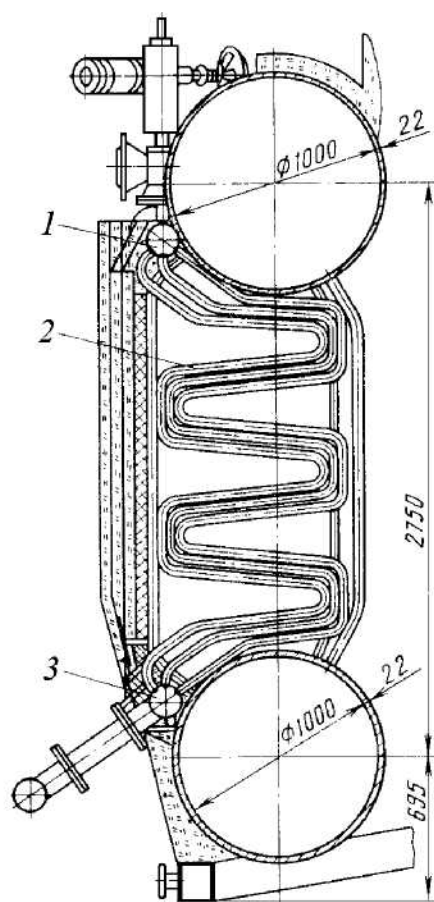
трубой 076x3,5 мм. В котлах паропроизводительностью 4; 6,5; 10 т/ч применена одноступенчатая схема испарения, в котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч — двухступенчатая схема испарения.

Вторая ступень испарения включает первые по ходу газов трубы конвективного пучка и опускные трубы 0159x4,5 мм (две у котлов паропроизводительностью 16 т/ч и три — у котлов паропроизводительностью 25 т/ч).

Во всех котлах общими опускными трубами испарительной системы (в котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч — первой ступени испарения) являются последние по ходу газов ряды труб конвективного пучка.

Пароперегреватель котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч выполняется змеевиковым (рис. 9) из труб 032x3 мм; в котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч - вертикальным из двух рядов труб 051x2,5 мм.

Все котлы поставляются полностью в собранном виде без натрубной изоляции. Погруженные на железнодорожную платформу вместе с креплениями котлы вписываются в габарит 1-В, предназначенный для вагонов, допускаемых к обращению по сети железных дорог Российской Федерации широкой колеи.



*Рис. 9. Змеевиковый пароперегреватель котлов типа ДЕ:*

*1 – входной коллектор; 2 – змеевиковая поверхность нагрева; 3 – выходной коллектор*

Основные технические характеристики котлов типа ДЕ приведены в табл. 5.

Таблица 5 Технические характеристики котлов типа ДЕ

Наименование	Марка котла				
	Е-4-14ГМ	Е-6,5-14ГМ	Е-10-14ГМ	Е-16-14ГМ	Е-25-14ГМ
Паропроизводительность, т/ч	4,14	6,73	194/225	16,56	26,88
Температура пара, °С	194/225	194/225	194/225	194/225	194/225
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup> :					
радиационная	22,0	28,0	39,0	49,2	64,0
конвективная	48,0	67,0	116,0	155,0	230,0
КПД (на мазуте)	0,882	0,887	0,898	0,889	0,911
Горелка, тип	ГМ-2,5	ГМ-4,5	ГМ-7	ГМ-10	ГМП-16
Размеры, мм: длина	4280	5050	7440	9260	11550
ширина	4300	5050	5130	4670	4630
высота	5050	5050	4400	4720	4720
Масса, кг	10258	11355	18652	17410	21413

## Контрольные вопросы

1. Для чего в котлах Е-1,0-9Г и Е-1,0-9Ж применяются мембраны в межтрубном пространстве?
2. Покажите траекторию движения дымовых газов в котле Е-1/9-1 (рис. 2); КЕ-6,5-14Р (рис. 6).
3. Какие экраны установлены в топке котла ПКН-2 (рис. 4)?
4. Покажите на рис. 5 (котел ДКВР) выход дымовых газов из топочной камеры.
5. Для чего служит нижний барабан в двухбарабанных котлах?
6. Покажите на рис. 8 (котел ДЕ-4-14ГМ) фронтальный экран.
7. Поясните на примере змеевикового пароперегревателя (рис. 9) траекторию движения дымовых газов.
8. По указанию преподавателя расшифруйте марку котла.
9. Что такое под топки?
10. В чем принципиальная разница между трубами топочных экранов и тр

## 2.10. Лабораторная работа № 6 (2 часа).

### Тема: Задачи эксплуатации тепловых сетей

#### 2.10.1. Цель работы: Изучить правила эксплуатации тепловых сетей

#### 2.10.2 Задачи работы:

1. Подготовка к пуску.
2. Задачи эксплуатации тепловых сетей
3. Требования к качеству воды. Температурный режим. Установление наличия циркуляции в сети.

#### 2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторный практикум.

#### 2.10.4 Описание(ход) работы:

Системы централизованного теплоснабжения являются важными звеньями энергетического хозяйства и инженерного оборудования городов и промышленных районов. На надежность, качество и экономичность теплоснабжения городов существенное влияние оказывает организационная структура эксплуатации системы этих городов.

Выбор оптимальной структуры определяется конкретно для каждого города (промышленного района) в зависимости от масштабов системы центрального теплоснабжения, а также технических характеристик этой системы.

Наиболее целесообразно единое управление системы центрального теплоснабжения: источниками теплоты, магистральными и распределительными тепловыми сетями. Эксплуатацией теплоиспользующих установок и систем, как правило, должны заниматься их владельцы (потребители) либо своими силами и средствами, либо с привлечением специализированных предприятий.

Возможен вариант, когда энергоснабжающая организация будет выполнять также функции по эксплуатации теплоиспользующих установок у потребителей. Но это должно осуществляться по отдельному договору с потребителем. При этом энергоснабжающая организация будет оказывать услуги по теплоснабжению, а не продавать тепловую энергию,

то есть предметом договора теплоснабжения между энергоснабжающей организацией и потребителем будет обеспечение комфорта в отапливаемых помещениях и температуры горячей воды в водо разборных кранах, требуемой санитарными правилами, независимо от количества теплоты, израсходованной потребителем

При выборе системы отопления здания необходимо учитывать особенности его теплового режима. Это прежде всего действие инфильтрации наружного воздуха под влиянием сил гравитации и ветра, а также солнечной радиации и особенностей технологических тепловыделений.

Зимой вследствие инфильтрации наружного воздуха переохлаждаются нижние этажи, поэтому в многоэтажных зданиях целесообразно применять системы отопления с подачей теплоносителя снизу вверх (с «опрокинутой» циркуляцией). Лестничные клетки, лифтовые шахты и холлы должны отапливаться в основном внизу. Необходимы интенсивный обогрев вестибюлей, устройство теплых тамбуров, нагревание пола.

Охлаждающее действие инфильтрации обусловлено ориентацией ограждений помещения и зависит от направления и скорости ветра. В связи с этим желательно предусматривать пофасадное разделение системы отопления, что позволяет регулировать теплоотдачу приборов в зависимости от скорости и направления ветра, температуры наружного воздуха, интенсивности солнечной радиации. Такое разделение системы не исключает необходимости индивидуального ручного или автоматического регулирования теплопередачи отопительных приборов в отдельных помещениях в связи с разнообразием режимов бытовых и технологических тепловыделений.

Тепловые сети от современных ТЭЦ и мощных котельных представляют собой сложные протяженные и разветвленные гидравлические системы, содержащие протяженные трубопроводы разного диаметра, большое число насосов, емкостей и других устройств, необходимых для передачи тепловой энергии с помощью теплоносителя — сетевой воды или пара от источников теплоты потребителям.

Современное развитие систем централизованного теплоснабжения в России характеризуется следующими тенденциями:

- ростом количества источников теплоты, работающих в единой системе теплоснабжения юрочков;

- усложнением структуры теплового потребления в связи с увеличением помимо традиционных нагрузок отопления и горячего водоснабжения тепловых нагрузок вентиляции и кондиционирования воздуха, а также разнообразных технологических нагрузок;

- увеличением числа потребителей, для которых практически недопустимы перерывы в подаче теплоты: промышленных предприятий, не допускающих прерывания технологических процессов; лечебных учреждений; высокотелассных гостиниц т.п.;

- снижением конкурентоспособности централизованного теплоснабжения в сравнении с другими способами обеспечения тепловой энергией (децентрализованным, внезапная потеря значительной мощности источников теплоты).

Пониженная надежность действующих тепловых сетей в системах транспортировки и распределения теплоты объясняется условиями их сооружения и эксплуатации:

- сложностью выполнения строительно-монтажных работ в неблагоприятных грунтовых и климатических условиях;

- невозможностью постоянного визуального контроля состояния тепловой сети в процессе эксплуатации;

- неблагоприятными внешними условиями, способствующими наружной коррозии подземных теплопроводов в диапазоне коррозионно-опасных при высокой влажности температур (70—90°С);

- сооружением тепловых сетей из стальных труб общего назначения, часто не удовлетворявших требованиям эксплуатации тепловых сетей по качеству металла и стального листа, из которых изготавливались трубы (в России до настоящего времени отсутствуют ГОСТ и ТУ на трубы, предназначенные специально для тепловых сетей);

отсутствием промышленного производства теплопроводов полной заводской готовности, конструкция которых обеспечивает защиту стальных труб от коррозии при неблагоприятных внешних условиях, а тепловая изоляция — низкие потери теплоты;

интенсификацией коррозионных процессов внутренних поверхностей труб вследствие несоблюдения качества сетевой воды из-за нарушений водно-химических режимов систем теплоснабжения, связанных с режимами водоподготовительных установок ТЭЦ (котельных); неудовлетворительной эксплуатацией теплоиспользующих установок и систем, принадлежащих потребителям тепла (подсос воздуха, перетоки водопроводной необработанной воды в сетевую воду через неплотности в абонентских теплообменниках и т.п.);

слабой оснащенностью систем транспортировки и распределения теплоты (тепловых сетей) средствами дистанционного контроля и управления и связанными с этим более сложными условиями эксплуатации, в том числе при ликвидации возможных нарушений в работе сетей.

В системах горячего водоснабжения качество воды должно соответствовать нормам для хозяйственно-питьевого водоснабжения по ГОСТ 2874-93. Вода должна быть бесцветной, без привкуса и запаха (цветность — не более 20 град, мутность — не более 1,5 мг/л, а общая жесткость — не более 7 мг-экв/л). Общее количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды должно составлять не более 100, количество кишечных палочек в 1 л воды — не более 3. После обеззараживания воды хлором концентрация остаточного свободного хлора в воде должна быть не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л.

4. В централизованных системах горячего водоснабжения в зависимости от свойств исходной воды (жесткости, наличия агрессивной углекислоты, значения водородного показателя pH) предусматривают мероприятия по предотвращению образования накипи и защите от коррозии металла труб, арматуры и оборудования.

Жесткость воды, предназначенной для мытья в банях, должна быть не более 7 и не менее 2 мг-экв/л (см. СНиП П-Л. 13-92), для стирки белья в прачечных — не более 1,8 мг-экв/л, что обуславливает экономный расход стирочных материалов (СНиП П-Л. 14-92). В банях и прачечных с высокой жесткостью воды предусматривается умягчение ее в централизованных установках. В банях вместимостью 50 мест и менее умягчение не обязательно.

Жесткость воды характеризуется содержанием ионов кальция и магния. Общая жесткость сырой воды равна сумме карбонатной и некарбонатной жесткостей. Карбонатная жесткость вызывается содержанием бикарбонатов кальция и магния и почти полностью исчезает после кипячения воды, причем бикарбонаты подвергаются распаду с образованием углекислоты и выпадением бикарбонатов в осадок. Некарбонатная жесткость после кипячения остается.

Степень кислотности или щелочности исходной воды характеризуется величиной pH.

Сочетание показателя pH с содержанием углекислоты определяет степень агрессивности воды. При pH=7 вода нейтральна, чем ближе pH к нулю, тем выше кислотность воды, а чем ближе к 14, тем сильнее ее щелочность. По ГОСТ 2784-93 водородный показатель pH должен находиться в пределах 6,5—8,5. Допустимое содержание в воде кислорода — 0,05 мг/л (см.

СНиП 11-36-73).