

Дистанционное обучение по программе

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПАРОВЫХ
И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ**

Тема 1. Общие сведения о котлах. Основные определения. Классификация и типы паровых и водогрейных котлов

Тема 1. Общие сведения о котлах. Основные определения. Классификация и типы паровых и водогрейных котлов

В теме рассматриваются:

- ❑ Классификация котельных установок
- ❑ Котел в технологической схеме производства пара и горячей воды. Паровой котел
- ❑ Классификация паровых котлов по назначению, по характеристикам газовоздушного тракта, по характеристикам пароводяного тракта, по виду сжигаемого топлива
 - ❑ Классификация котлов по типу топочного устройства (топки)
 - ❑ Классификация паровых котлов по рабочим параметрам
- ❑ Водогрейные котлы. Классификация водогрейных котлов по компоновке поверхностей, по рабочим параметрам

Классификация котельных установок

- Комплексом оборудования, в котором превращается химическая энергия топлива в тепловую, с целью производства пара или горячей воды в заданных параметрах является **котельная установка**
- Котельная установка представляет собой совокупность котла (парового или водогрейного) и вспомогательного оборудования

В зависимости от назначения различают следующие котельные установки:

отопительные



предназначены для обеспечения теплом систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения

производственные



предназначены только для технологического теплоснабжения

**отопительно-
производственные**



предназначены для обеспечения теплом систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также для обеспечения теплом производственные технологические установки (технологическое теплоснабжение)

энергетические



предназначены для получения перегретого пара, поступающего в турбину, где его тепловая энергия превращается в механическую, передаваемую валу турбины, с которым связан электрический генератор, превращающий механическую энергию в электрическую

Классификация котельных установок

Устройство, имеющее топку, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для получения пара с давлением выше атмосферного, используемого вне самого устройства, называется **паровым котлом**

Такое же устройство, предназначенное для получения горячей воды при давлении, большем атмосферного, называется **водогрейным котлом**

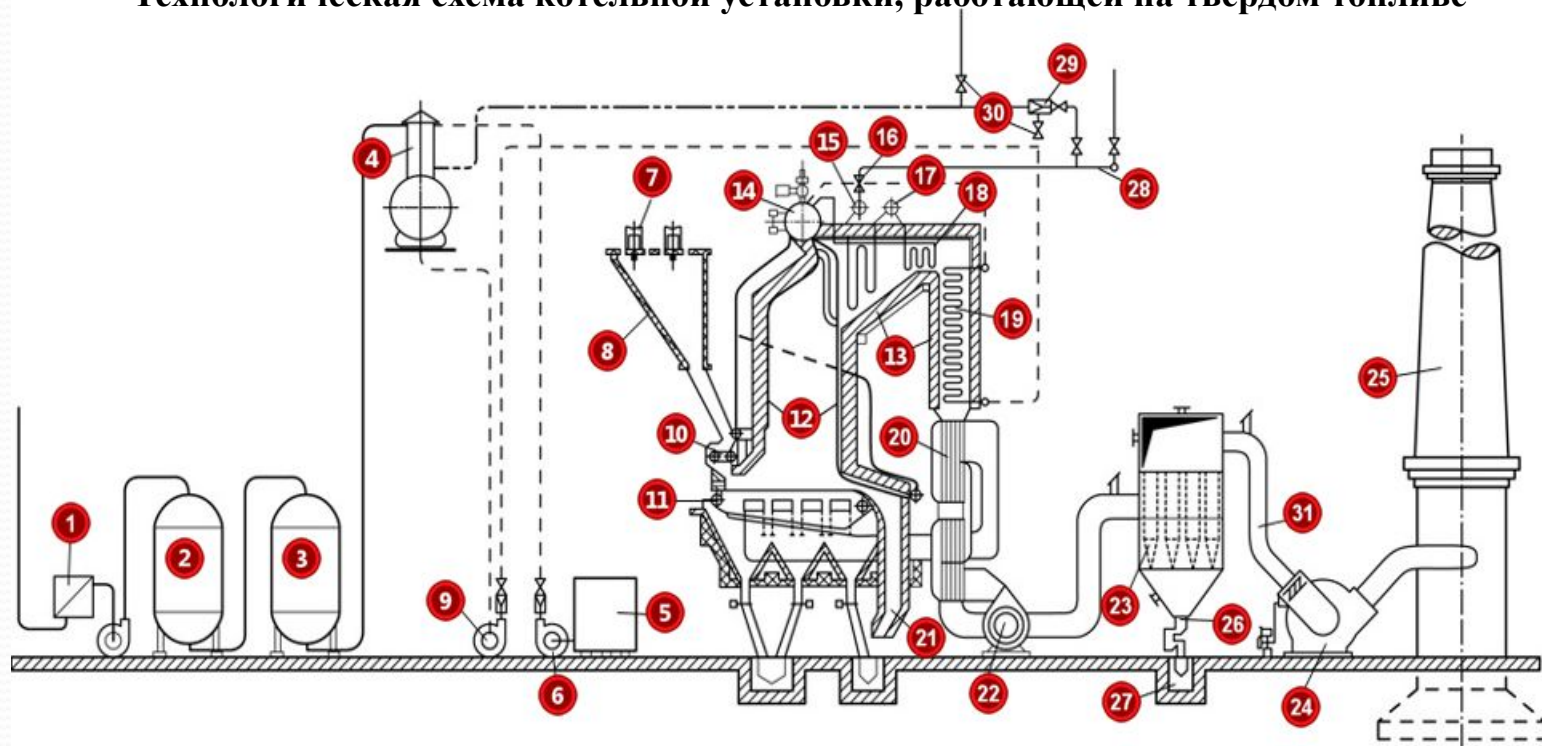
Теплообменное устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и предназначенное для прогрева или частичного испарения воды, поступающей в паровой котел, называется **водяным экономайзером**

Теплообменное устройство, предназначенное для повышения температуры пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле, называется **пароперегревателем**

Теплообменное устройство, предназначенное для подогрева воздуха, подаваемого в топку котла, продуктами сгорания топлива, уходящими из котла (или из водяного экономайзера), называется **воздухоподогревателем**

Котел в технологической схеме производства пара и горячей воды

Технологическая схема котельной установки, работающей на твердом топливе



1-подогреватель сырой воды; 2,3-фильтр химической очистки воды; 4-деаэратор; 5-бак для конденсата; 6-насос для перекачки конденсата; 7-конвейер для подачи топлива; 8-бункер для топлива; 9-насос питательной воды; 10-питатель для топлива; 11-цепная механическая колосниковая решетка; 12-экраны в топочной камере; 13-обмуровка; 14-барабан котла; 15-коллектор перегретого пара; 16-главный запорный вентиль; 17-регулятор температуры перегретого пара; 18-пароперегреватель; 19-водяной экономайзер; 20-воздухоподогреватель; 21-бункер для шлака; 22-дутьевой вентилятор; 23-батарейный золоуловитель; 24-дымосос; 25-дымовая труба; 26-затворы на течках шлака и золы; 27-каналы для удаления шлака и золы водой; 28-главный паропровод и коллектор; 29-редукционно-охладительная установка; 30-арматура; 31-газоходы от котла к дымовой трубе

Котел в технологической схеме производства пара и горячей воды

- ✓ Поверхности нагрева называют **радиационными**, если теплота от продуктов сгорания топлива передается рабочему телу излучением
- ✓ Радиационные поверхности нагрева при размещении их в топочной камере называются экранами (12). Они защищают стены топки от прямого воздействия высоких температур



- ✓ Поверхности нагрева называют **конвективными**, если теплота от продуктов сгорания топлива передается рабочему телу конвекцией (перенос теплоты потоками греющих и нагреваемых сред)
- ✓ Конвективными поверхностями нагрева являются водяной экономайзер (19) и воздухоподогреватель (20)

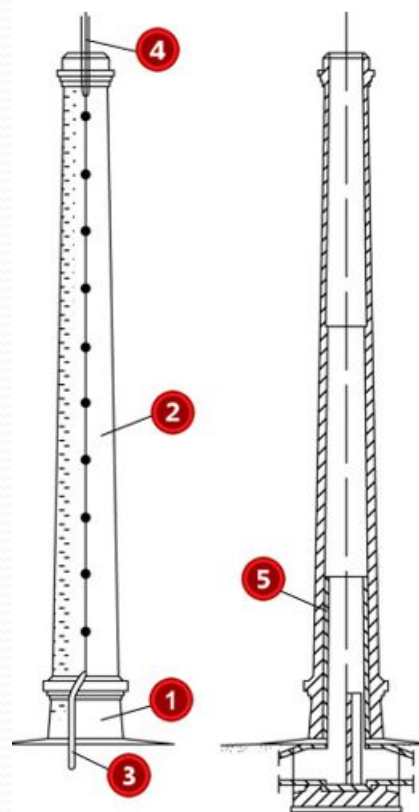
Пример экранов парового котла барабанного типа

Котел в технологической схеме производства пара и горячей воды

- Воздухоподогреватель (20) в небольших котлах располагают обычно после водяного экономайзера
- В воздухоподогревателе производится подогрев воздуха, идущего под колосниковую решетку в топочной камере, а также направляемого в систему подсушки и размола топлива
- Подогрев воздуха является обязательным при сжигании топлив с высоким содержанием влаги или твердого топлива в камерной топке
- При сжигании твердого топлива в слое или жидких и газообразных топлив в камере в большинстве случаев для котельных агрегатов малой производительности ограничиваются установкой только водяного экономайзера
- Воздух в воздухоподогреватель нагнетается дутьевым вентилятором (22) через входные короба и направляется в топку или в систему приготовления топлива по коробам горячего воздуха

Котел в технологической схеме производства пара и горячей воды

- ✓ Охлажденные и очищенные от золы дымовые газы удаляются в атмосферу через дымовую трубу (25)
- ✓ Высота дымовой трубы определяется из условий недопустимости загрязнения воздушного бассейна
- ✓ Дымовые трубы бывают кирпичные, бетонные и металлические. Кирпичные и бетонные трубы лучше металлических, так как в них медленнее остывают дымовые газы
- ✓ При работе котла с давлением в топочной камере выше атмосферного давления или при небольшой производительности котельной, когда оказывается недостаточной тяга, развиваемая дымовой трубой, дымососы не устанавливаются
- ✓ Дымовые газы, пройдя газоходы котла, направляются в золоуловители (23), затем в газоходы (борава) (31), дымососы (24) и дымовую трубу (25)



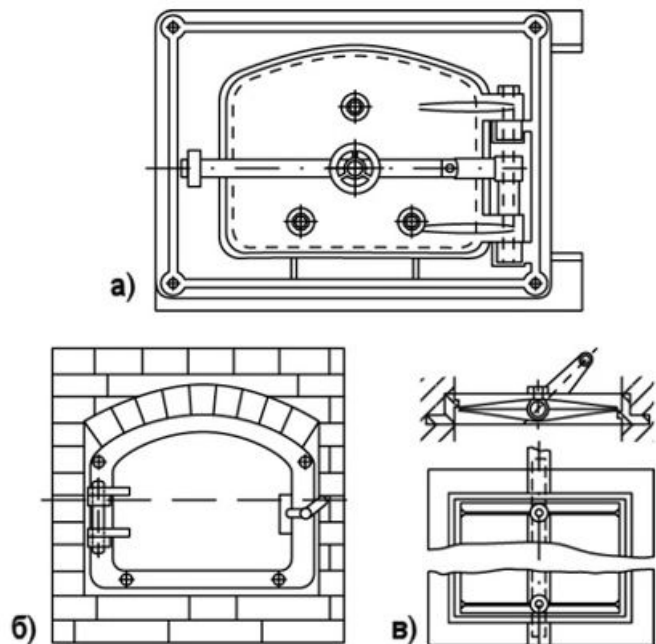
Кирпичная дымовая труба

- 1 - цоколь трубы;
- 2 – ствол трубы;
- 3 – растяжки;
- 4 – молниевывод;
- 5 – футеровка

Котел в технологической схеме производства пара и горячей воды

✓ Конденсат отработавшего пара, вернувшийся от потребителя, из бака (5) насосами (6) перекачивается в деаэратор (4) для удаления из воды воздуха и активных газов. В деаэратор также подается добавочная химически очищенная вода

✓ Арматура котла (30) представляет собой устройства, обеспечивающие безопасное его обслуживание



✓ Гарнитурой котла называют устройства, позволяющие обслуживать топочную камеру, колосниковые решетки и газоходы котла. К гарнитуре относятся:

- лазы, гляделки, люки с крышками и дверками и другие устройства для осмотра и очистки деталей топки и поверхностей нагрева
- шиберы и заслонки для регулирования тяги
- лючки для обдувки

Гарнитура котла:

- а) дверца с уплотнением и обмурованным металлическим экраном к топочным камерам
- б) лаз прямоугольной формы
- в) поворотная заслонка

Паровые котлы. Основные определения. Классификация и условное обозначение типоразмера паровых котлов

Водопаровой тракт

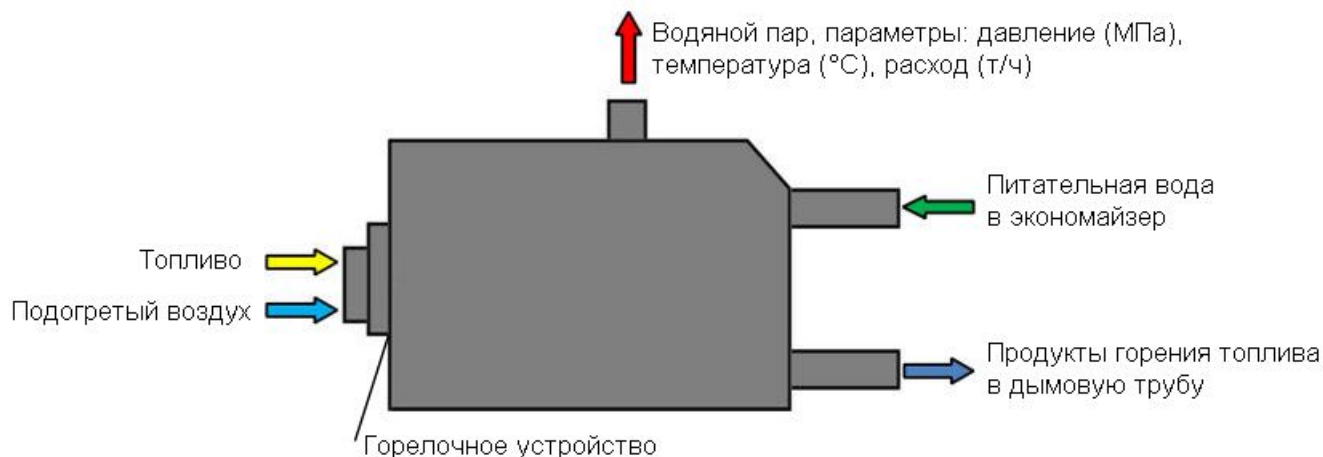
предварительный подогрев воды в экономайзере - испарение воды в топочных экранах - сепарация пара в барабане котла - перегрев пара в пароперегревателе

Газовый тракт

образование продуктов горения топлива в топочной камере - пароперегреватель - экономайзер - воздухоподогреватель - дымовая труба

Воздушный тракт

холодный воздух – воздухоподогреватель – горелочное устройство



Классификация паровых котлов по характеристикам газовоздушного тракта

- 1. Котлы с естественной тягой
 - Это паровые котлы, в которых движение воздуха и продуктов сгорания обеспечивается напором, возникающим под действием разности плотностей атмосферного воздуха и газа в дымовой трубе. В этом случае весь газовоздушный тракт находится под разряжением. Такая система применяется в котлах малой мощности при малых сопротивлениях движению потоков воздуха и продуктов горения

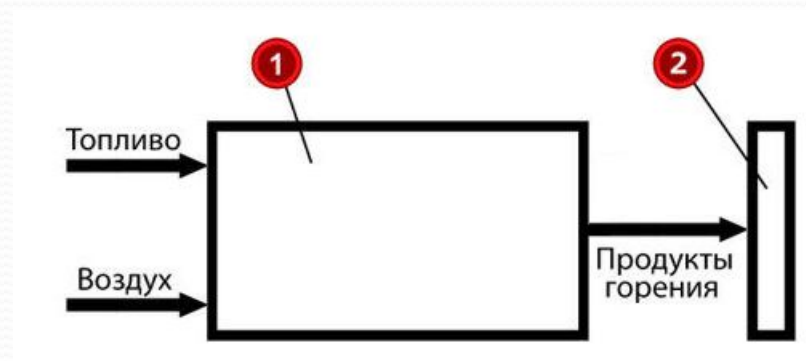
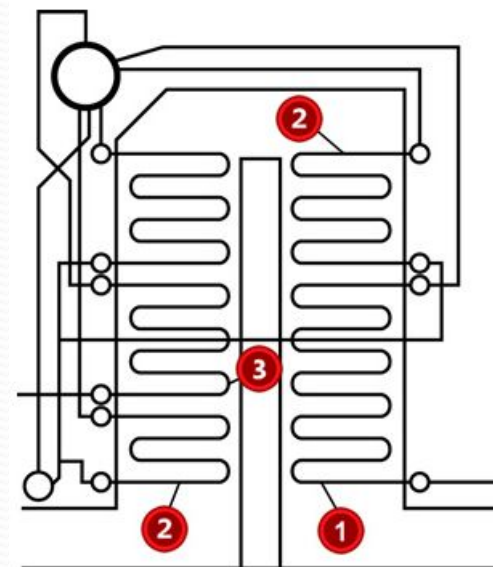


Схема котла с естественной тягой:
1 – котел; 2 – дымовая труба

Классификация паровых котлов по характеристикам пароводяного тракта

- 2. Барабанные котлы с многократной принудительной циркуляцией
 - При высоком давлении из-за малой разности в плотностях пара и воды обеспечение естественной циркуляции в контуре затруднительно. В этом случае применяют принудительную циркуляцию
- Установка циркуляционного насоса (ЦН) позволяет:
 - повысить напор в контуре
 - обеспечить произвольное (от вертикального до горизонтального) расположение испарительных труб топочных экранов
 - повысить степень парообразования

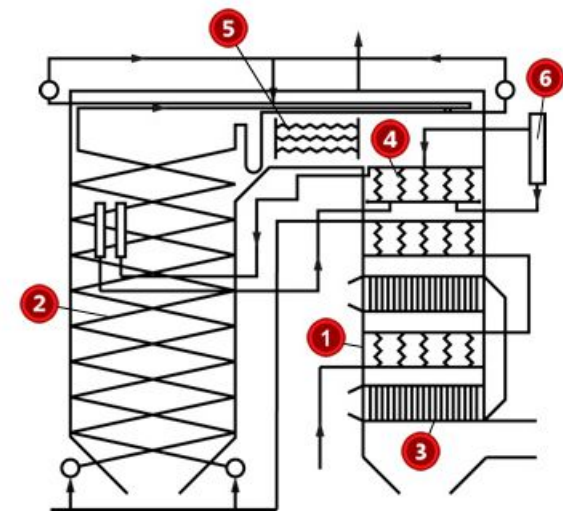


Барабанный котел с многократной принудительной циркуляцией:
1- экономайзер; 2 – испарительные поверхности нагрева; 3 - пароперегреватель

Классификация паровых котлов по характеристикам пароводяного тракта

• 3. Прямоточные котлы

- В прямоточных котлах отсутствует барабан
- Экономайзер, испарительная поверхность нагрева и пароперегреватель конструктивно объединены. Питательная вода последовательно проходит эти поверхности
- Движение рабочей среды по поверхностям нагрева однократное, оно осуществляется за счет напора, создаваемого питательным насосом
- В прямоточных котлах кратность циркуляции равна 1
- Надежное охлаждение металла труб испарительной поверхности обеспечивается повышенными скоростями движения рабочего тела. Прямоточные котлы могут работать как на докритических, так и на сверхкритических давлениях
- Требования к качеству питательной воды прямоточных котлов значительно выше, чем у барабанных. Даже при высоком качестве питательной воды прямоточных котлов из-за постоянного роста отложений в трубах прямоточные котлы приходится периодически останавливать и подвергать кислотной промывке



Прямоточный котел

- 1 – экономайзер; 2 – испарительные поверхности нагрева; 3 – воздухоподогреватель; 4 – переходная зона испарительной поверхности нагрева; 5 – конвективный пароперегреватель; 6 – сепаратор пара

Классификация паровых котлов по виду сжигаемого топлива

Агрегатное состояние	Природное топливо	Искусственное топливо
Твердое	Ископаемое: торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючий сланец	Торфяной брикет, буроугольный брикет, кокс, полукокс
	Возобновляемое: древесина	Древесный уголь, древесные отходы, гидролизный лигнин, сельскохозяйственные отходы
Жидкое	Нефть	Мазут, дизельное топливо, бензин, керосин, сланцевое масло
Газообразное	Газ: природный, попутный	Газ: сжиженный, коксовый, доменный, пиролизный



Ископаемые угли – основные энергетические топлива из твердых топлив



Мазут – основное энергетическое топливо из жидких топлив



Природный газ – основное энергетическое топливо из газообразных топлив

Классификация котлов по типу топочного устройства (топки)

• 1. Слойной способ сжигания твердого топлива

- Процесс сжигания топлива происходит в неподвижном и кипящем (псевдоожиженном) слое
- В неподвижном слое куски топлива не перемещаются относительно решетки, под которую подается необходимый для горения воздух
- В кипящем слое частицы твердого топлива под действием скоростного напора воздуха интенсивно перемешиваются. Кипящий слой существует в границах скоростей от начала псевдоожижения до режима пневмотранспорта
- В отличие от неподвижного слоя, где размер частиц твердого топлива достигает 100 мм, в кипящем слое сжигается дробленый уголь с частицами размером не превышающим 25 мм

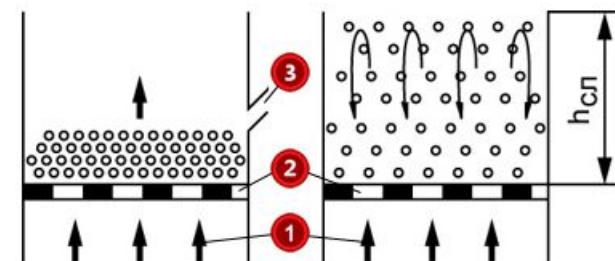


Схема сжигания топлива:

А) в неподвижном слое

Б) в кипящем слое

1 – подвод воздуха; 2 – решетка;

3 – дутьевое кольцо

Классификация котлов по типу топочного устройства (топки)

- 2. Камерный (факельный) способ сжигания твердого, жидкого и газового топлива
 - При скорости газового потока в топочной камере, превышающей скорость витания частиц в кипящем слое (режим пневмотранспорта) последние оказываются взвешенными в газозвушном потоке и вместе с ним начинают перемещаться, сгорая в полете в пределах топочной камеры. Такой топочный процесс называется **факельным**
 - Так как время пребывания газа в топочной камере ограничено, то для обеспечения выгорания за короткое время применяют топливо, измельченное до пылевидного состояния (диаметр десятки микрометров)
 - Измельчение топлива при факельном процессе горения увеличивает площадь поверхности реагирования и облегчает транспорт топливных частиц по топочному объему. Вместе с тем относительная скорость пылинок в газовом потоке ничтожно мала, что ухудшает условия горения топлива

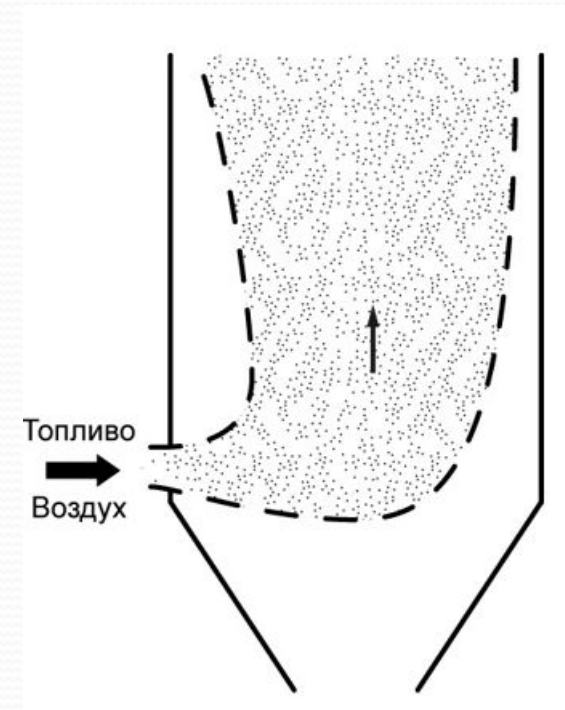
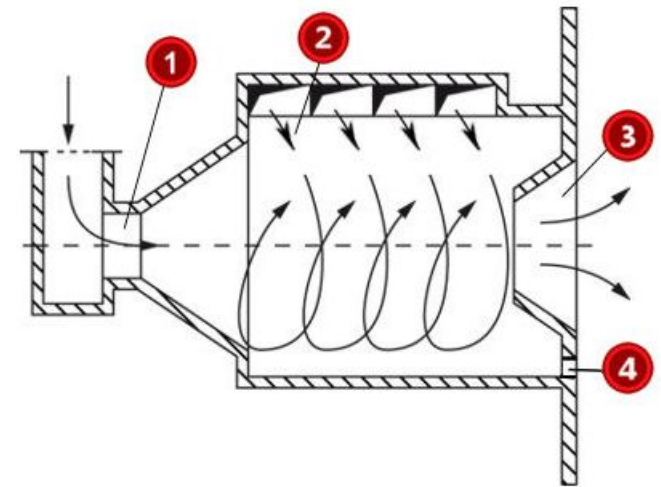


Схема факельного сжигания топлива

Классификация котлов по типу топочного устройства (топки)

• 3. Вихревой (циклонный) способ сжигания топлива

- Основным недостатком сжигания твердого топлива факельным способом является то, что мелкие частицы топлива, из-за высоких скоростей движения факела, находятся в топочном объеме незначительное время (порядка 2-3 секунд). Вихревые (циклонные) топки лишены этого недостатка
- При вихревом сжигании топлива к топке котла пристраивается цилиндрический циклон (предтопок), в котором пылевоздушная смесь закручивается по спирали вторичным воздухом
- Внутренняя поверхность циклона защищена шипованными экранными трубами. Мелкие частицы топлива сгорают на лету в предтопке. Крупные частицы топлива центробежной силой отбрасываются на стены и полностью выгорают на пленке из жидкого шлака независимо от длительности пребывания продуктов сгорания в циклоне и скорости их перетекания в топку и охлаждения через амбразуру циклона
- В предтопке улавливается до 85% золы, которая в виде жидкого шлака удаляется через летку. Одним из преимуществ циклонных топок по сравнению с факельными является высокая степень шлакоулавливания



Принципиальная схема работы горизонтального предтопка:
1-пылевоздушная смесь; 2-вторичный воздух; 3-амбразура циклона; 4-летка

Классификация паровых котлов по рабочим параметрам



Условное обозначение типоразмера парового котла состоит из разделенных тире и последовательно расположенных обозначений и индексов в следующей последовательности:



✓Пр – с принудительной циркуляцией

✓ПрП – с принудительной циркуляцией и промежуточным перегревом пара

✓Е – с естественной циркуляцией

✓Еп – с естественной циркуляцией и промежуточным перегревом пара

✓П – прямоточные

✓Пп – прямоточные с промежуточным перегревом пара

✓К – с комбинированной циркуляцией

✓Кп – с комбинированной циркуляцией и промежуточным перегревом пара

Классификация паровых котлов по рабочим параметрам



Условное обозначение типоразмера парового котла состоит из разделенных тире и последовательно расположенных обозначений и индексов в следующей последовательности:



Номинальная
паропроизводительность,
т/час (тонны пара в час)

Абсолютное давление
пара, МПа

Температура пара и температура
промежуточного перегрева пара, °С

Если температура пара и температура
промежуточного перегрева пара
одинаковы, то значение температуры
указывается один раз, если они различны,
то обе температуры указываются
последовательно через дробь

Для котлов, вырабатывающих
насыщенный пар, температуру пара не
указывают

Классификация паровых котлов по рабочим параметрам



Условное обозначение типоразмера парового котла состоит из разделенных тире и последовательно расположенных обозначений и индексов в следующей последовательности:



Индекс вида топлива, используются следующие индексы:

▪К – каменный уголь и полуантрацит (тощий уголь)

▪Б – бурый уголь, лигниты

▪М – мазут

▪О – отходы, мусор

▪А- антрацит, антрацитовый штыб (шлам)

▪С – сланцы

Для котлов, работающих на несколько видах топлива (кроме растопочного), указываются

▪Г – газ природный

все соответствующие индексы

▪Д – другие виды топлива

Классификация паровых котлов по рабочим параметрам



Условное обозначение типоразмера парового котла состоит из разделенных тире и последовательно расположенных обозначений и индексов в следующей последовательности:



Индекс вида топлива, используются следующие индексы:

- **Т** – камерная топка с твердым шлакоудалением
- **Р** – слоевая топка (решетка)
- **Ф** – топка с кипящим (флюидизированным) слоем (стационарным и циркулирующим)
- ✓ ■ **Ж** – камерная топка с жидким шлакоудалением
- ✓ При сжигании в камерной топке мазута и (или) газа индекс типа топки в обозначении типоразмера котла не указывается
- **В** – вихревая топка
- ✓ Индексы вида топлива, сжигаемого в котле со слоевой топкой, в обозначении типоразмера котла не указываются
- **Ц** – циклонная топка
- **И** – иные виды топок, в т.ч. двухзонные

Классификация паровых котлов по рабочим параметрам



Условное обозначение типоразмера парового котла состоит из разделенных тире и последовательно расположенных обозначений и индексов в следующей последовательности:



Добавочный индекс Н – для котлов с давлением в топке выше атмосферного (с наддувом)



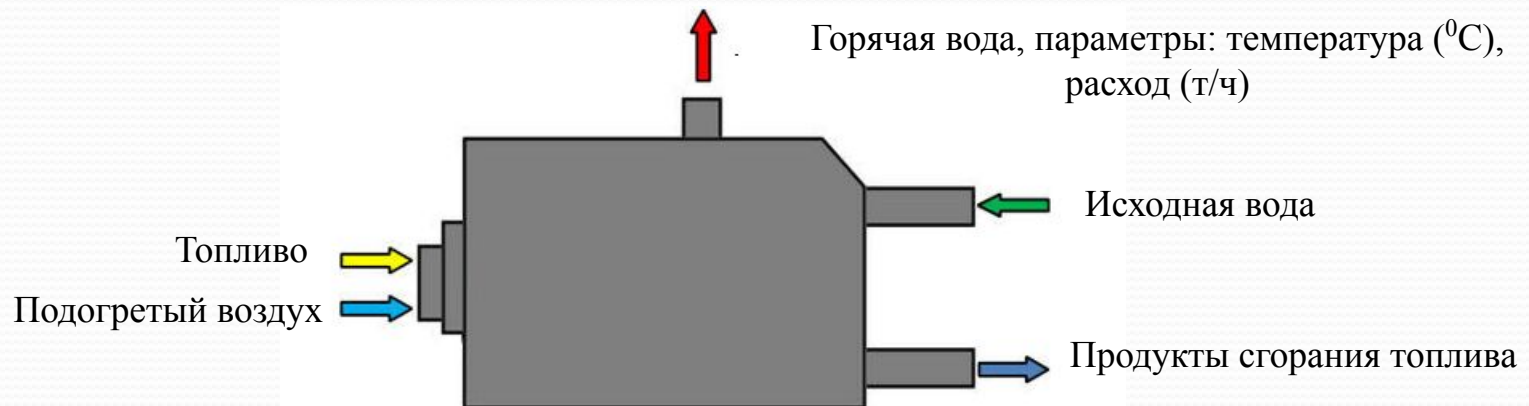
Индексы вида топлива, вида топки и наличия наддува между собой тире не разделяют

Классификация паровых котлов по рабочим параметрам



Водогрейные котлы. Основные определения. Классификация и условное обозначение типоразмера

- ✓ Водогрейные котлы предназначены для получения горячей воды заданных параметров, главным образом для целей отопления
- ✓ Водогрейные котлы работают **по прямоточной схеме с постоянным расходом воды**. Нагрев воды производится в экранных (образующих топочную камеру) трубах, а также в конвективных трубах (обогреваемых продуктами сгорания топлива)
- ✓ Водогрейные стальные котлы устанавливают в промышленно-отопительных котельных, а также на ТЭЦ (теплоэлектроцентралях) для покрытия пиковых отопительно-вентиляционных нагрузок
- ✓ Температура воды на входе в котел 70 °С (в пиковом режиме до 110 °С), температура воды на выходе из котла -150 °С (максимальная - до 200 °С). В пароводогрейных котлах наряду с получением подогретой воды вырабатывается также технологический пар

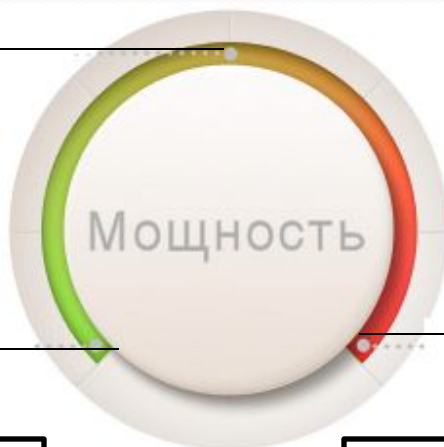


Водогрейные котлы



Для водогрейных котлов установлена следующая шкала тепловых мощностей МВт (Гкал/час):

Средняя тепловая мощность
11,6 (10); 23,3 (20); 35,0 (30);
58,2 (50)



Малая тепловая мощность
0,63 (0,54); 0,8 (0,69); 1,1 (1,0); 1,6
(1,38); 2,0 (1,72); 2,5 (2,25); 3,15
(2,7); 3,6 (3,1); 4,65 (4,0); 7,56 (6,5)

Высокая тепловая мощность
116,3 (100); 209,4 (180)



Тема 2. Характеристики и конструкции котлов.

Паровые и водогрейные котлы промышленных и отопительных котельных. Энергетические котлы.

В теме рассматриваются:

- ☐ Котлы с жаровыми и дымогарными трубами
- ☐ Водотрубные котлы с естественной циркуляцией низкого давления
- ☐ Водотрубные котлы с естественной циркуляцией среднего давления
- ☐ Энергетические котлы с естественной циркуляцией
 - ☐ Прямоточные котлы
 - ☐ Компоновка котлов
- ☐ Водогрейные и пароводогрейные котлы

Котлы с жаровыми и дымогарными трубами



Отличительной особенностью таких котлов является нетребовательность к качеству воды, большая аккумулирующая способность и относительная простота в эксплуатации.

Вертикальные котлы:

- Котел с наддувом для работы на природном газе типа Е-0,4/9Г;
- Паровой котел с наддувом прямоточный П-0,4/9Г;
- Вертикальный паровой котел с наддувом типа Пр-0,4/9Г;
- Цилиндрический котел типа ММЗ-1М



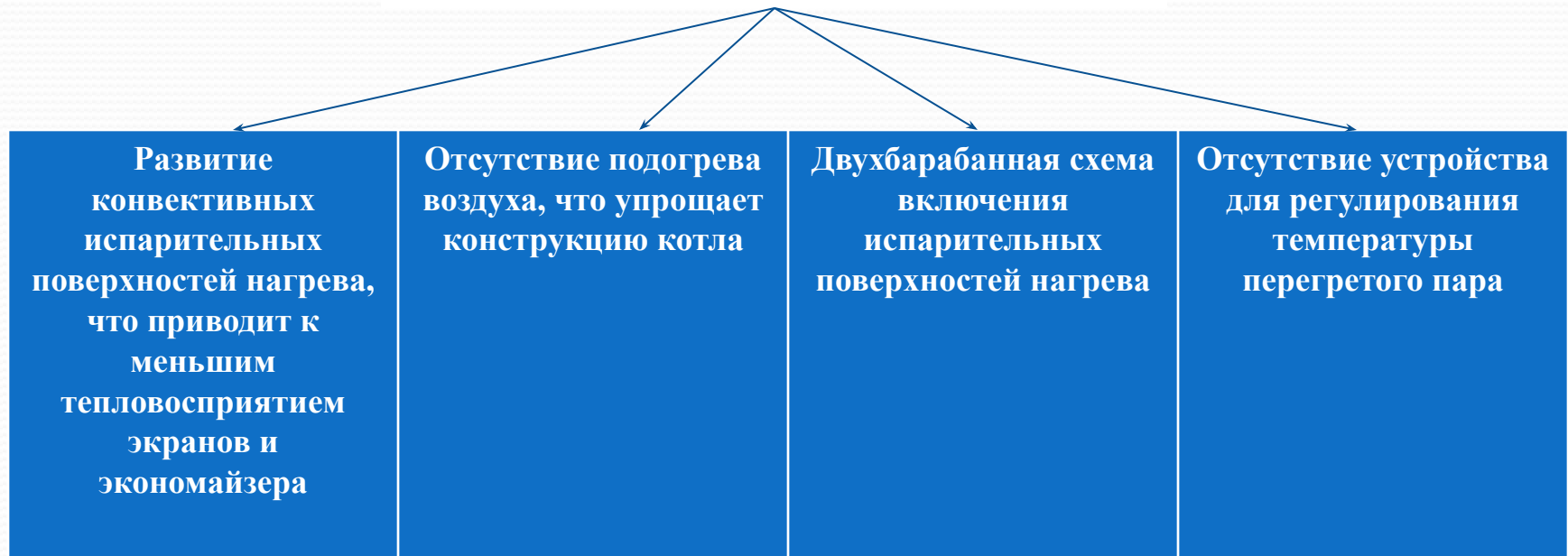
Общей для вертикальных котлов является обязательность сжигания качественного топлива. Достоинствами являются малая занимаемая площадь, простота обслуживания. Однако, такие котлы при неправильном обслуживании весьма опасны из-за крупных разрушений, происходящих при их взрывах.

Горизонтальные котлы:

- Горизонтальный цилиндрический паровой котел с одной гладкой жаровой трубой;
- Горизонтальный цилиндрический паровой котел с двумя жаровыми трубами в обмуровке

Водотрубные котлы с естественной циркуляцией низкого давления

Особенности водотрубных котлов малой производительности и низкого давления



Водотрубные котлы с естественной циркуляцией низкого давления

Котел типа Е-1/9

Паровой котел Е (КЕ)
типоразмера 10-1,4Р

Двухбарабанный паровой
котел типа Е (ГМ)

Паровой двухбарабанный
котел ДКВ (ДКВр)

Газомазутный котел ДЕ-25ГМ

Водотрубные котлы с естественной циркуляцией среднего давления

- С повышением производительности котлов и применением факельного сжигания топлива, а также в газомазутных котлах увеличиваются объем топки и поверхность ее стен, покрытых топочными экранами.
- Так как в котлах с естественной циркуляцией топочные экраны преимущественно испарительные поверхности нагрева, то с ростом производительности котла роль кипяtilьных (котельных) пучков постепенной уменьшается и отпадает надобность в установке двух барабанов.
- Однобарабанные вертикальные водотрубные паровые котлы с естественной циркуляцией среднего давления выпускаются на давления 2,4 и 3,9 МПа, производительностью 25, 35, 50, 75, 100 и 160 т/час с перегревом пара до 440⁰ С. Как правило, они имеют П-образную компоновку с размещением топки в подъемной шахте.
- В опускном газоходе располагаются конвективные поверхности нагрева (экономайзер, воздухоподогреватель и иногда ступени пароперегревателя).

Прямоточные котлы

- ❑ Прямоточные котлы большой паропроизводительности при высоких, сверхвысоких и сверхкритических параметрах пара широко применяется на тепловых электростанциях.
- ❑ Такие котлы выпускаются для работы на различных видах топлива производительностью 210 и 1000 т/час с начальными параметрами пара 13,7 МПа, 560° С, а также производительностью 1000, 1650, 2650, 3650, 3950 т/час, с параметрами пара 25 МПа, 565° С и промежуточным нагревом пара до 567° С.
- ❑ В прямоточных котлах движение пароводяной смеси в трубах происходит принудительно при помощи питательных насосов. На пути движения рабочей среды помещают смесительные коллекторы, разделяющие всю поверхность нагрева на водяной экономайзер, радиационную часть, переходную зону и пароперегреватель.
- ❑ В прямоточных котлах сверхкритического давления радиационная часть выполняется в виде панелей (прямые вертикальные или изогнутые трубы).

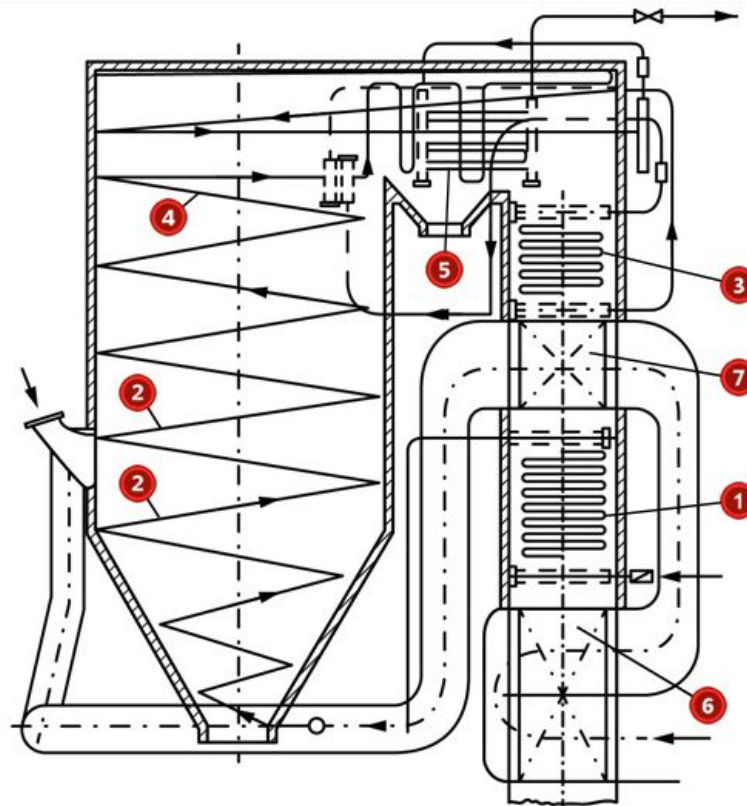
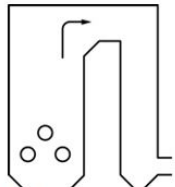


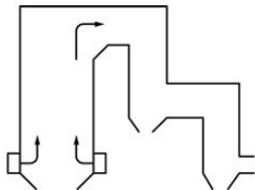
Схема прямоточного котлоагрегата высокого давления:
1 - водяной экономайзер; 2 - нижняя радиационная часть (экономайзерная и испарительная) (НРЧ); 3 - переходная зона; 4 - верхняя радиационная часть (перегревательная) (ВРЧ); 5 - конвективный пароперегреватель; 6 - первая ступень воздухоподогревателя; 7 - вторая ступень воздухоподогревателя.

Компоновка котлов

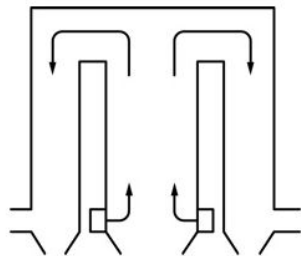
Под компоновкой котлов подразумевается взаимное расположение газоходов и поверхностей нагрева. Наиболее распространены следующие компоновки:



П-образная компоновка



П-образная двухходовая компоновка



Т-образная компоновка с двумя конвективными шахтами

П-образная

Преимуществом П-образной компоновки является подача топлива в нижнюю часть топки и вывод продуктов сгорания из нижней части конвективной шахты.

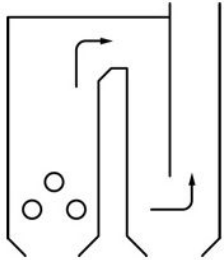
Недостатком П-образной компоновки является неравномерное заполнение газами топочной камеры и неравномерное омывание продуктами сгорания поверхностей нагрева, расположенных в верхней части котла, а также неравномерная концентрация золы по сечению конвективной шахты.

Т-образная

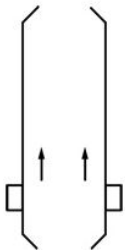
Т-образная компоновка с двумя конвективными шахтами, расположенными по обе стороны топки, с подъемным движением газов в топке позволяет уменьшить глубину конвективной шахты и высоту горизонтального газохода.

Наличие двух конвективных шахт усложняет отвод газов.

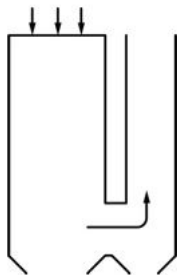
Компоновка котлов



Трехходовая компоновка с двумя конвективными шахтами



Башенная компоновка



U-образная компоновка с инверторной топкой

Трехходовая

Трехходовая компоновка с двумя конвективными шахтами иногда применяется при верхнем расположении дымососов.

Четырехходовая компоновка с двумя вертикальными переходными газоходами, заполненными разряженными поверхностями нагрева, применяется при работе котла на зольном топливе с легкоплавкой золой.

Башенная

Башенная компоновка используется для пиковых котлов, работающих на газе и мазуте, в целях использования самотяги газоходов. При этом возникают затруднения, связанные с осуществлением опорной конструкции для конвективных поверхностей нагрева.

U-образная

U-образная компоновка с инверторной топкой с нисходящим в ней потоком продуктов сгорания и подъемными их движением в конвективной шахте обеспечивает хорошее заполнение топки факелом, низкое расположение пароперегревателей и минимальное сопротивление воздушного тракта из-за малой длины воздухопроводов.

Недостаток такой компоновки – ухудшенная аэродинамика переходного газохода, обусловленная расположением горелок, дымососов и вентиляторов на большой высоте. Такая компоновка более целесообразна при работе котла на газе и мазуте.

Водогрейные и пароводогрейные котлы

Водогрейный
газотопный
котел

Водогрейный
газотопный
котел КВ-

Водогрейный
котел КВ-

Комбинированный

пароводогрейный котел

Водогрейный
котел

Маломощный
водогрейный котел с

циклонными пылеуловителями

Водогрейный

КВ-ТК-50-150

Котлы специального назначения

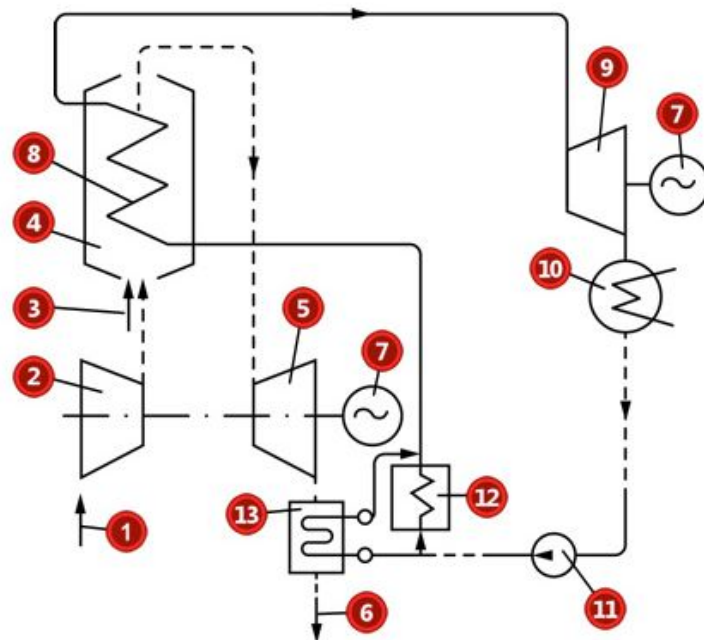
В теме рассматриваются:

- ☐ Низконапорные и высоконапорные паропроизводящие установки
- ☐ Котлы непрямого действия и с неводяным теплоносителем
 - ☐ Передвижные котлы
 - ☐ Электрокотлы

Низконапорные и высоконапорные паропроизводящие установки

Сжигание топлива в топке высоконапорного котла ПГУ (водотрубного с принудительной циркуляцией) происходит под давлением до 0,6-0,7 МПа, что приводит к сокращению затрат металла на тепловоспринимающие поверхности.

После котла продукты сгорания поступают в газовую турбину, на валу которой находится воздушный компрессор и электрогенератор. Пар из котла поступает в турбину с другим электрогенератором.



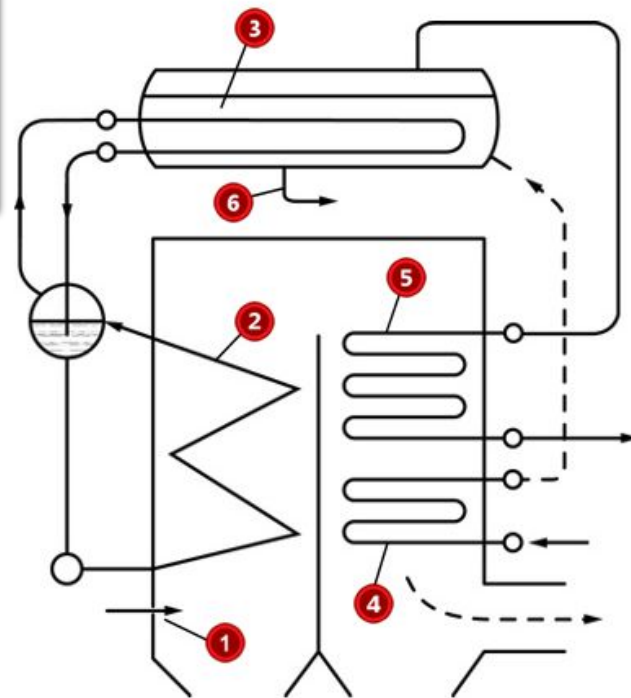
Принципиальная схема парогазовой установки с ВНППУ:

1 – забор воздуха; 2 – компрессор; 3 – топливо; 4 – камера сгорания; 5 – газовая турбина; 6 – выхлоп отработавших газов; 7 – эл. генератор; 8 – котел; 9 – паровая турбина; 10 – конденсатор; 11 – насос; 12 – подогреватель высокого давления; 13 – регенеративный подогреватель на отходящих газах (экономайзер)

Котлы непрямого действия и с неводяным теплоносителем

Основным отличием котлов непрямого действия является наличие, по крайней мере, двух водяных контуров, что обеспечивает основное преимущество этих котлов – повышение надежности испарительных поверхностей нагрева при работе на недостаточно очищенной воде.

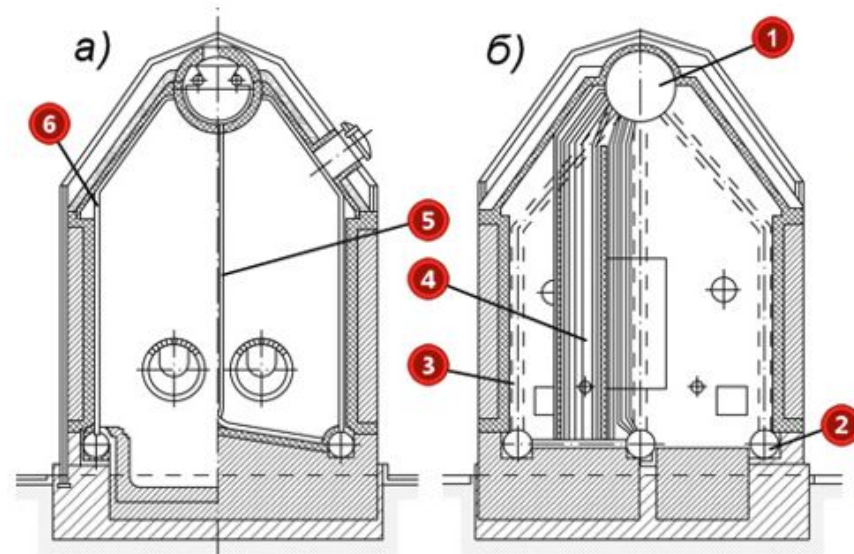
- ✓ В топочной камере двухконтурного водо-водяного котла размещены испарительные поверхности первичного контура, заполненные конденсатом, что обеспечивает работу контура без накипи.
- ✓ Образующийся в первичном контуре пар высокого давления направляется в барабан-испаритель, в котором испаряет воду, поступающую в барабан из экономайзера. Конденсирующийся пар первичного контура вновь поступает в испарительную поверхность, а образующийся в барабане-испарителе вторичный пар направляется в пароперегреватель и затем к потребителю.
- ✓ При работе такого двухконтурного водо-водяного котла примеси, содержащиеся в питательной воде, откладываются на поверхностях труб вторичного испарительного контура, что приводит к существенному уменьшению теплоотдачи.
- ✓ Для возможности передачи теплоты от первичного контура ко вторичному поддерживается разность давлений между ними 3-5 МПа. Наличие двух пароводяных контуров и двух барабанов определяет большие затраты металла и более высокую стоимость такого котла.



Двухконтурный водо-водяной котел
1 – топочная камера;
2 – испарительные поверхности нагрева первичного контура;
3 – барабан-испаритель;
4 – экономайзер;
5 – пароперегреватель;
6 – продувочная линия

Котлы непрямого действия и с неводяным теплоносителем

- ✓ Однобарабанный парогенератор радиационно-конвективного типа с естественной циркуляцией ВОТ, предназначен для установки на открытом воздухе. Топка котла оснащена помимо боковых (6) и заднего экранов двухрядным экраном двустороннего облучения (5).
- ✓ Чтобы избежать коксования дифенильной смеси в трубах двухсветного экрана, его первые две трубы, обращенные в сторону горелок, покрыты шипами, на которых крепится огнеупорная замазка, имеющая малую теплопроводность.
- ✓ Питание парогенератора дифенильной смесью осуществляется через верхний барабан (1), откуда она по шести опускным необогреваемым трубам (3) поступает в три соединенных между собой нижних коллектора (2). Образующаяся в парогенерирующих трубах (4), (6) парожидкостная смесь поступает в барабан (1), откуда пар, пройдя сепаратор, отводится к потребителю.
- ✓ Благодаря использованию экранов двустороннего облучения доля радиационной поверхности составляет 50% от всей поверхности. Применение двухсветного экрана позволяет сократить габариты парогенератора.



*Парогенератор ВОТ тепловой мощностью
8,72 МВт*

а) разрез по топке;

б) разрез по конвективному пучку

Передвижные котлы

они не связаны с постоянным местом работы. Эти котлы монтируются в собранном виде на передвижных

производительность (до 0,28 кг/с - автомобильные) и давление (0,2-0,5

нефтепромыслах, в полевых условиях, в энергопоездах (в этом случае котел монтируется на железнодорожной

твердом топливе (дрова), на жидком топливе (дизельное топливо, соляровое

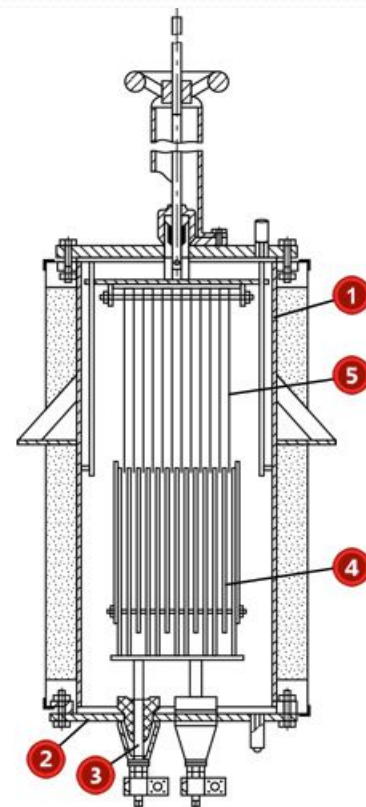
30-70%), что обусловлено высокой температурой уходящих газов. Газы уходят на котла, оборудованной тягой

неподготовленной воде, что приводит к ускоренному образованию накипи на

жаротрубные, дымогарные и комбинированные водотрубные

Электрокотлы

- Электродный водогрейный котел ЭКВ-0,4 предназначен для подогрева воды для систем горячего водоснабжения и отопления зданий и небольших поселков. Действие котла основано на нагреве воды при пропуске через нее электрического тока напряжением 0,4 кВ
- Котел состоит из корпуса (1), выполненного из трубы, нижнего днища (2), через которое с помощью изоляционных втулок пропускаются токоведущие стержни (3). На стержнях крепятся фазные электродные пластины (4), собранные в виде многопластинчатого пакета
- В верхней части корпуса размещается регулирующее устройство, выполненное в виде пакета диэлектрических пластин (5), входящих в зазоры между электродными пластинами
- Вода в электродном котле нагревается от 70° до 95° С. Давление нагреваемой воды до 0,6 МПа. Электрическая мощность котла от 40 до 400 кВт, а тепловая мощность составляет 0,4 МВт (0,35 Гкал/ч). Пределы регулирования нагрузки -30-100 %.



Котлы производственных технологических систем

В теме рассматриваются:

- ☐ Особенности использования котлов
- ☐ Котлы на отходящих производственных газах
- ☐ Котлы, использующие теплоту технологического продукта
- ☐ Получение пара в элементах технологических установок и его перегрев

Особенности использования котлов

В ряде отраслей промышленности возникает необходимость использовать теплоту отходящих газов технологических установок, теплоту технологического продукта, теплоту шлака и охлаждающей воды. В этих целях применяются парогенерирующие установки, утилизирующие эту теплоту.

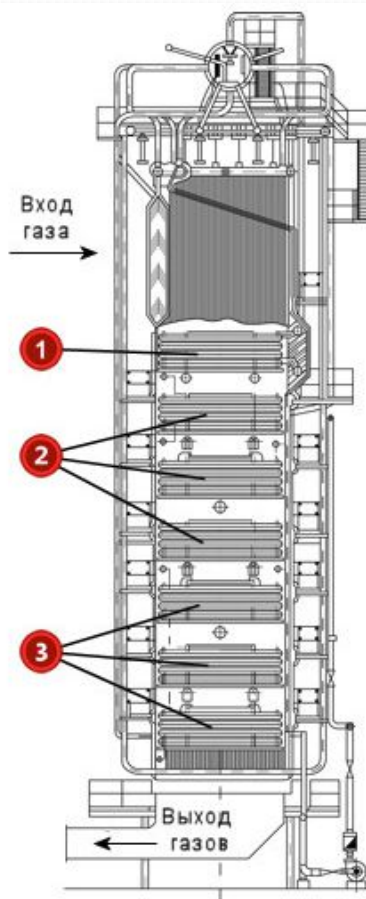
При этом в конструкциях котлов парогенерирующих установок учитывается характер используемого теплоносителя. Например, при температуре отходящих газов более 1000°C в основном применяются радиационные поверхности нагрева. Конвективные поверхности нагрева применимы при температуре отходящих газов $800\text{--}900^{\circ}\text{C}$.

Котлы на отходящих производственных газах

- Радиационно-конвективный котел УКЦМ-25/40 для использования теплоты отходящих газов
- Котел ПКК использования теплоты от сжигания отбросных газов сажевого производства
- Котел СЭТА-Ц-100-1 для использования теплоты отходящих газов серной печи
- Котел СКУ-7,6/4 для использования теплоты отходящих газов при сжигании сероводородного газа и конденсации серы
- Котел КУ-125 для использования теплоты отходящих газов нагревательных, мартеновских и других печей
- Котел ОКГбд-250М для использования теплоты конвертерных газов

Котлы, использующие теплоту технологического продукта

- ✓ Котел-утилизатор КСТК-35/40 башенной компоновки предназначен для использования теплоты горячего кокса. Котел не имеет каркаса и подвешивается к металлоконструкциям цеха через опорный пояс.
- ✓ Подвод горячего газа осуществляется сверху. Газоход образован газоплотными панелями из труб, включенных в контур естественной циркуляции.
- ✓ Внутри газохода расположены конвективные поверхности нагрева, выполненные из труб, включенных в контур многократной принудительной циркуляции.
- ✓ По ходу газов последовательно располагаются пароперегреватель (1), испарительная поверхность нагрева (2), экономайзер (3).
- ✓ Расход газа в установке сухого тушения 100000 м³/ч. Температура газов на входе в котел -800⁰ С, на выходе из котла -150⁰ С. Производительность котла 9 кг/с перегретого пара давлением 4 МПа и температурой 440⁰ С.



Комбинированные энерготехнологические агрегаты

В теме рассматриваются:

- ☐ Особенности энерготехнологического теплоиспользования
- ☐ Промышленное применение циклонных энерготехнологических агрегатов
- ☐ Энерготехнологические агрегаты в химической промышленности
- ☐ Энерготехнологические агрегаты в целлюлозной промышленности

Особенности энерготехнологического теплоиспользования

Энерготехнологическое теплоиспользование предусматривает не простое сочетание технологической установки, как источника вторичных энергоресурсов, и устройства для утилизации этих ресурсов (котла, отключение которого практически не сказывается на работе технологической установки), а оптимизацию всей системы теплоиспользования, в которой раздельная работа технологических и энергетических элементов невозможна.

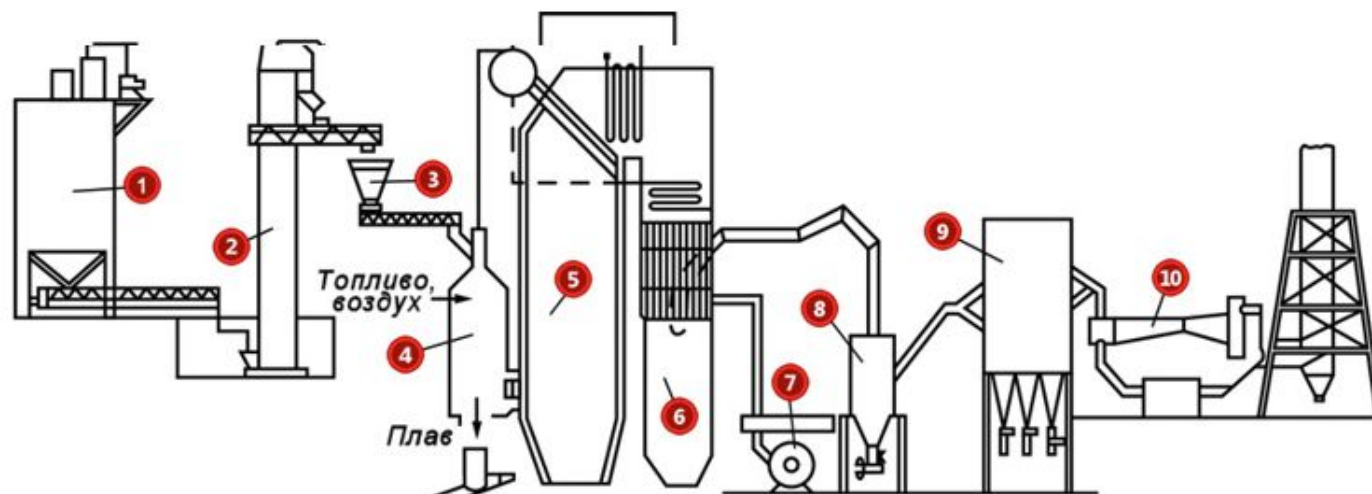
Для ряда процессов высокая технологическая эффективность может достигаться при использовании принципа кипящего слоя.

Для оптимизации низкотемпературных технологических экзотермических процессов в кипящем слое необходим отвод избыточной теплоты из слоя в целях предотвращения плавления и размягчения частиц кипящего слоя.

Надежная работа кипящего слоя и улучшение энергетических показателей процесса достигается путем установки в этом слое энергетических теплоиспользующих элементов, таких как экономайзер, испарительные и пароперегревательные поверхности нагрева.

Промышленное применение циклонных энерготехнологических агрегатов

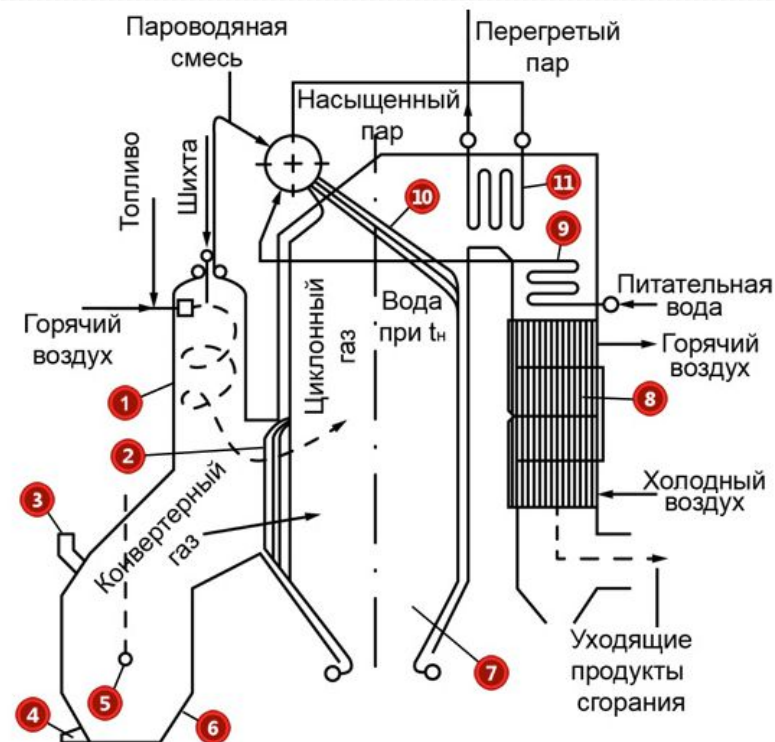
Циклонные энерготехнологические агрегаты для переработки фосфоритов



Промышленное применение циклонных энерготехнологических агрегатов

Циклонно-конвертерный энерготехнологический агрегат.

- ✓ В циклонно-конвертерном энерготехнологическом агрегате скоростная плавка материалов в циклоне может сочетаться с последующей продувкой расплава в конвертере.
- ✓ Шихта подается сверху циклона (1), газ и воздух для осуществления процесса горения подводятся тангенциально. Продукты сжигания топлива и горючих компонентов шихты вместе с расплавом переходят через пережим, расположенный внизу циклона.
- ✓ Пройдя затем через жидкопленочный сепаратор (2), газы поступают в радиационную камеру (7) парового котла, а расплав стекает в конвертер (6), где осуществляется его продувка. Кислород подается в конвертер (6) через фурмы, флюсы и поступают из бункеров (3).
- ✓ Конвертерные газы через жидкопленочный сепаратор (2) проходят в радиационную камеру, образовавшийся шлак удаляется через шлаковую летку (5), а расплавленный металл стекает через металлическую летку (4) в ковш.
- ✓ Плавление шихтовых материалов в циклоне и продувка расплава в конвертере протекают одновременно и непрерывно.
- ✓ В радиационной камере котла наряду с образованием пароводяной смеси в экранных трубках происходит также грануляция шлака. Циклонные и конвертерные газы после радиационной камеры проходят через фестон котла (10), пароперегреватель (11), экономайзер (9) и воздухоподогреватель (8).



Циклонно-конвертерный энерготехнологический агрегат:
1- циклон; 2- жидкопленочный сепаратор;
3- бункера; 4-металлическая летка; 5-шлаковая летка; 6- конвертер; 7-радиационная камера; 8- воздухоподогреватель; 9-экономайзер; 10-фестон; 11- пароперегреватель

Энерготехнологические агрегаты в химической промышленности

Комбинированный энерготехнологический агрегат для низкотемпературного процесса обжига колчедана в кипящем слое

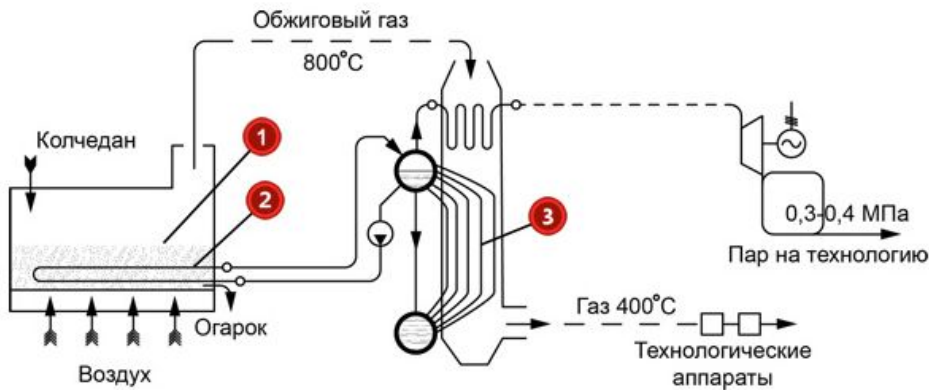


Схема энерготехнологического агрегата для обжига серосодержащего сырья в кипящем слое:

- 1 – печь с кипящим слоем;
- 2 – испарительные элементы;
- 3 – котел на отходящих газах

В кипящем слое обжигаемого материала установлены испарительные поверхности нагрева, воспринимающие избыточную теплоту и обеспечивающие бесшлаковую работу слоя.

Поверхности нагрева объединены с котельной установкой, использующей теплоту отходящих газов.

После энерготехнологической установки обжиговые газы поступают в технологические аппараты для дальнейшей переработки, а полученный пар используется для выработки электроэнергии на технологические нужды.

Энерготехнологические агрегаты в химической промышленности

Энерготехнологический агрегат охлаждения газов после колонны синтеза аммиака

При производстве аммиака после колонны синтеза аммиака газы, имея давление 35 МПа и температуру 410°C , направляются в охладитель газов – котел.

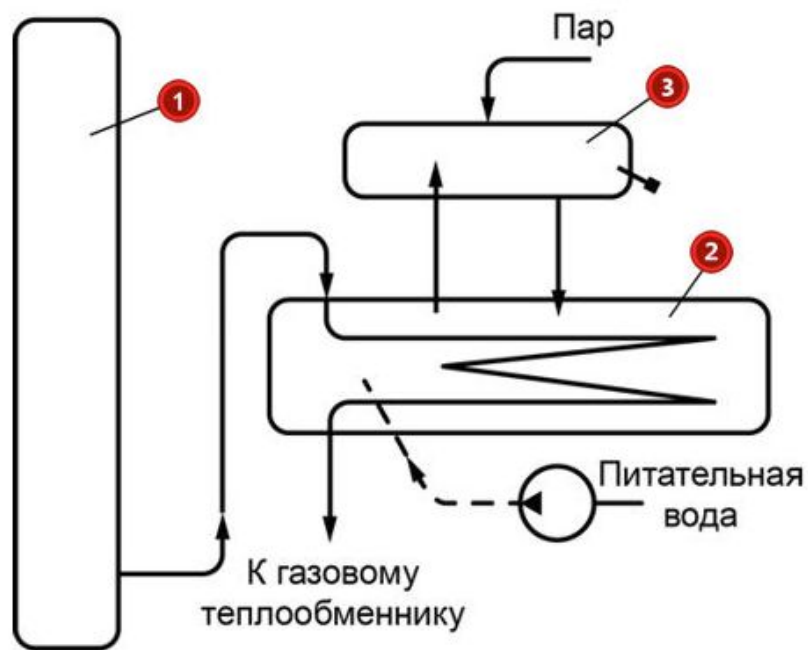


Схема установки котла-охладителя газов после колонны синтеза аммиака:

- 1 – колонна синтеза аммиака;*
- 2 – котел-охладитель газов;*
- 3 – барабан-сепаратор пара*

Энерготехнологические агрегаты в целлюлозной промышленности

- ✓ В схеме компоновки содорегенерационного котла типа СРК-625 черный щелок (варочный раствор, отмытый от целлюлозной массы, основной компонент которого Na_2SO_4) влажностью 50-45 % из выпарной установки поступает в смеситель (7), где смешивается с уловленной в электрофильтре (8) золой.
- ✓ Из этого смесителя щелок попадает в другой смеситель, где смешивается с золой из бункеров котла, расположенных под конвективными поверхностями нагрева.
- ✓ Из последнего смесителя щелок самотеком поступает в каскадный испаритель (4), предназначенный для дополнительной сушки черного щелока.
- ✓ Далее щелок направляется через проточный ящик-фильтр (6), ящик опорожнения (5) и подогреватель к специальным форсункам грубого распыла. Воздух для сжигания черного щелока в топке (1) котла подается вентилятором (3). Образовавшийся на поду топки расплав стекает в бак-растворитель плава (2).

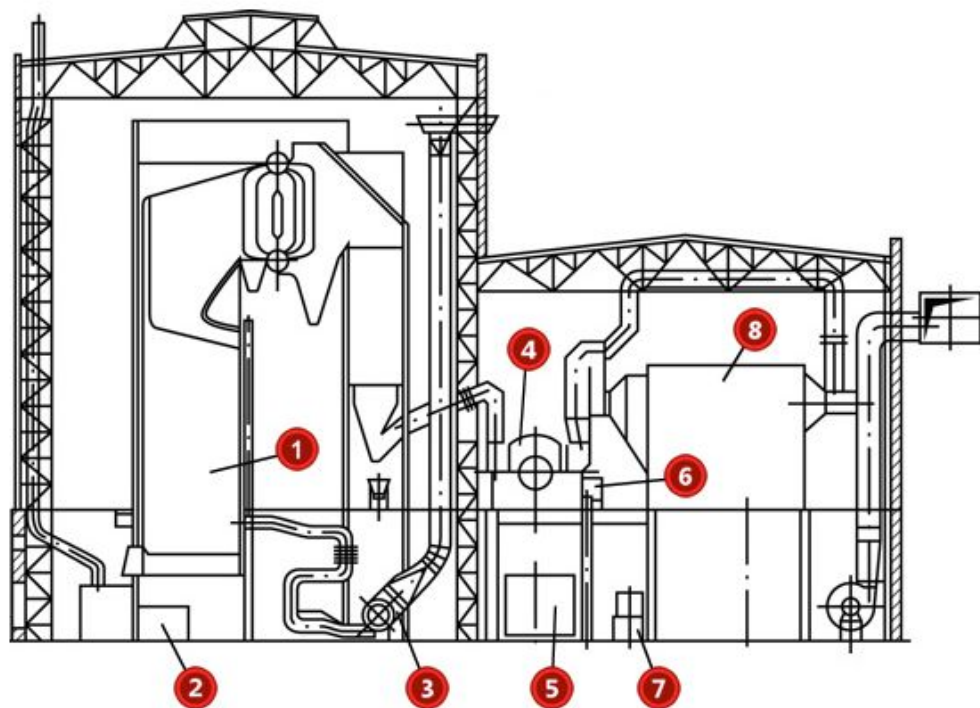


Схема компоновки содорегенерационного котла
типа СРК-625

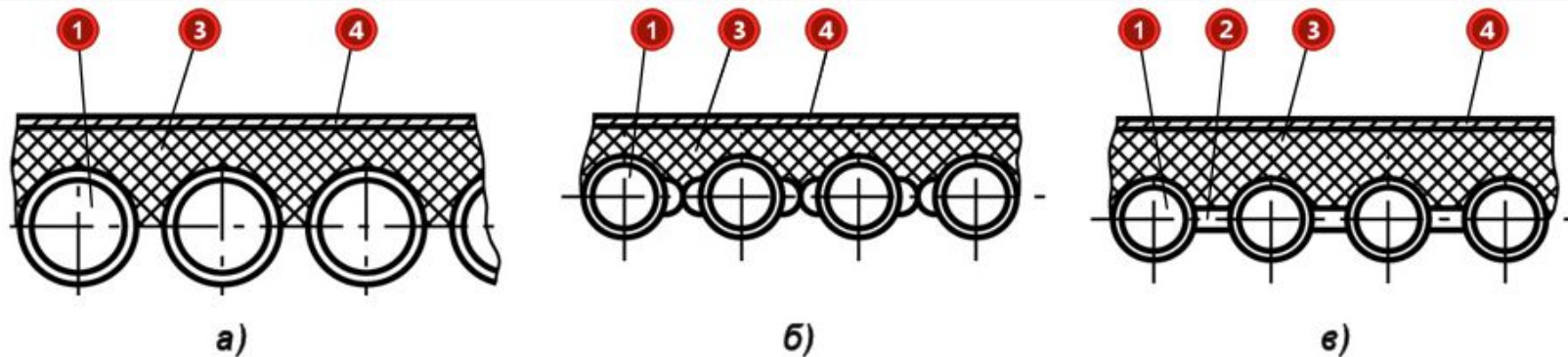
Тема 3. Основные элементы паровых и водогрейных котлов. Трубопроводы и арматура котлов.

В теме рассматриваются:

- ☐ Топочные экраны и испарительные поверхности нагрева
- ☐ Регулирование температуры перегретого пара. Экономайзеры. Воздухоподогреватели
- ☐ Барабаны паровых котлов. Обмуровка, гарнитура и каркас котла
- ☐ Трубопроводы и арматура котлов. Питательные трубопроводы. Паропроводы. Тепловая изоляция
- ☐ Дренажные, спускные и продувочные трубопроводы. Арматура котлов. Приборы для измерения температуры, давления, расходов среды, уровня воды в барабане, состава газов
- ☐ Приборы безопасности котлов. Питательные устройства котлов
- ☐ Размещение котлов и вспомогательного оборудования. Площадки и лестницы

Топочные экраны и испарительные поверхности нагрева

- В топках котлов происходит передача тепла, полученного от высокотемпературных продуктов горения топлива, трубам, покрывающим стенки топочной камеры. Основным способом передачи тепла в топочной камере является излучение. В связи с этим тепловоспринимающие поверхности топочной камеры получили название топочных экранов. Топочные экраны могут быть образованы гладкими трубами, плавниковыми трубами или трубами с вваренными проставками.
- Топка, образованная экранами, выполненными из плавниковых труб и труб с вваренными проставками, представляет собой жесткую раму, в которой исключаются присосы воздуха. В таких топках обеспечивается работа под наддувом, снижается толщина и масса обмуровки и облегчается каркас котла. В целях уменьшения тепловых потерь экраны с наружной стороны покрыты обмуровкой.

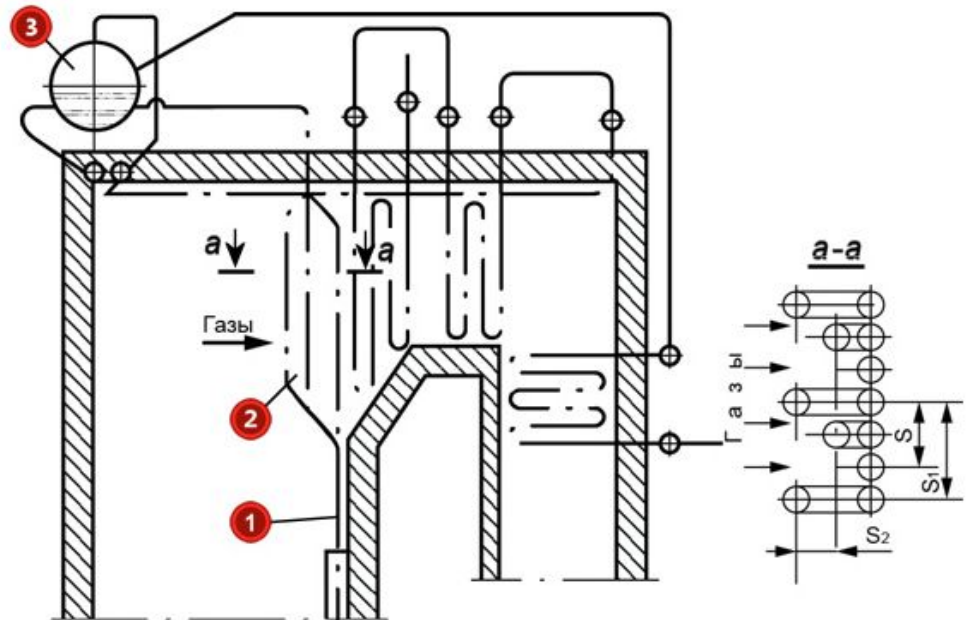


Топочные экраны: а) гладкотрубные; б) плавниковые; в) с вваренными проставками

1 - трубы экранов; 2 - проставки; 3 - обмуровка; 4 - обшивка

Топочные экраны и испарительные поверхности нагрева

- ✓ В котлах низкого и среднего давления применяются испарительные поверхности, расположенные на выходе из топки или в газоотходе после топки – фестоны и котельные кипяtilьные пучки.
- ✓ Фестон – испарительная полурадикационная поверхность нагрева, располагаемая в выходном окне топки и образованная трубами заднего экрана (1), разведенными в шахматном порядке на значительные расстояния путем образования многорядных (3-4 ряда) пучков.
- ✓ В целях уменьшения степени шлакования и забивания золой труб фестона, они расположены на значительном расстоянии друг от друга.
- ✓ В продольном направлении (S_1) это расстояние равно 200-300 мм. В поперечном направлении (S_2) расстояние определяется произведением расстояния между экранными трубками (S) на число рядов труб в фестоне.



Фестон

1 - трубы заднего экрана; 2 - фестон; 3 - барабан

Пароперегреватели. Конструкции, схемы. Регулирование температуры перегретого пара

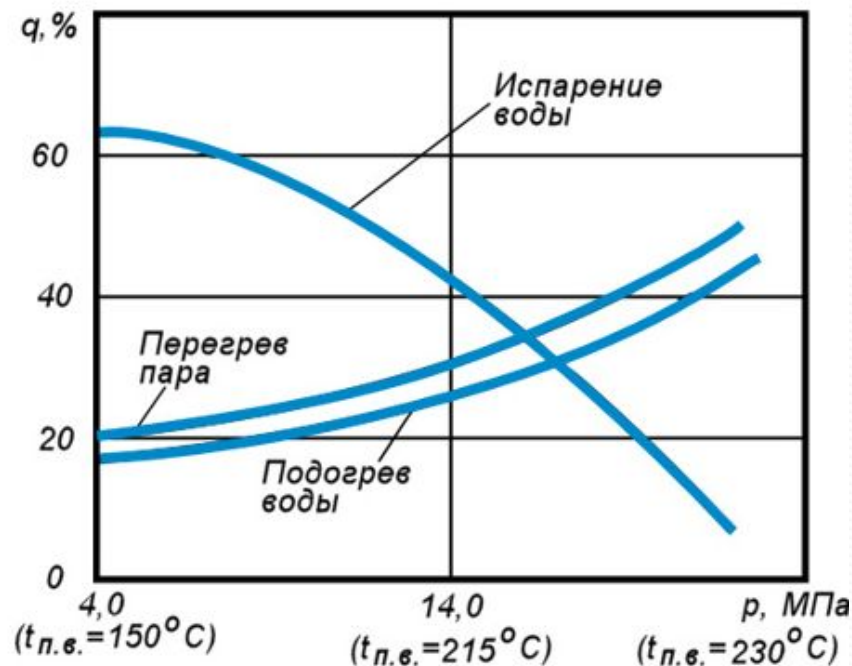
В пароперегревателях происходит перегрев (повышение температуры) насыщенного пара, полученного в паровом котле.

В энергетических котлах в пароперегревателях (промежуточные пароперегреватели) производится также вторичный перегрев пара, отработавшего в ступени высокого давления турбины и возвращаемого обратно в котел.

В котлах, вырабатывающих перегретый пар, пароперегреватель является одним из основных тепловоспринимающих элементов, работающем в наиболее тяжелых условиях.

Причем, с увеличением давления пара эти условия становятся жестче. Например, при средних параметрах пара (4,0 МПа) на его перегрев затрачивается примерно 30% от теплоты, требуемой для испарения воды. А при высоких параметрах пара (14 МПа) на его перегрев уже требуется порядка 80% тепла, пошедшего на испарение воды.

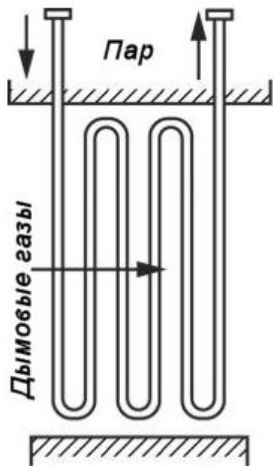
Поверхность нагрева пароперегревателя имеет наибольшую, по сравнению с другими тепловоспринимающими поверхностями, температуру.



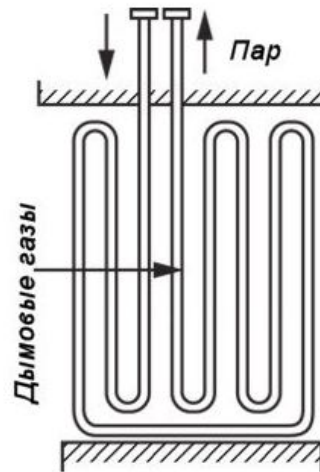
Тепловосприятие элементов котла в зависимости от давления и перегрева пара

Пароперегреватели. Регулирование температуры перегретого пара

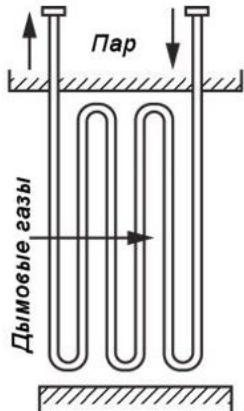
По способу взаимного движения пара и дымовых газов различают:



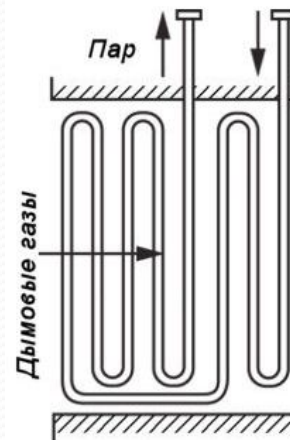
1. ПРЯМОТОК



3. ДВОЙНОЙ
ПРОТИВОТОК



2. ПРОТИВОТОК

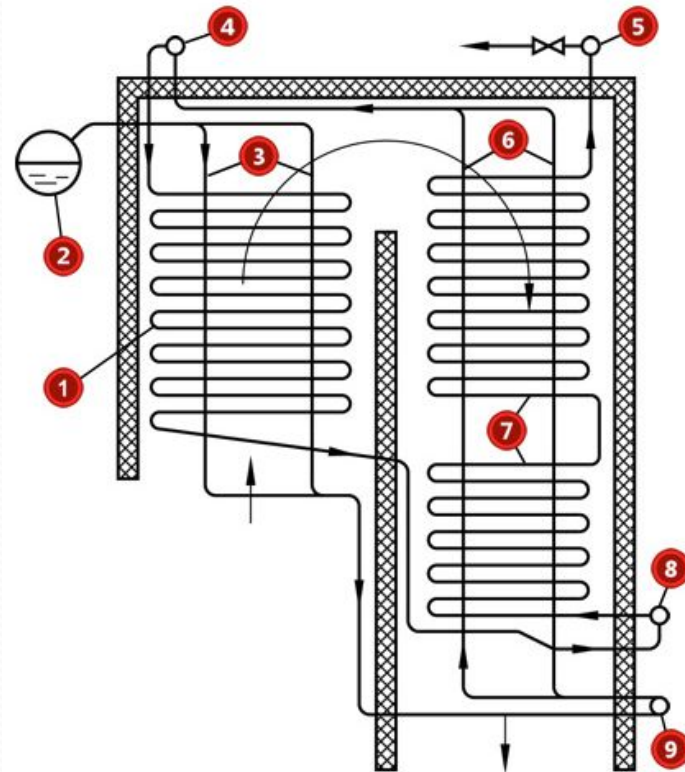


4. СМЕШАННЫЙ ТОК

Пароперегреватели. Регулирование температуры перегретого пара

В котлах малой мощности с параметрами пара 0,8-2,0 МПа и температурой 250⁰ С применяются конвективные пароперегреватели с горизонтальными змеевиками.

В горизонтальных змеевиках равномерный прогрев в направлении потока продуктов сгорания. Горизонтальные змеевики легко дренируются, однако они больше загрязняются уносом и имеют более сложную конструкцию крепления змеевиков.



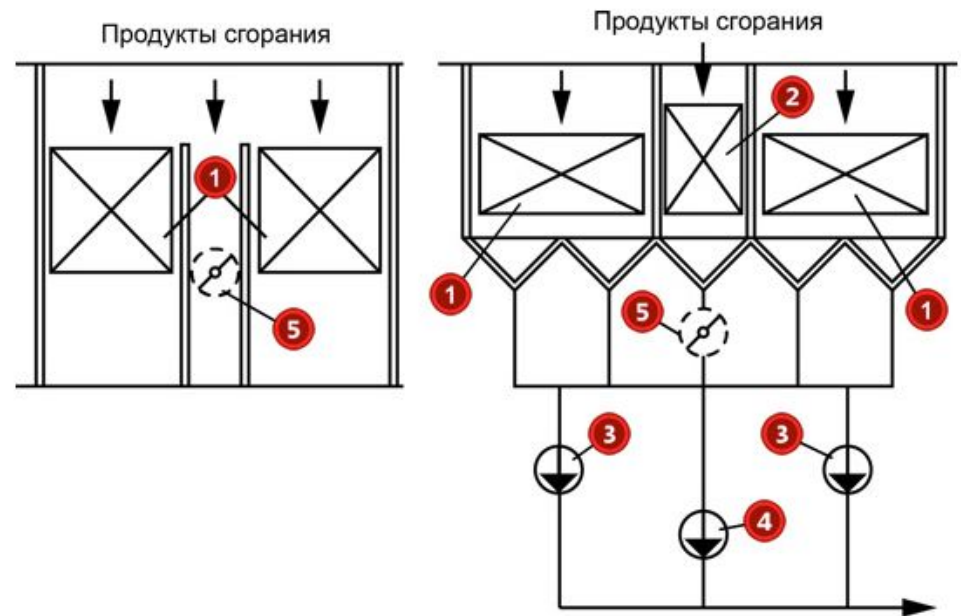
Конвективный пароперегреватель с горизонтальными змеевиками:

*1 – первая ступень пароперегревателя; 2 – барабан;
3, 6 – подвесные трубы; 4, 8 – промежуточные коллекторы;
5 – выходная камера; 7 – вторая ступень пароперегревателя;
9 – коллектор подвесных труб*

Пароперегреватели. Регулирование температуры перегретого пара

Для регулирования температуры пара промежуточного перегрева применяется паровое (поверхностные пароохладители) и газовое регулирование.

Газовое регулирование осуществляется путем рециркуляции части охлажденных до 300°C продуктов сгорания в топку или пропуском части продуктов сгорания по мимо конвективного пароперегревателя.



Схемы газового регулирования температуры пара:
а) пропуском части потока газа через холостой газоход;
б) распределением потоков газа по газоходам пароперегревателя
1 – секции пароперегревателя; 2 – экономайзеры; 3 – основной дымосос; 4 – регулирующий дымосос; 5 – регулирующий шибер

Экономайзеры



Экономайзеры (газоводяные подогреватели) предназначены для предварительного, перед подачей к котел, подогрева питательной воды за счет охлаждения уходящих продуктов сгорания топлива. Экономайзеры изготавливаются из чугуна и стали.



При работе водяного экономайзера снижается температура газообразных продуктов сгорания на выходе из котлоагрегата, а следовательно, уменьшаются потери тепла с уходящими газами, повышается коэффициент полезного действия и соответственно экономится топливо, расходуемое в котельной установке.

В зависимости от температуры нагрева питательной воды экономайзеры подразделяются на два типа:

НЕКИПЯЩИЕ

производится только подогрев питательной воды

КИПЯЩИЕ

происходит не только подогрев питательной воды но и частичное (до 15% массы) ее испарение

Экономайзеры

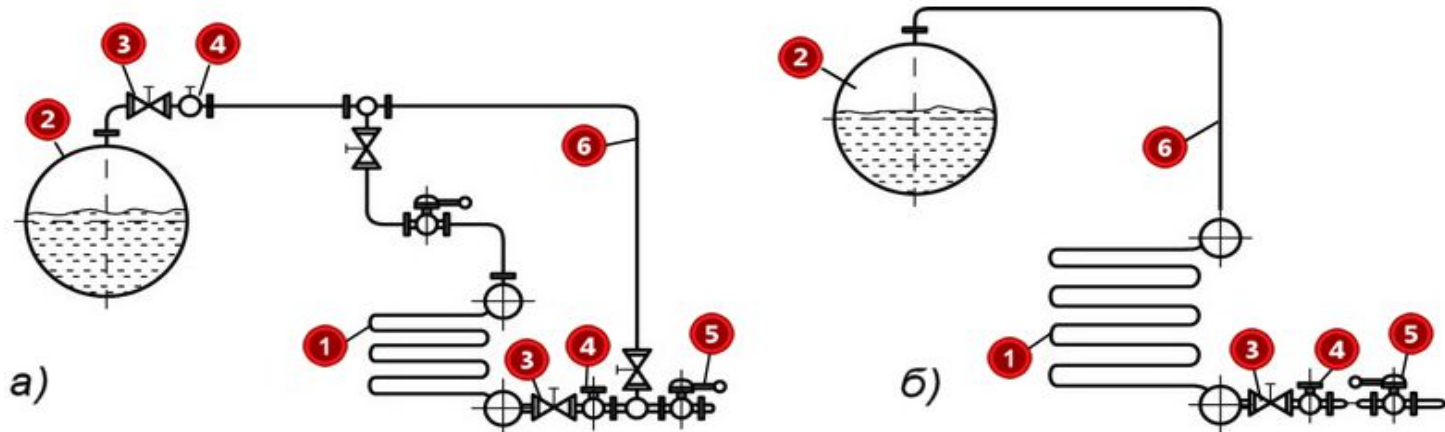


Схема включения:

а) стального трубчатого некипящего экономайзера; б) стального трубчатого кипящего экономайзера
1 – трубы экономайзера; 2 – барабан котла; 3 – запорный вентиль; 4 – обратный питательный клапан; 5 – предохранительный клапан; 6 – обводной трубопровод питания

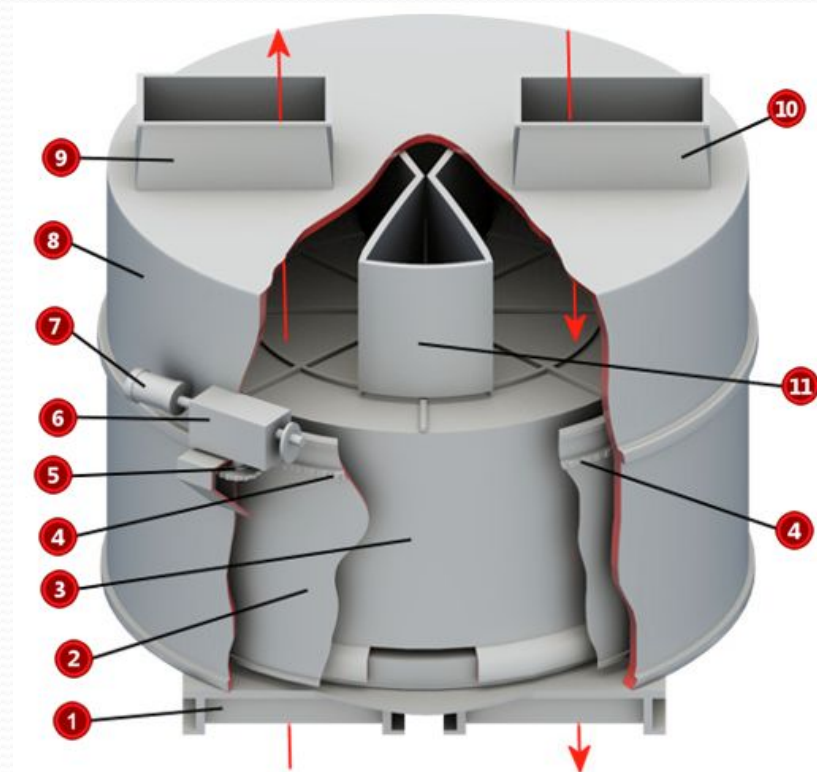
На питательном трубопроводе как перед барабаном, так и перед входным коллектором экономайзера устанавливают запорные вентили (3) и обратные клапаны (4). На выходном коллекторе водяного экономайзера монтируется предохранительный клапан.

Кипящие экономайзеры не отключаются ни по водяной, ни по газовой стороне. Вся питательная и запорная арматура, а также обратный клапан (4) устанавливают до входного коллектора экономайзера.

Между экономайзером и барабаном котла не устанавливается арматура в целях свободного выхода пара, образующегося в экономайзере, при перегреве воды свыше допустимой температуры.

Воздухоподогреватели

- ❑ Внутри металлического корпуса (8) регенеративного воздухоподогревателя на валу вращается ротор, разделенный на отдельные секции, заполненные тонкостенными листами (пластины набивки) плоской гофрированной формы (3).
- ❑ На корпусе установлены патрубки (9 и 10) подвода и отвода воздуха и газов.
- ❑ Ротор вращается с частотой 2-6 оборотов в минуту в неподвижном корпусе. Корпус разделен на две части секторными плитами. В одну из них поступают продукты сгорания, в другую – воздух.
- ❑ Движение потоков раздельное и непрерывное. Металлическая набивка попеременно проходит потоки. Сначала теплота газов аккумулируется, а затем отдается воздуху. Этот процесс повторяется и в итоге организуется непрерывный нагрев воздуха. Взаимное движение потоков газа и воздуха – противоточное.

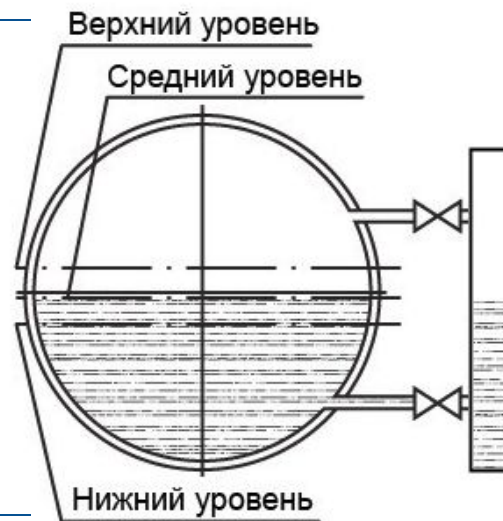


Регенеративный воздухоподогреватель
1 – опорная рама; 2 – ротор; 3 – набивка; 4 – зубчатое колесо; 5 – шестерня; 6 – редуктор; 7 – электродвигатель; 8 – корпус; 9 – воздушный патрубок; 10 – газовый патрубок; 11 – разделительные перегородки

Барабаны паровых котлов

В нормальных условиях работы котла уровень воды, заключенной в водяном объеме, не должен находится выше и ниже установленных пределов (допустимые уровни воды в котле)

Нижний допустимый уровень воды в барабане котла устанавливается с учетом обеспечения надежной подачи воды в опускные (необогреваемые) трубы циркулярного контура



Верхний допустимый уровень воды в барабане котла устанавливается с учетом предупреждения уноса котловой воды в пароперегреватель

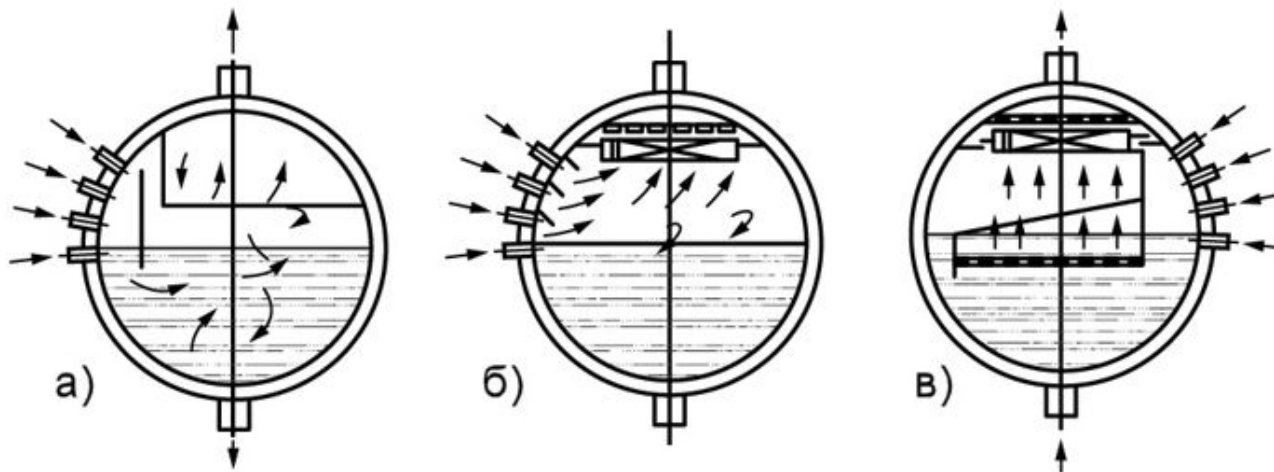


Измерение уровня воды в барабане котла производят с использованием уровнеметров – водомерных стекол, работающих на принципе сообщающихся сосудов.

Барабаны паровых котлов

Инерционная сепарация (схемы а и б) достигается путем организации резких поворотов потока пароводяной смеси, поступающей из экранных труб

Для этого устанавливают отбойные щитки, а для более глубокой сепарации на пути пара устанавливают дырчатые листы (схема в). Пар изменяет направление движения, и под действием силы инерции происходит дополнительное отделение капель влаги

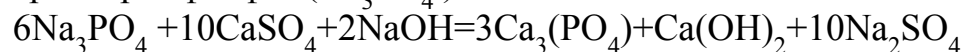


Схемы сепарационных устройств в паровых котлах низкого и среднего давления:
а - отбойные щитки; б - отбойные щитки, жалюзийный сепаратор с дырчатым листом; в – щитки, утопленный лист и жалюзийный сепаратор с дырчатым листом

Барабаны паровых котлов

Внутрикотловой обработкой воды является добавка различных химических веществ в котловую воду, в целях создания условий, при которых выделения накипеобразователей (ионы кальция и магния) в котле происходят не в виде твердой накипи, а в виде рыхлого, удаляемого продувкой, шлама.

В качестве коррекционных добавок (антинакипинов) в барабанных котлах низкого давления используется сода и едкий натр, а в энергетических котлах с давлением выше 1,6 МПа – соли фосфорной кислоты (обычно тринатрийфосфат (Na_3PO_4)).



При взаимодействии с продуктами коррозии железа комплексоны образуют комплексонаты железа, которые в результате термического разложения образуют магнетит, откладывающийся на внутренней поверхности труб в виде тонкой плотной пленки, надежно защищающей металл труб от коррозии.

При фосфатировании образуется легкоподвижный неприкипающий шлам, состоящий в основном из гидроксилапатита, который оседает в нижних коллекторах. Безнакипный и бесшламовый режим обеспечивается вводом в барабан котла (котловую воду) комплексонов, в частности этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и ее натриевые соли (трилон Б).

Барабаны паровых котлов

- ❑ Эффективным методом снижения продувки является ступенчатое испарение, сущность которого состоит в том, что испарительная система котла разделяется на ряд отсеков, соединенных по пару и разделенных в барабане котла (перегородками) по воде.
- ❑ Питательная вода подается только в первый отсек. Для второго отсека питательной водой служит продувочная вода из первого отсека. Продувочная вода из второго отсека поступает в третий отсек и т. д.
- ❑ Непосредственно продувку котла осуществляют из последнего отсека, в котором конденсация примесей выше, чем при одноступенчатом испарении. В этом случае для вывода того же количества солей из котла требуется меньший процент продувки. Таким образом снижаются расход питательной воды и снижаются тепловые потери.

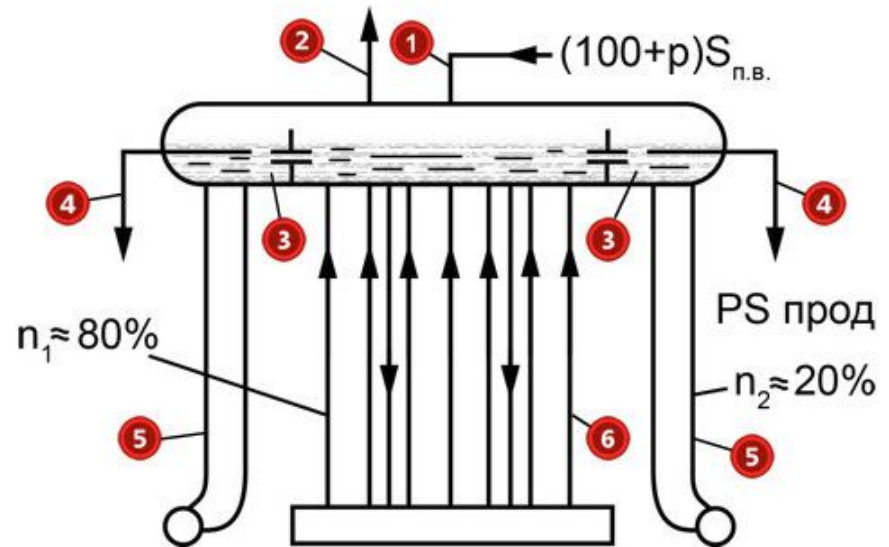
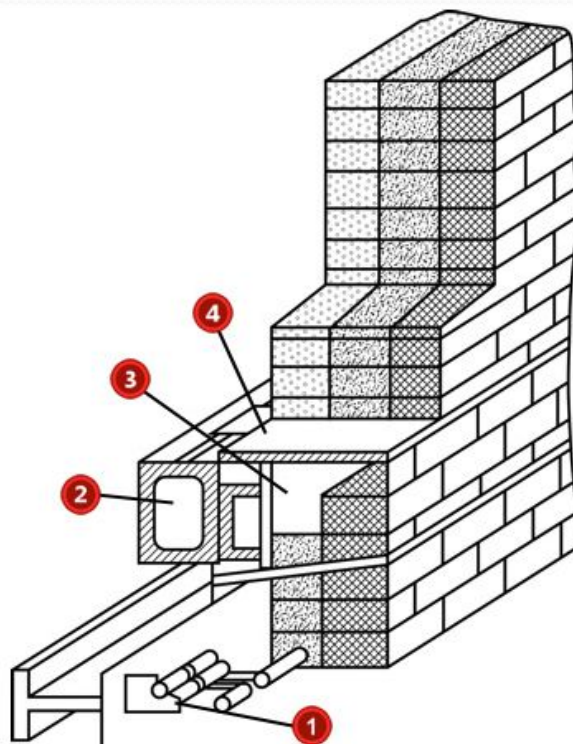


Схема продувки котла при ступенчатой системе
испарения с солевыми отсеками внутри барабана
котла, в его торцах:

1 – подвод питательной воды; 2 – отвод пара; 3 – продувка чистого отсека; 4 – продувка солевого отсека; 5- испарительные поверхности нагрева, включенные в солевой отсек; 6 – испарительные поверхности нагрева, включенные в чистый отсек; S_n – расход питательной воды; $S_{\text{прод.}}$ – расход продувочной воды

Обмуровка, гарнитура и каркас котла

- ✓ Накаркасная кирпичная обмуровка применяется реже и в основном в высокотемпературных газоходах, не защищенных экранами
- ✓ Масса кирпичной кладки передается на балки каркаса (2) через полки (4) с кронштейнами (3). С помощью натяжных крюков (1) или специальных креплений, входящих в пазы фасонных кирпичей, обмуровка предохраняется от выпадения



Накаркасная кирпичная обмуровка котла:

- 1 – натяжной крюк;
2 – балка каркаса;
3 – кронштейн;
4 – полка*

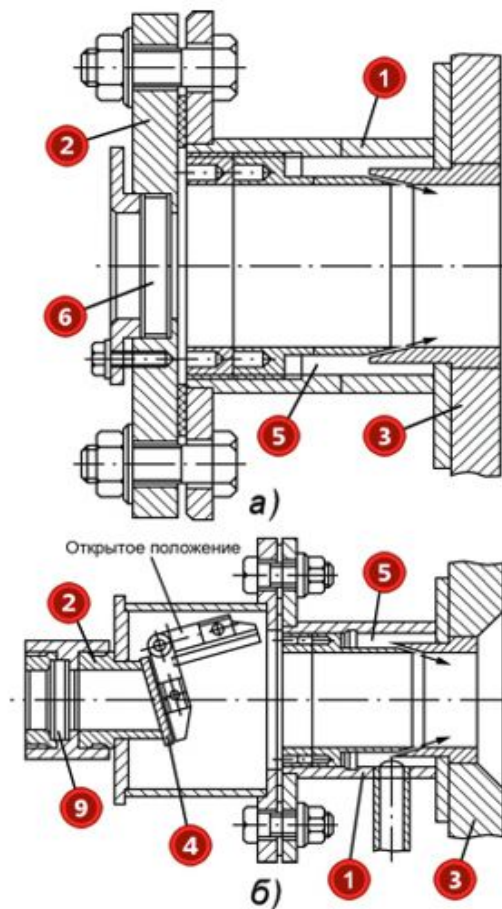
В большинстве случаев в паровых котлах применяется сочетание различных типов обмуровок. Места стыковок подвижной и неподвижной обмуровок уплотняется асбестовыми шнурами или с помощью различных затворов (гидравлических, песчаных).

Обмуровка, гарнитура и каркас котла

Гляделки устанавливаются преимущественно в топке и в зоне пароперегревателя

С помощью гляделок осуществляется визуальный контроль за процессом горения, за состоянием внутренней поверхности топки, поверхностей нагрева на выходе из топки

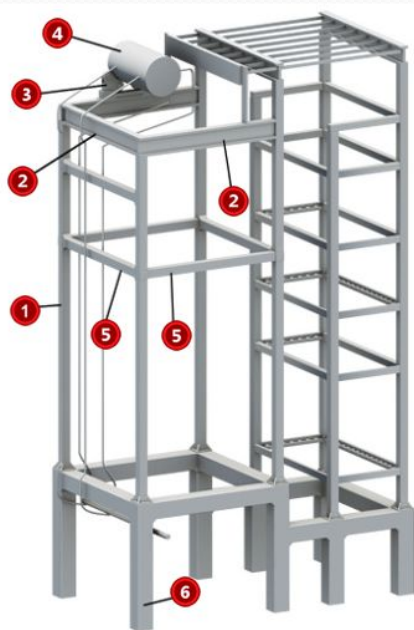
Гляделки используются также для проведения измерений во время испытаний котла



Гляделки котла под наддувом без затвора (а) и с затвором (б)

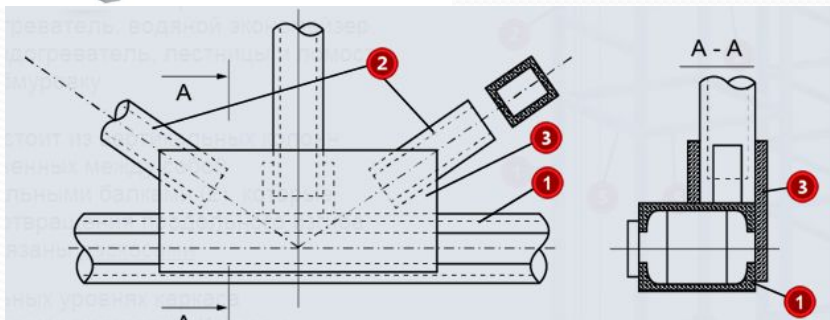
1 – корпус;
2 – крышка;
3 – обмуровка лаза и котла;
4 – затвор;
5 – воздушная камера;
6 – стекло

Обмуровка, гарнитура и каркас котла



Общий вид каркаса котельного агрегата

1 – колонна; 2 – горизонтальная балка; 3 – роликовая опора барабана; 4 – барабан котла; 5 – балка; 6 – фундамент



Сочленение балок с раскосами:

1 – колонна; 2 – раскос-связи; 3 – накладка

- ✓ Каркасом котельного агрегата называют металлическую конструкцию, поддерживающую барабан котла, испарительные поверхности нагрева и другие устройства котельного агрегата: пароперегреватель, водяной экономайзер, воздухоподогреватель, лестницы и помосты, а также обмуровку.
- ✓ Каркас состоит из вертикальных колонн (1) соединенных между собой горизонтальными балками (2), которые для предотвращения продольного изгиба колонн связаны раскосами.
- ✓ На отдельных уровнях каркаса устанавливают площадки. Каркас в целом ставят на бетонный фундамент.
- ✓ во избежание чрезмерных удельных давлений на фундамент нижняя часть колонны снабжается башмаками, имеющими большое поперечное сечение.

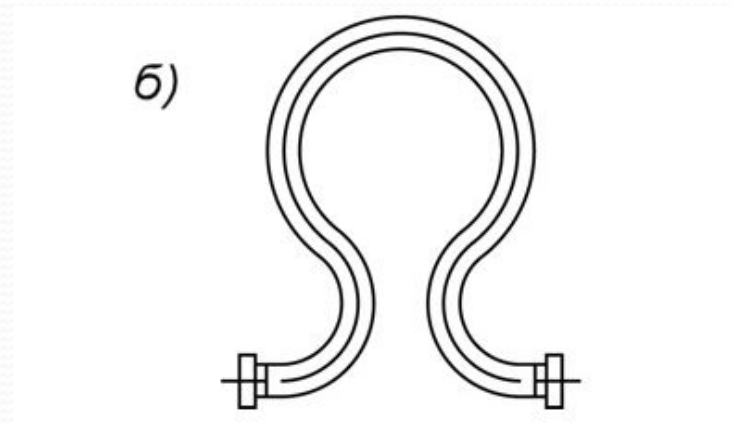
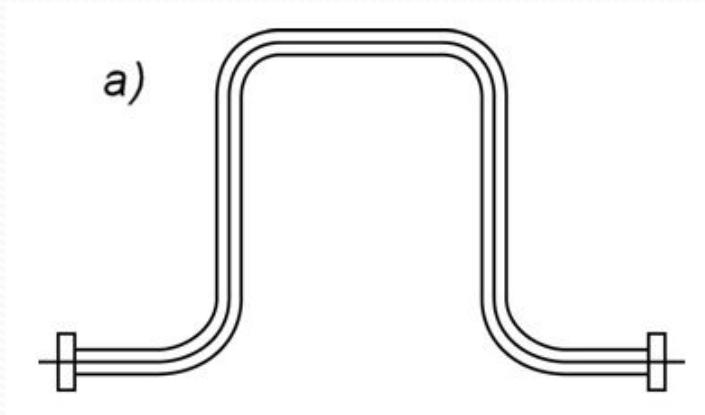
Трубопроводы и арматура котлов



При нагревании паропроводы и трубопроводы горячей воды удлиняются. Например, удлинение стальных трубопроводов составляет в среднем 1,2 мм на 1 м длины на каждые 100°C .



Для уравнивания (компенсации) теплового удлинения на прямолинейных длинных участках трубопроводов применяются компенсаторы – изогнутые трубы в виде буквы П или лиры



Компенсаторы:
а) П-образный; б) лирообразный

Трубопроводы и арматура котлов

Кроме того на трубопроводах наносятся следующие надписи:

НА
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ЛИНИЯХ



номер магистрали
(римская цифра) и
направление
движения среды
(стрелка)

НА
ОТВЕТВЛЕНИЯХ
В БЛИЗИ
МАГИСТРАЛЕЙ



номер магистрали
(римская цифра),
буквенное
обозначение агрегата,
номер агрегата
(арабская цифра),
направление
движения среды
(стрелка)



Буквенные обозначения агрегатов: К – котел; Н – насос; ТН – турбонасос; ЭН – электронасос; Б – бойлер; И – испаритель; ПП – пароперегреватель; Эк – экономайзер; Т – турбина; ПМ – паровая машина

Питательные трубопроводы

В котельных с водогрейными котлами для перемещения воды в них и в системе трубопроводов применяются центробежные электрические насосы: основные (3) и резервный (2)

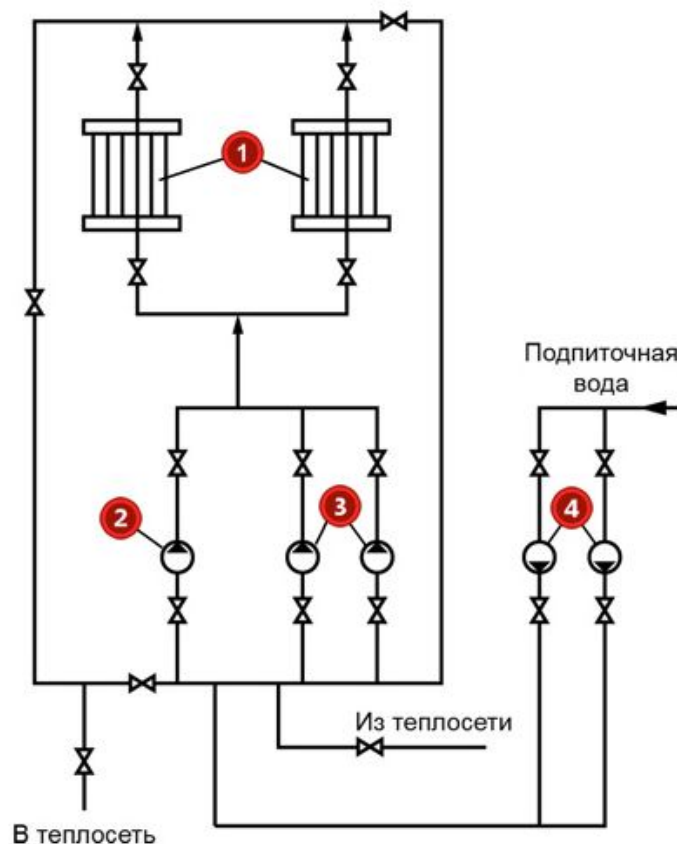
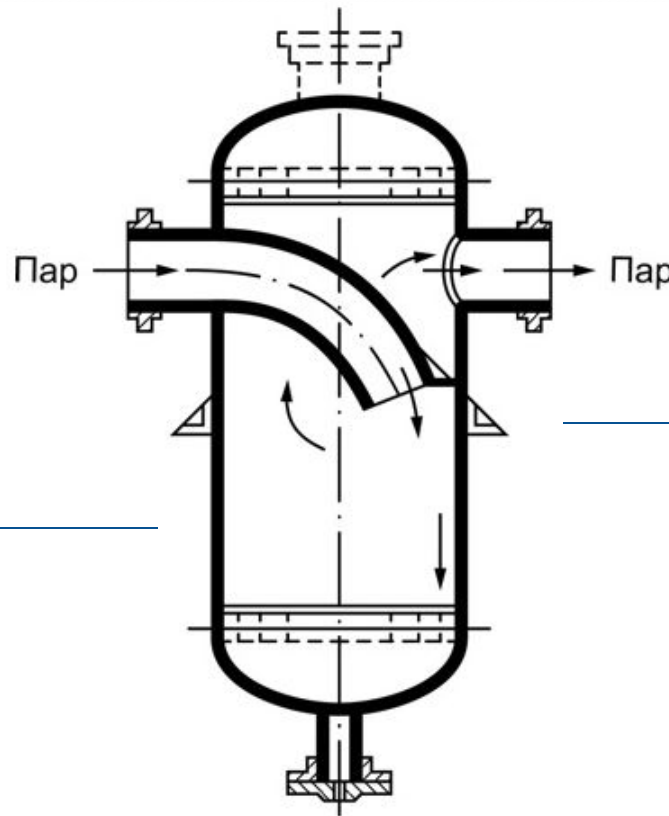


Схема питательных трубопроводов водогрейных котлов:

- 1 - водогрейный котел
- 2 - резервный циркуляционный насос
- 3 - основные циркуляционные насосы
- 4 - подпиточные насосы

Паропроводы

Большую опасность при эксплуатации паропроводов с насыщенным паром представляют гидравлические удары, возникающие из-за образования в таких паропроводах конденсата



Во избежание гидравлических ударов и их последствий паропроводы насыщенного пара снабжаются водоотделителями, в которых происходит сепарация воды от пара, накопление ее в нижней части водоотделителя и автоматический отвод в дренажную линию

Водоотделяющее устройство:

1 – патрубок выпуска воды в дренаж;

2 - корпус

Дренажные, спускные и продувочные трубопроводы

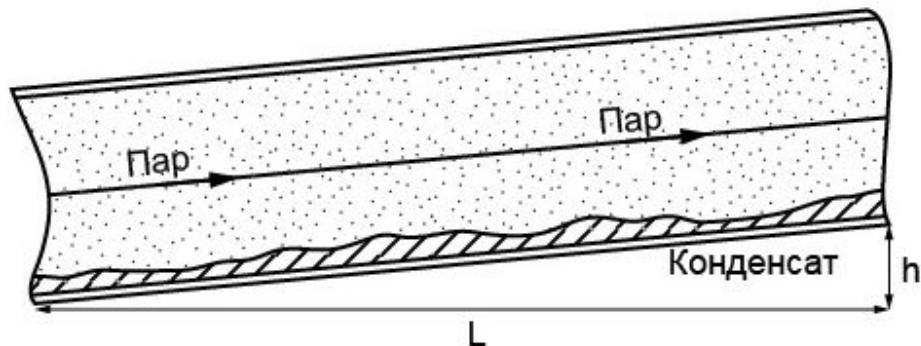
Образование конденсата

происходит в эксплуатационных режимах, особенно в паропроводах насыщенного пара. Отвод конденсата через дренажные трубопроводы осуществляется на всех

горизонтах

дренажные устройства оборудуются в нижних точках паропровода насыщенного пара, в нижних точках изгибов паропроводов, на тупиковых участках паропроводов

Для улучшения отвода конденсата к месту установки дренажного устройства горизонтальные участки паропроводов должны иметь уклон в сторону движения

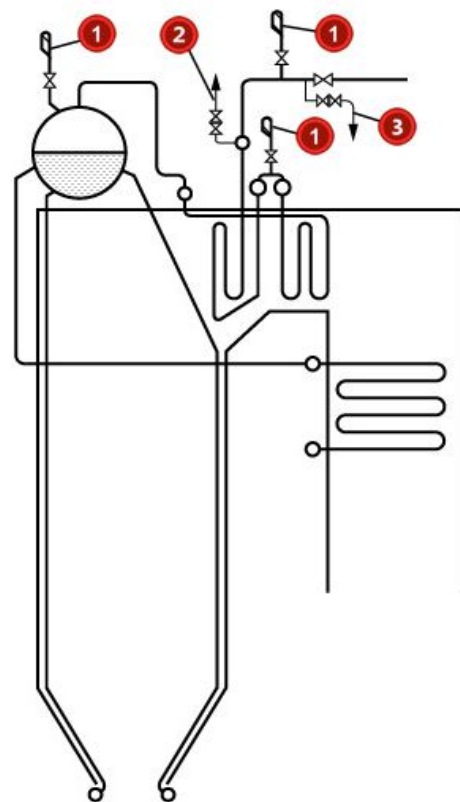


$$\text{Уклон} = h/L$$

Дренажные, спускные и продувочные трубопроводы



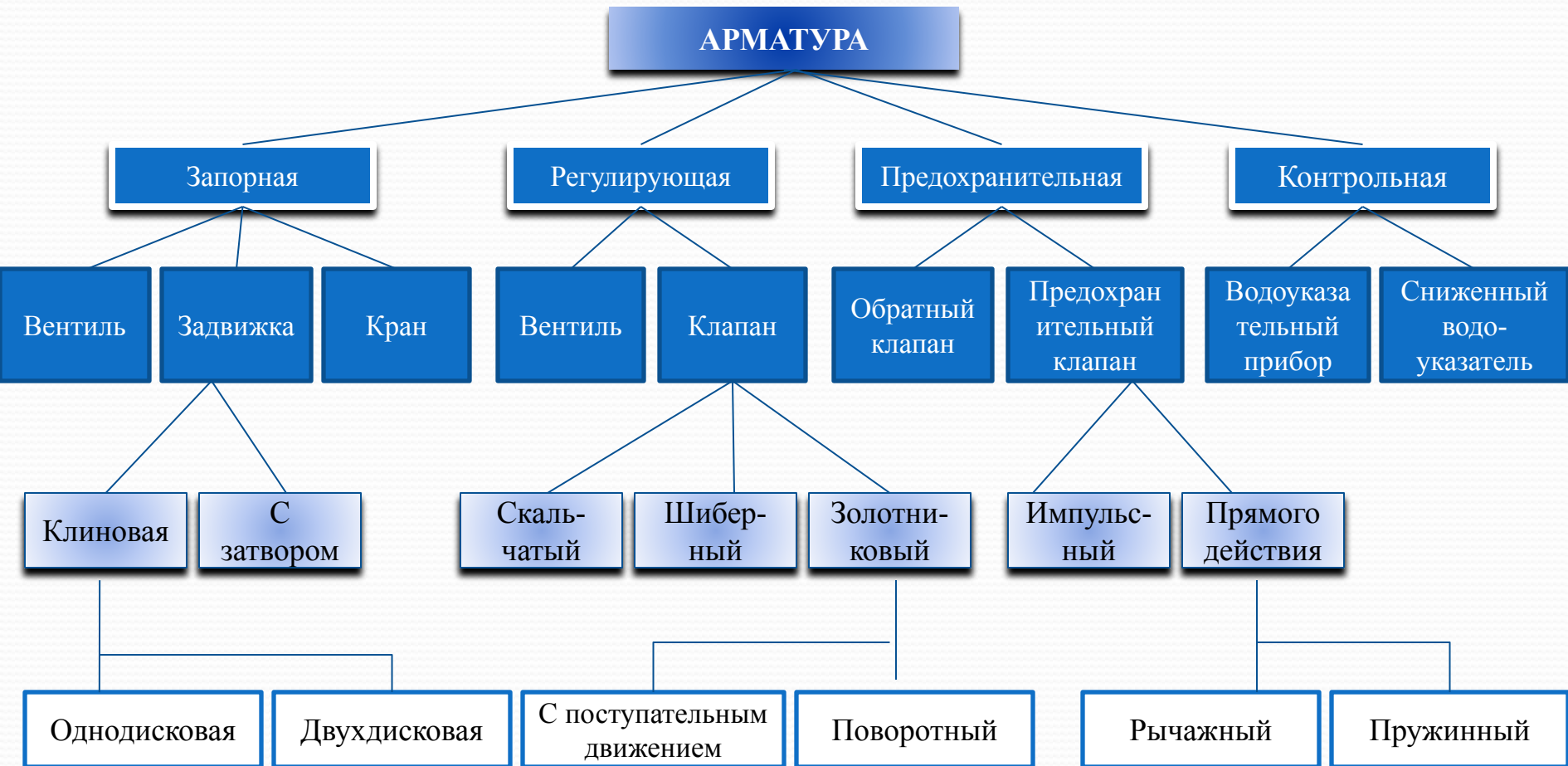
Для удаления воздуха при растопке и для предупреждения повреждений и гидравлических ударов на паровых котлах, водяных экономайзерах и на водогрейных котлах в их верхних частях – барабанах, коллекторах, трубопроводах – должны устанавливаться воздушники.



Растопочная схема барабанного парового котла:

- 1 – воздушник;*
- 2 – линия продувки;*
- 3 – дренаж*

Арматура котлов. Классификация



Арматура котлов. Требования к установке

В промежуточных пароперегревателях допускается установка всех предохранительных устройств пароперегревателя – на стороне входа пара

В паровых котлах с естественной циркуляцией без пароперегревателя – на верхнем барабане или сухопарнике

Предохранительные устройства должны устанавливаться

В отключаемых по воде экономайзерах – не менее чем по одному предохранительному устройству на выходе и входе воды

В водогрейных котлах – на выходных коллекторах или барабане

В паровых прямоточных котлах, а также в котлах с принудительной циркуляцией – на выходных коллекторах или выходном паропроводе

Запорная и регулирующая арматура

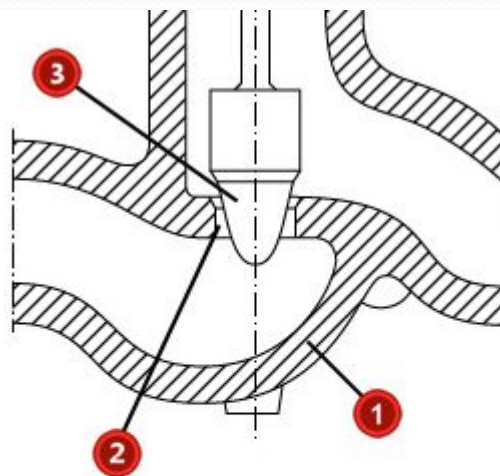
В регулирующем венти́ле клапан имеет переменное сечение, что дает возможность изменять проходное сечение.

В полностью закрытом состоянии регулирующий клапан не обеспечивают полной плотности, и поэтому регулирующие клапаны рассчитывают на работу с перепадом давления 1,0 МПа.

Регулирующий клапан выполняется в виде профилированной иглы, пустотелого золотника и т.д.

В скальчатых регулирующих клапанах регулирующий орган выполнен в виде скалки, имеющей коническую форму вблизи седел. При перемещении скалки изменяется кольцевой зазор между ней и седлами клапана.

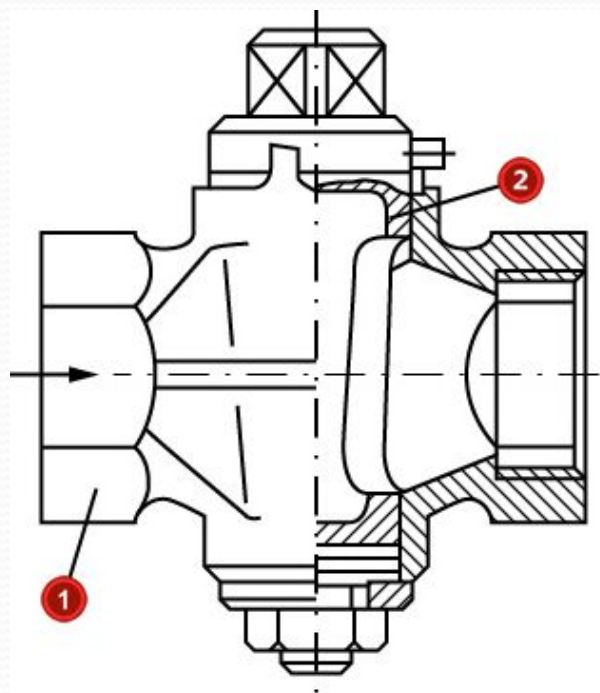
В игольчатых регулирующих клапанах регулировка достигается за счет перемещения профилированной иглы.



Регулирующий вентиль:

*1 - корпус; 2 - седло;
3 - профилированный конус затвора*

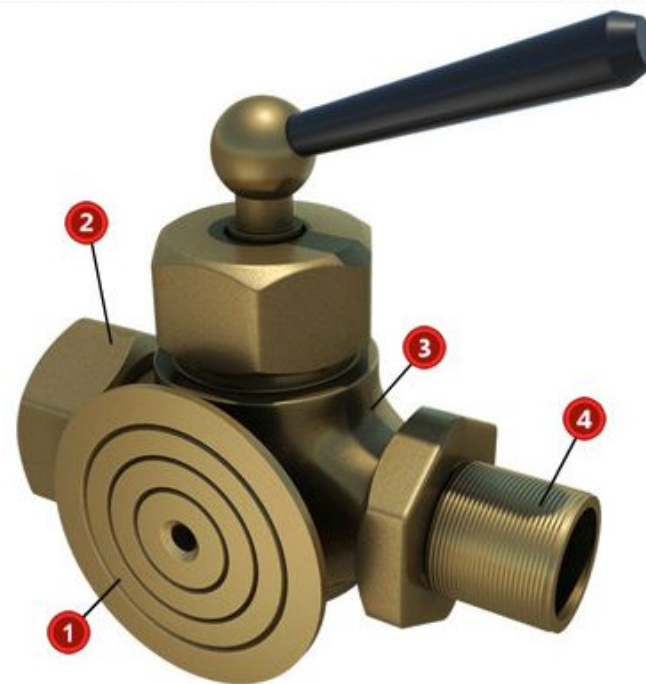
Запорная и регулирующая арматура



Кран:

*1 – корпус;
2 – седло*

В кранах регулирующий орган поворачивается вокруг собственной оси, перпендикулярной оси потока



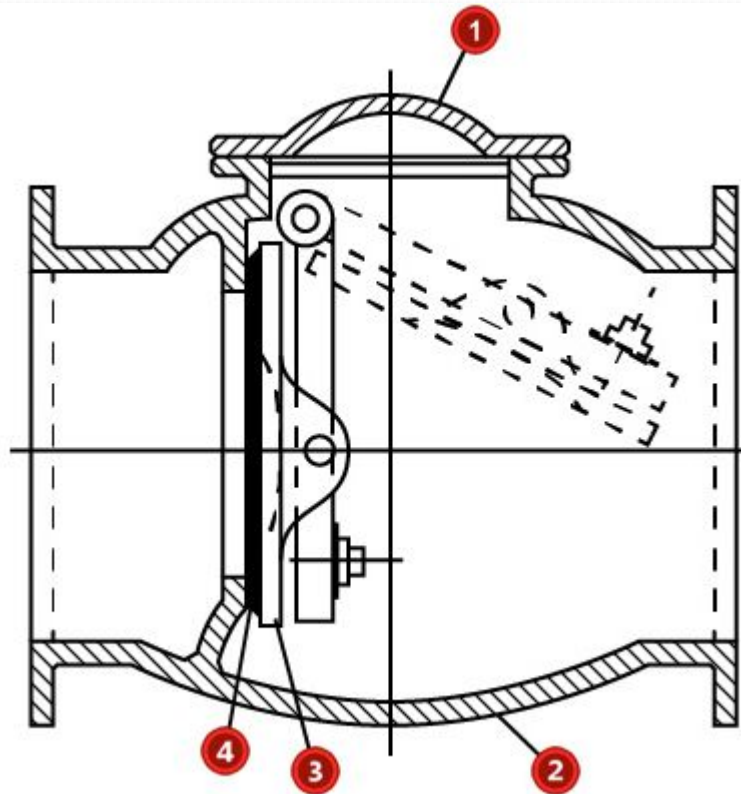
Трехходовый кран:

*1 – фланец для контрольного манометра;
2 – штуцер для манометра;
3 – конус;
4 – ниппель для сифонной трубки*

Предохранительная арматура

В обратном поворотном клапане тарелка, шарнирно закрепленная в корпусе, под напором движущейся воды приподнимается, открывая проход

При отключении насоса или аварийном снижении давления в трубопроводе тарелка падает (захлопывается), клапан закрывается, и обратное движение воды прекращается



Подъемные клапаны применяются только на горизонтальных участках трубопроводов, а поворотные – как на горизонтальных, так и на вертикальных участках

Обратный поворотный клапан:

- 1 – крышка корпуса;*
- 2 – корпус;*
- 3 – тарелка (захлопка);*
- 4 – седло*

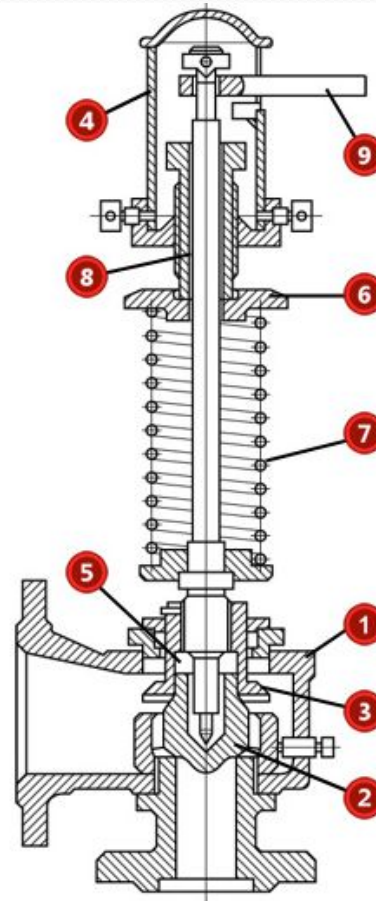
Предохранительная арматура

В пружинном предохранительном клапане прямого действия давление, действующее на клапан сверху создается пружиной, зажатой между двумя дисками.

Для смягчения ударов при открытии и закрытии клапана он имеет амортизирующее устройство.

Положение верхнего диска и степень сжатия пружины можно варьировать. Это производится с помощью муфты с резьбой, которая перемещается в гайке, жестко закрепленной в крышке.

Для проверки действия клапана служит скоба, поворачивая которую можно поднять клапан.



*Пружинный
предохранительный
клапан:*

- 1 – корпус;
- 2 – клапан;
- 3 – направляющие;
- 4 – щиток;
- 5 – амортизатор;
- 6 – диски;
- 7 – пружина;
- 8 – муфта;
- 9 – скоба

Контрольно-измерительные приборы

- Разница между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины называют абсолютной погрешностью измерения. Выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины определяет относительную погрешность измерения.
- Для всех измерительных приборов нормами устанавливается их допустимая погрешность (инструментальная погрешность), т.е. наиболее возможное (предельное) отклонение показаний прибора (одинаково, и в сторону увеличения, и в сторону уменьшения) от истинного значения измеряемой величины.
- Погрешность измерительного прибора характеризуется его классом точности. Теплотехнические измерительные приборы разделяются на следующие классы точности: 0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4

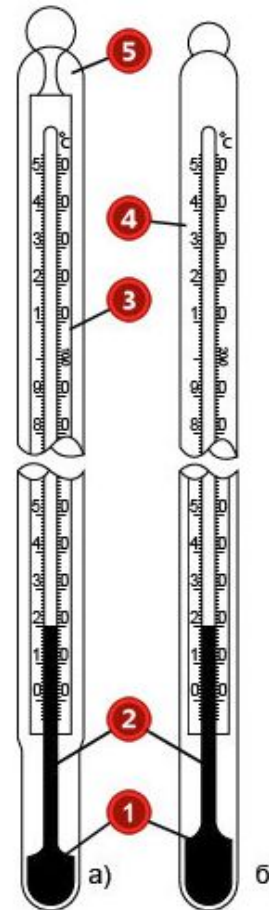


Измерение физических величин не может быть абсолютно точным в силу того, что не совершенны сами приборы, а также методы измерений.

Приборы для измерения температуры

В качестве термометров расширения широкое распространение получили ртутные стеклянные термометры, изготавливаемые в двух видах: с вложенной шкалой и палочные

Ртутный термометр является показывающим измерительным прибором и состоит из термобаллона с ртутью, капиллярной трубки и шкалы

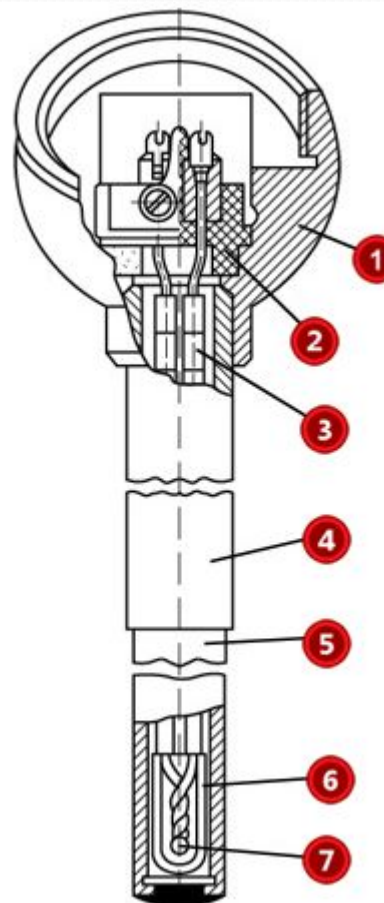


*Ртутные термометры:
а) с вложенной шкалой;
б) палочный*

*1 – термобаллон;
2 – капиллярная трубка;
3 – шкала на пластине
молочного стекла;
4 – шкала, нанесенная на
внешней поверхности
капилляра;
5 – стеклянная оборочка*

Приборы для измерения температуры

- ✓ Для измерения температуры дымовых газов и перегретого пара применяются термоэлектрические пирометры
- ✓ Принцип действия термоэлектрических пирометров основан на свойстве металлов и сплавов создавать термоэлектродвижущую силу (термо-эдс) при нагревании спая двух разнородных проводников, образующих так называемую термопару или первичный прибор пирометра
- ✓ В качестве вторичного прибора, измеряющего развиваемую термопарой термо-эдс, служит чувствительный электроизмерительный прибор
- ✓ К преимуществам этих приборов относят: широкий предел измерений, большую чувствительность, отсутствие постороннего источника тока и осуществление дистанционной передачи показаний
- ✓ Термоэлектрические пирометры изготавливают различных классов точности. Они бывают как показывающими, так и самопишущими, а применяются чаще всего для совместной записи на общей диаграммной бумаге несколько измеряемых температур

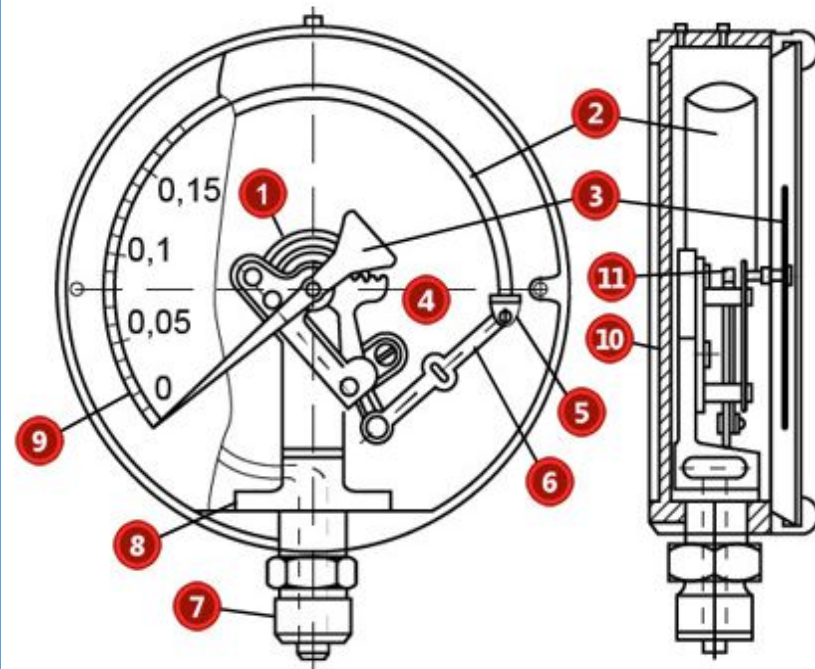


*Общий вид
термоэлектрического
пирометра:*

- 1 – головка термопары;
- 2 – насадка;
- 3 – фарфоровые изоляторы;
- 4 – защитный чехол;
- 5 – жароупорный наконечник;
- 6 – термоэлектроды;
- 7 – горячий спай

Приборы для измерения давления

- ✓ В процессе эксплуатации котельных установок проводится измерение давления с использованием манометров (для измерения избыточного давления); тягомеров (для измерения малых давлений и разрежений). В основе измерений давления используются явления деформации упругих элементов; изменения уровней жидкости, на которую воздействует давление.
- ✓ Каждый котел должен быть оборудован манометром. Наиболее широкое распространение для измерения избыточного давления жидкости, газа, пара получили пружинные манометры.
- ✓ Чувствительным элементом манометра является одновитковая трубчатая пружина эллиптического сечения (2), одним концом трубка жестко соединена с держателем (8), укрепленным в корпусе (10) манометра.
- ✓ Свободный конец пружины закрыт запаянной пробкой с шарнирной осью (5) и соединен с передаточным механизмом посредством поводка (6). Передаточный механизм состоит из зубчатого сектора (4), сцепленного с шестеренкой (11), закрепленной неподвижно на оси вместе с указывающей стрелкой (2).
- ✓ Спиральная пружина (1) предназначена для устранения мертвого хода в зубчатом зацеплении секторного механизма. На шкале указано давление. Свободный коней трубчатой пружины отходит под действием давления среды от своего начального положения тем дальше, чем больше это давление.

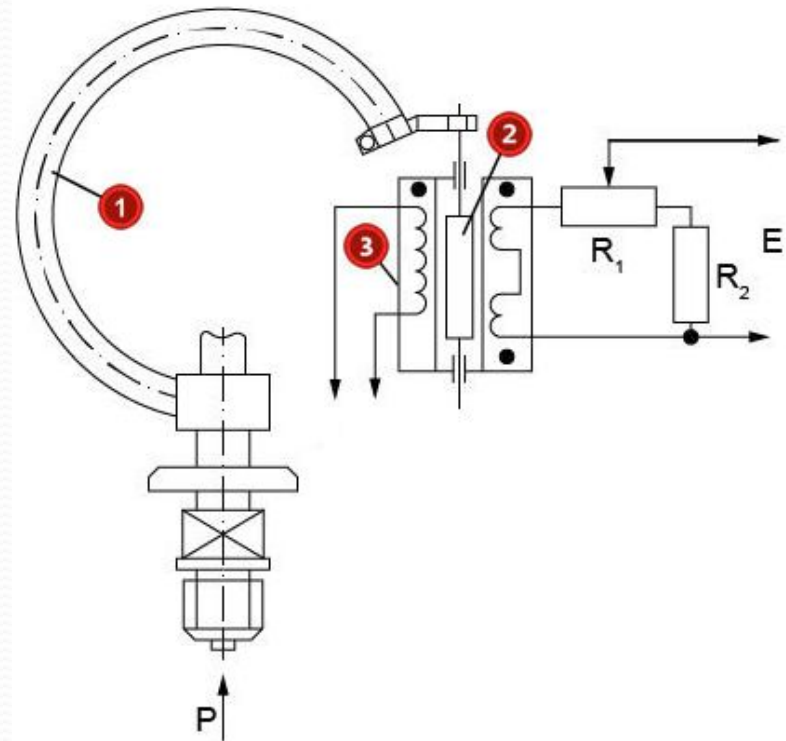


Пружинный манометр:

1 и 2 - плоская спиральная и трубчатая пружины; 3 - стрелка; 4 - зубчатый сектор; 5 - пробка с шарнирной осью; 6 - поводок; 7 - ниппель; 8 - держатель; 9 - шкала; 10 - корпус; 11 - шестеренка

Приборы для измерения давления

- ✓ В пружинных манометрах электрических дистанционных (МЭД) давление измеряемой среды преобразуется в электрический сигнал.
- ✓ В манометрах типа МЭД свободный конец пружины при помощи рычага связан с сердечником (плунжером) дифференциально-трансформаторного преобразователя.
- ✓ Трансформатор преобразователя включает в себя две обмотки: первичную (две секции, намотанные последовательно) и вторичную (две секции включены встречно). При среднем положении сердечника внутри катушки преобразователя взаимные индуктивности обмоток равны между собой.
- ✓ При перемещении сердечника вверх из среднего положения значение взаимной индуктивности первичной обмотки увеличивается, а значение взаимной индуктивности вторичной обмотки уменьшается, при этом изменяется величина и фаза выходного сигнала E дифференциально-трансформаторного преобразователя.



Манометр электрический пружинный
дистанционный:

1 – трубчатая пружина; 2 – сердечник (плунжер); 3 – дифференциально-трансформаторный преобразователь; R_1 , R_2 – сопротивления; p – импульс давления; E – выходной сигнал

Приборы для измерения давления

Шкала установленного манометра должна быть такой, чтобы при разрешенном рабочем давлении стрелка манометра находилась во второй трети шкалы

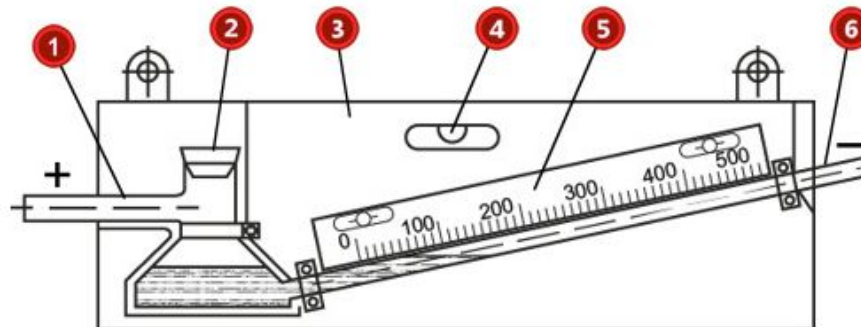
На шкале манометра должна быть нанесена красная черта по делению, соответствующему разрешенному рабочему давлению в котле, а для сниженных манометров – с учетом добавочного давления от веса столба жидкости



Взамен красной черты может быть прикреплена к корпусу манометра путем пайки металлическая пластинка, окрашенная в красный цвет и плотно прилегающая к стеклу манометра. Наносить красную черту непосредственно на стекло манометра не разрешается

Приборы для измерения давления

- ✓ Для измерений небольших разрежений применяются тягомеры, а для небольших избыточных давлений – напоромеры. С помощью этих приборов определяют давления, разрежения в топках, газоходах и воздуховодах котла. Тягомеры бывают U-образные и с наклонной трубкой.
- ✓ Приборы имеют одностороннюю или двухстороннюю (тягонапоромеры) шкалу, градуированную в Па, кгс/см², мм, вод. ст. По принципу устройства тягомеры (тягонапоромеры) разделяются на жидкостные стеклянные и мембранные.
- ✓ Жидкостные тягонапоромеры практически не отличаются от жидкостных одно- и двухтрубных манометров. При относительно точных измерениях небольших избыточных давлений и разрежений применяются жидкостные однострубные (чашечные) тягонапоромеры с наклонной измерительной трубкой.

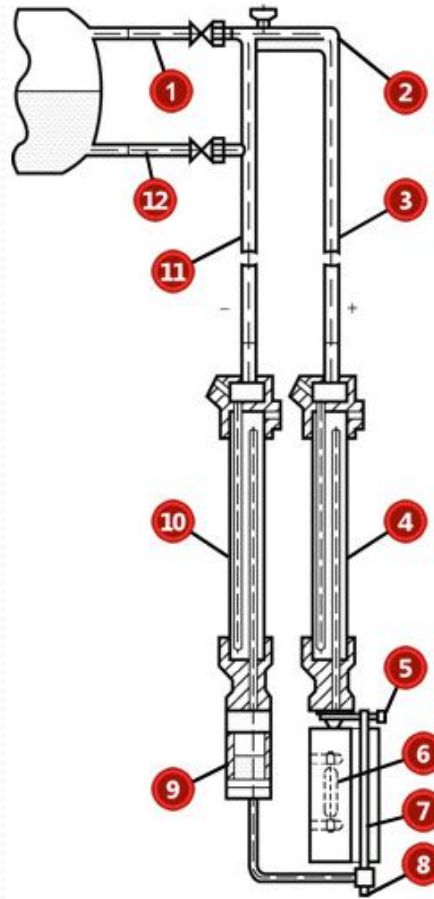


Стеклянный тягонапоромер с наклонной трубкой:

*1 – стеклянный сосуд; 2 – резиновая пробка; 3 – доска; 4 – уровень; 5 – шкала;
6 – измерительная трубка*

Приборы для измерения уровня воды в барабане

- ✓ Широкое распространение получили гидростатические уровнемеры, основанные на принципе измерения разности давлений двух водяных столбов. Уровнемер с жидкостным однотрубным дифференциальным манометром присоединяется к барабану котла посредством двух стальных трубок (1, 12).
- ✓ Основными элементами уровнемера являются уравнильный сосуд (2), соединительные медные трубки (3, 11), грязеуловители (4, 10), широкий сосуд (9), измерительная трубка (7). Отверстие, закрытое пробкой (8) служит для выпуска из прибора рабочей жидкости.
- ✓ Четкая видимость уровня жидкости обеспечивается лампой (6) с рефлектором. Отключение измерительной трубки обеспечивается вентилем (5).



Гидростатический уровнемер парового котла с жидкостным однотрубным дифференциальным манометром:

1, 3, 11, 12 – соединительные трубки;

2 – уравнильный сосуд;

4, 10 – грязеуловитель;

5 – вентиль;

6 – лампа с рефлектором;

7 – измерительная трубка;

8 – пробка;

9 – широкий сосуд

Приборы для измерения уровня воды в барабане

Указатели уровня воды прямого действия должны устанавливаться вертикально или с наклоном вперед под углом не более 30^0 и должны быть расположены и освещены так, чтобы уровень воды был хорошо виден с рабочего места машиниста (оператора)

Ширина смотровой щели указателя уровня воды
должна быть не менее:

8 мм

при применении стеклянных
прозрачных пластин

5 мм

при применении слюдяных
пластин

Указатели уровня воды должны быть снабжены запорной арматурой (кранами или вентилями) для отключения их от котла и продувки

На запорной арматуре должны быть четко указаны (отлиты, выбиты или нанесены краской) направления открытия и закрытия, а на кране – также положение его проходного отверстия. Внутренний диаметр прохода запорной арматуры должен быть не менее 8 мм.

Приборы для измерения состава газов

Автоматические химические газоанализаторы приводятся в действие с помощью водяного, электромеханического и электрического привода

Автоматический химический газоанализатор имеет самопишущее устройство и дистанционную передачу показаний. В качестве замыкающей жидкости в приборе используют ртуть.

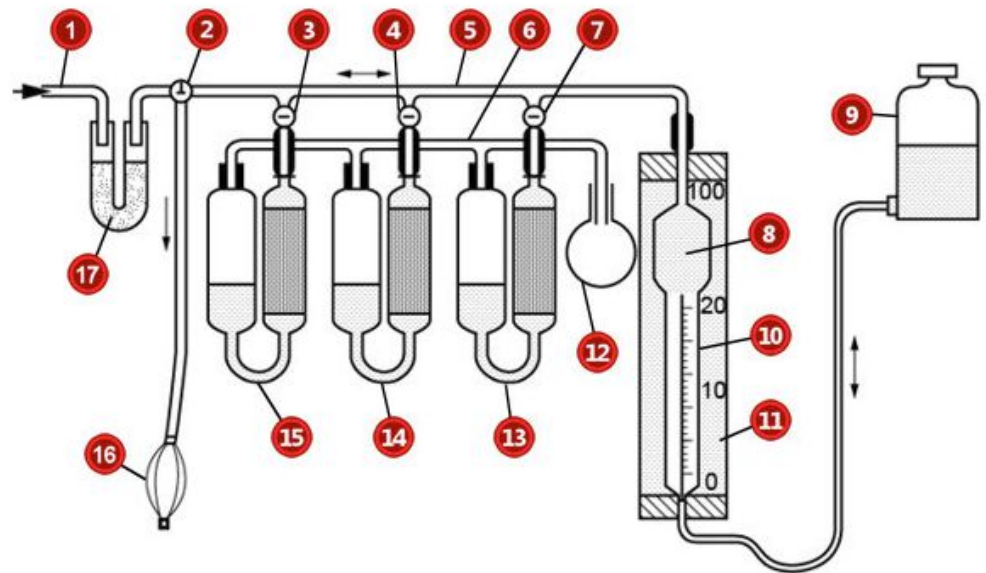


Схема автоматического химического газоанализатора с электрическим приводом

- 1 - газоподводящая трубка; 2 - трехходовой кран; 3, 4, 7 - краны;
5 - распределительная гребенка; 6 - стеклянная трубка;
8 - измерительная бюретка; 9 - уравнительный сосуд;
10 - шкала; 11 - водяная рубашка; 12 - резиновый мешочек;
13, 14, 15 - поглотительные сосуды; 16 - резиновая груша; 17 - фильтр

Приборы безопасности котлов



На каждом котле должны быть предусмотрены приборы безопасности, обеспечивающие своевременное и надежное автоматическое отключение котла или его элементов при недопустимых отклонениях от заданных режимов эксплуатации.

Основной задачей приборов безопасности является:

Автоматическое прекращение подачи топлива к горелкам (для котлов с камерным сжиганием топлива)

Автоматическое отключение тягодутьевых устройств и топливоподающие механизмы топки (для котлов со слоевым сжиганием топлива)



Паровые котлы независимо от типа и паропроизводительности должны быть снабжены автоматическими регуляторами питания; это требование не распространяется на котлы-бойлеры, у которых отбор пара на сторону, помимо бойлера не превышает 2 т/ч



Паровые котлы с температурой пара на выходе из основного или промежуточного пароперегревателя более 400° С должны быть снабжены автоматическими устройствами для регулирования температуры пара

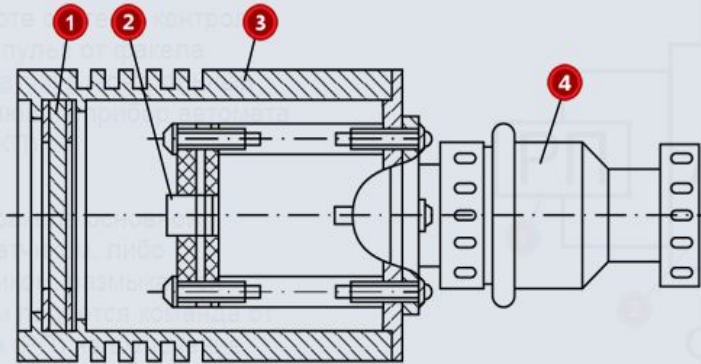


На котлах должны быть установлены автоматически действующие звуковые и световые сигнализаторы верхнего и нижнего предельных положений уровней воды. Аналогичная сигнализация должна выполняться по всем параметрам, по которым срабатывает на остановку котла автоматика безопасности

Приборы безопасности котлов

При нормальной работе системы контроля погасания факела импульс от факела передается от фотодатчика (контрольный электрод) на управляющий прибор автомата контроля пламени (АКП)

В случае погасания факела основной горелки котла фотодатчиком, либо ионизационным датчиком, размыкается электрическая цепь, и подается команда от промежуточного реле (РП) на включение сигнализации и прекращение подачи топлива, без прекращения подачи воздуха на основную горелку.



Фотодатчик

Основными элементами фотодатчика являются корпус (3) и фоторезистор (2), защищенный кварцевым стеклом (1). Через штексельный разъем (5) осуществляется вывод проводов из фотодатчика

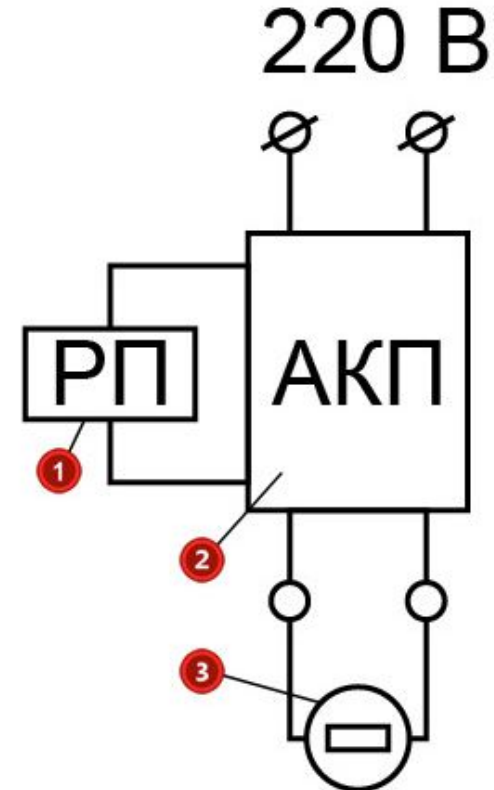
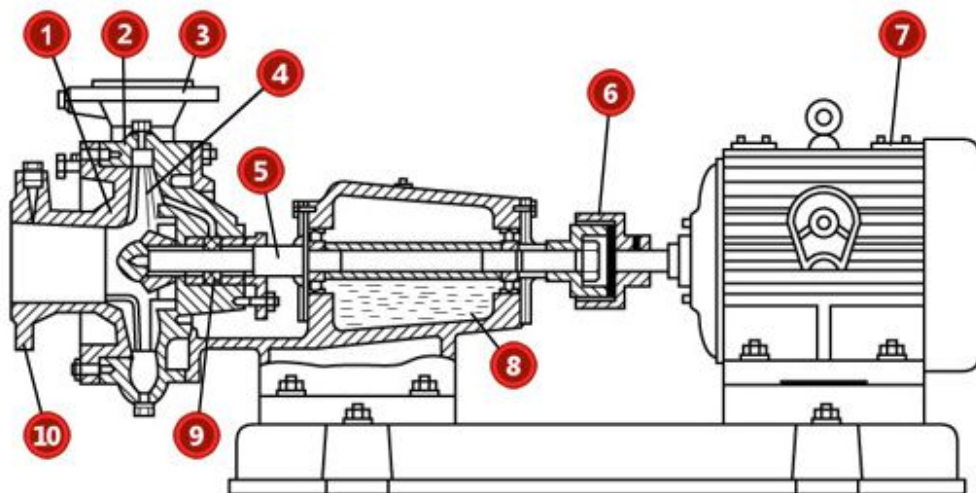


Схема контроля погасания пламени:

1 – промежуточное реле;
2 – автомат контроля пламени;
3 – фотодатчик

Питательные устройства котлов. Центробежные насосы.

- ✓ В горизонтальном одноступенчатом с односторонним всасыванием центробежном насосе типа К внутренняя поверхность корпуса (1) изготовлена в виде улитки с диффузионным каналом.
- ✓ Крышка корпуса (2) выполнена заодно с нагнетательным патрубком (3), который расположен под прямым углом к оси насоса.
- ✓ Вал насоса (4), на конце которого закреплено рабочее колесо с лопатками, соединен с помощью муфты (5) с валом электродвигателя (6).
- ✓ Усилие, возникающее при работе насоса, воспринимается подшипниками, расположенными в масляной ванне (7). Сальниковое уплотнение предотвращает утечку воды из насоса.
- ✓ Через всасывающий патрубок (8) вода поступает в насос, и под действием центробежной силы, создаваемой вращением рабочего колеса, отбрасывается к стенкам корпуса и через нагнетательный патрубок (3) подается в напорную линию. Одноступенчатые насосы имеют одно рабочее колесо.

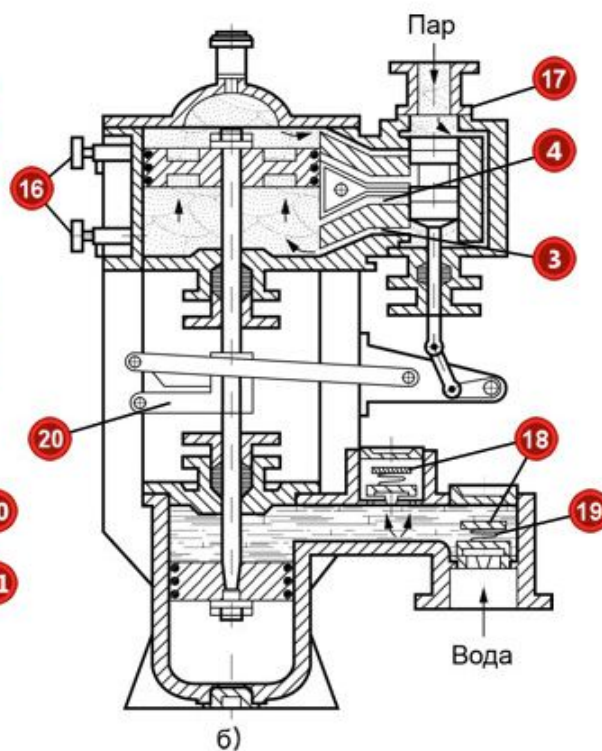
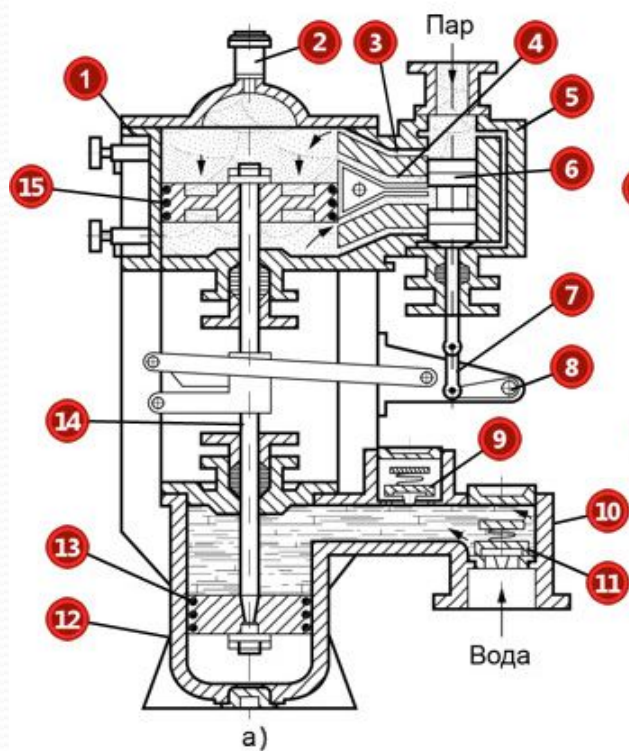


Центробежный насос типа К

1 - корпус; 2 - крышка корпуса; 3 - нагнетательный патрубок; 4 - рабочее колесо; 5 - вал; 6 - муфта;
7 - электродвигатель; 8 - масляная ванна; 9 - сальниковое уплотнение; 10 - всасывающий патрубок

Питательные устройства котлов. Поршневые насосы.

- ✓ Поршневые питательные насосы с электроприводом применяются для котельных установок малой мощности. Паровые поршневые насосы применяют в котельных в качестве резервных питательных устройств.
- ✓ Каждый блок поршневого насоса состоит из поршневой паровой машины и поршневого водяного насоса. Паровая часть насоса включает в себя паровой цилиндр (1) с поршнем (15) и парораспределительной коробки (5) с цилиндрическим золотником.
- ✓ В золотнике предусмотрены два крайних наружных паровпускных канала (3) и два средних внутренних канала (4) для выпуска пара.
- ✓ Водяная часть насоса состоит из водяного цилиндра с поршнем (12) и клапанной коробки (10) с всасывающим (11) и нагнетательным (9) клапанами. Поршень водяного цилиндра получает движение от поршня паровой машины, находящегося с ним на одном штоке (14).
- ✓ При нижнем положении цилиндрического золотника (6) – левый рисунок – в верхнюю часть парового цилиндра через верхний впускной наружный канал (3) поступает пар. Под давлением пара поршень (15) опускается вниз, а из нижней части парового цилиндра через внутренний канал отработавший пар подается в паровыпускной патрубок.
- ✓ Одновременно с паровым поршнем вниз движется водяной поршень, и в водяном цилиндре, а также в клапанной коробке (10) создается разрежение, за счет которого нагнетательный клапан (9) закрывается, а всасывающий клапан (11) открывается. Вода поступает в водяной цилиндр.
- ✓ При достижении нижнего положения поршней стойка рычагов механизма парораспределения перемещает цилиндрический золотник вверх (правый рисунок). Происходит открытие нижнего впускного наружного канала (3) и при этом пар поступает в нижнюю часть парового цилиндра (1).
- ✓ Под давлением пара паровой поршень совместно с водяным поршнем начинают двигаться вверх, в результате чего в водяном цилиндре и клапанной коробке создается давление, за счет которого всасывающий клапан (11) закрывается, а нагнетательный клапан (9) открывается, и вода поступает на питание котла.



Паровой поршневой насос
а) блок всасывания; б) блок нагнетания

- 1 - паровой цилиндр;
- 2 - масленка;
- 3 - наружный канал;
- 4 - внутренний канал;
- 5 - золотниковая коробка;
- 6 - цилиндрический золотник;
- 7 - тяга золотника;
- 8 - рычаг тяги;
- 9 - нагнетательный клапан;
- 10 - клапанная коробка;
- 11 - всасывающий клапан;
- 12 - водяной цилиндр;
- 13 и 15 - поршни;
- 14 - шток;
- 16 - продувочные краны;
- 17 - паровой патрубок;
- 18 - крышки;
- 19 - пружина;
- 20 - муфта

Размещение котлов и вспомогательного оборудования

Стационарные котлы должны устанавливаться в зданиях и помещениях, отвечающих требованиям строительных норм и правил. Допуск установки котла вне помещения регламентируется климатическими условиями, для работы в которых котел спроектирован.

Над котлами не допускается устройства помещений и чердачных перекрытий, за исключением котлов, установленных внутри производственных помещений.

Внутри производственных помещений допускается располагать следующие котлы:

ВИД КОТЛА	ОГРАНИЧЕНИЕ
Прямоточные котлы	При паропроизводительности каждого котла не более 4т/час
Не имеющие барабанов водогрейные котлы	Тепловой производительностью каждый не более 10,5 ГДж/ч (2,5 Гкал/ч)
Котлы-утилизаторы	Без ограничений
Котлы	Удовлетворяющие условия (для каждого котла) $(t - 100)V \geq 100^{*1}$



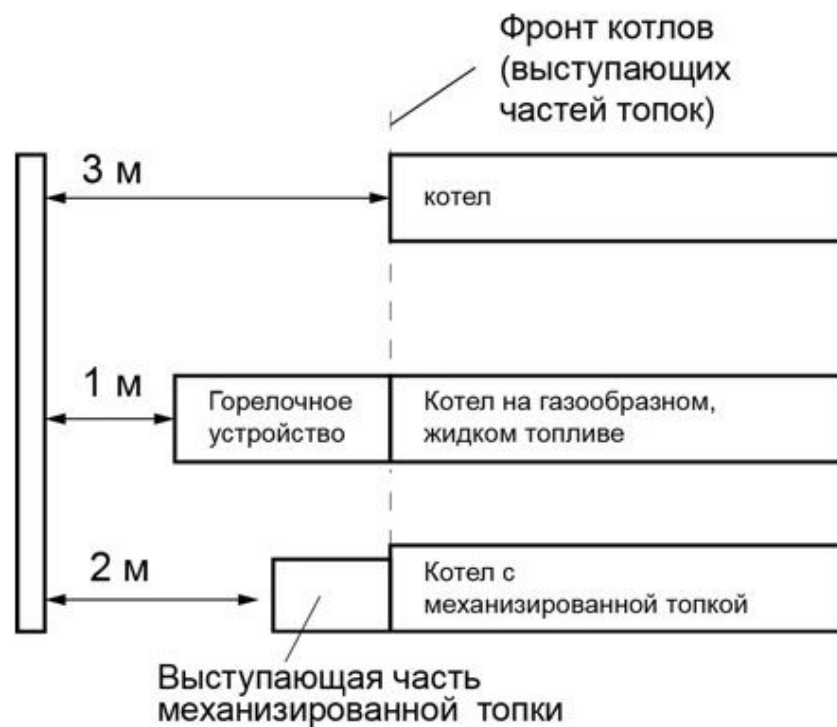
*^{*1} где t - температура насыщенного пара при рабочем давлении ($^{\circ}\text{C}$); V – водяной объем котла (м^3)*

Минимальные расстояния от фронта котлов (выступающих частей топок) до противоположной стены котельной

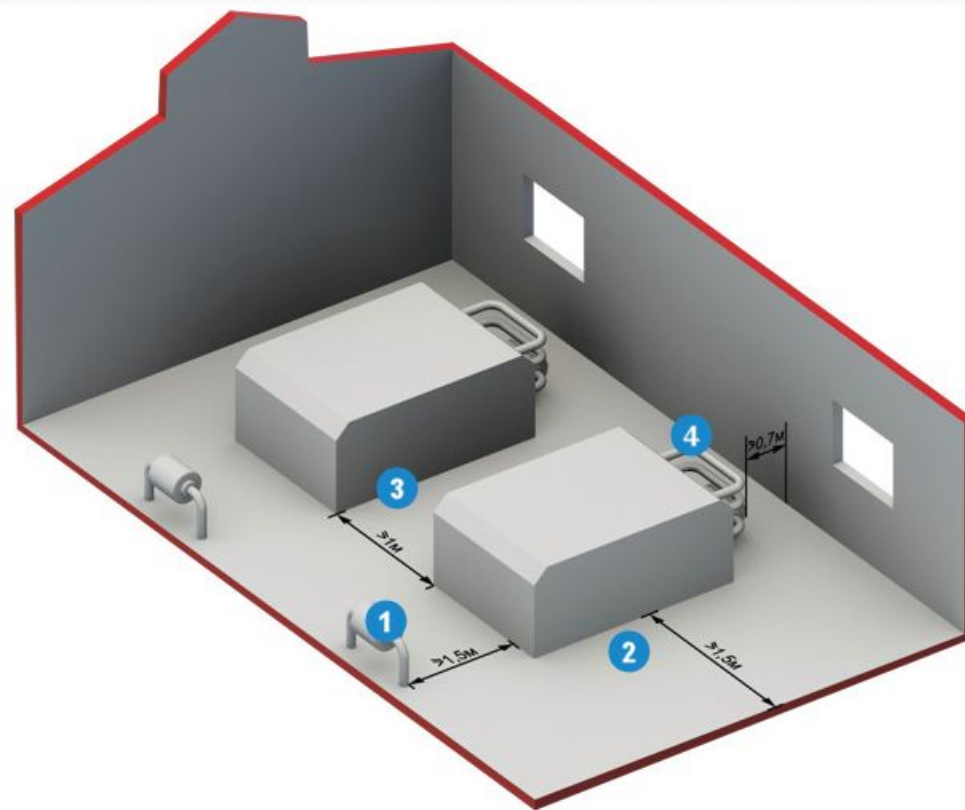
Расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до противоположной стены котельной должно составлять не менее 3 м.

Для котлов, работающих на газообразном или жидком топливе, расстояние от выступающих частей горелочных устройств до стены котельного помещения должно быть не менее 1 м.

Для котлов, оборудованных механизированными топками, расстояние от выступающих частей топок должно быть не менее 2 м.



Размещение котлов и вспомогательного оборудования



1. Перед фронтом котлов допускается установка котельного вспомогательного оборудования и щитов управления, при этом ширина свободных проходов вдоль фронта должна быть не менее 1,5 м и установленное оборудование не должно мешать обслуживанию котлов

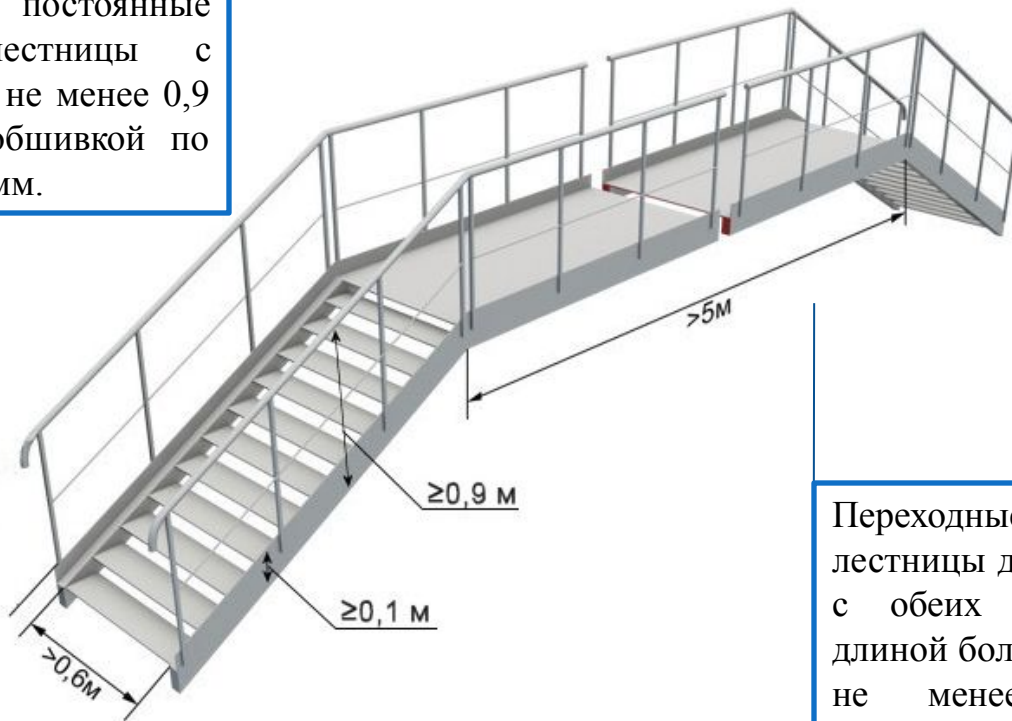
2. При установке котлов, для которых требуется боковое обслуживание топки или котла, ширина бокового прохода должна быть достаточной для обслуживания и ремонта, но не менее 1,5 м для котлов паропроизводительностью до 4 т/ч и не менее 2 м для котлов паропроизводительностью 4 т/ч и более

3. В тех случаях, когда не требуется бокового обслуживания топок и котлов, обязательно устройство проходов между крайними котлами и стенами котельной. Ширина этих проходов, а также ширина прохода между котлами и задней стеной котельного помещения должна составлять не менее 1 м

4. Ширина прохода между отдельными выступающими из обмуровки частями котлов (каркасами, трубами, сепараторами и т.д.), а также между этими частями и выступающими частями здания (кронштейнами, рабочими площадками и т.п.) должна составлять не менее 0,7 м

Площадки и лестницы

Для удобного и безопасного обслуживания котлов, пароперегревателей и экономайзеров должны быть установлены постоянные площадки и лестницы с перилами высотой не менее 0,9 м со сплошной обшивкой по низу не менее 100 мм.



Переходные площадки и лестницы должны иметь перила с обеих сторон. Площадки длиной более 5 м должны иметь не менее двух лестниц, расположенных в противоположных концах.

Площадки и лестницы



Лестницы большой высоты должны иметь промежуточные площадки. Расстояние между площадками должно быть не более 4 м.



Тема 4. Факторы, влияющие на безопасность работы котлов

В теме рассматриваются:

- ☐ Аварии на котлах
- ☐ Условия работы металла котла. Котельные стали и изменения их механических свойств. Абразивный износ и коррозия поверхностей нагрева.
- ☐ Наружные и внутренние загрязнения на поверхности нагрева
- ☐ Аварии и неполадки в работе котлов, вызванные нарушением технологических режимов
- ☐ Главные показатели качества воды. Водоподготовка и водно-химические режимы котельного агрегата. Докотловая подготовка воды: удаление механических примесей и коллоидных веществ из воды, умягчение воды, обессоливание воды.
- ☐ Деаэрация питательной и подпиточной воды.
- ☐ Водный режим паровых котлов. Очистка наружных поверхностей нагрева от загрязнений.

Аварии на котлах



Почему при взрыве парового котла, давление пара в котором составляет всего лишь 10-15 атмосфер, могут произойти большие разрушения, в то время как при взрыве цилиндра гидравлического пресса, давление в котором превышает несколько сотен атмосфер, значительных разрушений не происходит?



Пар, так же как газ, обладает очень большой сжимаемостью; жидкости же, наоборот, чрезвычайно слабо сжимаемы; поэтому пар под сравнительно небольшим давлением (15 атмосфер), расширяясь, может совершить во много раз большую работу, чем жидкость, находящаяся под давлением 600 атмосфер.

Аварии на котлах

Взрыв котла представляет собой быстро протекающий (адиабатный) процесс физического превращения веществ, сопровождающийся высвобождением большого количества энергии в ограниченном объеме.

Взрыв происходит при аварийной разгерметизации котла, в котором находится вода, нагретая выше температуры кипения при атмосферном давлении.



1. Пар, находящийся в котле, начинает истекать в атмосферу с высокой скоростью. При избыточном давлении в котле, превышающем 0,07 МПа, скорость истечения пара будет иметь максимальное значение, равное скорости звука

2. Давление в котле резко падает. В свою очередь, падение давления приводит к объемному вскипанию перегретой воды и образованию пара. При кипении воды с температурой 190°C из 1 м^3 воды образуется 1700 м^3 пара. Давление в котле резко возрастает

Образовавшийся паровой объем снижает теплоотвод от стенки котла и способствует уменьшению ее прочности за счет большого перегрева металла



Повышение давления и снижение прочности металла приводят к разрушению котла.

Котельные стали и изменения их механических свойств

- ✓ При испытании конструкционного материала находят зависимость «нагрузка-удлинение» в относительных координатах, т.е. зависимость: напряжение σ , МПа – относительное удлинение δ , %
- ✓ На диаграмме удлинения при растяжении имеются характерные точки $\sigma_{пр}$ – предел пропорциональности, когда заканчивается линейная зависимость удлинения от приложенной нагрузки в виде растяжения; σ_T – предел текучести; σ_B – предел прочности (характеризующий разрушение или временное сопротивление)
- ✓ Предел текучести на диаграмме отмечается небольшой площадкой, если площадка незаметна (это отмечается у легированных сталей), то этот предел определяется как напряжение, соответствующее остаточной деформации 0,2 %, т.е. $\sigma_{0,2}$
- ✓ В течение длительного времени работы элементов котла под давлением и при повышенных температурах изменяются структура металла и его механические свойства: прочность, вязкость и хрупкость
- ✓ Пластичность металла характеризуется относительным удлинением и сужением при разрыве. Показателем хрупкости металла (разрушение под действием нагрузки без заметных следов пластической деформации) является ударная вязкость

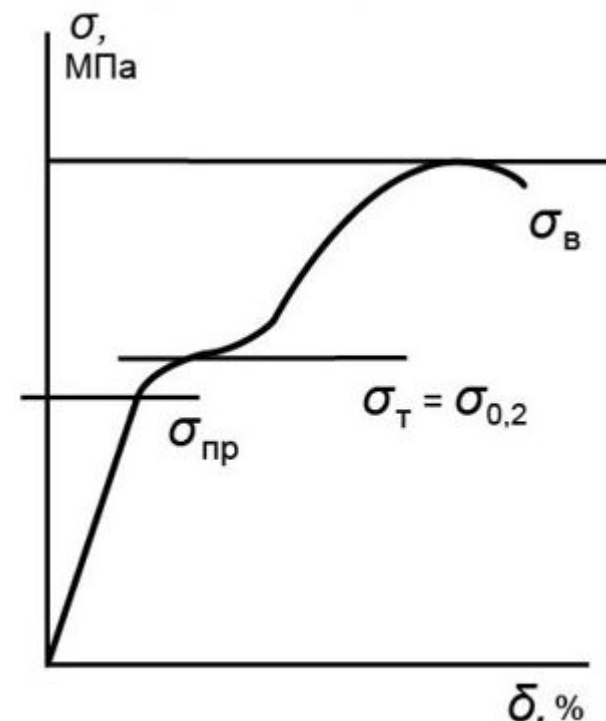


Диаграмма напряжений для стали

Котельные стали и изменения их механических свойств

Повышение прочности и сопротивляемости окалинообразованию при высокой температуре достигается путем легирования стали. В качестве легирующих присадок применяются:

Легирующий элемент	Обозначение	Свойства
хром	Х	Повышает жаростойкость (противостояние кислородной коррозии при высокой температуре). Наличие в стали 12-14% хрома делает ее нержавеющей
молибден	М	Повышает предел прочности и текучести при высоких температурах (жаропрочность)
никель	Н	Повышает вязкость стали, ее жаропрочность и сопротивляемость старению
ванадий, ниобий	Ф, Б	Добавляются к низколегированной хромомолибденовой стали для повышения сопротивляемости ползучести
марганец	Г	Содержание марганца в стали в количестве 0,9-1,5 % повышает ее прочность
титан	Т	Снижает склонность нержавеющей (аустенитных) сталей к межкристаллитной коррозии
бор	Р	Повышение прочности при высоких температурах, но ухудшает свариваемость
вольфрам	В	Повышение жаропрочности

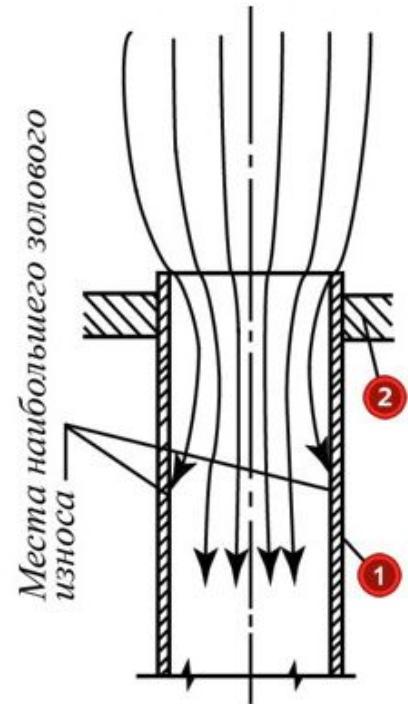
Котельные стали и изменения их механических свойств

- ✓ Обозначения марок сталей связаны с их средним химическим составом. Марки углеродистых сталей обозначаются цифрами (10; 20) соответствующими среднему содержанию углерода в сотых долях процента. Узкоспециализированные качественные углеродистые стали имеют то же обозначение, но с добавлением К (сталь 15К; сталь 20К).
- ✓ Углеродистые стали обычного качества имеют обозначение Ст2сп (МСт2); Ст3сп (МСт3). Для обозначения легированных марок сталей используют буквы, характеризующие соответствующие легирующие элементы, и цифры, показывающие среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой следует цифра – значит содержание данного элемента около 1%.
- ✓ Буква «А» в конце обозначения марки стали означает, что сталь высококачественная из-за низкого допустимого содержания серы и фосфора.



Абразивный износ и коррозия поверхностей нагрева

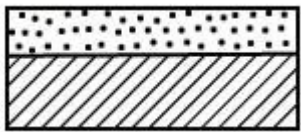
- ✓ Присутствие в продуктах сгорания твердого топлива золы и несгоревших частиц приводит абразивному износу труб, стенок газоходов, стоек, опорных балок и подвесок поверхностей нагрева.
- ✓ Причиной абразивного износа является удар и трение твердых частиц о поверхности стенки труб, что, в свою очередь, может привести к образованию свищей или разрывов.
- ✓ Интенсивность абразивного износа определяется: уровнем выхода золы и несгоревших частиц топлива в газовый поток; скоростью движения этого потока; истирающей способностью уноса; формой и размерами золовых частиц; устойчивостью к износу металла труб; конструктивными характеристиками поверхностей нагрева; равномерностью распределения по сечению газохода частиц золы и скорости потока.
- ✓ Наибольшее влияние на износ оказывает скорость газового потока. Если при сжигании топлив с низкоабразивной золой скорость газов в поверхностях нагрева составляет 10-12 м/с, то при сжигании топлив с высокоабразивной золой скорость ограничивается до значения 6-8 м/с



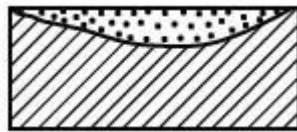
Абразивный износ трубы при продольном обтекании
1 - труба воздухоподогревателя;
2 - верхняя трубная доска

Абразивный износ и коррозия поверхностей нагрева

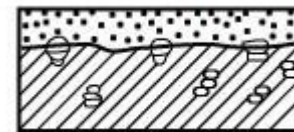
Общая (сплошная) коррозия – вся соприкасающаяся с коррозионно агрессивной средой поверхность нагрева подвергается коррозионному разрушению, равномерно утоняясь с внутренней или наружной стороны труб



а) равномерная

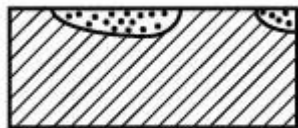


б) неравномерная

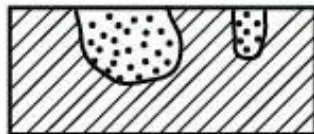


в) избирательная

Локальная (местная) коррозия – охватывает отдельные участки поверхности нагрева, по сравнению с которыми остальная поверхность металла не затрагивается повреждением этого вида. При протекании локальной коррозии оборудование значительно быстрее выходит из строя, чем при общей равномерной коррозии, несмотря на меньшие по абсолютному значению потери металла



*а) коррозия
пятнами*



*б) язвенная
коррозия*



*в) точечная
коррозия*



*г) межкристаллитная
коррозия*

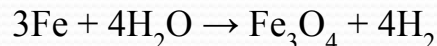


*д) транскристаллитная
коррозия*

Коррозия поверхностей нагрева. Внутренняя коррозия

ПАРОВОДЯНАЯ КОРРОЗИЯ

- Пароводяная коррозия происходит под воздействием воды и пара при вялой циркуляции воды, вызванной нарушениями гидродинамики экранных труб, приводящей к перегреву металла.
- Пароводяная коррозия является примером чисто **химической коррозии** (*процесс химического взаимодействия металла с окружающей коррозионно агрессивной средой*). Разрушение поверхности нагрева происходит под действием перегретого пара:



- Пароводяная коррозия, как правило, носит равномерный характер. Образующая пленка магнетита предохраняет металл от дальнейшей коррозии.
- Процесс пароводяной коррозии металла ускоряется, если вода или пар, находящиеся в трубах неподвижны или движутся с малой скоростью.
- Выделяющийся в процессе коррозии водород задерживается у корродируемой поверхности металла, проникает в металл и способствует более быстрому его разрушению.
- Для углеродистых сталей скорость пароводяной коррозии до 500⁰ С невелика, но при дальнейшем росте температуры скорость коррозии резко возрастает.
- В связи с этим в пароперегревателях при температуре стенки более 500⁰ С используются легированные стали, существенно повышающие стойкость к коррозии металла.

Коррозия поверхностей нагрева. Внешняя коррозия

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРОЗИЯ

- **ВАНАДИЕВАЯ КОРРОЗИЯ**
 - происходит при сжигании мазутов, содержащих ванадий, и при температуре 600- 620⁰ С практически все стали подвергаются этому виду коррозии
 - при сжигании мазута содержащийся в нем ванадий окисляется, образуя пятиокись ванадия (V_2O_5), которая в виде паров движется с дымовыми газами
 - при температуре стенки выше 610⁰ С соединения ванадия с натрием образуют жидкую пленку, которая разрушает стали всех классов. Коррозионный процесс усиливается при наличии в продуктах сгорания топлива оксидов серы
 - скорость ванадиевой коррозии снижается при дозировании в мазут щелочных присадок и установления температурного режима работы труб пароперегревателя ниже 600⁰ С
- **СУЛЬФИДНАЯ (ГАЗОВАЯ) КОРРОЗИЯ**
 - возникает на экранных трубах высокого и сверхкритического давлений при температуре металла около 400⁰ С
 - сущность сульфидной коррозии заключается в том, что при неполном сжигании топлива, сопровождающемся образованием CO, H_2S , H_2 и серы, наблюдается интенсивная коррозия экранных труб в восстановительной атмосфере, которая распространяется от горелок до верха топки. Характер разрушений по внешнему виду напоминает абразивный износ золой
 - основным коррозионно-активным компонентом продуктов неполного сгорания топлива является сероводород (H_2S), который даже в малых объемных концентрациях у поверхности (0,04-0,07 %) увеличивает скорость коррозии в 10 раз. Продуктом реакции сероводорода с металлом труб является сульфид железа (FeS), который переходит в сульфаты железа и отслаивается от стенки.
 - поскольку сульфидная коррозия протекает только в восстановительной атмосфере, то одним из способов борьбы с этого вида коррозией является компоновка горелок и организация аэродинамики топки таким образом чтобы в пристенных областях топочные газы содержали избыточный воздух.

Наружные и внутренние загрязнения на поверхностях нагрева

НАРУЖНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

- При условии, что температура газообразных продуктов сгорания твердого топлива меньше температуры плавления золы, основная часть уноса за топкой находится в твердом состоянии.
- На экранах и ширмах топки, работающей на пылевидном твердом топливе, возможны отложения шлака. Эти отложения образуются при температуре газов на выходе из топки более высокой, чем температура размягчения золы, а также высокотемпературных зонах топки при неудовлетворительной аэродинамической организации топочного процесса в тех случаях, когда расплавленные частицы золы, не успевшие охладиться и затвердеть, набрасываются потоком газов на стенки топок и трубы экранов.
- Обычно шлакование начинается в промежутках между экранными трубками, а также в застойных зонах и участках топки.
- Если температура топочной среды в зоне образования шлаковых отложений ниже температуры начала температурной деформации золы, то наружный слой шлака состоит из затвердевших частиц. При повышении температуры наружный слой шлака может оплавляться, что способствует налипанию новых частиц и прогрессирующему шлакованию.
- При температуре топочной среды выше точки плавления золы наружный слой шлака будет оплавляться, и дальнейшего его нарастания не будет, так как жидкий шлак будет стекать со стенок топки.
- В таком режиме работают ошипованные экраны топок с жидким шлакоудалением. Шлакование ослабляет тепловосприятие поверхностей нагрева, которые расположены в топке, что приводит к повышению температуры продуктов сгорания на выходе из топки. Вследствие этого нарушается гидродинамический режим работы экранов и ширм.

Наружные и внутренние загрязнения на поверхностях нагрева

ВНУТРЕННИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

- Образование накипи на внутренней поверхности обогреваемых труб является одним из нежелательных явлений, способствующих недоступному повышению температуры металла, вследствие весьма низкого значения теплопроводности ($\lambda_n=0,1-0,2$ Вт/м К)
- При появлении накипи толщиной δ_n на внутренней стороне труб увеличивается температура $t_{ст}$

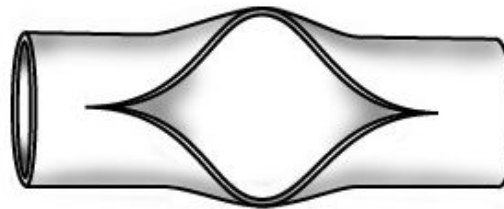
$$t_{ст} \approx t_{рт} + q \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} \right)$$

$t_{рт}$ – температура воды (рабочего тела); q – удельный тепловой поток на единицу поверхности трубы;

α_2 – коэффициент внутренней теплоотдачи; δ_n, δ_m – толщина слоя накипи и металла трубы;

λ_n, λ_m – теплопроводность накипи и металла трубы

- У поверхностей нагрева, расположенных в зонах высоких температур (экраны, фестоны, первые ряды труб конвективного пучка) температура может превысить предельную по условиям прочности, после чего начинается образование отдулин с утонением стенки трубы. Затем появляется свищ – отверстие вдоль образующей трубы, через который с большой скоростью вытекает струя воды, и котел приходится останавливать



*Типичный случай повреждения
трубы из-за перегрева металла*

Аварии и неполадки в работе котлов, вызванные нарушением технологических режимов

Взрывы и разрушения, произошедшие в результате аварии, а также и неполадки в работе котельного оборудования, приводят к значительному ущербу, вызванному длительным выводом из строя этого оборудования

Причиной большинства аварий и неполадок являются низкая квалификация работников; несоблюдения обслуживающим персоналом требований безопасности, эксплуатационных инструкций; нарушения трудовой и производственной дисциплины

Аварии и неполадки в работе котлов, вызванные нарушением технологических режимов

ВЗРЫВЫ И ХЛОПКИ В ТОПКАХ И ГАЗОХОДАХ

- Взрывы и хлопки приводят к аварии из-за разрушения обмуровки; локального разогрева обшивки котла, балок каркаса (снижается их несущая способность).
- При сжигании твердого топлива причинами взрывов и хлопков являются скопления в топках и газоходах значительного количества несгоревшего топлива, частицы которого либо осаждаются на под или холодную воронку топки, либо уносятся в газоходы из-за неправильной организации горения топлива в топке котла.
- Вероятность взрыва увеличивается при обрыве факела и повторном его зажигании без предварительного вентилирования топки; при обрушении в значительном количестве шлака в нижнюю зону топки зашлакованного котла, когда раскаленные глыбы шлака попадают в водяную ванну шлаковых шахт; при растопке котлов с охлажденными зашлакованными топками.
- Шлакование топок приводит к перекрытию шлаком нижней части топки и прекращению выхода шлака из котла, что неминуемо связано с необходимостью его останова. При падении глыб в холодную воронку или на под топки деформируются (вплоть до разрушения) обмуровка, опоры шлаковых шахт, устройства удаления шлака.
- При сжигании газообразного топлива причинами взрывов в топке являются утечки газа; неудовлетворительная вентиляция топки и газоходов перед растопкой котла; повторное зажигание факела после его обрыва без достаточного предварительного вентилирования топки; неполная продувка через свечи газопроводов до горелок. Такие взрывы, как правило, имеют тяжелые последствия.
- При сжигании жидкого топлива опасность пожара и взрыва в топке и газоходах вызвана некачественным распылением топлива форсунками. Это приводит к вытеканию и накоплению большого количества мазута в амбразурах и на стенках топки. Плохое смешение мазута с воздухом способствует тому, что, из-за высокого выноса сажи в газоходы котла, происходит накопление, а в ряде случаев и возгорание, сажистых отложений на поверхностях нагрева. При этом наблюдается значительное повышение температуры газов, уменьшение тяги, разогрев обшивки, а иногда и выброс пламени.

Водоподготовка и водно-химические режимы работы котельного агрегата

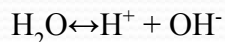
Главные показатели качества воды

ЩЕЛОЧНОСТЬ ВОДЫ

- Щелочность воды – выражается в тех же единицах, что и жесткость и характеризует суммарное содержание в ней щелочных соединений (NaOH – едкий натр; Na_2CO_3 – кальцинированная сода; NaHCO_3 – гидрокарбонат натрия; Na_3PO_4 – тринатрий фосфат)
- Общая щелочность (Що) складывается из суммы гидратной щелочности (Щг); гидрокарбонатной щелочности (Щгк); карбонатной щелочности (Щк)

$$\text{Що} = \text{Щг} + \text{Щгк} + \text{Щк}$$

- Щелочность воды, как и ее кислотность определяется водородным показателем pH. Вода является очень слабым электролитом, и ее диссоциация происходит по реакции:



- При температуре 25 градусов в чистой воде концентрация ионов водорода равна концентрации гидроксид-ионов и составляет:

$$C_{\text{H}^+} = C_{\text{OH}^-} = 10^{-7} \text{ моль/л}$$

- Такая среда называется нейтральной. Водородным показателем (pH) называют десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком. $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Для нейтральной среды $\text{pH} = -\lg[10^{-7}] = 7$. В кислой среде, где концентрация ионов водорода больше, чем концентрация гидроксид-ионов, $\text{pH} < 7$, а в щелочной среде $\text{pH} > 7$

Водоподготовка и водно-химические режимы котельного агрегата



На основании теплотехнических испытаний котлов и длительного опыта их эксплуатации установлены нормы качества питательной, подпиточной и сетевой воды, а также нормы качества котловой воды. Показатели качества не должны превышать установленных норм.

Нормы качества питательной воды для паровых газотрубных котлов

Показатель	Для котлов, работающих	
	на жидком топливе	на других видах топлива
Прозрачность по шрифту, см, не менее	40	20
Общая жесткость, мкг-экв/кг	30	100
Содержание растворенного кислорода (для котлов паропроизводительностью 2 т/ч и более), мкг/кг	50 ^{*1}	100

^{*1} Для котлов, не имеющих экономайзеров, и котлов с чугунными экономайзерами содержание растворенного кислорода допускается от 10 мкг/кг

Водоподготовка и водно-химические режимы котельного агрегата

Нормы качества питательной воды для энерготехнических котлов и котлов-утилизаторов с рабочим давлением пара 11 МПа

Показатель	Значение
Общая жесткость, мкг-экв/кг	3
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe), мкг/кг	10
Содержание растворенного кислорода, мкг/кг	30
Значение pH при 25 ⁰ C	9,1+0,1 ^{*1}
Условное солесодержание (в пересчете на NaCl), мкг/кг ^{*2}	300
Удельная электрическая проводимость при 25 ⁰ C, мкСм/см ^{*2}	2,0
Содержание нефтепродуктов, мг/кг	0,3

^{*1} Верхнее значение величины pH устанавливается не более 9,5 в зависимости от материалов, применяемых в оборудовании пароконденсатного тракта

^{*2} Условное солесодержание должно определяться кондуктометрическим солемером с предварительной дегазацией и концентрированием пробы, а удельная электрическая проводимость – кондуктометром с предварительным водород-катионизированием пробы; контролируется один из этих показателей

Водоподготовка и водно-химические режимы котельного агрегата

Относительная щелочность
котловой воды не должна
превышать 20 %



Для паровых котлов с давлением до 4 МПа
включительно, имеющих заклепочные соединения

Относительная щелочность
котловой воды допускается
до 50 %



Для паровых котлов с давлением до 4 МПа
включительно со сварными барабанами и
креплением труб методом вальцовки (или
вальцовкой с уплотнительной подваркой)

Относительная щелочность
котловой воды не нормируется



Для паровых котлов с давлением до 4 МПа
включительно со сварными барабанами и
приварными трубами

Относительная щелочность
котловой воды не должна
превышать 50 %



Для паровых котлов с давлением свыше 4 МПа до
10 МПа включительно

Относительная щелочность
котловой воды не должна
превышать 30%



Для котлов с давлением свыше 10 МПа до 14 МПа
включительно

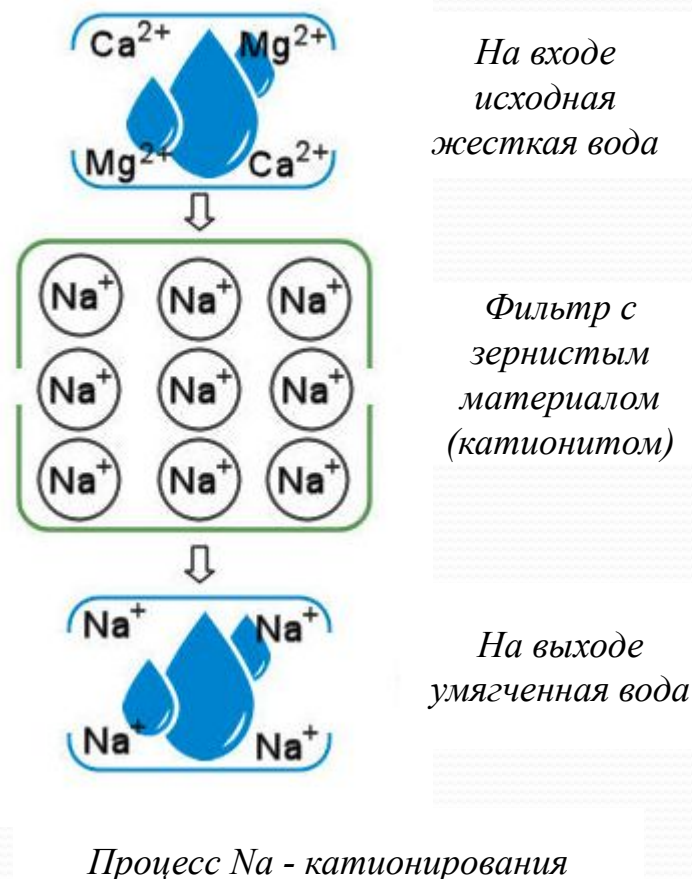
Докотловая подготовка воды. Умягчение воды

Для обработки воды широкое применение в котельных установках всех мощностей получил метод ионного обмена. Обработка воды производится в фильтрах через слой зернистого материала (ионита).

В процессе фильтрования происходит замена ионов солей, находящихся в воде на ионы, которыми насыщен ионит. В качестве обменных ионов при водоподготовке применяются катионы натрия (Na^+), водорода (H^+), аммония (NH_4^+), а также анионы – гидроксильные (OH^-) и хлоридные (Cl^-).

Зернистый материал, содержащий катионы, называется катионитом, а фильтрация воды через такой материал называется катионированием.

Зернистый материал, содержащий анионы, называется анионитом, а фильтрация воды через такой материал называется анионированием.



Докотловая подготовка воды. Умягчение воды

Схема параллельного Н- Na катионирования применяется для слабо минерализованных вод и позволяет получить умягченную воду с минимальной щелочностью 0,5-0,6 мг-экв/кг

Пройдя осветлительные фильтры, обрабатываемая вода параллельными потоками подается на водородные и натриевые катионитные фильтры, после которых происходит смешивание кислой воды (после водород катионирования) со щелочной водой (после натрий катионирования) с целью нейтрализации свободных кислот

Для удаления образующейся углекислоты вода после фильтров подается в декарбонизатор. В декарбонизаторе удаление CO_2 осуществляется за счет контакта стекающей вниз в виде пленок и капель воды с подаваемым вентилятором встречным потоком воздуха, с которым из воды удаляется углекислота. Для увеличения поверхности контакта потоков декарбонизатор оснащен специальной насадкой, состоящей из керамических колец

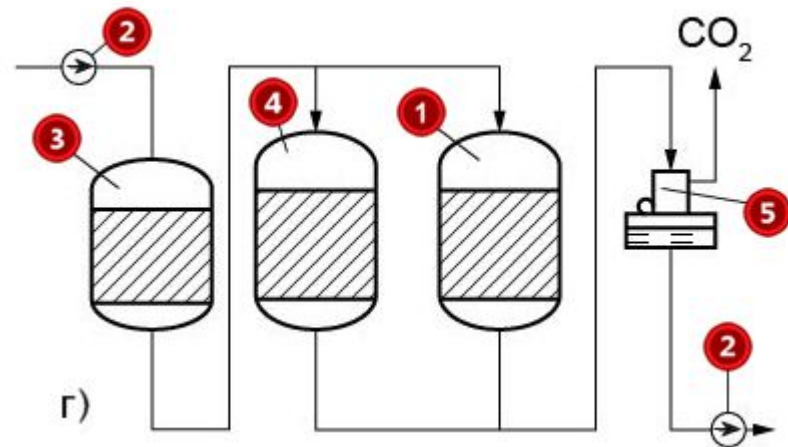


Схема водоподготовительной установки для умягчения воды с параллельно включенными Na- и H-катионитными фильтрами:

- 1 – Na-катионитный фильтр;
- 2 – насос;
- 3 – механический фильтр;
- 4 – H-катионитный фильтр;
- 5 – декарбонизатор

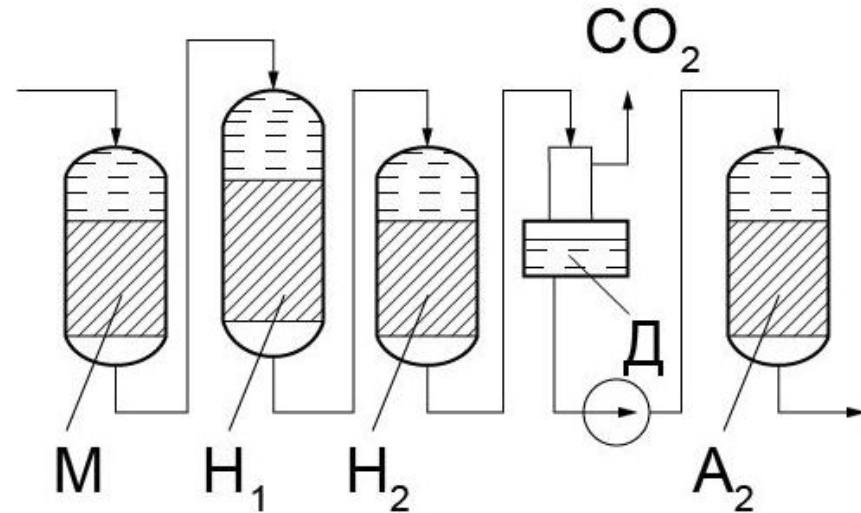
Докотловая подготовка воды. Обессоливание воды

Частичное обессоливание применяется на электростанциях, оборудованных барабанными котлами высокого давления.

При реализации схемы частичного обессоливания вода после механического фильтра (М) подается на водород катионитовые фильтры первой (H_1) и второй (H_2) ступеней, на которых происходит удаление катионов кальция, магния, натрия, аммония (NH_4^+).

После ступеней водород катионирования вода направляется в декарбонизатор, после которого – в анионитный фильтр, содержащий сильноосновный анионит.

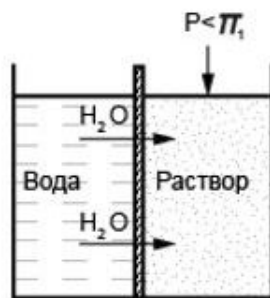
В фильтре H_1 загружен сульфуголь (СК-1), а в фильтре H_2 загружен катионит КУ-2. Анионитный фильтр A_2 заполнен анионитом АВ-17.



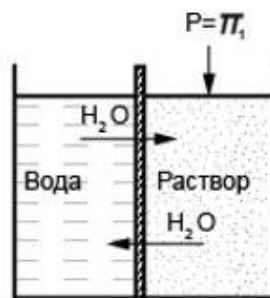
Установка с частичным обессоливанием
 M, H_1, H_2 – механический, водородный первой и второй ступеней фильтры;
 $Д$ – декарбонизатор;
 A_2 – анионитный фильтр

Докотловая подготовка воды. Обессоливание методом обратного осмоса

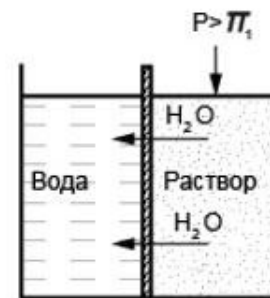
- Развитие процесса обессоливания методом обратного осмоса основано на изучении биологического процесса осмоса, представляющего собой переход (диффузию) вещества, обычно растворителя, через полупроницаемую мембрану (*полупроницаемая мембрана – перегородка, пропускающая малые молекулы воды, но непроницаемая для более крупных молекул растворенного вещества*), разделяющую раствор и чистый растворитель (воду) или два раствора различной концентрации.
- Метод разделения растворов, основанный на явлении обратного осмоса, заключается в том, что раствор (вода, содержащая растворенные химические примеси) под давлением подается на полупроницаемую мембрану, пропускающую чистую воду и задерживающую полностью или частично молекулы (ионы) растворенного вещества. При этом применение технологии обратного осмоса позволяет очистить воду от примесей на 96-100 %
- Основным элементом аппаратов обратного осмоса является мембраны, имеющие поверхностный слой, толщина которого достигает 25 мкм, для обеспечения прочности поверхностный слой мембраны имеет микропористую подложку, толщина которой составляет 100-250 мкм. Производительность установки обратноосмотической обработки воды может достигать до сотен тонн воды в час.



осмос ($P < \Pi_1$)



б) равновесие ($P = \Pi_1$)



б) обратный осмос ($P > \Pi_1$)

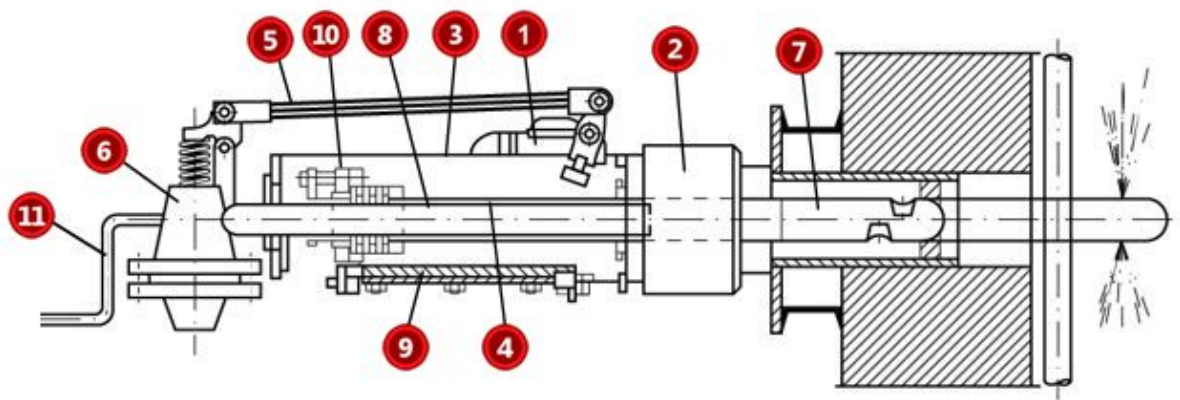
где P - рабочее давление над исходным раствором; Π - осмотическое давление раствора

Очистка наружных поверхностей нагрева от загрязнений

- В процессе эксплуатации котла для очистки экранных поверхностей нагрева применяют паровую и пароводяную их обдувку, а также вибрационную очистку.
- Для конвективных поверхностей нагрева используют паровую и пароводяную обдувку, вибрационную, дробевую и акустическую очистку или самообдувку.
- Наибольшее распространение получили паровая обдувка и дробевая очистка. Для ширм и вертикальных пароперегревателей наиболее эффективной является вибрационная очистка.

Очистка наружных поверхностей нагрева от загрязнений. Паровая обдувка

- ✓ В основе лежит динамическое воздействие струй насыщенного или перегретого пара. Струя пара имеет небольшую дальнбойность, но при давлении более 3 МПа ее действие достаточно эффективно.
- ✓ Для удаления отложений с поверхности нагрева давление струи должно составлять примерно 200-250 Па для рыхлых золовых отложений; 400-500 Па для уплотненных золовых отложений; 2000 Па для оплавленных шлаковых отложений. В качестве обдувающего агента используется пар при давлении до 4 МПа и температуре до 400 градусов. Аппарат состоит из обдувочной трубы для подвода пара и механизма привода.
- ✓ В начале обдувочной трубе сообщается поступательное движение. Когда сопловая головка вдвигается в топку, труба начинает вращаться. В это время открывается автоматически паровой клапан, и пар поступает к двум диаметрально расположенным соплам.
- ✓ После окончания обдувки электродвигатель переключается на обратный ход, и сопловая головка возвращается в исходное положение, что предохраняет ее чрезмерного нагрева. Зона действия обдувочного аппарата до 2,5 метра, а глубина захода в топку – до 8 метров. На стенках топки обдувочные аппараты размещаются так, чтобы зона их действия охватывала всю поверхность экранов.



Аппарат для паровой обдувки экранов:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – корпус; 4 – шпиндель; 5 – рычажный механизм; 6 – клапан; 7 – сопловая головка с двумя соплами; 8 – центральная неподвижная труба; 9 – направляющая; 10 – сальник; 11 – рукоятка

Очистка наружных поверхностей нагрева от загрязнений. Дробеочистка

- ✓ Дробеочистка применяется для очистки конвективных поверхностей нагрева при наличии на них уплотненных и связанных отложений.
- ✓ Очистка происходит в результате использования кинетической энергии падающих на очищаемые поверхности чугунных дробин диаметром 3-5 мм.
- ✓ В верхней части конвективной шахты котла помещаются разбрасыватели, которые равномерно распределяют дробь по сечению газохода. При падении дробь сбивает осевшую на трубах золу, а затем вместе с ней собирается в бункерах, расположенных под шахтой.
- ✓ Из бункеров дробь вместе с золой попадает в сборный бункер, из которого питатель подает их в трубопровод, где масса золы с дробью подхватывается воздухом и выносится в дробеуловитель, из которого дробь по рукавам вновь подается в разбрасыватели, а воздух вместе с частицами золы направляется в циклон, где происходит их разделение.
- ✓ Из циклона воздух сбрасывается в газоход перед дымососом, а зола, осевшая в циклоне, удаляется в систему золоудаления котельной установки. Транспорт дробы осуществляется по всасывающей или нагнетательной схеме.

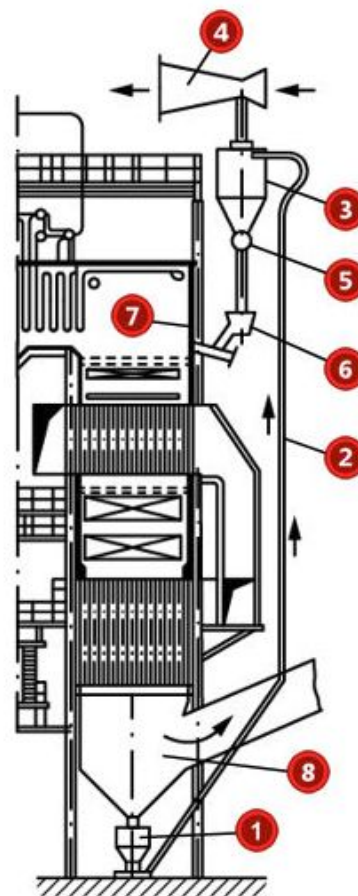


Схема дробеочистной
установки с
пневматическим
забрасывателем дробы:
1 – бункер для дробы;
2 – трубопровод для
подачи дробы;
3 – дробеуловитель-
циклон;
4 – эжектор;
5 – автоматический
клапан-мигалка;
6 – тарельчатый
питатель;
7 – разбрасыватель
дробы;
8 – выход продуктов
сгорания

Тема 5. Безопасная эксплуатация паровых и водогрейных котлов

В теме рассматриваются:

- ❑ Организация безопасной эксплуатации. Техническая документация на эксплуатируемые паровые и водогрейные котлы
- ❑ Обслуживание котлов. Подготовка к растопке. Растопка котельного агрегата, работающего на твердом топливе. Включение котельного агрегата
- ❑ Соблюдение безопасного режима работы котельного агрегата. Режим работы и обслуживание топок, работающих на газообразном топливе. Режим работы и обслуживание топок, работающих на жидком нефтяном топливе
- ❑ Поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание водой. Поддержание нормального давления пара и питательной воды. Поддержание температуры перегретого пара и питательной воды после водяного экономайзера
- ❑ Обслуживание пароперегревателя, парозапорного вентиля (задвижки) котла и предохранительных клапанов
- ❑ Продувка котла. Обслуживание водяного экономайзера и воздухоподогревателя. Обслуживание тягодутьевых установок
- ❑ Остановка котлоагрегата. Аварийная остановка котельного агрегата. Организация ремонта
- ❑ Регистрация котлов. Техническое освидетельствование. Пусконаладочные работы. Разрешение на эксплуатацию вновь установленных котлов. Дополнительные требования к эксплуатации

Организация безопасной эксплуатации

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов обязан:

находящиеся в рабочем

проверять записи в сменном

персоналом по повышению

обследованиях и
технических

и инструкции организации-
изготовителей по их

противоаварийные
тренировки с персоналом

документации при

и периодической проверке

выполнять предписания,
выданные органами

Организация безопасной эксплуатации

Отстранять от обслуживания котлов персонал, допускающий нарушения инструкций или показавший неудовлетворительные знания

Представлять руководству предприятия предложения по устранению причин, порождающих нарушения требований промышленной безопасности и инструкций

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов имеет право:

Представлять руководству предприятия предложения по привлечению к ответственности специалистов и лиц из числа обслуживающего персонала, нарушающих требования промышленной безопасности и инструкции

Обслуживание котлов

- Обслуживание котлов осуществляется в соответствии с производственной инструкцией, утвержденной руководителем организации. Производственная инструкция составляется на основании «Типовой инструкции по безопасному ведению работ для персонала котельных», с учетом инструкций предприятий-изготовителей по монтажу и эксплуатации объектов, а также местных условий эксплуатации установленного оборудования
- Профессиональное обучение, инструктажи, стажировка и проверка знаний и допуск к самостоятельной работе проводится в порядке, установленном «Положением об организации обучения и проверки знаний рабочих организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» (РД 03-20-2007), утвержденным приказом Ростехнадзора от 29.01.2007 № 37
- Машинист (кочегар, оператор) должен знать устройство и работу обслуживаемых им котлов и всего вспомогательного оборудования котельной (питательные насосы, вентиляторы, дымососы, воздушные компрессоры и т.п.), схемы трубопроводов, мазутопроводов и газопроводов, конструкции мазутных форсунок, газовых горелок, топок и их пределы регулирования
- Кроме того, он должен выполнять свои обязанности, четко знать, кому подчинен, чьи указания должен выполнять, кого извещать о неполадках, авариях, пожаре и несчастных случаях, а также знать свои права

Обслуживание котлов

- Все операции с вентилями, задвижками (кранами) необходимо выполнять медленно и осторожно, их не следует закрывать и крепить с большой силой или с применением рычагов, так как при таком способе крепления могут произойти срыв резьбы шпинделя, его изгиб и другие повреждения
- Рабочее место машиниста (кочегара, оператора) должно быть хорошо освещено рассеянным и нерезким светом; особенно хорошо должны быть освещены водоуказательные стекла, манометры и другие приборы. Кроме того, котельная должна быть оборудована аварийным освещением от резервного или самостоятельного источника питания независимо от общей электроосветительной сети котельной
- В котельной, работающей на газообразном топливе, обязательным является дополнительное взрывобезопасное освещение рабочих мест с выключателем, установленным снаружи у входной двери. Для взрывобезопасного освещения устанавливаются электролампы с арматурой во взрывозащищенном исполнении с самостоятельной проводкой. Взрывобезопасное освещение может быть использовано и как аварийное



Во время работы котлов запрещается производить какие-либо работы по ремонту элементов, находящихся под давлением (подчеканка заклепочных швов, заварка элементов котла, подтягивание люков, лазов)

Подготовка к растопке

Во избежание расстройства вальцовочных соединений и возникновения термических деформаций от неравномерного прогрева котла температура воды, применяемой для заполнения котла, не должна превышать:

90⁰ С в зимнее время

50-60⁰ С в летнее время

Не рекомендуется заполнять котел водой с температурой ниже 50⁰ С, в особенности если металл котла и его обмуровка недостаточно остыли. Нельзя заполнять котел водой при температуре обмуровки ниже 0⁰ С. Заполнять котел водой следует постепенно.

После заполнения котла водой необходимо закрыть питательный вентиль и наблюдать за уровнем воды в стекле – не падает ли он. Если падает, то найти место утечки и устранить.

Перед растопкой котла должна быть произведена вентиляция топки и газоходов котла в течение 10-15 мин (в зависимости от конструкции котла) путем открытия дверец топки, поддувала, шиберов для регулирования подачи воздуха, заслонок естественной тяги, а при наличии дымососов и вентиляторов – путем их включения

Необходимо обращать внимание на тщательность вентиляции топки, газоходов и воздухопроводов при работе на взрывоопасных (нефтяном, газовом и пылевидном) топливах

Подготовка к растопке

Перед растопкой котла, работающего на жидком топливе:

1. Температура топлива должна быть доведена до величины, установленной в инструкции предприятия-изготовителя по монтажу и эксплуатации котла
2. Паровая линия к форсункам должна быть прогрета (освобождена от конденсата)

При подготовке к растопке котла, работающего на газообразном топливе, необходимо:

1. Убедиться в том, что закрыты шиберы на газоходах котлов, не включаемых в работу
2. Открыть задвижки на вводе газа в котельную и все последующие задвижки (краны) по ходу газа, кроме кранов перед горелками и запальником растапливаемого котла
3. Проверить исправность участка включенного газопровода. Убедиться в отсутствии утечек газа из газопроводов, газового оборудования и арматуры путем обмыливания их. Использовать открытый огонь (горящие спички, свечи и т.п.) при выполнении этой работы запрещается. Спустить возможно скопившийся конденсат из газопровода через дренаж, после чего плотно закрыть вентиль (кран) дренажа
4. Проверить по манометрам соответствие давления газа, а при двухпроводных горелках, кроме того, соответствие давления воздуха перед задвижками горелок при работающем дутьевом вентиляторе установленным давлениям (газа, воздуха)
5. Провентилировать топку, газоходы и воздухопроводы в течение 10-15 мин. Отрегулировать тягу растапливаемого котла, установив разрежение в верхней части топки 20-30 Па (2-3 мм вод. ст.), а на уровне газовых горелок не менее 40-50 Па (4-5 мм вод. ст.)

Растопка котельного агрегата, работающего на твердом топливе



Растопку котла всегда следует производить при слабом огне с уменьшенной тягой, при этом главный парозапорный клапан должен быть закрыт, а рабочий предохранительный клапан или воздушник, служащий для удаления воздуха из барабана или корпуса котла, открыт



Пока давление пара в котле не превысило 0,1 МПа (1 кгс/см²), следует проверить исправность действия предохранительных клапанов, манометра и водоуказательных приборов. Проверить, не пропускают ли обратные клапаны, а также продувочные и спускные вентили



Подняв давление пара до 0,3 МПа (3 кгс/см²), еще раз проверить исправность арматуры котла, плотность люков (лючков) и лазов. Убедившись, что арматура исправна, а люки (лючки) и лазы не парят и плотно подтянуты, можно постепенно повышать давление пара в котле до рабочего путем увеличения интенсивности горения в топке

Растопка котельного агрегата, работающего на газообразном топливе

- **При отрыве пламени**

- 1. Следует уменьшить подачу воздуха, при длинном коптящем пламени надо убавить подачу газа
- 2. Во избежание отрыва пламени из-за чрезмерного избытка воздуха увеличивать нагрузку следует прибавлением вначале подачи газа, а затем подачи воздуха, а снижать нагрузку надо уменьшением вначале подачи воздуха, а затем подачи газа

- **Если при растопке погаснут все горелки**

- 1. Следует немедленно прекратить подачу газа к ним
- 2. Убрать из топки запальник и провентилировать топку и газоходы в течение 10-15 мин. Только после этого можно повторно зажигать горелки

Растопка котельного агрегата, работающего на жидком топливе

- **Если мазут не загорелся?**

- Немедленно прекратить подачу его в форсунку, убрать из топки растопочный факел и провентилировать топку, газоходы и воздухопроводы в течение 10-15 мин, установить причину незагорания топлива и устранить ее. Только после этого можно снова приступить к зажиганию форсунки.

- **Если при растопке погаснут все работающие форсунки?**

- Немедленно прекратить подачу в них топлива, убрать из топки ручные растопочные факелы и провентилировать топку, дымоходы и воздухопроводы в течение 10-15 мин при работающем дымососе и вентиляторе. Только после этого можно снова зажигать форсунки.

- **Если погаснет только часть работающих форсунок?**

- Немедленно прекратить подачу мазута в эти форсунки и затем снова зажечь их при помощи ручного горящего растопочного факела

Растопка котельного агрегата, работающего на жидком топливе

- Во все время растопки необходимо проверять, не нагревается ли вода в экономайзере. Снизить температуру воды в экономайзере можно увеличением подачи питательной воды в котел путем открытия продувки и спуска воды из экономайзера в питательный бак по сгонной линии.
- Если котел имеет экономайзер кипящего типа и рециркуляционную линию, соединяющую водяное пространство барабана с нижними коллекторами экономайзера, то перед растопкой котла необходимо открыть вентили на этой линии.
- Водяной экономайзер и воздухоподогреватель обычно включают в поток отходящих горячих газов после того, как начнется отбор пара из котла, открывая вначале заслонки (шиберы) экономайзера и воздухоподогревателя и лишь после этого закрывая заслонки в обходных газоходах, обратный порядок может вызвать выброс пламени из топки. У невыключаемых экономайзеров необходимо отключить нижние коллекторы от водяного пространства котла.
- Перед включением в работу воздухоподогреватель прогревают, постепенно пуская через него горячие газы. Пуск воздуха начинают при достижении температуры газов после воздухоподогревателя согласно инструкции (не менее 120° С) и следят за температурой уходящих газов. При низкой температуре воздуха может появиться потение. Во избежание этого перепускают часть горячего воздуха на всас дутьевого вентилятора.

Включение котельного агрегата



Включение котельного агрегата

При включении котла в находящийся в работе паропровод давление в котле должно быть равно или несколько ниже – не более 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) – давления в паропроводе, при этом горение в топке следует уменьшить. Если при этом в паропроводе будут возникать толчки или гидравлические удары, необходимо немедленно приостановить включение котла (закрыть главный запорный орган) и увеличить продувку паропровода.

Если в котле установлен пароперегреватель, включаемый при помощи газовой заслонки, то при достижении в котле избыточного давления 0,3-0,5 МПа (3-5 кгс/см²) необходимо открыть заслонку и продувочный вентиль пароперегревателя.

При отсутствии у пароперегревателя отключающей заслонки по мере повышения давления в котле уменьшают продувку пароперегревателя и прекращают ее при достижении примерно половинной нагрузки котла.

После включения котла в действующий паропровод еще раз проверяется исправность арматуры и уровень воды в котле.

При наличии сниженного указателя уровня воды правильность его показаний следует еще раз проверить по водоуказательным приборам, установленным на барабане котла. После того как котел начал работать, включают аппаратуру автоматического управления котлоагрегатом.

Режим работы и обслуживание топок, работающих на газообразном топливе

- Регулировать подачу газа и воздуха следует медленным и плавным открытием кранов, задвижек и вентилях. Нужно добиваться бесшумной устойчивой работы горелок без отрыва пламени.
- Нагрузку котлоагрегата с несколькими газовыми горелками следует регулировать изменением расхода газа по всем горелкам или с изменением их количества; последнее регулирование нагрузки особенно целесообразно для инжекционных горелок неполного смешения небольшой производительности (до 15-20 м³/г). При повышении нагрузки отдельных горелок сначала увеличивают подачу газа, а затем подачу воздуха; при снижении нагрузки вначале, наоборот, уменьшают подачу воздуха, а затем подачу газа.
- Необходимо помнить, что недопустима работа горелок с перегрузкой, приводящая к отрыву пламени от горелки, и работа горелок на малых нагрузках, вызывающая проскок пламени. Особенно неудовлетворительно работают на больших и малых нагрузках инжекционные горелки полного смешения.
- Для увеличения длины и светимости факела пламени уменьшают подачу первичного воздуха в горелки и увеличивают подачу вторичного воздуха при одновременном увеличении разрежения в топке (во избежание неполного сгорания газа).
- Во избежание выброса пламени из топки и неполного сгорания газа при повышении нагрузки котла увеличивают вначале разрежение в топке, а затем нагрузку горелок. При снижении нагрузки котла уменьшают вначале нагрузку горелок, а затем уменьшают разрежение.

Режим работы и обслуживание топок, работающих на жидком нефтяном топливе



В качестве жидкого топлива в котельных применяется мазут – остаточный продукт переработки нефти.

Значительную часть топочных мазутов составляют крекинг-мазуты повышенной вязкости: малосернистые с содержанием серы до 0,5 %, сернистые (серы 0,5-2,5 %) и высокосернистые с содержанием серы 2,0-3,5%

Режим работы и обслуживание топок, работающих на жидком нефтяном топливе



Если факел чистый и отсутствует сильный отрыв пламени от форсунки?



Распыливание считается нормальным.



Если процесс распыливания протекает с шипением?



Распыливание недостаточное или в форсунку поступает очень влажный пар.



Если же в топке падают горящие с копотью капли мазута?



Мало давление распыливающего пара.

Поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание водой

Уровень воды в котле определяется по водоуказательному прибору, состоящему из корпуса, прокладки, стекла и нажимной рамки.



На водоуказательных приборах должен быть установлен и указатель (стрелка) высшего допустимого уровня воды в котле с надписью «высший уровень». Этот уровень должен быть не менее чем на 25 мм ниже верхней видимой кромки стекла водоуказательного прибора.

Нормальным уровнем воды в котле считается уровень воды в стекле, находящийся посередине между указателями (стрелками) высшего и низшего допускаемых уровней.

На водоуказательных приборах против допускаемого низшего уровня воды в котле должен быть установлен неподвижный металлический указатель (стрелка) с надписью «низший уровень». Этот уровень должен быть не менее чем на 25 мм выше нижней видимой кромки стекла (прозрачной пластины).

Поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание водой

- Во время работы котла обслуживающий персонал (машинисты, кочегары, операторы) должен внимательно следить за уровнем воды в котле.
- Понижение уровня воды в котле ниже допустимого (упуск воды) – опаснейшее явление в работе котла. Если вода в стекле окажется ниже допустимого уровня, т.е. уровень воды ушел в нижнюю гайку, и при закрытии парового крана водоуказательного прибора вода в стекле не появляется, следует немедленно прекратить горение в топке и остановить работу котла, так как можно опасаться ухода воды ниже огневой линии.
- При упуске воды категорически запрещается подкачивать воду в котел, так как его стенки могут оказаться уже обнаженными и раскаленными; при попадании на них воды она мгновенно испарится, что приведет к мгновенному повышению давления и даже взрыву котла.

Не допускается, чтобы уровень воды в водоуказательном приборе повышался выше указателя (стрелки) высшего уровня или понижался ниже указателя (стрелки) низшего уровня воды в котле.

Поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание водой



Прежде чем запустить в работу паровой поршневой насос, его надо осмотреть, проверить наличие масла в масленках и смазать трущиеся детали. После этого открыть вентиль на нагнетательной линии и все продувочные краники, затем медленно открывать паровой пусковой вентиль. Закрывать продувочные краники можно только тогда, когда из них пойдет сухой пар.

Паровой поршневой насос не будет подавать воду в котел, если:	Паровым поршневым насосам свойственны следующие недостатки:
✓ имеются неплотности во всасывающей трубе; ✓ неисправны всасывающие или нагнетательные клапаны; ✓ значительно изношены водяные поршни или водяные цилиндры; ✓ сильно пропускают сальники; ✓ температура питательной воды выше допустимой (70⁰ С и выше)	✓ слишком большой расход пара (60-100 кг) на 1 л. с./ч; ✓ неравномерная подача воды (толчками); ✓ большая зависимость работы насоса от точности подгонки распределительного механизма и клапанов

Поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание водой

ИНЖЕКТОРЫ

ВСАСЫВАЮЩИЙ

- ✓ может всасывать холодную воду на высоту до 5 м;
- ✓ может засасывать воду с температурой до 40° C (*при более высокой температуре вода, смешиваясь с паром, закипает, и всасывание прекращается*)

НЕВСАСЫВАЮЩИЙ

- ✓ вода должна поступать самотеком

Инжектор не будет подавать воду в котел, если:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">- в него поступает слишком горячая вода (выше 40° C);- уровень воды ниже допустимого;- через всасывающий трубопровод подсасывается воздух;- перегрелся корпус инжектора | <ul style="list-style-type: none">- засорился какой-либо конус;- неправильно установлены конусы;- на конусах имеется слой накипи;- недостаточное давление пара, поступающего в инжектор |
|--|--|



Основным недостатком инжектора является то, что он расходует очень много пара – до 9 % веса подаваемой воды.

Поддержание нормального уровня воды в котле и равномерное питание водой

Возможные неисправности водозапорных питательных вентиляей:

НЕИСПРАВНОСТЬ	СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ
Вентиль пропускает при полном закрытии вследствие разъединения уплотняющих колец тарелки и гнезда клапана	Необходим ремонт (притирка колец)
Засорение посторонними предметами (накипь и пр.)	Необходимо, осторожно вращая маховик в обе стороны, устранить (истереть) засорение и плотно закрыть вентиль
Пропуски и парение или течь сальника	Необходимо периодически подтягивать крышку сальника (при ремонте осматривать и сменять сработавшую и высохшую набивку)
Подача пара	Может быть отрегулирована либо изменением размера паровой щели шпинделем, либо поворотом вентиля на паропроводящей линии
Заедание шпинделя в резьбе поперечины	Следует периодически проверять вентили, поворачивая маховики в обе стороны на некоторую долю оборота. Резьбу шпинделя смазывать графитом с маслом

Поддержание нормального давления пара и питательной воды



Поддерживать в котлах нормальное, заранее заданное (разрешенное) давление пара следует путем регулирования подачи топлива и воздуха, расходуемого на его горение, а также путем проведения своевременных и тщательных обдувок от золы, сажи и очистки от накипи поверхностей нагрева котельного агрегата (котла, пароперегревателя, водяного экономайзера, воздухоподогревателя)

Исправность действия манометров должна проверяться:

Не реже одного раза в смену

У котлов с рабочим давлением до 1,4 МПа (14 кгс/см²) включительно

Не реже одного раза в сутки^{*1}

У котлов с рабочим давлением свыше 1,4 МПа (14 кгс/см²) до 4 МПа (40 кгс/см²) включительно



Проверку необходимо производить и в тех случаях, когда стрелка манометра долго находится в одном и том же положении или когда она не дошла еще до красной черты, а предохранительные клапаны уже поднялись и выпускают пар (или воду в водяном экономайзере)

^{*1} кроме котлов, установленных на тепловых электростанциях, для которых проверка устанавливается в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером.

Поддержание нормального давления пара и питательной воды



Манометры не допускаются к применению в следующих случаях:

- ✓ если на манометре отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведении ежегодной поверки
- ✓ если разбито стекло или имеются другие повреждения манометра, которые могут отразиться на правильности его показаний
- ✓ если истек срок поверки манометра (на пломбе или клейме указывается месяц и год поверки)
- ✓ если истек срок периодической проверки (1 раз в 6 мес.), проводимой в организации



Результаты измерений давления пара (насыщенного, перегретого) и питательной воды должны записываться в сменный (вахтенный) журнал

Поддержание температуры перегретого пара и питательной воды после водяного экономайзера

- При наличии на котле пароохладителя для регулирования температуры перегрева пара до пароохладителя и после него должны быть установлены приборы для измерения температуры пара
- На входе питательной воды в экономайзер и на выходе из него, а также на питательных трубопроводах паровых котлов без экономайзеров должны быть установлены гильзы с термометрами для измерения температуры питательной воды
- При работе котлов на жидком топливе на топливопроводе, непосредственно перед форсунками, должен быть установлен термометр для измерения температуры жидкого топлива
- У водогрейных котлов приборы для измерения температуры воды должны быть установлены на входе воды в котел и на выходе из него

Поддержание температуры перегретого пара и питательной воды после водяного экономайзера

Признаками загрязненности поверхностей нагрева и необходимости их обдувки (очистки) являются:

- ✓ повышение температуры уходящих газов;
- ✓ уменьшение тяги вследствие уменьшения сечения газоходов и увеличения их сопротивления;
- ✓ повышение температуры перегретого пара вследствие зашлаковывания топки и сильного загрязнения первого газохода (загрязнение экранов и кипятильных труб);
- ✓ понижение температуры перегретого пара в пароперегревателе (при его загрязнении);
- ✓ уменьшение температуры подогрева питательной воды в водяном экономайзере (при его загрязнении);
- ✓ уменьшение температуры воздуха в воздухоподогревателе (при его загрязнении);
- ✓ понижение паропроизводительности котла вследствие ухудшения передачи тепла от газов к поверхностям нагрева.

Кроме того, на загрязнение того или иного котлоагрегата указывает увеличение газового сопротивления на этом участке, о чем можно судить по показаниям тягомера.

Обслуживание предохранительных клапанов

Шум вырывающегося из предохранительных клапанов пара или воды сигнализирует об опасном повышении давления в котлоагрегате и о необходимости принятия срочных мер для снижения давления рабочей среды (пара, воды). В этих целях необходимо:

1. Усилить питание котла водой.
2. Прекратить подачу топлива в топку.
3. Сократить или даже прекратить подачу воздуха в топку.
4. Уменьшить тягу котла, прикрыв дымовую заслонку (шибер).

Предохранительные клапаны служат для автоматического выпуска избытка пара из котла и пароперегревателя или воды из водяного экономайзера и предохранения их таким образом от возможных аварий и взрывов при превышении разрешенного рабочего давления

Обслуживание предохранительных клапанов

Предохранительные клапаны пропускают пар при давлении ниже разрешенного рабочего (стрелка манометра не дошла до красной черты), если:	Пропуски пара при закрытом предохранительном клапане (при опущенной тарелке) могут быть в следующих случаях:
1. Предохранительный клапан неправильно отрегулирован – груз на рычаге передвинут ближе к клапану	1. Плохая притирка клапана к седлу
2. Груз на рычаге меньше нормального (часть груза снята)	2. Перекос клапана при его посадке на седло
	3. Между седлом и тарелкой клапана попало какое-либо постороннее тело (накипь, шлам, песок и др.)
	4. На плоскости тарелки или седла имеются разъедания



При любых неполадках в работе предохранительного клапана персоналу необходимо принять меры по их устранению, так как с неисправными предохранительными клапанами котлоагрегат не может быть допущен к работе.

Продувка котла



Продувка котла бывает периодическая и непрерывная. При периодической продувке из самых нижних частей котла (грязевик, барабан, коллекторы) удаляется часть котловой воды, наиболее насыщенной иламом. В результате этого насыщенность котловой воды иламом понижается (за счет добавки питательной воды), что в свою очередь ведет к уменьшению отложений накипи на поверхности нагрева



Продувка котла

ЗАПРЕЩАЕТСЯ закрывать продувочные вентили ударами молотка или другими предметами, а также при помощи рычага.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ также продувать котел при недостаточном освещении продувочной арматуры и проходов к ней.

Обслуживание водяного экономайзера и воздухоподогревателя



Чугунные экономайзеры не рассчитаны на нагрев воды до кипения. Вскипание воды в экономайзере очень опасно, так как это приводит к гидравлическим ударам, разрыву отдельных труб и даже к разрушению самого экономайзера

- Причинами вскипания воды в чугунных экономайзерах могут быть:
 - - Остановка питательных насосов в связи с неполадками
 - - Временное прекращение питания котла (при периодическом питании)
 - - Переход на ослабленное питание водой в связи с уменьшением нагрузки котла
 - - Чрезмерное увеличение температуры поступающих в экономайзер топочных газов
 - - Увеличение количества газов от растопки котлов, работающих на тот же экономайзер
- Признаками вскипания воды в экономайзере являются:
 - Повышение температуры питательной воды на выходе из экономайзера выше допустимой (при приближении к температуре кипения воды в котле)
 - Появление гидравлических ударов воды в экономайзере

Обслуживание водяного экономайзера и воздухоподогревателя

В «кипящих» водяных экономайзерах допускается не только подогрев воды до температуры кипения, но и частичное (10-20 %) испарение ее. На самом экономайзере «кипящего» типа устанавливаются лишь воздушные краники и продувочные вентили, а вся питательная арматура монтируется перед экономайзером.

Температура воды, поступающей в экономайзер любого типа, должна превышать температуру точки росы по крайней мере на 10^0 С во избежание наружной коррозии металла труб. Если питать экономайзер холодной водой с температурой, равной или ниже температуры точки росы, то выпадающий из дымовых газов конденсат осядет на трубах (трубы потеют). Потеющие трубы экономайзера, особенно стальные, в присутствии кислорода и сернистого газа, находящихся в газообразных продуктах сгорания, подвергаются коррозии и выходят из строя.

Температура точки росы зависит от состава топлива, избытка воздуха и количества пара, попадающего в дымовые газы (при паровом дутье, паровых форсунках, при обдувке, течи труб и т.п.). Температура точки росы для несернистого (жидкого, газообразного, твердого) топлива равна $50-60^0$ С, а для сернистого топлива $100-160^0$ С.

Обслуживание водяного экономайзера и воздухоподогревателя

Воздухоподогреватели применяются в котлоагрегатах в целях использования тепла отходящих дымовых газов для подогрева воздуха, поступающего в топку.

Подача горячего воздуха в топку улучшает подготовку топлива и облегчает его воспламенение, повышает температуру в слое топлива и в топочном пространстве, а вместе с тем и устойчивость сжигания топлива, улучшает процесс горения, в результате чего уменьшаются потери от химической неполноты горения, повышается напряжение поверхности нагрева котла и уменьшается потеря тепла с уходящими газами.

При пылевидном сжигании применение горячего воздуха необходимо для всех видов топлива в целях достижения хороших показателей горения и улучшения работы поверхности нагрева котла. В зависимости от устройства котла температура воздуха достигает 100-400⁰ С и выше.



В процессе эксплуатации следует вести регулярно запись температур уходящих газов и воздуха до и после воздухоподогревателя.

Обслуживание тягодутьевых установок (дымососы, вентиляторы)



Сила тяги измеряется в паскалях (Па) и в мм вод. ст. приборами – тягомерами. Тягомеры бывают U – образные и с наклонной трубкой.

Разрежение U – образным тягомером
измеряется так:



Один конец стеклянной трубки тягомера присоединяется к измеряемой среде, а другой сообщается с окружающим воздухом, при этом вода или спирт, имеющиеся в первой ветви, соединенной с измеряемой средой, поднимается, а во второй ветви опустится. Разность уровней жидкости в обеих трубках и покажет разрежение в местах замера

Измерение разрежения при помощи
тягомера с наклонной трубкой
проводится так:



Конец наклонной трубки соединяют со средой, а сосуд оставляют открытым, при этом жидкость в наклонной трубке поднимется и остановится против соответствующего деления, показывающего разрежение в мм вод. ст.

Обслуживание тягодутьевых установок (дымососы, вентиляторы)

- Пуск в работу дымососа и вентилятора:
 - 1. Проверить, открыты ли заслонки (шиберы) дымососов и вентиляторов и закрыты ли их люки
 - 2. Включить электродвигатель и, следя за показаниями манометра, постепенно увеличивать число оборотов. Тут же проверить правильность направления вращения и вращение смазочных колец
 - 3. В случае неправильного направления вращения, заедания смазочных колец, сильных вибраций дымососов и вентиляторов, сильного ненормального шума внутри них или чрезмерного нагревания подшипников остановить и устранить неисправности и неполадки
- Остановка дымососа, вентилятора:
 - 1. Выключить электродвигатель
 - 2. Закрыть заслонки (шиберы) дымососа и вентилятора
 - 3. Прекратить подачу воды для охлаждения подшипников (в зимнее время выпустить воду из системы охлаждения)
 - 4. При остановке на длительное время выпустить масло из камер подшипников и смазать солидолом трущиеся части для предохранения их от ржавления

Остановка дымососа, вентилятора должна происходить постепенно и медленно; в случае быстрой остановки выявить причины этого и устранить неисправности.

Остановка котлоагрегата

Остановка котлоагрегата во всех случаях, за исключением аварийной остановки, должна проводиться только по письменному распоряжению администрации.

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла перед его остановкой должен:

- сделать в сменном (вахтенном) журнале запись об остановке котлоагрегата с указанием даты и времени (часы, минуты) и расписаться;
- в случае необходимости провести инструктаж по безопасному ведению работ как с персоналом, которому предстоит провести остановку котлоагрегата, так и с персоналом, обслуживающим рядом работающие котлы

Остановка котлоагрегата бывает:

Кратковременная (работа котла в одну-две смены)

Продолжительная (вывод котла на очистку, ремонт или консервацию)

Остановка котлоагрегата

При остановке котла,
работающего на газообразном
топливе с принудительной
подачей воздуха



Надо уменьшить, а затем совсем прекратить подачу в
горелки газа, а вслед за этим воздуха. При инжекционных
горелках следует сначала прекратить подачу воздуха, а
потом газа

После отключения всех горелок



Необходимо отключить газопровод котла от общего
газопровода в котельной, открыть продувочную свечу на
отводе, а также провентилировать топку, газоходы и
воздухопроводы

При остановке всех котлов на
длительный период без
оставления обслуживающего
персонала



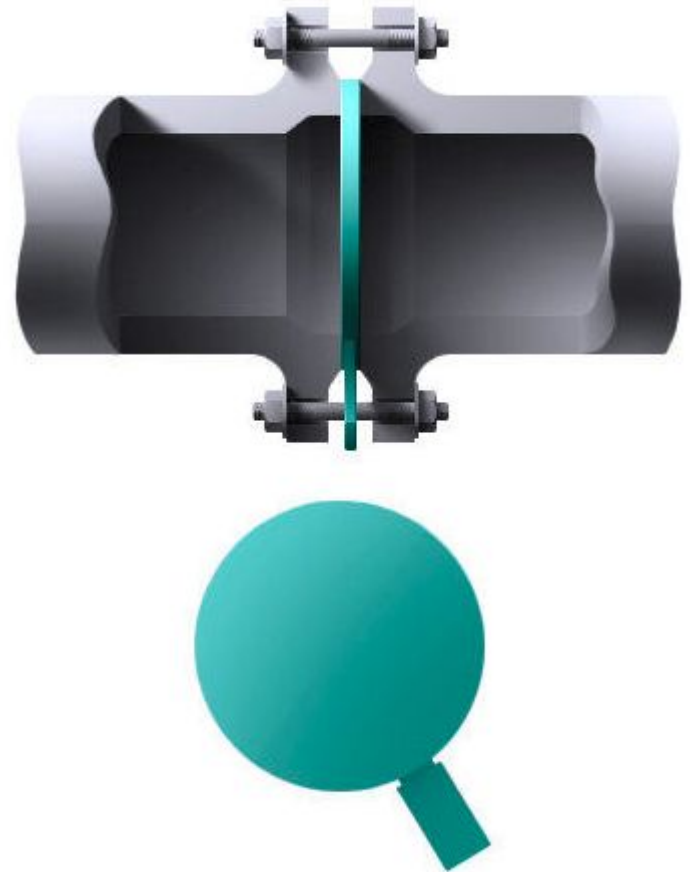
Закрывают задвижку или кран на вводе газа в котельное
помещение



Остановку газифицированных котлов с автоматикой регулирования процесса горения и автоматикой безопасности и с комплексной автоматикой производят в соответствии с производственной инструкцией

Остановка котлоагрегата

- при необходимости выполнения каких-либо работ внутри барабана, камеры, коллектора, грязевика остановленный котел должен быть отделен от всех действующих трубопроводов заглушками или отсоединен; отсоединенные трубопроводы также должны быть заглушены
- толщина применяемых для отключения котла заглушек должна быть определена расчетом на прочность и иметь выступающую часть (хвостовик), по которой определяется наличие поставленной заглушки. При установке прокладок между фланцами и заглушкой они должны быть без хвостовиков
- допускается отключение котла с давлением выше 4 МПа (40 кгс/см²) двумя запорными вентилями при наличии между ними дренажного устройства диаметром условного прохода не менее 32 мм, имеющего соединение с атмосферой. В этом случае приводы вентиля, а также задвижек открытых дренажей должны быть заперты на замок так, чтобы исключалась возможность ослабления их плотности при запертом замке. Ключи от замка должны храниться у ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла.



Установка заглушки в трубопроводе

Регистрация котлов

Регистрации в территориальных органах Ростехнадзора подлежат котлы, на которые распространяются Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов

Регистрация котла производится на основании письменного заявления владельца котла или арендующей организации

При регистрации должны быть представлены:

- паспорт;
- акт об исправности котла, если он прибыл с организации-изготовителя в собранном виде (или переставлен с одного места на другое);
- удостоверение о качестве монтажа;
- справка о соответствии водоподготовки проекту;
- чертежи помещения котельной, выполненные проектной организацией (план и поперечный разрез, а при необходимости – и продольный разрез);
- справка о наличии и соответствии проекту питательных устройств с их характеристиками;
- инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации котла.



Перечисленные документы, кроме паспорта, должны быть подписаны руководителем организации, переплетены совместно с паспортом.

Регистрация котлов



1. Регистрация котла производится на основании письменного заявления владельца котла или арендующей организации.
2. Территориальный орган Ростехнадзора обязан в течение 5 дней рассмотреть представленную документацию.
3. При соответствии документации на котел требованиям Правил котел регистрируется, после чего документы прошнуровываются и опечатываются, в паспорт ставятся штамп и регистрационный номер и паспорт со всеми документами возвращается владельцу котла.
4. Отказ в регистрации сообщается владельцу в письменном виде с указанием причин отказа и со ссылкой на соответствующие статьи Правил.

Техническое освидетельствование

- Техническое освидетельствование котла состоит из наружного, внутреннего осмотров и гидравлического испытания
- При техническом освидетельствовании допускается использовать методы неразрушающего контроля, в том числе метод акустической эмиссии
- При наружном и внутреннем осмотрах котла должно быть обращено внимание на выявление возможных трещин, надрывов, отдулин, выпучин и коррозии на внутренних и наружных поверхностях стенок, следов пропаривания и пропусков в сварных, заклепочных и вальцовочных соединениях, а также повреждений обмуровки, могущих вызвать опасность перегрева металла

Наружный и внутренний осмотры имеют целью:

При первичном освидетельствовании
Проверить, что котел установлен и оборудован в соответствии с Правилами и представленными при регистрации документами, а также что котел и его элементы не имеют повреждений

При периодических и внеочередных освидетельствованиях
Установить исправность котла и возможность его дальнейшей работы

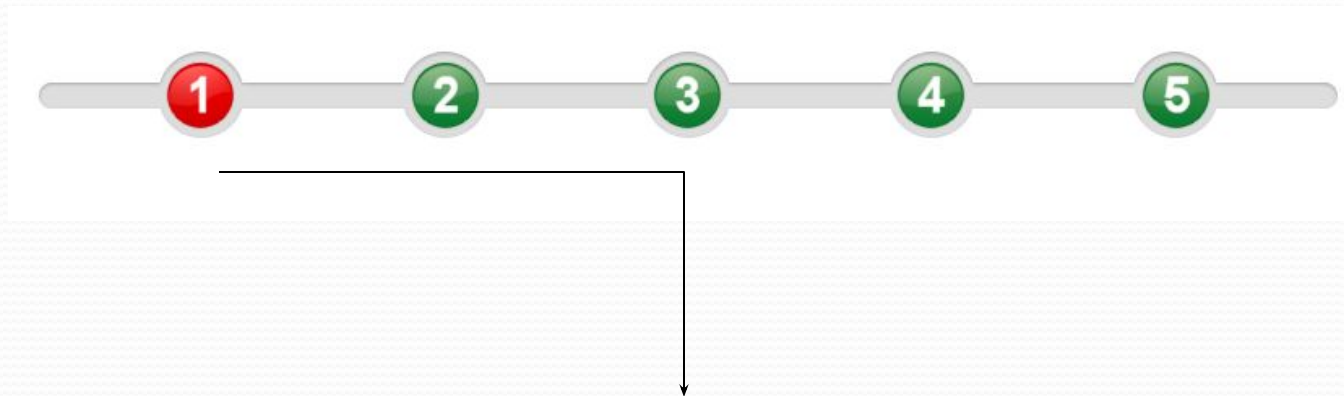
Техническое освидетельствование

- Котел считается выдержавшим испытание, если не будет обнаружено видимых остаточных деформаций, трещин или признаков разрыва, течи в сварных, развальцованных, в разъемных и заклепочных соединениях и в основном металле
- В развальцованных и разъемных соединениях допускается появление отдельных капель, которые при выдержке времени не увеличиваются в размерах
- После проведения гидравлического испытания необходимо обеспечить удаление воды
- В случае снижения рабочего давления по результатам технического освидетельствования пробное давление при гидравлическом испытании определяется исходя из разрешенного давления
- Первичное техническое освидетельствование вновь установленных котлов проводится после их монтажа и регистрации. Котлы, подлежащие обмуровке, могут быть освидетельствованы до регистрации

Техническое освидетельствование

- Владелец обязан самостоятельно проводить наружный и внутренний осмотры после каждой очистки внутренних поверхностей или ремонта элементов, но не реже чем через 12 месяцев, а также перед предъявлением котла для технического освидетельствования
- При этом ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию обязан обеспечить устранение выявленных дефектов до предъявления котла для освидетельствования
- На тепловых электрических станциях допускается проведение внутренних осмотров котлов в период их капитального ремонта, но не реже одного раза в 4 года
- Гидравлическое испытание рабочим давлением владелец котла обязан проводить каждый раз после вскрытия барабана, коллектора или ремонта котла, если характер и объем ремонта не вызывают необходимости внеочередного освидетельствования

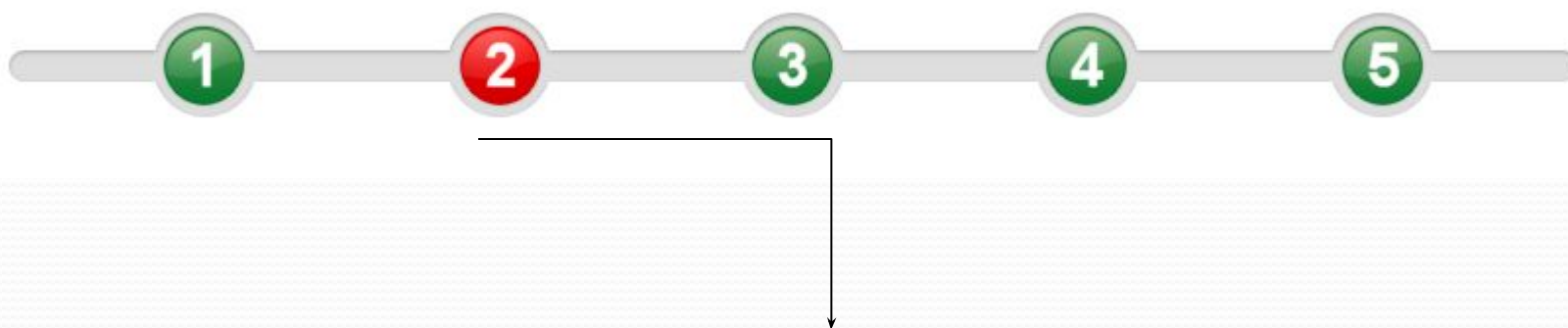
Техническое освидетельствование



Если при освидетельствовании котла будут обнаружены дефекты, снижающие прочность его элементов (утонение стенок, износ связей и т.п.)?

- ✓ то впредь до замены дефектных элементов дальнейшая эксплуатация котла может быть разрешена при пониженных параметрах (давлении и температуре);
- ✓ возможность эксплуатации котла при пониженных параметрах должна быть подтверждена расчетом на прочность, представляемым владельцем котла, при этом должен быть проведен поверочный расчет пропускной способности предохранительных клапанов

Техническое освидетельствование



Если при техническом освидетельствовании котла выявлены дефекты, вызывающие сомнения в его прочности, или дефекты, причину которых установить затруднительно?

- ✓ работа такого котла должна быть запрещена впредь до получения заключения специализированной организации о причинах появления указанных дефектов, а также о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации

Техническое освидетельствование



Если при освидетельствовании котла будут обнаружены поверхностные трещины или неплотности (течь, следы парения, наросты солей) в местах вальцовки или заклепочных швах?

- ✓ перед их устранением подчеканкой, подваркой, подвальцовкой должны быть проведены исследования дефектных соединений на отсутствие межкристаллитной коррозии
- ✓ участки, пораженные межкристаллитной коррозией, должны быть удалены
- ✓ порядок и объем таких исследований должны быть определены специализированной организацией

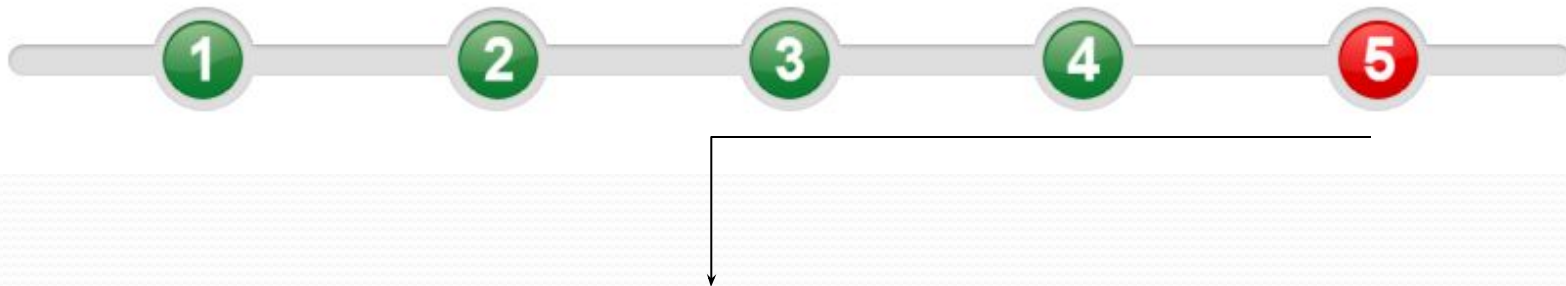
Техническое освидетельствование



Если при анализе дефектов, выявленных при освидетельствовании котлов, будет установлено, что их возникновение связано с режимом эксплуатации котлов в данной организации или собственного котлам данной конструкции?

- ✓ **лицо, проводившее освидетельствование, должно потребовать проведение внеочередного освидетельствования всех установленных на данном предприятии котлов, эксплуатация которых проводилась по одинаковому режиму, или соответственно всех котлов данной конструкции с уведомлением об этом территориального органа Ростехнадзора.**

Техническое освидетельствование



Если при освидетельствовании котла проводились механические испытания металла барабана или других основных элементов котла и в результате испытаний элемента из углеродистой стали будет установлено, что временное сопротивление ниже 320 МПа или отношение условного предела текучести при остаточной деформации 0,2 % к временному сопротивлению более 0,75, или относительное удлинение менее 14 % ?

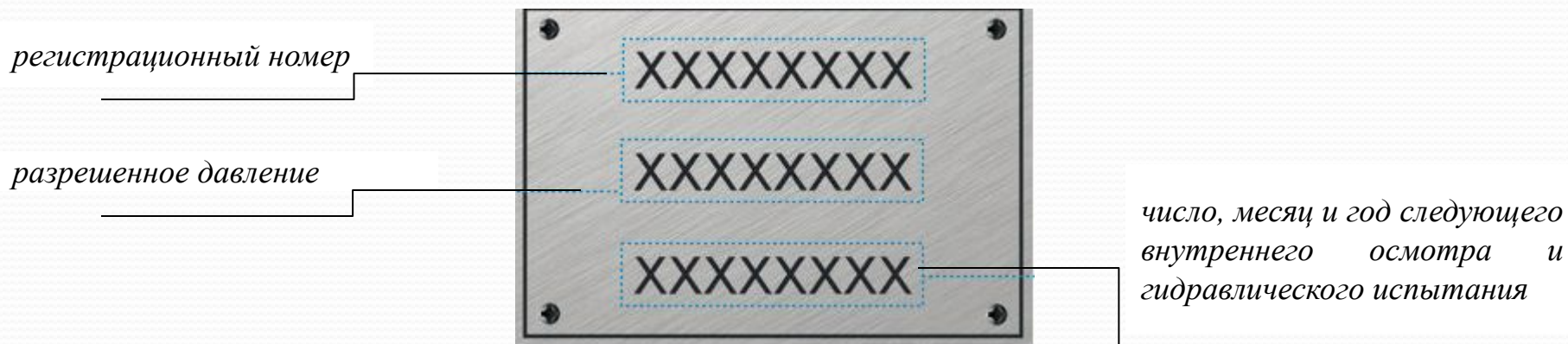
- ✓ дальнейшая эксплуатация данного элемента должна быть запрещена до получения заключения специализированной организации;
- ✓ допускаемые значения указанных характеристик для легированных сталей устанавливаются в каждом конкретном случае организацией-изготовителем или специализированной организацией

Разрешение на эксплуатацию вновь установленных котлов

Разрешение на эксплуатацию котла, подлежащего регистрации в органах Ростехнадзора, оформляется записью в паспорте котла инспектором

Пуск котла в работу по письменному распоряжению лица, ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котла, после проверки готовности оборудования котельной установки к эксплуатации и организации его обслуживания

На каждом котле, введенном в эксплуатацию, должна быть на видном месте прикреплена табличка форматом не менее 300×200 мм с указанием следующих данных:



Дополнительные требования к эксплуатации котлов, работающих с высокотемпературными органическими теплоносителями (ВОТ)

технического осмотра поверхностей нагрева и очистки от смолистых отложений. Технический осмотр и очистка поверхностей нагрева должны производиться систематически, но не реже чем через

ремонта, связанного с применением сварки или заменой отдельных элементов котла, должны подвергаться владельцем котла испытанию на

Порядок и сроки проведения технических освидетельствований котлов с ВОТ должны устанавливаться согласно указаниям организации-изготовителя