Министерство образования Российской Федерации

Российский Государственный Университет

Угля и Пыли имени Х.У.Пылесосенко

**ОФОРМИТЕ ТИТУЛЬНИК СОГЛАСНО ВАШИМ ТРЕБОВАНИЯМ!!!**

Реферат на тему

«Энергетические котлы. Схемы генерации пара в них.»

Выполнил: Ололоев В.Г., студент 100500 группы

Проверил: Хоботуев А.Б., профессор

Деревня Пылесосево

2014 г.

## Содержание

[Введение 3](#_Toc407379946)

[1. Типы и классификация котлов 4](#_Toc407379947)

[2.1 Классификация по типу теплоносителя (или по выходному продукту) 4](#_Toc407379948)

[2.2 Классификация по конструктивным особенностям 4](#_Toc407379949)

[2.3 Классификация котлов по типу применяемого топлива 5](#_Toc407379950)

[2. Типы и классификация паровых котлов 7](#_Toc407379951)

[2.1 Барабанные котлы 7](#_Toc407379952)

[2.2 Прямоточные котлы 8](#_Toc407379953)

[2.3 Котлы-утилизаторы 8](#_Toc407379954)

[3. Энергетические паровые котлы 10](#_Toc407379955)

[3.1 Паровой котёл в технологической схеме производства пара 10](#_Toc407379956)

[3.2 Паровой котёл с принудительной циркуляцией 11](#_Toc407379957)

[3.3 Котлы с прямоточной циркуляцией 12](#_Toc407379958)

[Заключение 15](#_Toc407379959)

[Список использованной литературы 16](#_Toc407379960)

## Введение

Под «котлом» в технике подразумевается конструктивно объединенный в одно целое комплекс устройств для передачи некоторому теплоносителю тепловой энергии за счёт сжигания топлива, при протекании технологического процесса или преобразовании электрической энергии в тепловую (определение по ГОСТ 23172-78).

Другими словами, котел – это мощный стационарный нагреватель, предназначенный для получения, в большинстве случаев, горячей воды или пара.

При более широком взгляде котлы относятся к теплообменным аппаратам, причём греющей средой являются продукты сгорания, а нагреваемой – теплоноситель котла.

Исходя только из определения, котлы можно классифицировать по:

* Теплоносителю тепловой энергии (вода, пар; в отдельных случаях воздух, масло и т.д.)
* Технологическому процессу и конструкции (водотрубный и газотрубный)
* Типу сжигаемого топлива (газ, уголь и т.д.)

Постепенно сужая область рассмотрения, ниже мы сперва коротко рассмотрим основные существующие типы энергетических, а также (для полноты изложения) промышленных котлов. Затем подробнее рассмотрим паровые котлы. И в конце подробно остановимся на некоторых типах энергетических паровых котлов, рассмотрим их место в общей технологической схеме производства пара.

## 1. Типы и классификация котлов

### 2.1 Классификация по типу теплоносителя (или по выходному продукту)

В значительной части случаев теплоносителем котлов являются вода и водяной пар. Справедливости ради отметим, что встречаются котлы, где теплоносителем является воздух, масло, ртуть и т.д.; но в рамках данной работы они не заслуживают нашего внимания.

#### Паровые котлы

Паровые котлы предназначены для производства пара и по своему назначению делятся на:

* **Энергетические котлы**, вырабатывающие пар, используемый в паровых турбинах для выработки электрической энергии. Подобные котлы используются на ТЭС и ТЭЦ в связке с турбогенераторами. Такая связка называется турбоагрегатом. Энергетические котлы вырабатывают перегретый пар.
* **Промышленные котлы** — вырабатывают пар для технологических нужд. Паровые котлы часто применяются в деревообрабатывающей отрасли для сохранения необходимой влажности в камерах, где проходит сушка ценных пород дерева, в медицине для стерилизации инструментов и спецодежды, в сельском хозяйстве при изготовлении комбикормов и т.д. Для промышленных котлов характерна выработка насыщенного пара.

#### Водогрейные котлы

Водогрейный котёл предназначен для нагрева воды под давлением. Хитрое словосочетание «под давлением» обозначает, что во всех точка давление воды выше, чем давления насыщения при достигаемой в котле температуре (как правило, речь идёт о давлениях выше атмосферного). Иными словами, кипение воды в котле не допускается.

Водогрейные котлы применяются в основном для теплоснабжения на районных котельных и ТЭЦ. В последнем случае они обычно используются как пиковое оборудование в дни максимальных тепловых нагрузок, а также для резервирования тепла от отборов турбины.

Соответственно, **пиковый водогрейный котел** устанавливается на ТЭЦ для дополнительного нагрева прямой сетевой воды сверх нагрева в сетевых подогревателях паровой турбины в холодное время года. Обычно этот нагрев осуществляется в пределах 100-150°С. Наиболее распространены в России, мощные пиковые водогрейные котлы марок ПТВМ и КВГМ различных модификаций.

Водогрейные котлы, в свою очередь, разделяются по температурному уровню теплоносителя (температура воды на выходе):

* **низкотемпературные котлы** (температура до 115 °С); низкотемпературный режим работы является экономичным, но выставляет высокие требования к материалу, из которого изготовлен котел. При низких температурах в котле на его поверхностях кратковременно может образовываться конденсат, который может негативно воздействовать на поверхности, находящиеся в контакте с продуктами сгорания.
* **котлы на перегретой воде** (температура до 150 °С и выше); отопительные котлы, производящие перегретую воду, характеризует высокая эксплуатационная надежность, долгий срок службы, работа с пониженным уровнем шума и низкими выбросами вредных веществ, простое и удобное управление, быстрый монтаж, удобное техническое обслуживание.

Большинство промышленных водогрейных котлов производят перегретую воду.

### 2.2 Классификация по конструктивным особенностям

Паровые и водогрейные котлы по конструктивным особенностям делят на газотрубные и водотрубные.

#### Газотрубные котлы

**Котёл газотрубный** (жаротрубный, дымогарный и дымогарно-жаротрубный) — паровой или водогрейный котёл, у которого поверхность нагрева состоит из трубок небольшого диаметра, внутри которых движутся горячие продукты сгорания топлива. Теплообмен происходит посредством нагрева теплоносителя (воды), который находится снаружи трубок. Иными словами, в газотрубных котлах внутри труб движутся дымовые газы, а теплоноситель омывает трубы снаружи.

Газотрубные котлы по конструкции являются противоположностью водотрубному котлу. В настоящее время газотрубные котлы вытеснены водотрубными котлами (недостатки газотрубных котлов указаны ниже).

#### Водотрубные котлы

**Котёл водотрубный** — паровой или водогрейный котел, у которого поверхность нагрева (экран) состоит из кипятильных трубок, внутри которых движется теплоноситель (вода). Теплообмен происходит посредством нагрева кипятильных трубок горячими продуктами сгорающего топлива. Иными словами, в водотрубных парогенераторах внутри труб движется вода и пароводяная смесь, а дымовые газы омывают трубы снаружи. Различают **прямоточные** и **барабанные** водотрубные котлы. Мы их рассмотрим в следующем разделе.

Водотрубные паровые котлы по конструкции значительно сложнее газотрубных. Однако они быстро разогреваются, практически безопасны в отношении взрыва, легко регулируются в соответствии с изменениями нагрузки, просты в транспортировке и допускают значительную перегрузку.

Недостатком водотрубных котлов является то, что в их конструкции много агрегатов и узлов, соединения которых не должны допускать протечек при высоких давлениях и температурах. Кроме того, к агрегатам таких котлов, работающих под давлением, затруднен доступ при ремонте.

### 2.3 Классификация котлов по типу применяемого топлива

Существуют котлы, работающие на газовом, жидком и твёрдом топливе; также существуют двухтопливные котлы. Де факто обычно под газом понимается природный газ, под жидкостью – дизельное топливо, в качестве твёрдого топлива выступает уголь.

#### Газовые котлы

**Газовые котлы** – наиболее экономичные котлы на настоящее время. Имеют малый выброс вредных веществ в атмосферу и наиболее полное сгорание топлива.

Промышленные газовые котлы, учитывая особенности экономики России, получили в нашей стране особое распространение. Это связано с тем, что стоимость газа намного меньше, чем любого другого источника топлива. Кроме того, в нашей стране подача газа является постоянной, а это позволяет обходиться без построения отдельных хранилищ. Промышленные котлы, работающие на газе, просты в обслуживании и эксплуатации, а уровень КПД у них самый высокий.

Газовые котлы относятся к самым безопасным и надёжным. Котлы на других видах топлива обычно применяются в случаях когда доставка газа затруднительна.

#### Жидкотопливные котлы

**Жидкотопливные** котлы очень близки (по производительности) к газовым. Разница только в том, что жидкотопливный котел работает на солярке. Дизельное топливо широко используются по всему миру в качестве либо основного, либо резервного. В Московском энергетическом комплексе дизельное топливо используется как резервное.

#### Двухтопливные котлы

**Двухтопливные (газомазутные)** котлы, которые работают на твердом топливе и со сменными горелками, могут работать на газе или на дизельном топливе.

#### Твердотопливные котлы

Промышленные **котлы на твёрдом топливе** в ряде случаев являются единственным видом отопительного оборудования, которое может быть применено на том или ином производстве. Особенно это касается отдалённых регионов, где газ или электроэнергия являются дорогостоящими.

Уголь является дешевым и легкодоступным топливом. Тем не менее, он никогда не был оптимальным топливом для тепловых и электростанций. Удельное содержание энергии на единицу веса (теплотворная способность) у угля ниже, чем у нефти или природного газа. Его труднее транспортировать, и, кроме того, сжигание угля вызывает целый ряд нежелательных экологических последствий, в частности выпадение кислотных дождей. Поэтому существует тенденция заменять уголь на природный газ.

## 2. Типы и классификация паровых котлов

Напомним, паровой котёл предназначен для генерации пара (насыщенного или перегретого).

Классифицировать паровые котлы можно по следующим параметрам:

* Тип используемого топлива (сгораемое топливо, электрическая энергия, котлы-утилизаторы)
* По назначению (энергетические, промышленные, котлы-утилизаторы)
* По относительному движению теплообменивающихся сред (газотрубные и водотрубные)

Дополнительно паровые котлы классифицируются по:

* Давлению (низкого, среднего, высокого, сверхвысокого, сверхкритического)
* По производительности (от малой до большой)
* По способу циркуляции воды (с естественной, принудительной и прямоточные)

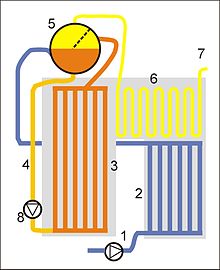
Некоторые типы котлов рассмотрены выше, поэтому мы подробно здесь на них не останавливались. Здесь же нас будут интересовать:

* Котлы-утилизаторы
* Барабанные котлы
* Прямоточные котлы

Как упомянуто ранее, барабанные и прямоточные котлы являются разновидностью водотрубных котлов (по принципу движения воды и пароводяной смеси). Котлы-утилизаторы утилизируют теплоту, выделяющуюся в других установках.

### 2.1 Барабанные котлы

В качестве примера рассмотрим циркуляцию воды в барабанном котле с принудительной циркуляцией:

1 Питательный насос

2 Экономайзер

3 Подъемные трубы

4 Опускные трубы

5 Барабан

6 Пароперегреватель

7 В турбину

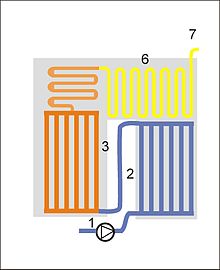
8 Циркуляционный насос

1. Вода в этом котле, пройдя экономайзер 2, попадает в барабан 5 (находится вверху котла).
2. Вода из барабана под действием силы тяжести (в котлах с естественной циркуляцией) попадает в опускные необогреваемые трубы 4, а затем в подъёмные обогреваемые 3, где происходит парообразование (подъёмные и опускные трубы образуют циркуляционный контур). Из-за того, что плотность пароводяной смеси в экранных (подъемных) трубах меньше плотности воды в опускных трубах, пароводяная смесь поднимается по экранным трубам в барабан.
3. В барабане происходит разделение пароводяной смеси на пар и воду. Вода заново идёт в опускные трубы, а насыщенный пар уходит в пароперегреватель 6.

В котлах с естественной циркуляцией кратность циркуляции воды по циркуляционному контуру — от 5 до 30 раз. Котлы с принудительной циркуляцией оснащены насосом, который создаёт напор в циркуляционном контуре. Кратность циркуляции составляет 3..10 раз. Котлы с принудительной циркуляцией на территории постсоветского пространства распространения не получили. Барабанные котлы работают при давлении меньше критического.

### 2.2 Прямоточные котлы

Рассмотрим следующую схему циркуляции воды в прямоточном котле:

1 Питательный насос

2 Экономайзер

3 Испарительные трубы

6 Пароперегреватель

7 В турбину

Прямоточные котлы не имеют барабана. Через испарительные трубы 3 вода проходит однократно, постепенно превращаясь в пар. Зона, где заканчивается парообразование, называется переходной. После испарительных труб пароводяная смесь (пар) попадает в пароперегреватель 6.

Очень часто прямоточные котлы имеют промежуточный пароперегреватель. Прямоточный котел является разомкнутой гидравлической системой. Такие котлы работают не только на докритическом, но и на сверхкритическом давлении.

### 2.3 Котлы-утилизаторы

Котёл-утилизатор использует теплоту отходящих газов дизелей или газотурбинных установок, сушильных барабанов, вращающихся и туннельных печей.

Крупные котлы-утилизаторы не имеют всех элементов котлоагрегата. Отходящие вторичные газы попадают сразу на поверхности нагрева (экономайзер, испаритель, пароперегреватель). Воздухоподогреватель и топка в котлах-утилизаторах отсутствуют, так как газы, используемые в котле, образуются в технологическом процессе основного производства. Температура газов, поступающих в энергетический котел-утилизатор, приблизительно составляет 350..700 °C.

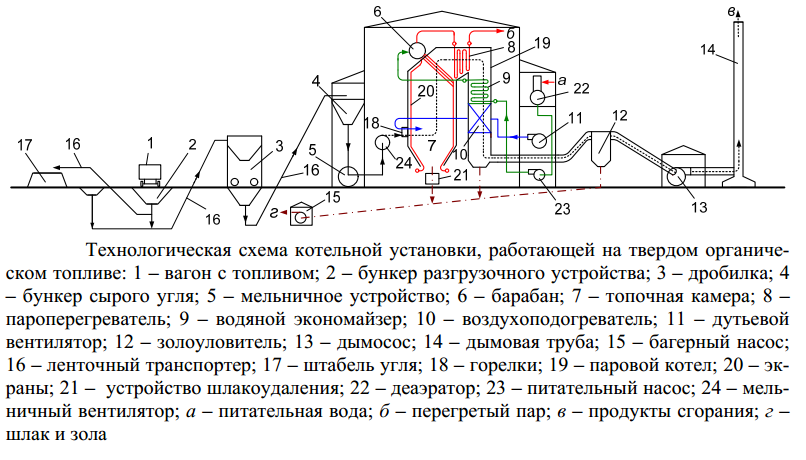
Особенностью котлов-утилизаторов является присутствие в отходящих газах «посторонних веществ». Отходящие газы содержат много пыли и других химических веществ, что вызывает необходимость очистки газов до котла-утилизатора. Наиболее часто для очистки используют циклоны и электрофильтры. Этой очистки все равно не хватает для полного очищения газов. Пыль оседает на поверхности нагрева и малейшая протечка увлажняет пыль и значительно уменьшает теплоотдачу, что вызывает неравномерный нагрев и влечёт перекос змеевиков. Присутствие в газах соединений кальция, натрия, серы приводят к образованию на змеевиках сцементировавшихся отложений, вызывающих химическую коррозию поверхностей нагрева и снижающих живое сечение для прохода газов. В настоящее время стали появляться котлы-утилизаторы, которые содержат камеру дожигания отходящих газов.

## 3. Энергетические паровые котлы

### 3.1 Паровой котёл в технологической схеме производства пара

Прежде всего уточним используемые термины «котёл» и «котельная установка».

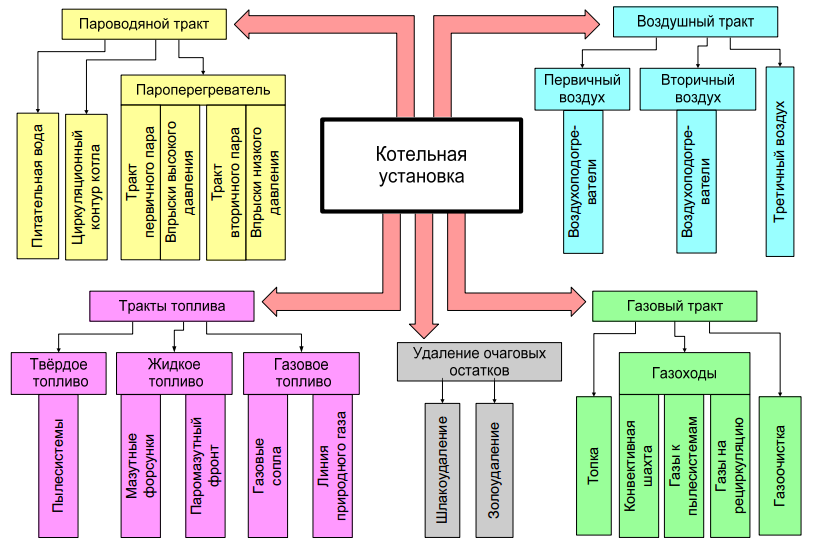
Как мы уже знаем, «паровой котёл» – это устройство для выработки пара с давлением выше атмосферного за счет теплоты сжигаемого топлива. Сочетание топочной камеры, в которой осуществляется горение топлива и теплоиспользующих поверхностей нагрева, в которых происходит нагрев воды до кипения, испарение воды (генерация пара) и перегрев пара – называется котельным агрегатом. Котельная установка – это более широкое понятие, включающее дополнительные устройства для приготовления и ввода в топку топлива; вентиляторы для подачи воздуха; дымососы для отвода в атмосферу дымовых газов; питательные насосы и другое вспомогательное оборудование. Технологическая схема производства пара в паровом котле на электростанции, сжигающей угли в пылевидном состоянии, представлена на рисунке:



Опишем этот технологический процесс.

Кусковое топливо выгружается из вагонов 1 в бункер разгрузочного устройства 2, откуда ленточным транспортером 16 подается в дробильное устройство 3, в котором топливо измельчается до кусков размером 15 мм. Затем уголь по ленточному транспортеру 16 подается в бункер сырого угля 4, откуда поступает в мельничное устройство 5. Здесь топливо окончательно измельчается и подсушивается. Готовая угольная пыль вместе с нагретым воздухом в воздухоподогреватели 10 через горелки 18 поступает в топочную камеру 7 парового котла 19, где и сгорает. При этом химическая энергия топлива преобразуется в тепло, излучаемое от факела и топочных газов, и передается поверхностям нагрева 20, экранирующих стены топочной камеры и в которых происходит нагрев и испарение воды, предварительно подогретой в экономайзере 9. Полученная из воды пароводяная смесь поступает в барабан котла 6, где осуществляется сепарация пара. После этого насыщенный пар подается в пароперегреватель 8, перегревается до определенных параметров и направляется в машинный зал к паровой турбине. Перегрев пара в пароперегревателе 8, нагрев питательной воды в экономайзере 9 и воздуха в воздухоподогревателе 10 осуществляется за счет охлаждения газообразных продуктов сгорания топлива. Подача воздуха в воздухоподогреватель производится дутьевым вентилятором 11. Зола, образующаяся в результате сгорания топлива, частично в виде шлака осаждается в топке и затем удаляется через холодную воронку системой шлакоудаления. Основная масса золы вместе с дымовыми газами проходит газоходы котла и улавливается в золоуловителе 123, остатки не уловленной летучей золы вместе с газообразными продуктами сгорания рассеиваются дымовой трубой 14 в окружающей атмосфере. Эвакуация продуктов сгорания из топочной камеры парового котла в дымовую трубу осуществляется с помощью дымососа 13. Образовавшиеся в результате горения твердого топлива в топке шлак и зола, уловленные в золоуловителе, транспортируются по каналам системы золошлакоудаления в багерную насосную установку 15, служащую для перекачки шлака и золы с технической водой по трубопроводам на золоотвалы.

Из рассмотрения технологической схемы производства пара следует, что в состав котельной установки входят:

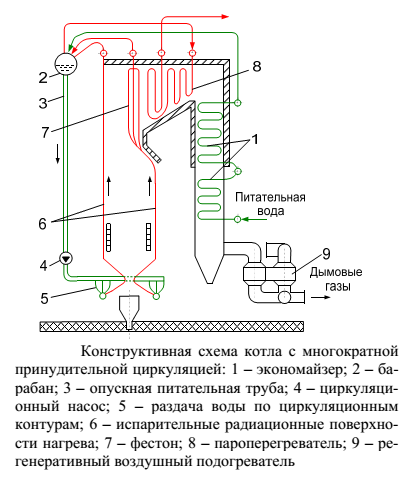


Внутри этой технологической схемы мы коротко рассмотрели работу котла с естественной циркуляцией воды.

Теперь последовательно рассмотрим схемы котлов с принудительной и прямоточной циркуляцией.

### 3.2 Паровой котёл с принудительной циркуляцией

На рисунке представлена конструктивная схема котла с многократной принудительной циркуляцией. Принцип работы ясен из схемы.



Циркуляционный насос 4 работает с перепадом давлений 0.3 МПа и позволяет применять трубы малого диаметра, что дает экономию металла. Малый диаметр труб и невысокая кратность циркуляции (4..8) вызывают относительное снижение водяного объема агрегата, следовательно, снижение габаритов барабана, уменьшение сверлений в нем, а отсюда общее снижение стоимости котла. Малый водяной объем и независимость полезного напора циркуляции от нагрузки позволяют быстро растапливать и останавливать агрегат, т. е. работать в регулировочно-пусковом режиме.

Область применения котлов с многократной принудительной циркуляцией ограничивается сравнительно невысокими давлениями, при которых можно получить наибольший экономический эффект за счет удешевления развитых конвективных испарительных поверхностей нагрева. Котлы с многократной принудительной циркуляцией нашли распространение в теплоутилизационных и парогазовых установках, в парогенераторах АЭС.

### 3.3 Котлы с прямоточной циркуляцией

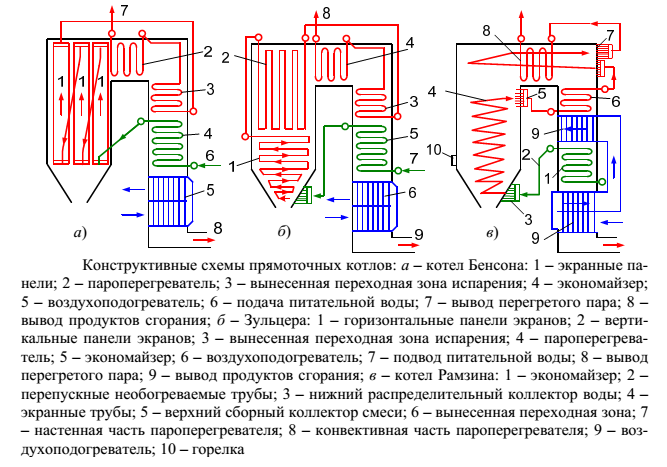
Прямоточные котлы не имеют зафиксированной границы раздела фаз между экономайзером и испарительной частью, между испарительной поверхностью нагрева и пароперегревателем. При изменении температуры питательной воды, рабочего давления в агрегате, воздушного режима топки,

влажности топлива и других факторов соотношения между поверхностями нагрева экономайзера, испарительной части и перегревателя меняются.

В прямоточных агрегатах все примеси, поступающие с питательной водой, не могут удаляться с продувкой подобно барабанным котлам и откладываются на стенках поверхностей нагрева или уносятся с паром в турбину. В принципе, и в прямоточных котлах возможно удаление солей продувкой, путем установки водяной емкости (сепаратора) в конце испарительного участка. Однако на практике это оказывается затруднительным из-за упомянутого перемещения границы испарительной части. Поэтому прямоточные котлы, даже оборудованные специальной продувкой, предъявляют высокие требования к качеству питательной воды.

Из-за малого аккумулирующего объема воды у прямоточных котлов важную роль играет синхронность подачи воды, топлива и воздуха. Нарушении этого соответствия в турбину можно подать влажный или чрезмерно перегретый пар, в связи с чем для прямоточных агрегатов автоматизация регулирования всех процессов является просто обязательной.

Приведём три упрощённых схемы прямоточных котлов:



#### Котёл схемы Бенсона

Рассмотрим котёл схемы Бенсона.

На каждой стене топки размещено по три вертикальных подъемных панели из труб с внутренним диаметром 25 мм. Направление движения рабочего тела – снизу вверх в экранах. Это способствует более устойчивой работе котла. Из верхних коллекторов одних панелей в нижние коллекторы других пароводяная смесь передастся по наружным опускным трубопроводам. Наружные трубопроводы, иногда со смесительными коллекторами, удорожают агрегат Бенсона и являются негативной стороной конструкции.

#### Схема Зульцера

Второй распространенной конструкцией является прям-точный котел системы Зульцера. Для малой производительности (до 28 кг/с) эти агрегаты выполнялись одновитковыми, что полностью исключает неравномерное распределение рабочего тела по системе параллельных трубок. Однако при этом длина витка и его гидравлическое сопротивление чрезмерно возрастают. Котлы Зульцера на среднюю производительность строятся многовитковыми. Расположение трубок в топке смешанное: горизонтальное и вертикальное. Горизонтальная компоновка применена для однофазной среды: для экономайзера внизу топки и перегревателя – вверху.

Трубы с двухфазной (вода – пар) жидкостью расположены вертикально в средней части топочной камеры в виде петель, так что подъемные и опускные трубы, в отличие от системы Бенсона, расположены в топке. Первые агрегаты Зульцера снабжались сепараторами пара, устанавливаемыми перед переходной зоной. Это обычный барабан с уровнем воды и всеми видами продувок.

#### Схема Рамзина

Прямоточные котлы конструкции профессора Л.К. Рамзина явились крупным достижением отечественного энергомашиностроения. Особенностью котла является компоновка радиационных поверхностей нагрева в виде горизонтально-подъемной навивки трубок по стенам топки с минимумом коллекторов. Как показала практика, такое экранирование имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Положительным является равномерный обогрев отдельных трубок, включенных в ленту, так как трубки проходят по высоте топки все температурные зоны в одинаковых условиях. Негативным – невозможность выполнения радиационных поверхностей заводскими крупными блоками.

## Заключение

Согласно приведённой выше информации, котлы используются в самых разнообразных отраслях промышленности. В энергетике основную роль играют паровые энергетические котлы. При наличии большого разнообразия типов котлов, в энергетике чаще всего применяются котлы с естественной, прямоточной и принудительной циркуляцией воды.

Отличие указанных схем генерации друг от друга заключается, собственно, в способе поддержания циркуляции воды. Как следствие, области их применения также отличаются друг от друга.

## Список использованной литературы

1. Энергетические установки электростанций. Э. П. Волков, В. А. Ведяев, В. И. Обрезков; Под ред. Э. П. Волкова.-М. : Энергоатомиздат, 1983. — 280 с.
2. ГОСТ 23172-78\*. Котлы стационарные. Термины и определения.
3. Тепловые электрические станции. Учебное пособие. Л. А. Беляев, А. С. Зворин, Т. С. Тайлашева.-Томск. STT: 2011. – 339 c.