

Котельные установки

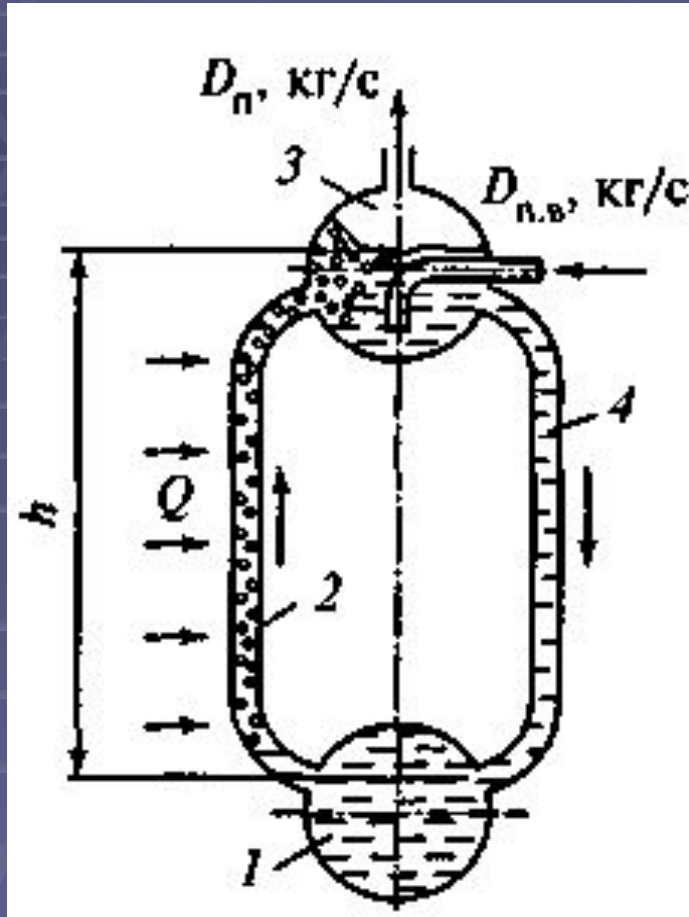
Классификация котельных агрегатов

По способу организации движения воды и пароводяной смеси все котлы подразделяются на:

- барабанные с естественной циркуляцией;
- барабанные с многократной принудительной циркуляцией;
- прямоточные.

В современных отопительных и отопительно-производственных котельных для производства пара используются в основном котлы с естественной циркуляцией, а для производства горячей воды — котлы с принудительным движением теплоносителя, работающие по прямоточному принципу.

Принцип действия барабанного котла с естественной циркуляцией



Естественная циркуляция в контуре барабанного котла происходит вследствие разности плотностей пароводяной смеси в левых трубах (обогреваемых) и жидкости в правых трубах (необогреваемых).

Трубы правого ряда называются **опускными**, а левого — **подъемными (экранными)**.

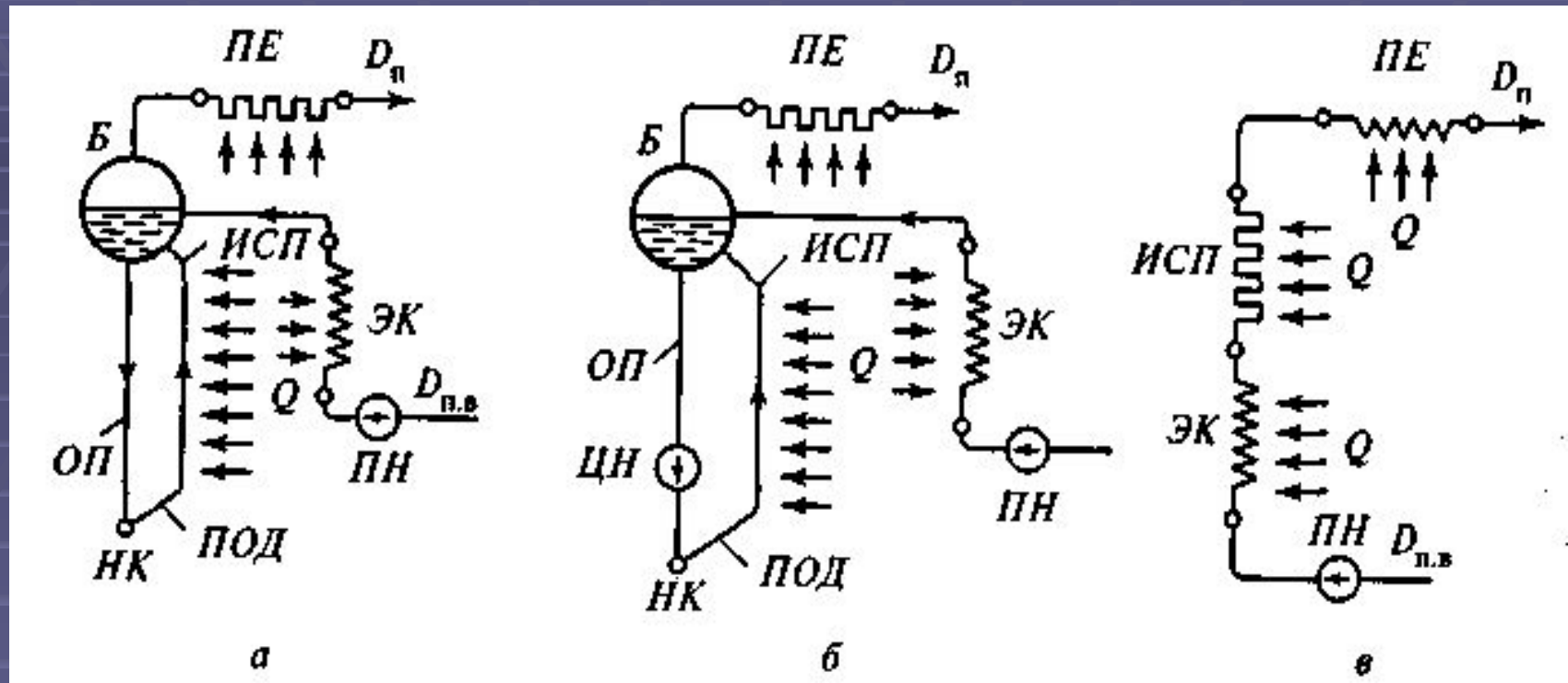
$$\Delta p = gh(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{см}})$$

где $\rho_{\text{в}}$ и $\rho_{\text{см}}$ — плотность (объемная масса) воды и пароводяной смеси, кг/м³;
 h — высота контура.

- 1 — нижний коллектор;
- 2 — левые трубы (обогреваемые);
- 3 — барабан котла;
- 4 — правые трубы (необогреваемые)

Отношение количества воды, проходящей через контур, к паропроизводительности контура $D_{\text{п}}$ за тот же промежуток **времени называется** кратностью циркуляции. Для котлов с

Принцип действия барабанного котла с естественной циркуляцией



а — естественная циркуляция; б — многократная принудительная циркуляция; в — прямоточное движение;

Б — барабан; ИСП — испарительные поверхности; ПЕ — пароперегреватель; ЭК — водяной экономайзер; D_a — расход пара; $D_{п.в.}$ — расход питательной воды; ПН — питательный насос; ЦП — циркуляционный насос; НК — нижний коллектор; Q — подвод теплоты; ОП — опускные трубы; ПОД — подъемные трубы

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Котельными агрегатами называют устройства, предназначенные для получения пара или горячей воды повышенного давления за счет теплоты, выделяемой при сжигании топлива, или теплоты, подводимой от посторонних источников (обычно с горячими газами).

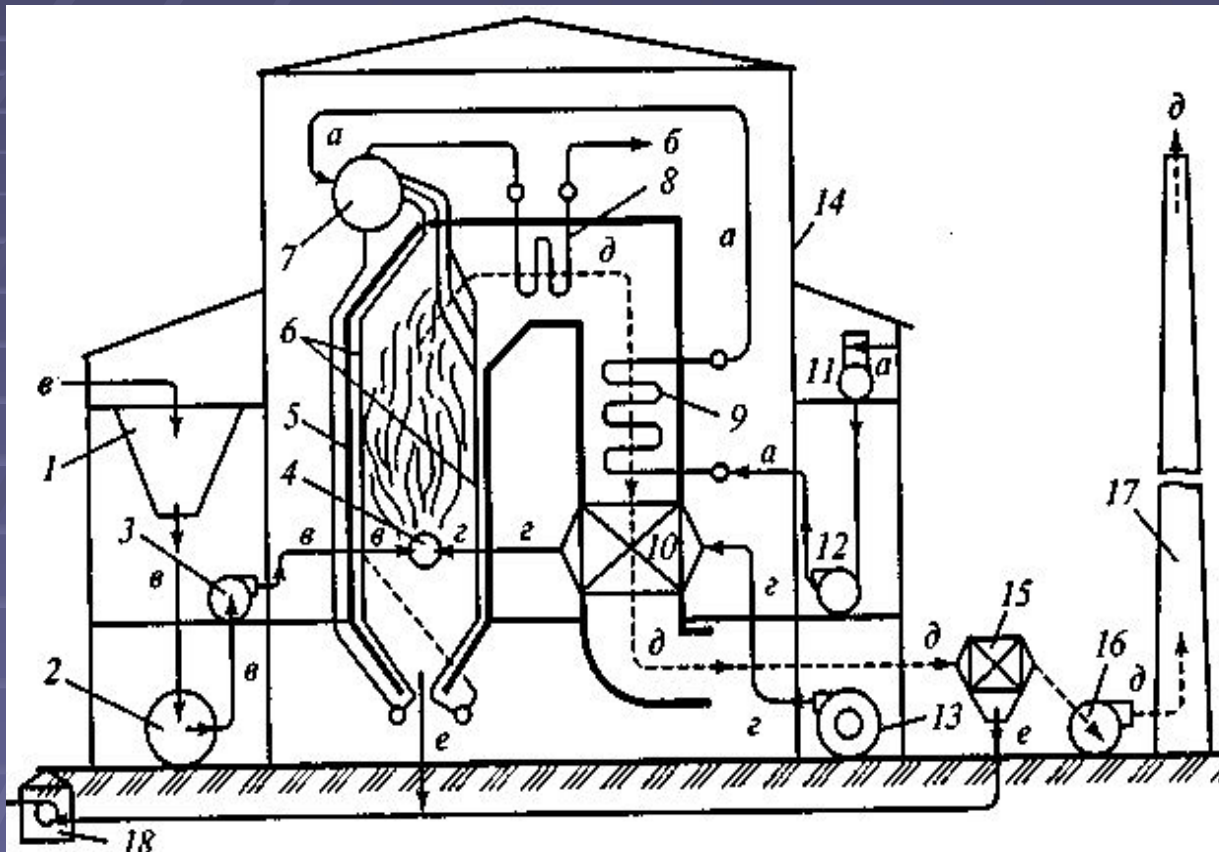
Они делятся на **паровые** и **водогрейные** котлы.

Котельные агрегаты, использующие (т.е. утилизирующие) теплоту отходящих из печей газов или других основных и побочных продуктов различных технологических процессов, называют **котлами-утилизаторами**.

Котельные установки, снабжающие паром турбины тепловых электрических станций, называют **энергетическими**.

Для снабжения паром производственных потребителей и отопления зданий в ряде случаев создают специальные **производственные** и **отопительные котельные установки**.

Технологическая схема котельной установки барабанным паровым котлом, работающим на пылевидном угле



- 1 - бункер сырого угля;
- 2 - утлеразмольная мельница;
- 3 - вентилятор пылевидного топлива;
- 4 - горелка;
- 5 - топка котла;
- 6 - трубная система;
- 7 - барабан;
- 8 - пароперегреватель;
- 9 - экономайзер;
- 10 - воздухоподогреватель котла;
- 11 - бак питательной воды;
- 12 - питательный насос;
- 13 дутьевой вентилятор;
- 14 - здание котельной;
- 15 - золоулавливающее устройство;
- 16 - дымососом;
- 17 - дымовая труба;
- 18 - багерный насос.

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

В состав котла входят:

- топка,
- пароперегреватель,
- экономайзер,
- воздухоподогреватель,
- каркас, обмуровка,
- тепловая изоляция,
- обшивка.

Вспомогательным оборудованием считают:

- тягодутьевые машины;
- устройства очистки поверхностей нагрева;
- оборудование топливоприготовления и топливоподачи шлако- и золоудаления;
- золоулавливающие и другие газоочистительные устройства;
- газозащитные аппараты;
- трубопроводы воды, пара и топлива;
- арматура;
- гарнитура;
- автоматика;
- приборы и устройства контроля и защиты;
- водоподготовительное оборудование;

Топки для сжигания газообразных, жидких и твердых топлив

При сжигании газа и мазута, а также твердого пылеугольного топлива используются, как правило, **камерные топки**.

Топка ограничена фронтальной, задней, боковыми **стенами**, а также **подом** и **сводом**.

Вдоль стен топки располагаются испарительные поверхности нагрева (кипяtilьные трубы) диаметром 50...80 мм, воспринимающие излучаемую теплоту от факела и продуктов сгорания. При сжигании газообразного или жидкого топлива **под** камерной топки обычно не экранируют, а в случае угольной пыли в нижней части топочной камеры выполняют «холодную» воронку для удаления золы, выпадающей из горящего факела.

Верхние концы труб ввальцованы в барабан, а нижние присоединены к коллекторам путем вальцовки или сварки. У ряда котлов кипяtilьные трубы заднего экрана перед присоединением их к барабану разводят в верхней части топки в несколько рядов, расположенных в шахматном порядке и образующих **фестон**.

Топки для сжигания газообразных, жидких и твердых топлив

Горелки в топке могут быть расположены фронтально, на боковых стенах и в ее углах. В местах установки горелок стены могут не экранироваться и кипятильные трубы разводятся таким образом, чтобы избежать необходимости перекрывать амбразуры горелок.

Для обслуживания топки и газоходов в котельном агрегате используется следующая **гарнитура**:

- лазы, закрываемые дверцы;
- гляделки;
- взрывные клапаны;
- шиберы, поворотные заслонки;
- обдувочные аппараты, дробеочистка.

Закрывающиеся дверцы, лазы в обмуровке предназначены для осмотра и производства ремонтных работ при останове котла.

Для наблюдения за процессом горения топлива в топке и состоянием конвективных газоходов служат **глядьелки**.

Топки для сжигания газообразных, жидких и твердых топлив

Взрывные предохранительные клапаны используются для защиты обмуровки от разрушения при хлопках в топке и газоходах котла и устанавливаются в верхних частях топки.

Взрывные клапаны представляют собой рамки из углового железа круглой или квадратной формы, закрытые листовым асбестом толщиной 2...2,5 мм, плотно закрепленные в соответствующих проемах, сделанных в кладке топки и дымоходах котла. В случае взрыва давлением образовавшихся газов асбестовый картон прорывается, и газы получают выход наружу, благодаря чему давление их падает и снижается возможность опасного разрушения. В момент взрыва створка клапана после разрушения картона откроется, а после выхода газов наружу через газоотводящий короб под действием своего веса или специальных грузов закроется.

Чугунные дымовые или **поворотные заслонки** для регулирования тяги служат.

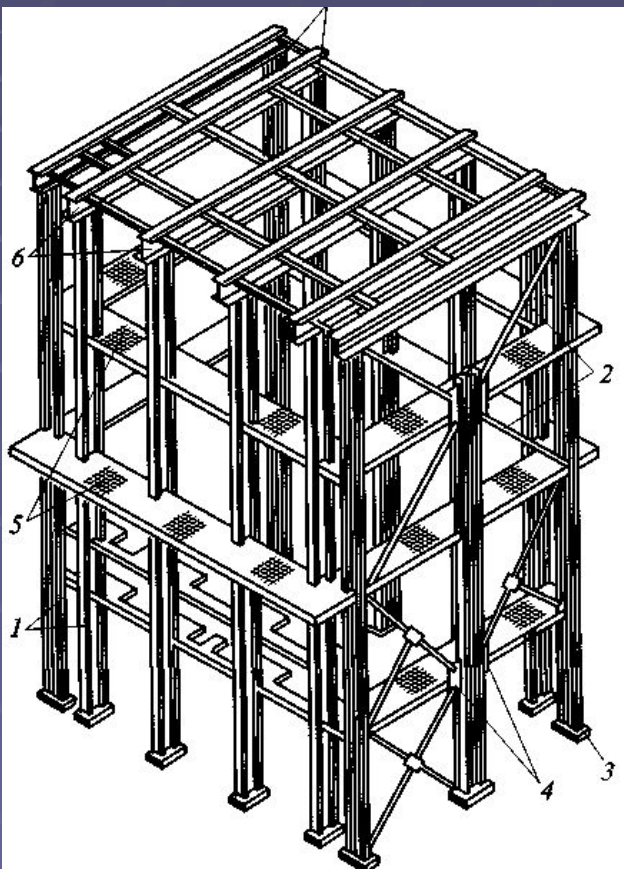
Обдувочные аппараты и **дробеочистка** предназначены для очистки поверхностей нагрева от золы и сажи.

Каркас котла.

Металлическая конструкция, опирающаяся на бетонный фундамент и поддерживающая барабан котла и трубную систему с водой, лестницы и помосты, а иногда и обмуровку, представляет собой **каркас котельного агрегата**.

Паровые и водогрейные котлы малой мощности обычно имеют **обвязочные каркасы**, служащие для укрепления обмуровки, гарнитуры и других деталей.

Котлы вертикальной ориентации большой мощности обычно имеют **несущий каркас**.



Каркас котла и его элементы:

- 1 — колонны;
- 2 — раскосы-связи;
- 3 — опорный башмак;
- 4 — накладки;
- 5 — горизонтальные фермы (площадки);
- 6 — балки потолочного перекрытия;
- 7 — опорная плита;
- 8 — ребра жесткости

Обмуровка котла

Обмуровка котла служит для ограждения топочной камеры и газоходов от окружающей среды и для направления движения по тока дымовых газов в пределах котельного агрегата.

Она работает при достаточно высоких температурах и резком их изменении и должна обеспечивать минимальные потери теплоты в окружающую среду, быть плотной, механически прочной, простой и доступной для ремонта.

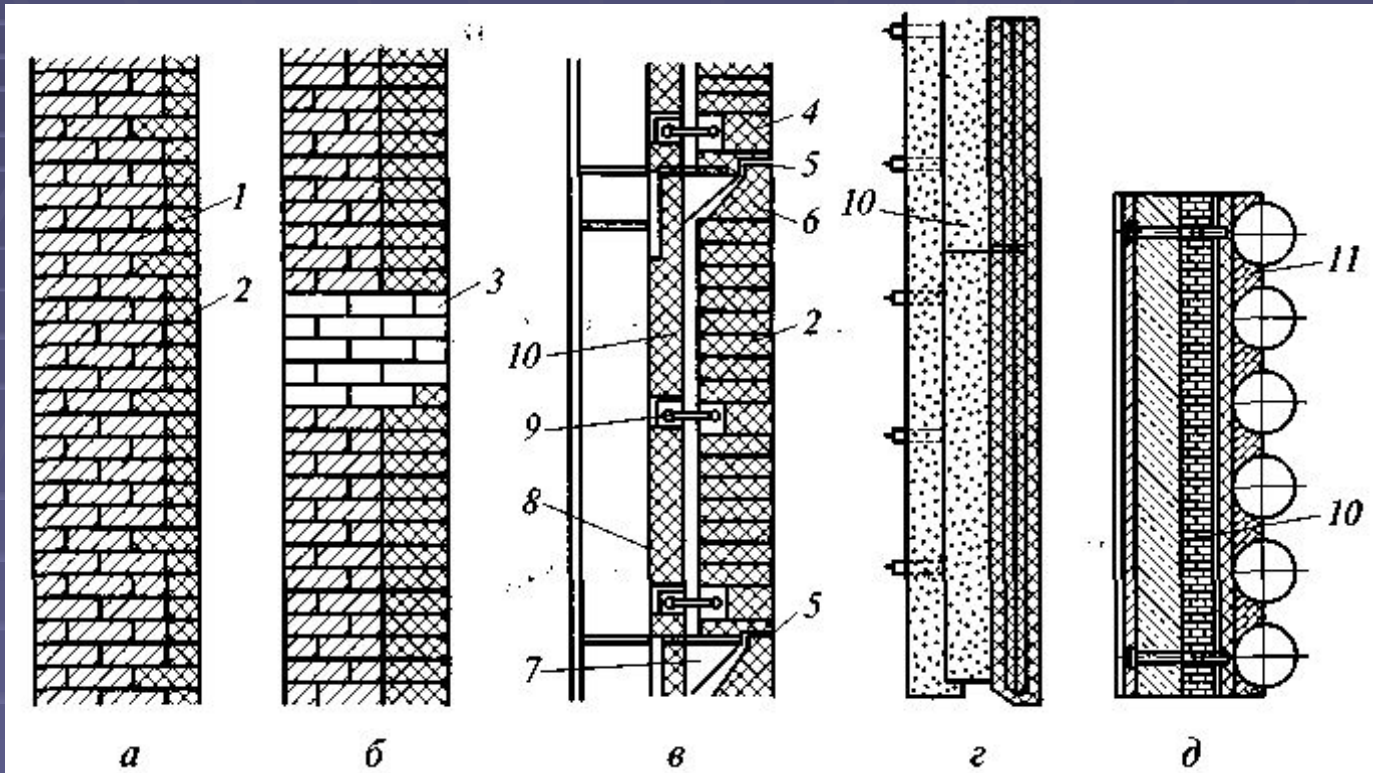
Обмуровки принято условно подразделять на:

- тяжелые,
- облегченные
- легкие.

По способам крепления на:

- свободно стоящие (на фундаментах),
- накаркасные (опирающиеся на каркас)
- натрубные.

Обмуровка котла



а — свободно стоящая; б — массивная; в — облегченная накаркасная;
г — щитовая; д — натрубная; 1,2 — красный и шамотный кирпич;
3 — перевязочный ярус; 4, 6 — шамотные и фасонные шамотные кирпичи;
5 — температурный шов; 7 — кронштейн; 8 — металлическая обшивка;
9 — разгрузочный пояс; 10 — теплоизоляционные плиты; 11 — хромитовая
или шамотная масса

Барабаны паровых котлов

Назначение барабанов паровых котлов:

- разделение пароводяной смеси, поступающей из подъемных обогреваемых труб, на пар и воду и сбор пара; прием питательной воды из водяного экономайзера либо не посредственно из питательной магистрали;
- внутрикотловая обработка воды (термическое и химическое умягчение воды);
- непрерывная продувка;
- осушка пара от капелек котловой воды;
- промывка пара от растворенных в нем солей;
- защита от превышения давления пара.

Барабаны паровых котлов

Барабаны котлов изготавливают из котельной стали со штампованными днищами и лазом.

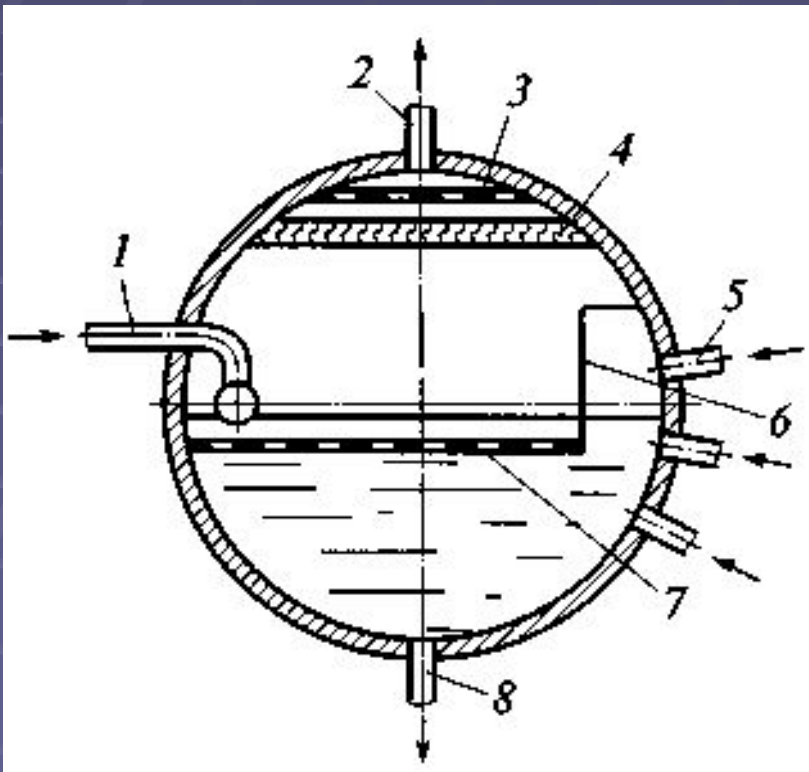
Внутреннюю часть объема барабана, заполненную до определенного уровня водой, называют водяным объемом, а заполненную паром при работе котла — паровым объемом.

Поверхность кипящей воды в барабане, отделяющая водяной объем от парового, называется **зеркалом** испарения.

На поверхности зеркала испарения возникают выбросы, гребни и даже фонтаны, при этом в пар может попасть значительное количество капелек котловой воды, что снижает качество пара в результате повышения его солесодержания. Капли котловой воды испаряются, а соли, содержащиеся в них, осаждаются на внутренней поверхности пароперегревателя, ухудшая теплообмен, в результате которого повышается температура его стенок, что может привести к их пережогу. Соли могут также откладываться в арматуре паропроводов и привести к нарушению ее плотности.

Каркас котла.

Для равномерного поступления пара в паровое пространство барабана и снижения его влажности используются различные сепарационные устройства.



- 1 — ввод питательной воды;
- 2 — пароводящая труба;
- 3 — дырчатый лист для осушки пара;
- 4 — жалюзийный сепаратор;
- 5 — ввод пароводящей смеси в барабан;
- 6 — щит;
- 7 — погружной дырчатый лист;
- 8 — опускная труба

внутрикотловая обработка воды

Для снижения возможности отложения накипи на испарительных поверхностях нагрева применяется внутрикотловая обработка воды:

- фосфатирование,
- щелочение,
- использование комплексонов.

Фосфатирование имеет целью создать в котловой воде условия, при которых накипеобразователи выделяются в форме неприкипающего шлама.

При **щелочении** котловой воды накипеобразователи выпадают в виде шлама, состоящего из CaCO_3 и Mg(OH)_2 . Для осуществления этого необходимо поддерживать определенную щелочность котловой воды.

Обработка воды комплексонами может обеспечить безнакипный и бесшламовый режимы котловой воды. В качестве комплексона рекомендуется использовать натриевую соль «Трилон Б».

внутрикотловая обработка воды

Поддержание допустимого по нормам **солесодержания** в котловой воде осуществляется **продувкой котла**, т.е. удалением из него некоторой части котловой воды, всегда имеющей более высокую концентрацию солей, чем питательная вода.

Различают **периодическую** и **непрерывную** продувки.

В котлах малой мощности обычно ограничиваются применением периодической продувки.

В котлах средних и больших мощностей применяют и непрерывную, и периодическую продувки.

Периодическая продувка применяется в основном для удаления шлама из нижних коллекторов и барабанов котлов, являющихся шламоотстойниками.

Непрерывная продувка предназначена для удаления избыточной щелочности и снижения солесодержания котловой воды, и она осуществляется из верхнего барабана.

Барабаны паровых котлов

С повышением давления пар способен растворять некоторые примеси котловой воды (кремниевую кислоту, оксиды металлов).

Для снижения солесодержания пара в некоторых котлах применяется **промывка пара** питательной водой. При этом содержание кремниевой кислоты в паре снижается в десятки раз.

Для наблюдения за уровнем воды в барабане устанавливаются не менее двух **водоуказательных приборов прямого действия**.

Для защиты барабана от превышения давления на нем устанавливаются два **предохранительных клапана**.

Предохранительные клапаны выпускают излишний пар при превышении давления на 10% выше расчетного (разрешенного).

Пароперегреватели котлов.

Получение перегретого пара из сухого насыщенного осуществляется в пароперегревателе.

По способу тепловосприятия пароперегреватели подразделяются на:

- конвективные,
- радиационно-конвективные
- радиационные.

В котельных агрегатах низкого и среднего давлений используются **конвективные** пароперегреватели с вертикальным или горизонтальным расположением труб.

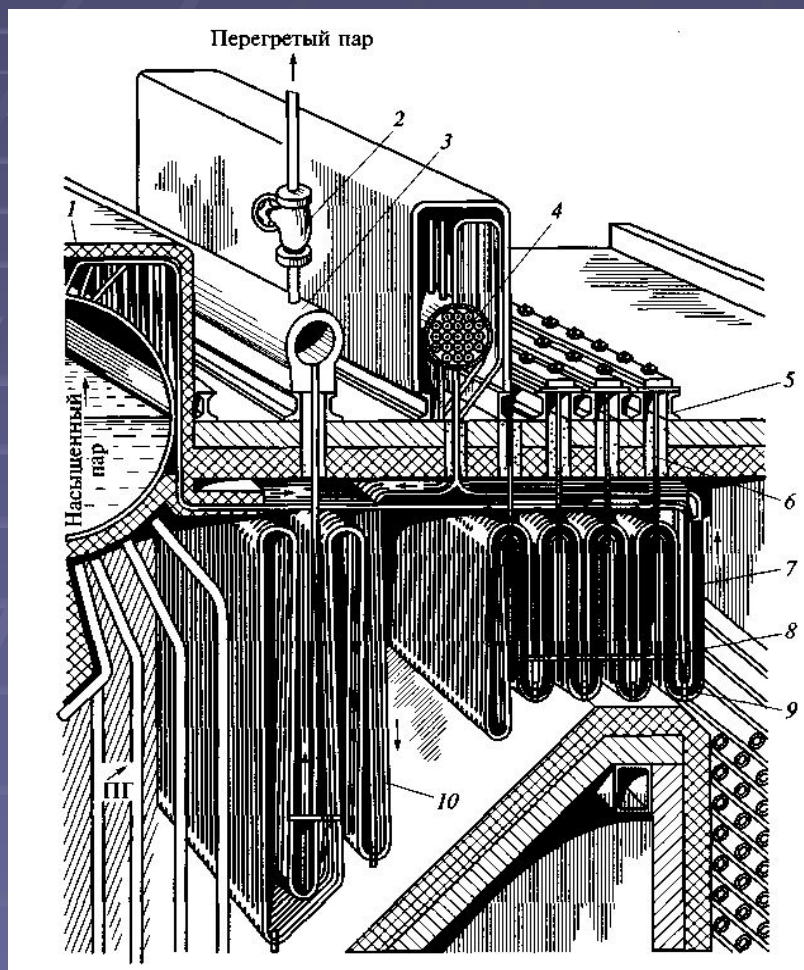
Для получения пара с температурой перегрева более 500 °С применяют **комбинированные** пароперегреватели, т. е. в них одна часть поверхности (радиационная) воспринимает теплоту за счет излучения, а другая часть — конвекцией.

Радиационная часть поверхности нагрева пароперегревателя располагается в виде ширм непосредственно в верхней части топочной камеры.

Схема вертикального конвективного пароперегревателя.

Конвективный пароперегреватель обычно устанавливают в горизонтальном соединительном газоходе между топкой и конвективной шахтой котла.

Регулирование перегрева пара осуществляется изменением количества питательной воды, пропускаемой через пароохладитель.



- 1 — барабан котла;
- 2 — главная паровая задвижка;
- 3 — выходной коллектор перегретого пара;
- 4 — промежуточный коллектор с поверхностным пароохладителем;
- 5 — балка для подвески змеевиков;
- 6 — подвеска змеевиков;
- 7 — змеевик первой ступени пароперегревателя;
- 8 — дистанционная планка;
- 9 — дистанционная гребенка;
- 10 — змеевик второй ступени пароперегревателя;

Водяные экономайзеры

В экономайзере питательная вода перед подачей в котел подогревается дымовыми газами за счет использования теплоты продуктов сгорания топлива.

В зависимости от температуры, до которой ведется подогрев воды, экономайзеры подразделяют на два типа:

- некипящие
- кипящие.

В **некипящих** экономайзерах по условиям надежности их работы подогрев воды ведут до температуры на 20 °С ниже температуры насыщенного пара в паровом котле или температуры кипения воды при имеющемся рабочем давлении в водогрейном котле.

В кипящих экономайзерах происходит не только подогрев воды, но и частичное (до 15 мас. %) ее испарение.

В зависимости от металла, из которого изготавливают экономайзеры, их разделяют на:

- чугунные;
- стальные.

Чугунные экономайзеры используют при давлении в барабане котла не более 2,4 МПа, а стальные могут применяться при любых давлениях.

Воздухоподогреватели.

В современных котельных агрегатах воздухоподогреватель играет весьма существенную роль, воспринимая теплоту от отходящих газов и передавая ее воздуху, он уменьшает наиболее заметную статью потерь теплоты с уходящими газами.

При использовании подогретого воздуха повышается температура горения топлива, интенсифицируется процесс сжигания, повышается коэффициент полезного действия котельного агрегата.

Вместе с тем при установке воздушного подогревателя увеличиваются аэродинамические сопротивления воздушного и дымового трактов, которые преодолеваются созданием искусственной тяги, т.е. путем установки дымососа и вентилятора.

Температура подгрева воздуха выбирается в зависимости от способа сжигания и вида топлива.

Для природного газа и мазута, сжигаемых в камерных топках, температура горячего воздуха составляет 200... 250 °С,

Для пылеугольного сжигания твердого топлива - 300... 420 °С.

Воздухоподогреватели.

При наличии в котельном агрегате экономайзера и воздухоподогревателя первым по ходу газа устанавливается экономайзер, а вторым — воздухоподогреватель, что позволяет более глубоко охладить продукты горения, так как температура холодного воздуха ниже температуры питательной воды на входе в экономайзер.

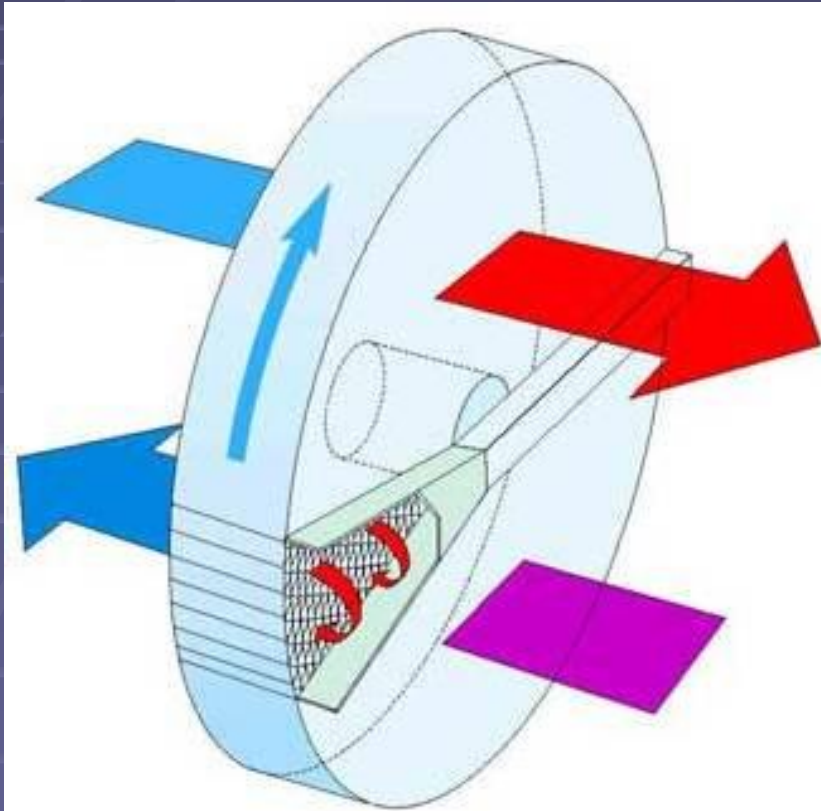
По принципу действия воздухоподогреватели разделяют на:

- рекуперативные;
- регенеративные.

В **рекуперативном** воздухоподогревателе передача теплоты от продуктов сгорания к воздуху происходит непрерывно через разделительную стенку, по одну сторону которой движутся продукты сгорания, а по другую — нагреваемый воздух.

В **регенеративных** воздухоподогревателях передача теплоты от продуктов сгорания к нагреваемому воздуху осуществляется путем попеременного нагревания и охлаждения одной и той же поверхности нагрева.

регенеративный воздухоподогреватель



Преимущества:

- возможность управления процессом переноса теплоты при плавном изменении числа оборотов ротора благодаря применению двигателя постоянного тока;
- эффект самоочищения;
- незначительные размеры;
- высокая эффективность. (расчетный относительный перепад температур) вращающихся теплоутилизаторов достигает 80%.

Паровой котел серии Е

Паровые котлы серии «Е» являются вертикально-водотрубным двубарабанным котлами с естественной циркуляцией и предназначены для производства насыщенного водяного пара рабочим давлением 0,8 МПа, потребляемого предприятиями промышленности, транспорта и сельского хозяйства для технологических, хозяйственных, отопительных и других бытовых нужд.

Котлы серии «Е» низкого давления выпускаются в следующих модификациях:

Котел Е 1,0-0,9 Г-З (Э) – для работы на природном газе;

Котел Е 1,0-0,9 М-З (Э) – для работы на мазуте;

Котел Е 1,0-0,9 Р-З (Э) – для работы на твердом топливе;

Котел Е 1,6-0,9 ГМН (Э) – для работы на газе или мазуте;

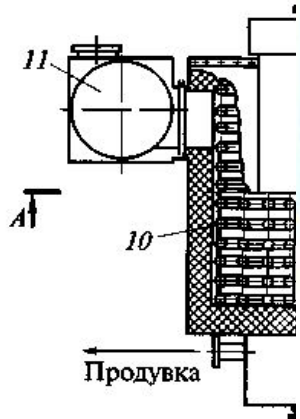
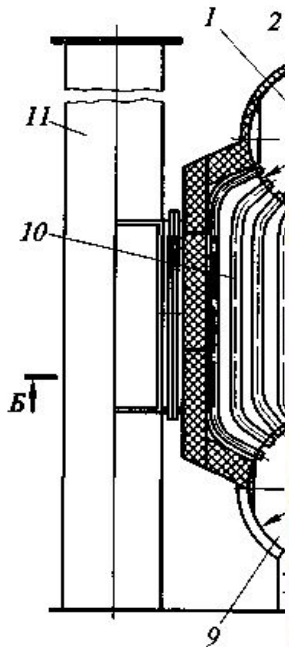
Котел Е 2,5-0,9 ГМН (Э) – газовый, мазутный, работает под наддувом.

Е – естественная циркуляция;

1,0 – паропроизводительность, т/ч;

0,9 – давление пара в котле МПа

Паровой котел серии Е



1 - барабан;
2 - крышка барабана;
3 - паровая труба;
4 - экран;
5 - дополнительный экран;
6 - главный экран;
7 - топка;
8 - топочный экран;
9 - топочный экран;
10 - топочный экран;
11 - топочный экран;
12 - топочный экран;
13 - топочный экран;
14 - топочный экран;
15 - топочный экран;
16 - топочный экран;
17 - топочный экран;
18 - топочный экран;
19 - топочный экран;
20 - топочный экран;
21 - топочный экран;
22 - топочный экран;
23 - топочный экран;
24 - топочный экран;
25 - топочный экран;
26 - топочный экран;
27 - топочный экран;
28 - топочный экран;
29 - топочный экран;
30 - топочный экран;
31 - топочный экран;
32 - топочный экран;
33 - топочный экран;
34 - топочный экран;
35 - топочный экран;
36 - топочный экран;
37 - топочный экран;
38 - топочный экран;
39 - топочный экран;
40 - топочный экран;
41 - топочный экран;
42 - топочный экран;
43 - топочный экран;
44 - топочный экран;
45 - топочный экран;
46 - топочный экран;
47 - топочный экран;
48 - топочный экран;
49 - топочный экран;
50 - топочный экран;
51 - топочный экран;
52 - топочный экран;
53 - топочный экран;
54 - топочный экран;
55 - топочный экран;
56 - топочный экран;
57 - топочный экран;
58 - топочный экран;
59 - топочный экран;
60 - топочный экран;
61 - топочный экран;
62 - топочный экран;
63 - топочный экран;
64 - топочный экран;
65 - топочный экран;
66 - топочный экран;
67 - топочный экран;
68 - топочный экран;
69 - топочный экран;
70 - топочный экран;
71 - топочный экран;
72 - топочный экран;
73 - топочный экран;
74 - топочный экран;
75 - топочный экран;
76 - топочный экран;
77 - топочный экран;
78 - топочный экран;
79 - топочный экран;
80 - топочный экран;
81 - топочный экран;
82 - топочный экран;
83 - топочный экран;
84 - топочный экран;
85 - топочный экран;
86 - топочный экран;
87 - топочный экран;
88 - топочный экран;
89 - топочный экран;
90 - топочный экран;
91 - топочный экран;
92 - топочный экран;
93 - топочный экран;
94 - топочный экран;
95 - топочный экран;
96 - топочный экран;
97 - топочный экран;
98 - топочный экран;
99 - топочный экран;
100 - топочный экран;

Паровой котел серии ДЕ

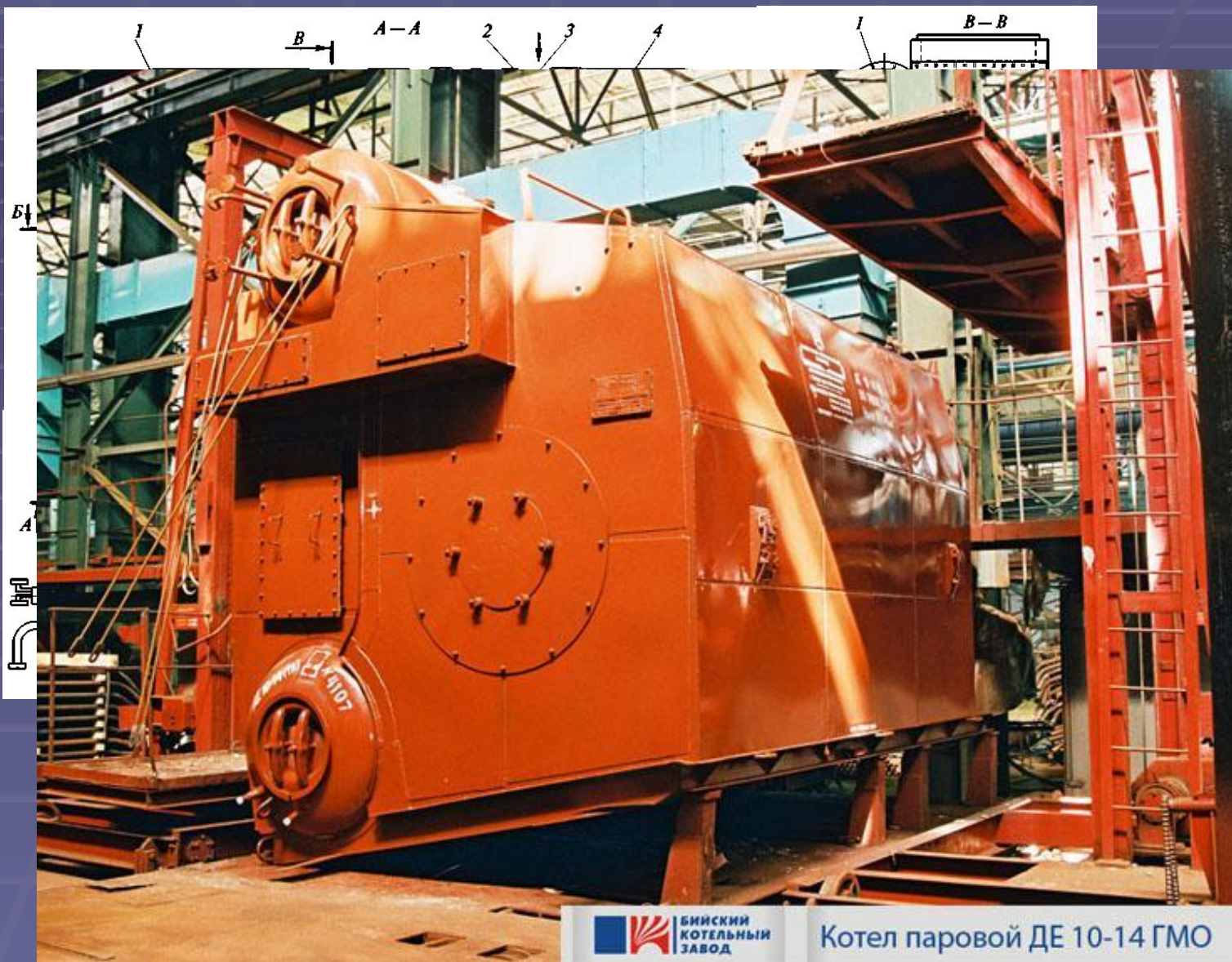
Вертикально-водотрубный котел серии ДЕ (Д-образный с естественной циркуляцией) предназначен для выработки насыщенного и перегретого пара с температурой 225 °С, имеет несколько типоразмеров с рабочим давлением пара 1,4 МПа и номинальной производительностью 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч.

Котлы специализированы на сжигание газа и мазута.

КПД котла в зависимости от производительности составляет:

- 90,3...92,8% при работе на газовом топливе;
- 88,7...91,4% при работе на мазуте.

Паровой котел серии ДЕ



10 — нижний барабан;

11 — конвективный пучок;

двода

бана;

;

родка;

Паровой котел серии ДКВР

Вертикально-водотрубные котлы типа ДКВР предназначены для выработки насыщенного и перегретого пара с температурой 250, 370 и 440 °С, имеют несколько типоразмеров с рабочим давлением пара 1,4; 2,4; 3,9 МПа и номинальной производительностью 2,5; 4; 6,5; 10; 20; 35 т/ч.

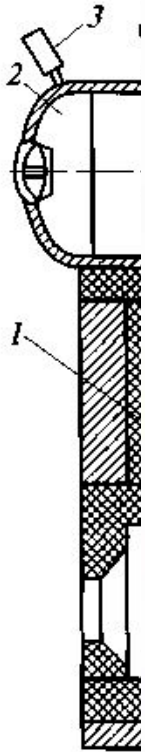
Они представляют собой двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы с естественной циркуляцией.

По длине верхнего барабана котлы ДКВР имеют две модификации — с длинным барабаном и укороченным:

- у котлов паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч (раннего выпуска) верхний барабан значительно длиннее нижнего.
- у котлов паропроизводительностью 10 т/ч последней модификации и большей мощности верхний барабан значительно укорочен.

Коэффициент полезного действия этих котлов при сжигании газа и мазута — 90 %.

Паровой котел серии ДКВР



ера;

бан;

ельный

ре

пробка;

ания;

й пучок

дувки;

13 — нижний барабан;

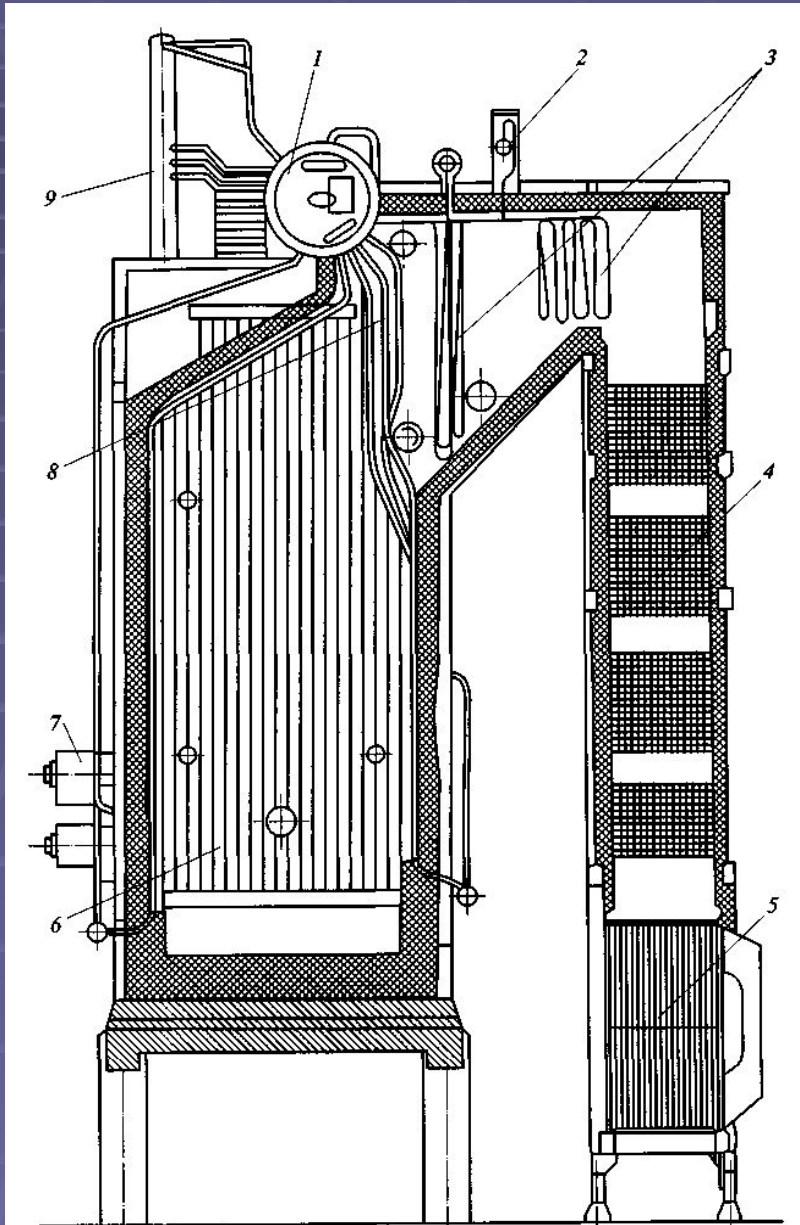
14 — трубопровод

периодической продувки;

Паровой котел БМ-35

Паровой котел БМ-35 производства Белгородского завода энергетического машиностроения является современным котлом с естественной циркуляцией, предназначенным для работы на природном газе и мазуте. Характеристики котла: производительность 50 т/ч; давление перегретого пара 3,9 МПа; температура перегретого пара 440 °С.

Паровой котел БМ-35



- 1 — барабан;
- 2 — регулятор перегрева пара;
- 3 — пароперегреватели;
- 4 — водяной экономайзер;
- 5 — воздухоподогреватель;
- 6 — топка;
- 7 — горелки;
- 8 — фестон;
- 9 — выносной циклон

Водогрейные котлы

Водогрейные котлы, назначением которых является получение горячей воды заданных параметров, применяют для теплоснабжения систем отопления и вентиляции, бытовых и технологических потребителей.

Водогрейные котлы, работают по прямоточному принципу с постоянным расходом воды.

Их устанавливают на ТЭЦ в качестве **пиковых**, а в районных отопительных, а также отопительно-производственных котельных в качестве **основного источника** теплоснабжения.

Водогрейные котлы характеризуют по:

- теплопроизводительности;
- температуре;
- давлению воды;
- по роду металла, из которого они изготовлены.

Водогрейные котлы

Чугунные котлы выпускаются:

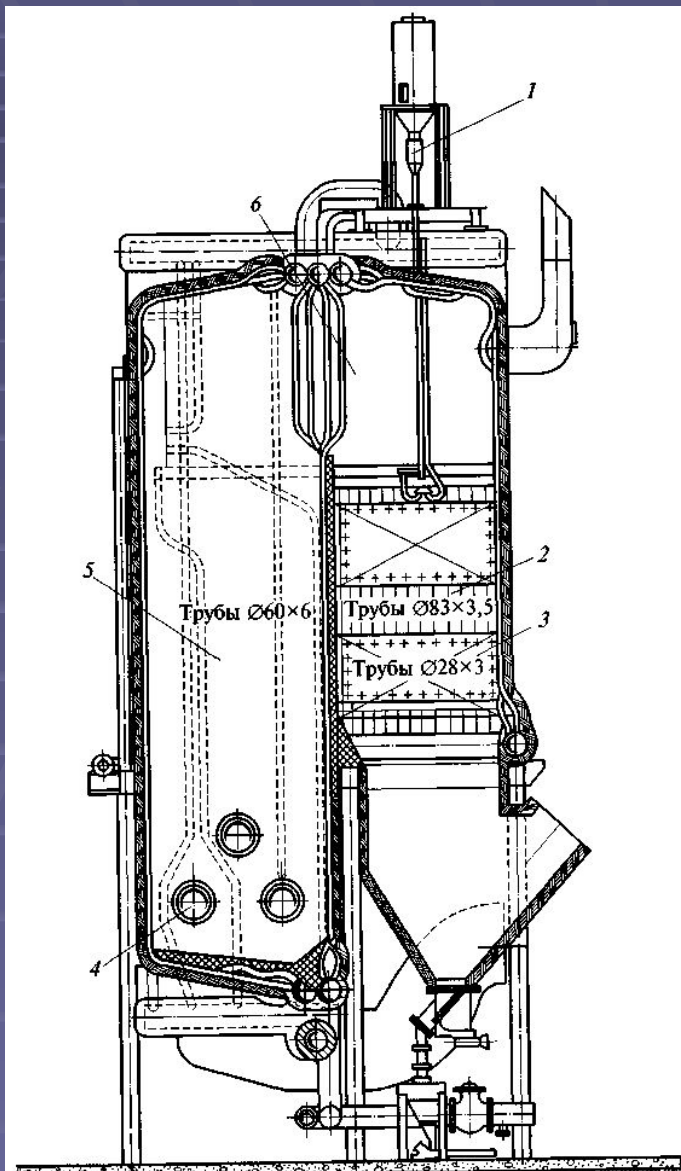
- теплопроизводительностью до 1... 1,5 Гкал/ч,
- давлением 0,7 МПа,
- с температурой горячей воды до 115 °С.

Стальные котлы изготавливаются с теплопроизводительностью на 4; 6,5; 10; 20; 30; 50; 100; 180 Гкал/ч (4,5; 7,5; 11,6; 23,2; 35; 58; 116 и 210 МВт).

Водогрейные котлы до 30 Гкал/ч обычно обеспечивают работу только в основном режиме с подогревом воды до 150 °С при давлении воды на входе в котел 1,6 МПа.

Для котлов мощностью выше 30 Гкал/ч предусматривается возможность работы как в основном, так и в пиковых режимах с подогревом воды до 200 °С при максимальном давлении ее на входе в котел 2,5 МПа.

Водогрейный котел ПТВМ-30 (КВГМ-30-150М).



Пиковый теплофикационный водогрейный газомазутный котел имеет П-образную компоновку.

Теплопроизводительность — 30 Гкал/ч

КПД котла:

- при работе на газе 91 %
- при работе на мазуте 88 %

- 1 — дробеочистительное устройство;
- 2 — конвективная шахта;
- 3 — конвективная поверхность нагрева;
- 4 — газомазутная горелка;
- 5 — топочная камера;
- 6 — поворотная камера