

Основные элементы паровых и водогрейных котлов

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.

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

Для обслуживания топки и газоходов в котельном агрегате используется следующая гарнитура (рис.1): лазы, закрываемые дверцы, гляделки, взрывные клапаны, шиберы, поворотные заслонки, обдувочные аппараты, дробеочистка.

Закрывающиеся дверцы (рис.1, а), лазы в обмуровке (рис. 1, о, в) предназначены для осмотра и производства ремонтных работ при останове котла. Для наблюдения за процессом горения топлива в топке и состоянием конвективных газоходов служат гляделки (рис.1, г, д). Взрывные предохранительные клапаны используются для защиты обмуровки от разрушения при хлопках в топке и газоходах котла и устанавливаются в верхних частях топки, последнего газохода агрегата, экономайзера (рис.1, е) и в своде (рис.1, ж).

Размещение, число и размеры предохранительных клапанов выбираются проектной организацией из расчета 250 см^2 площади взрывного клапана на 1 м^3 объема топки или газоходов котла.

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.

Для регулирования тяги и перекрытия борова служат чугунные дымовые шиберы (рис. 10.2, з) или поворотные заслонки (рис. 10.2, и).

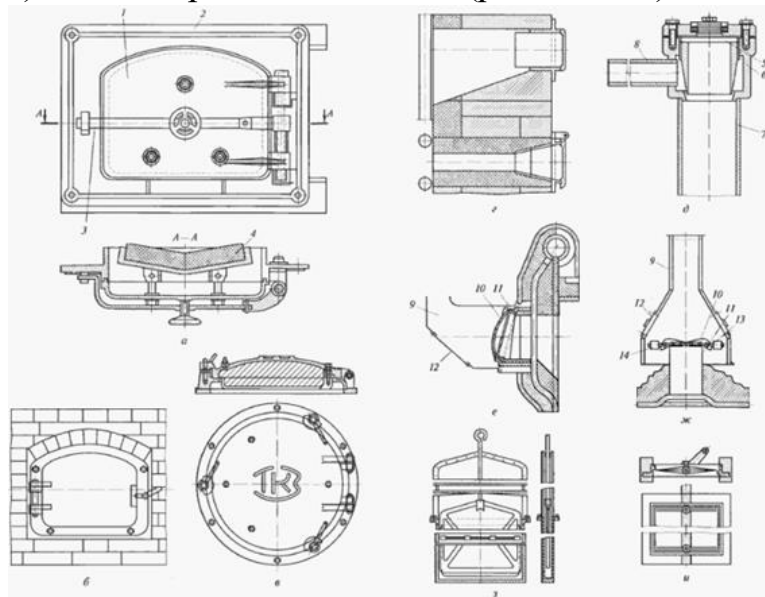


Рис.1. Гарнитура котла: а - дверца с уплотнением и обмурованным металлическим экраном к топочной камере; б, в - лазы прямоугольной и круглой формы в обмуровке; г, д - гляделки для топочных камер и газоходов (г - под разрежением; д - под наддувом); е, ж - взрывные клапаны для установки в боковых стенах и потолке котельного агрегата; з - шибер; и - поворотная заслонка; 1 - дверца; 2 - рама; 3 - шеколда; 4 - экран; 5 - стекло; 6, 11 - корпус; 7 - патрубок; 8 - труба для подвода воздуха; 9 - отводящий короб; 10 - створка клапана; 12 - люк; 13 - рычаг; 14 - груз

При работе на газообразном топливе, чтобы предотвратить скопление горючих газов в топках, дымоходах и боровах котельной установки во время перерыва в работе, в них всегда должна поддерживаться небольшая тяга; для этого в каждом отдельном борове котла к сборному борову должен быть свой шибер с отверстием в верхней части диаметром не менее 50 мм.

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

Каркас и обмуровка 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. В настоящее время чаще всего применяют опорные (несущие) и обвязочные каркасы. Паровые и водогрейные котлы малой мощности обычно имеют обвязочные каркасы, служащие для укрепления обмуровки, гарнитуры и других деталей. Масса металлической части котлов через специальные стойки или рамы передается непосредственно на фундамент.

Котлы вертикальной ориентации большой мощности обычно имеют несущий каркас (рис. 2), который состоит из вертикальных колонн 1, горизонтальных балок, горизонтальных ферм 5, раскосов-связей 2 и упрочненной конструкции из балок 6 потолочного перекрытия. Колонны крупных котлов изготавливаются из сварных профильных балок большого размера. Для уменьшения удельной нагрузки на фундамент под колонны устанавливают опорные башмаки 3, состоящие из опорных плит 7 и ребер жесткости 8. Раскосы-связи 2 фермы выполняют из профильного проката (швеллера, двутавра), связывая их между собой (сваривая) накладками 4.

Горизонтальные фермы 5, балки и раскосы-связи 2 применяют для придания поперечной устойчивости колоннам и повышения жесткости каркаса.

Для уменьшения термических напряжений в каркасе основные несущие его элементы располагают за пределами газоходов и их обмуровки. Сочленения же оборудованных балок (например, опорных балок поверхностей нагрева конвективной шахты) с балками каркаса выполняются в виде скользящей опоры с одной стороны, при неподвижном креплении - с другой.

Лестницы и площадки, используемые для обслуживания и ремонта котла, часто размещают на горизонтальных фермах или опираются на них. Их выполняют из сортового проката, покрывая проходные площадки просечно-вытяжным или рифленым листом.

Обмуровка котла служит для ограждения топочной камеры и газоходов от окружающей среды и для направления движения потока 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.

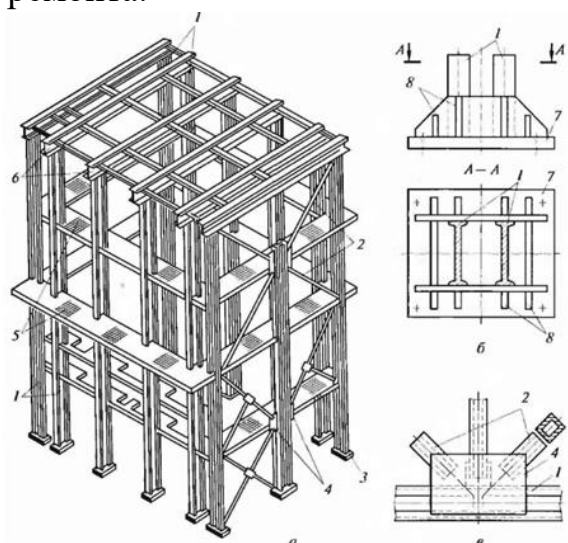


Рис.2. Каркас котла и его элементы: а - общий вид; б - башмак; в - сочленение балок с раскосами; 1 - колонны; 2 - раскосы связи; 3 - опорный башмак; 4 - накладки; 5 - горизонтальные фермы (площадки); 6 - балки потолочного перекрытия; 7 - опорная плита; 8 - ребра жесткости

Обмуровки принято условно подразделять на тяжелые, облегченные и легкие, а по способам крепления - на свободно стоящие (на фундаментах), накаркасные (опирающиеся на каркас) и натрубные.

Внутренняя часть свободно стоящей обмуровки (рис. 3, а), обращенная в сторону высоких температур, выполняется из огнеупорного кирпича и называется футеровкой. Наружная часть обмуровки, называемая облицовкой, выполняется из строительного кирпича.

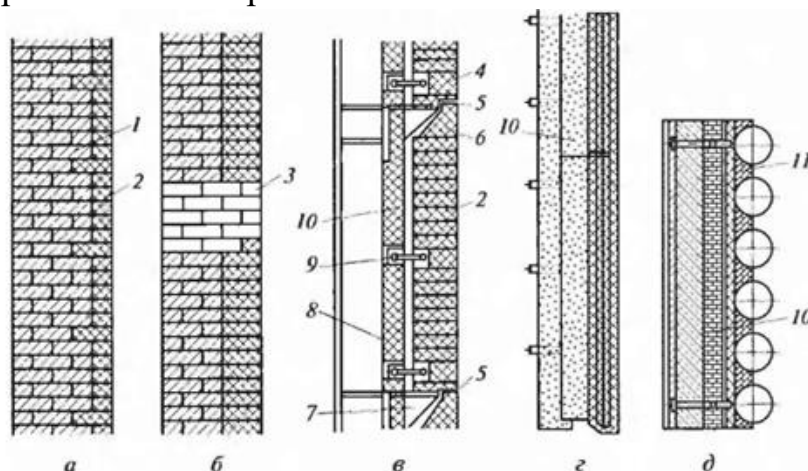


Рис.3. Обмуровка котельного агрегата: а - свободно стоящая; б - массивная; в - облегченная накаркасная; г - щитовая; д - натрубная; 1, 2 - красный и шамотный кирпич; 3 - перевязочный ярус; 4 б - шамотные и фасонные шамотные кирпичи; 5 - температурный шов; 7 - кронштейн; 8 - металлическая обшивка; 9 -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

Кирпичную массивную (рис. 3, б) обмуровку с перевязочным ярусом из огнеупорного материала выполняют в котлах небольшой производительности. Для котлов производительностью 50...75 т/ч и выше применяют облегченную накаркасную обмуровку (рис. 3, в), состоящую из слоя шамотного 4 и шамотного фасонного 6 кирпичей, образующих футеровку, и слоя легковесной теплоизолирующей шамотной массы. Через каждые 2,5...3 м устанавливают разгрузочные кронштейны, на которые опирается обмуровка.

Щитовую (рис. 3, г) обмуровку выполняют в виде отдельных прямоугольных щитов, которые укреплены на каркасе котла. Щит делают многослойным из огнеупорного бетона, армированного стальной сеткой, и теплоизолирующих слоев.

Натрубная (рис. 3, д) обмуровка крепится непосредственно к трубам и состоит из слоя хромитовой или шамотной массы и изоляционного слоя из минераловатных матрацев, на которые нанесена газонепроницаемая магнезиальная обмазка.

Барабаны паровых котлов. Следует отметить многоцелевое назначение барабанов паровых котлов, в частности, в них осуществляются следующие процессы:

- разделение пароводяной смеси, поступающей из подъемных обогреваемых труб, на пар и воду и сбор пара;
- прием питательной воды из водяного экономайзера либо непосредственно 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 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. В паровом котле горячими газами омывается только та часть барабана, которая с внутренней стороны охлаждается водой. Линия, отделяющая обогреваемую газами поверхность от необогреваемой, называется огневой линией.

Пароводяная смесь поступает по подъемным кипяtilьным трубам, ввальцованным в днище барабана. Из барабана вода по опускным трубам подается в нижние коллекторы.

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.

Для равномерного поступления пара в паровое пространство барабана и снижения его влажности используются различные сепаратные устройства. На рис. 4 показана схема сепарационного устройства с погруженным дырчатым листом 7. Ввод 5 пароводяной смеси в барабан перекрывается глухим щитом 6, который гасит кинетическую энергию струй и направляет их под уровень воды в барабан. На 50...75 мм ниже уровня воды в барабане расположен погружной дырчатый лист 7, обеспечивающий равномерное поступление пара в паровое пространство. Питательная вода подается по трубопроводу через отверстия, имеющиеся в нем по всей длине барабана.

Пар выходит в паровое пространство, в котором происходит выпадение наиболее крупных капель воды под действием силы тяжести, и далее поступает в жалюзийный сепаратор 4. При резких поворотах пара в жалюзийном

сепараторе осуществляется выделение капелек котловой воды под действием сил инерции.

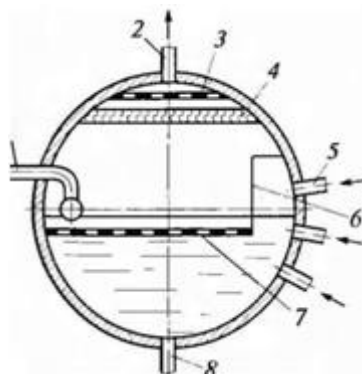


Рис.4. Сепарационное устройство барабана: 1 - ввод питательной воды; 2 - пароводящая труба; 3 - дырчатый лист для осушки пара; 4 - жалюзийный сепаратор; 5 - ввод пароводяной смеси в барабан; 6 - щит; 7 - погружной дырчатый лист; 8 - опускная труба

Последней ступенью осушки является дырчатый лист 3. Осушенный пар поступает в пароводящие трубы 2, а вода — в опускные трубы 8.

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. Для этого в барабан котла через специальный трубопровод вводят 6...8 % раствора тринатрийфосфата Na_3PO_4 или $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. При щелочении котловой воды накипеобразователи выпадают в виде шлама, состоящего из CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Для осуществления этого необходимо поддерживать определенную щелочность котловой воды.

В отличие от фосфатирования обработка воды комплексами может обеспечить безнакипный и бесшламовый режимы котловой воды. В качестве комплексона рекомендуется использовать натриевую соль «Трилон Б».

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. Для сокращения расхода воды с продувкой, снижения тепловых потерь при обеспечении

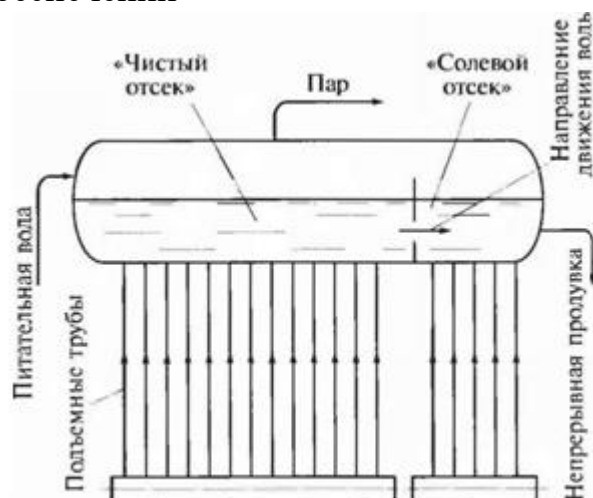


Рис.5. Схема ступенчатого испарения воды

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

Пароперегреватели котлов. Получение перегретого пара из сухого насыщенного осуществляется в пароперегревателе. Пароперегреватель - один из наиболее ответственных элементов котельного агрегата, так как из всех поверхностей нагрева он работает в наиболее тяжелых температурных условиях (температура перегрева до 425°C). Змеевики пароперегревателя и коллекторы выполняются из углеродистой стали.

По способу тепловосприятия пароперегреватели подразделяются на конвективные, радиационно-конвективные и 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°C 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.

В зависимости от направлений движения газов и пара различают три основные схемы включения пароперегревателя в газовый поток: прямоточную (рис. 6, а), при которой газы и пар движутся в одном направлении; противоточную (рис. 6, б), где газы и пар движутся в противоположных направлениях; смешанную (рис. 6, в), в которой в одной части змеевиков пароперегревателя газы и пар движутся прямоточно, а в другой - в противоположных направлениях.

В прямоточной схеме наиболее высокая температура газов находится в области наиболее низкой температуры пара, что в принципе должно было бы обеспечить низкие температуры металла пароперегревателя. Выработки пара заданного качества в котлах используется ступенчатое испарение воды.

Для осуществления ступенчатого испарения воды барабан котла делят перегородкой на несколько отсеков (рис. 5), имеющих самостоятельные контуры циркуляции. В один из отсеков, называемый «чистым», поступает питательная вода. Проходя через контур циркуляции, вода испаряется, а солесодержание котловой воды в чистом отсеке повышается до определенного уровня. Для поддержания солесодержания в этом отсеке часть котловой воды из чистого отсека самотеком направляют через специальное отверстие-диффузор в нижней части перегородки в другой отсек, называемый «солевым», так как солесодержание в нем существенно выше, чем в чистом отсеке.

Непрерывная продувка воды осуществляется из места с наибольшей концентрацией солей, т.е. из солевого отсека. Пар, образующийся на обеих ступенях испарения, смешивается в паровом пространстве и выходит из барабана через ряд труб, расположенных в его верхней части.

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.

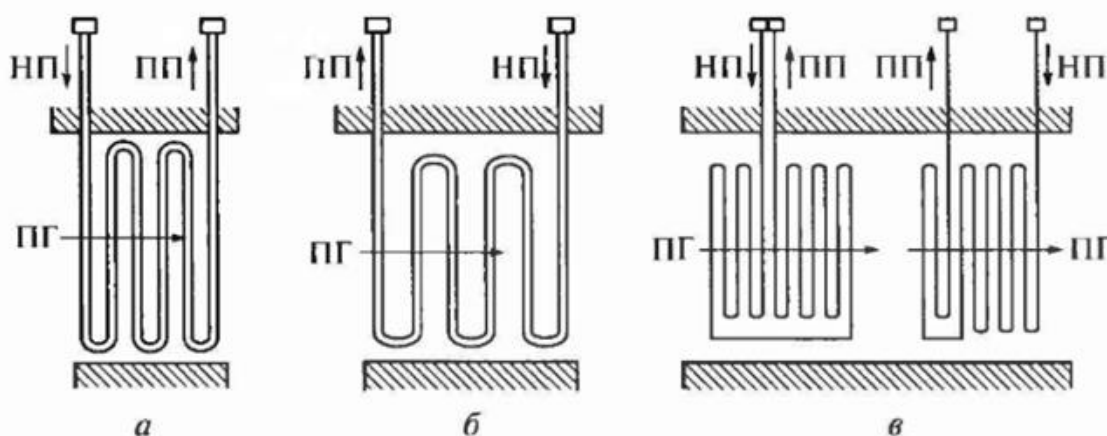


Рис.6. Схемы включения пароперегревателей в газовый поток: а - прямоточная; б - прогнвоточная; в - смешанная: стрелками показано движение насыщенного пара (НП), перегретого пара (ПП) и продуктов горения (ПГ)

Однако при наличии капелек котловой воды, поступающих с насыщенным паром из сепарационных устройств барабана, соли, содержащиеся в них, будут осаждаться на первых рядах змеевиков, что приводит к резкому повышению температуры металла. Кроме того, при такой схеме движения теплоносителей

температурный напор (усредненная по поверхности разность температур между греющей и нагреваемой средой) минимален, что требует увеличения необходимой поверхности пароперегревателя.

При противоточной схеме движения змеевики, обогреваемые продуктами сгорания с наиболее высокой температурой, встречают уже перегретый пар и охлаждаются при этом недостаточно. В результате металл змеевиков пароперегревателя работает в наиболее тяжелых температурных условиях. Вместе с тем, температурный напор в этой схеме максимальный и необходимая поверхность теплообмена минимальна, что делает пароперегреватели с такой схемой движения весьма компактными.

Оптимальной по условиям надежности работы является смешанная схема включения пароперегревателя, при которой первая по ходу пара часть пароперегревателя выполняется противоточной, а завершение перегрева пара происходит во второй его части при прямоточном движении теплоносителей. При этом в части змеевиков, расположенных в области наибольшей тепловой нагрузки пароперегревателя, в начале газохода будет умеренная температура пара, а завершение перегрева пара происходит при меньшей тепловой нагрузке. Соотношение противоточной и прямоточной частей пароперегревателя выбирается из условия одинаковых температур металла в начале и в конце змеевика его прямоточной части.

Конвективный пароперегреватель (рис. 7) обычно устанавливают в горизонтальном соединительном газоходе между топкой и конвективной шахтой котла. Он изготавливается из цельнотянутых труб с внутренним диаметром 20... 30 мм, образующих змеевики, ввальцованные или приваренные к круглым коллекторам 3 и 4. Насыщенный пар из барабана 1 котла по потолочным трубам поступает в змеевики 7 первой ступени пароперегревателя, где пар вначале движется противоточно, а затем прямоточно по отношению к дымовым газам. Из первой ступени частично перегретый пар направляется в промежуточный коллектор 4, в котором расположен поверхностный пароохладитель (регулятор перегрева пара). В змеевики регулятора перегрева пара подается питательная вода, а в межтрубное пространство - пар, который частично охлаждается, омывая более холодные трубки.

Регулирование перегрева пара осуществляется изменением количества питательной воды, пропускаемой через пароохладитель. Из регулятора перегрева пара пар поступает в змеевики 10 второй ступени пароперегревателя, в которых пар движется сначала противоточно, а затем прямоточно по отношению к газовому потоку. Перегретый пар из второй ступени пароперегревателя направляют в выходной коллектор 3, на котором установлена главная паровая задвижка 2.

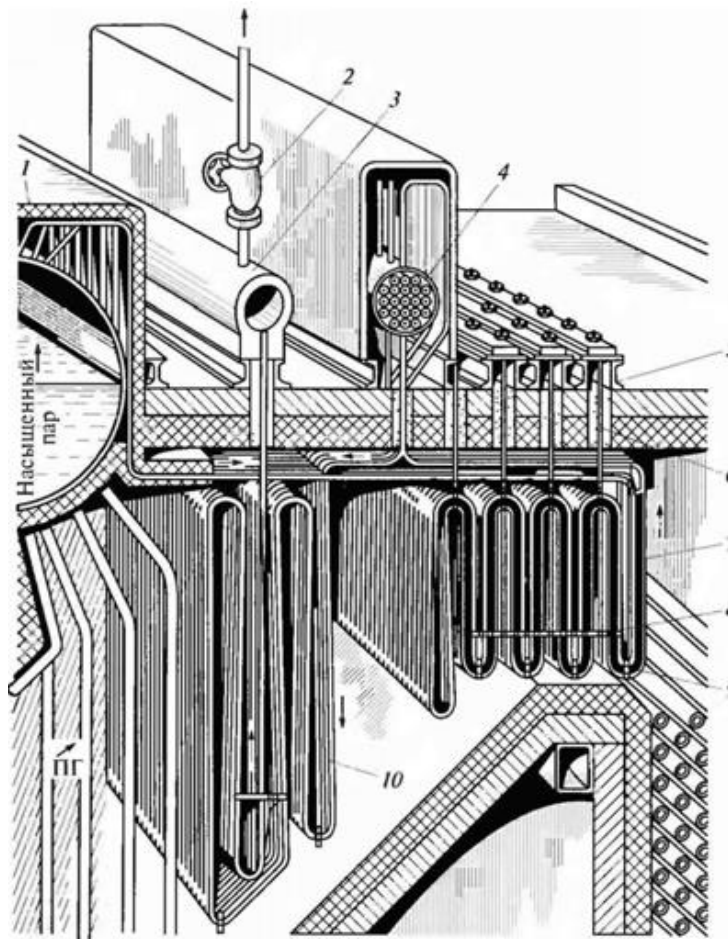


Рис.7. Схема вертикального конвективного пароперегревателя: 1 - барабан котла; 2 - главная паровая задвижка; 3 - выходной коллектор перегретого пара; 4 - промежуточный коллектор с поверхностным пароохладителем; 5 - балка для подвески змеевиков; 6 - подвеска змеевиков; 7 - змеевик первой ступени пароперегревателя; 8 - дистанционная планка; 9 - дистанционная гребенка; 10 - змеевик второй ступени пароперегревателя: ПГ - продукты трения; стрелками показано движение пара

Змеевики пароперегревателя с помощью подвесок 6 крепятся к потолочным балкам 5. Заданное расстояние между отдельными змеевиками поддерживается с помощью дистанционных планок 8 и дистанционных гребенок 9.

В котлах высокого давления пара с параметрами пара p 9,8 и 13,8 МПа и t 540 °С пароперегреватель состоит из трех частей: потолочной, конвективной и ширмовой (рис. 8). Ширмовый пароперегреватель с вертикальными панелями размещен в верхней части топки перед фестоном. Ширмы состоят из близко расположенных и находящихся в одной плоскости труб, объединенных входными и выходными коллекторами. В зависимости от вида сжигаемого топлива и его шлакующих свойств для уменьшения загрязнения ширм их удаляют одну от другой на расстояние 450... 1000 мм.

Температуру пара в котлах с давлением до 2,4 МПа не регулируют. При давлении 3,9 МПа и выше температуру регулируют следующими способами:

впрыском конденсата в пар; использованием поверхностных пароохладителей; с помощью газового регулирования путем изменения расхода продуктов сгорания через пароперегреватель либо перемещения положения факела в топке с помощью поворотных горелок.

Пароперегреватель должен иметь манометр, предохранительный клапан, запорный вентиль для отключения пароперегревателя от паровой магистрали, прибор для измерения температуры перегретого пара.

Водяные экономайзеры. В экономайзере питательная вода перед подачей в котел подогревается дымовыми газами за счет использования теплоты продуктов сгорания топлива. Наряду с предварительным подогревом возможно частичное испарение питательной воды, поступающей в барабан котла. В зависимости от температуры, до которой ведется подогрев воды, экономайзеры подразделяют на два типа - некипящие и кипящие. В некипящих экономайзерах по условиям надежности их работы подогрев воды ведут до температуры на 20°C 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 и стальные. Чугунные экономайзеры используют при давлении в барабане котла не более 2,4 МПа, а стальные могут применяться при любых давлениях.

Чугунный водяной экономайзер выполняется из оребренных труб 3 (рис.9), соединяемых между собой посредством калачей. Питательная вода проходит последовательно по всем трубам снизу вверх, а продукты сгорания проходят через зазоры между ребрами труб. В чугунных экономайзерах недопустимо кипение воды, так как это приводит к гидравлическим ударам и разрушению экономайзера. Для очистки поверхности нагрева водяные экономайзеры имеют обдувочные устройств.

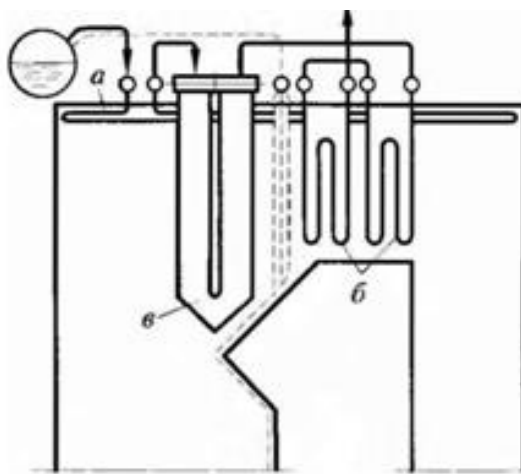


Рис.8. Схема потолочного (а), конвективного (б) и ширмового (в) пароперегревателей в котле высокого давления

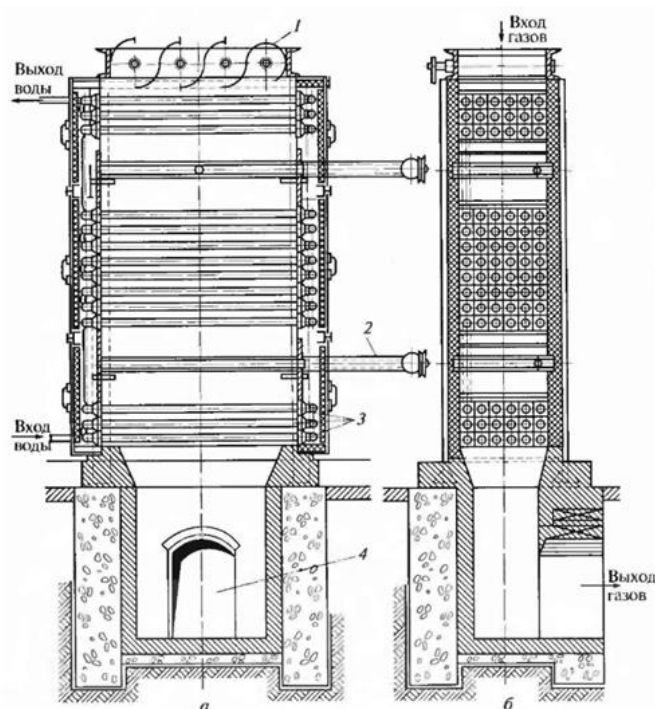


Рис.9. Блочный одноколонковый чугунный водяной экономайзер: а - продольный разрез; б - поперечный разрез; 1 - заслонка; 2 - обдувочное устройство; 3 - чугунные оребренные трубы; 4 - газоход

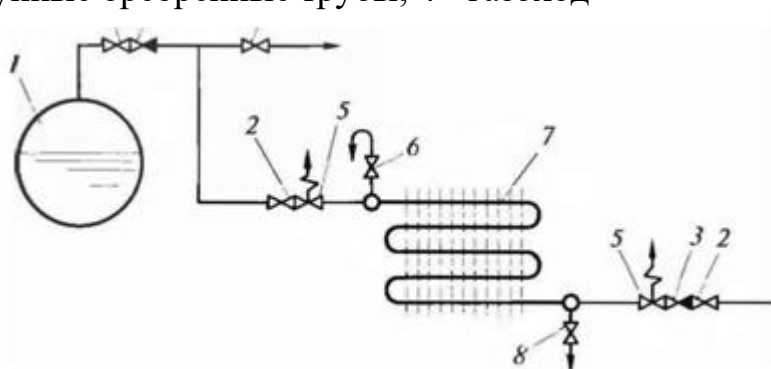


Рис.10. Схема включения чугунного экономайзера: 1 - барабан котла; 2 - запорный вентиль; 3 - обратный клапан; 4 - вентиль на сгонной линии; 5 - предохранительный клапан; 6 - вентиль воздушника (по стрелке происходит удаление воздуха в процессе заполнения экономайзера водой); 7 - чугунный водяной экономайзер; 8 - дренажный вентиль

В соответствии с требованиями Госгортехнадзора экономайзеры некипящего типа должны быть отключаемыми по водяному тракту и тракту продуктов сгорания (т.е. должны иметь обводные линии).

Устройство обводного газохода для отключения индивидуального водяного экономайзера по тракту продуктов сгорания необязательно при наличии сгонной линии, обеспечивающей возможность постоянного пропуска воды через экономайзер в деаэратор в случае повышения температуры после него. Сгонной линией пользуются при растопке котла. Схема включения чугунного экономайзера с устройством сгонной линии представлена на рис. 10.

На входе воды в экономайзер и выходе из него должны быть установлены два предохранительных клапана 5 и два запорных вентиля 2. Кроме того, необходим манометр, воздушник для удаления воздуха при заполнении системы водой, дренажный вентиль # на линии для слива воды из экономайзера, обратные клапаны 3.

Стальные экономайзеры (рис. 11, а) изготавливаются из труб диаметром 28...38 мм, которые изгибают в змеевики 2, ввальцованные или вваренные в коллекторы / круглого или квадратного сечений, размещаемые за пределами газохода.

Змеевики располагают в шахматном порядке и подвешивают с помощью специальных подвесок или опирают на опорные балки 3. Для выдерживания заданного шага между змеевиками используются дистанционные гребенки 4.

Схема включения кипящего стального экономайзера приведена на рис. 11, б. Такие экономайзеры выполняются неотключаемыми по водяному и дымовому трактам.

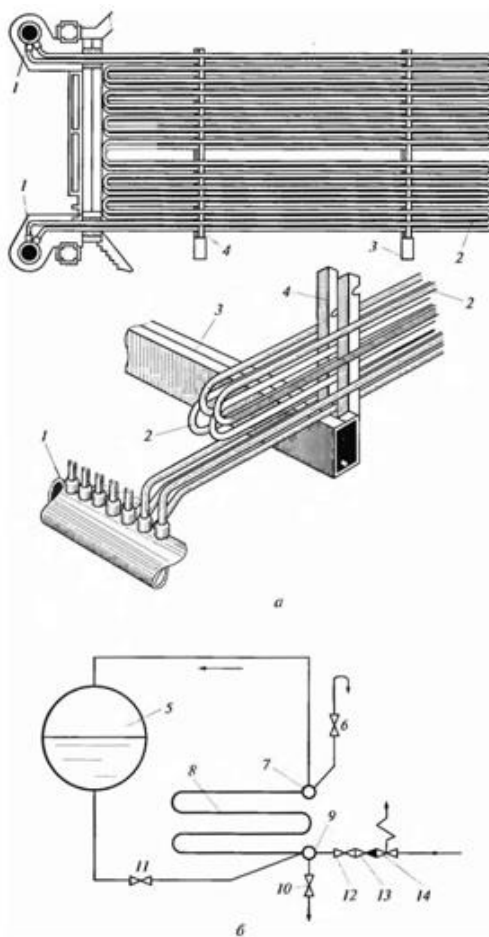


Рис.11. Стальной трубчатый экономайзер: а - общий вид; б - схема включения кипящего экономайзера; 1 - коллекторы; 2 - змеевик; 3 - опорная балка; 4 - дистанционная гребенка; 5 - барабан; 6 - вентиль воздушника; 7 - выходной коллектор подогретой воды; 8 - экономайзер; 9 - входной коллектор; 10 - вентиль на дренажной линии; 11 - вентиль на линии рециркуляции; 12 - запорный вентиль; 13 - обратный клапан; 14 - предохранительный клапан

Во избежание превращения всей воды, находящейся в экономайзере, в пар при растопке котла и его отключении предусматривается устройство рециркуляционной линии. Эта линия соединяет входной коллектор 9 экономайзера с барабаном 5 котла и обеспечивает поступление воды в экономайзер при ее испарении в периоды растопки и останова, когда питательная вода в экономайзер не подается. На линии рециркуляции имеется вентиль 11, который открывается при растопке и отключении котла и закрывается при включении котла в паровую магистраль.

Для удобства очистки поверхности нагрева от наружных загрязнений и его ремонта экономайзер разделяют на пакеты высотой до 1 м. Разрывы между пакетами составляют 550...600 мм. Змеевики водяного экономайзера располагают перпендикулярно и параллельно фронтальной стене котла. В первом случае (рис. 12, а) длина змеевиков невелика, что облегчает их крепление. Во втором случае (рис. 12, б) резко уменьшается число параллельно включенных змеевиков, но усложняется их крепление.

В котлах небольшой мощности применяют одностороннее расположение коллекторов. В котлах с широкой фронтальной стеной (рис. 12, в, г) экономайзеры выполняют двусторонними, симметричными, с расположением коллекторов с двух боковых сторон конвективной шахты.

Скорость воды в экономайзере принимают с учетом условий предотвращения в них расслоения пароводяной смеси или прилипания пузырьков воздуха к внутренней поверхности. Для некипящих экономайзеров скорость воды должна быть не менее 0,3 м/с, а для кипящих экономайзеров - не менее 1 м/с.

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.

Рис.12. Варианты компоновки экономайзера и защиты труб: а - расположение змеевиков перпендикулярно фронтальной стене котла; б - то же, параллельно; в, г - двусторонне-параллельное фронтальной стене расположение змеевиков; д - защита труб от износа; 1 - барабан; 2 - водоперепускные трубы; 3 - экономайзер; 4 - входные коллекторы; 5 - перекидные трубы; стрелками показан ввод питательной воды

Температура подогрева 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, а для пылеугольного сжигания твердого топлива - 300... 420 °С.

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 и 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.

На рис. 13 приведен стальной трубчатый воздухоподогреватель рекуперативного типа, в котором к двум трубным доскам / толщиной 20...30 мм приварены стальные трубы 2 наружным диаметром 33...40 мм с толщиной стенки 1,2... 1,5 мм.

Дымовые газы (продукты горения) движутся по трубам 2 сверху вниз, а воздух поперечным потоком обтекает расположенные в шахматном порядке трубы снаружи.

Воздухоподогреватель может быть разделен поперечными перегородками 3 по воздушной стороне на два, три, четыре и даже пять ходов. Снаружи секции заключены в кожух 4 из листового железа, покрытый теплоизоляцией толщиной 60...70 мм.

В воздушных перепускных коробах предусмотрены направляющие лопатки 5 для более равномерного обтекания воздухом труб воздухоподогревателя.

Для компенсации температурных удлинений труб и кожуха в воздухоподогревателе предусмотрен линзовый компенсатор 6.

В трубчатых воздухонагревателях при заданной невысокой температуре уходящих газов можно подогреть воздух до определенной температуры (не выше 300...320°С). Для подогрева воздуха до более высоких температур (380...420 °С), например, при сжигании влажных топлив, вместо одноступенчатой применяют двухступенчатую компоновку воздухонагревателя, устанавливая между ступенями I и II экономайзер, что позволяет увеличить температурный напор на ступени II и уменьшить ее поверхность нагрева.

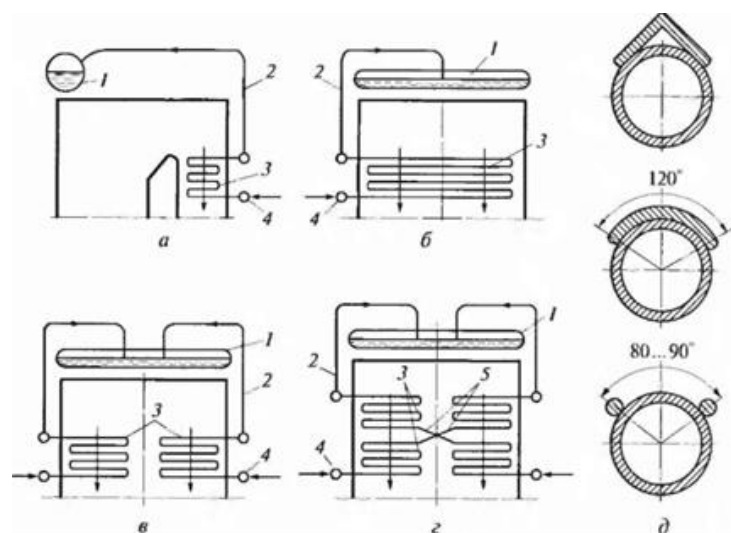


Рис.13. Воздухоподогреватель рекуперативного типа: 1 - трубные доски; 2 - трубы; 3 - перегородка; 4 - кожух; 5 - направляющая лопатка; 6 - линзовый компенсатор

Регенеративный воздухоподогреватель (рис. 14) имеет металлический корпус 11, внутри которого на валу 12 вращается ротор 5 с набивкой 6 из тонких (0,6... 1 мм) стальных гофрированных и плоских листов, образующих каналы малого эквивалентного диаметра 4...5 мм) для прохода воздуха и продуктов сгорания. Набивкой, которая служит поверхностью теплообмена, заполняется пустотелый ротор, разделенный сплошными перегородками на изолированные один от другого секторы.

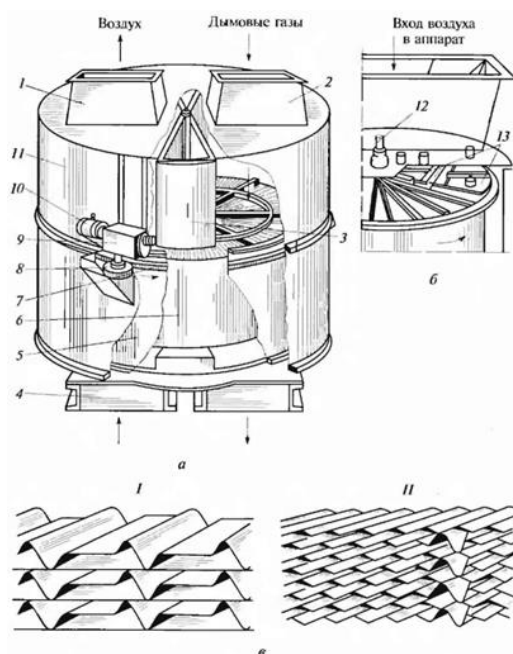


Рис.14. Регенеративный воздухоподогреватель: а - общий вид; б - схема установки радиальных уплотнений; в - листовая набивка гладкая (/) и интенсифицированная (//); 1, 2 - воздушный и газовый патрубки; 3 - разделительная перегородка; 4 - опорная рама; 5 - ротор; 6 - набивка; 7, 8 - зубчатое колесо и шестерня; 9 - редуктор; 10 - электродвигатель; 11 - корпус; 12 - вал; 13 - уплотнительные плиты радиального уплотнения

На корпусе, опирающемся на раму 4, установлены патрубки 1 и 2 соответственно подвода и отвода воздуха и газов, привод зубчатого колеса 7, включающий шестерню 8 редуктор 9 и электродвигатель 10, а также разделительные перегородки 3, под которыми расположены уплотнительные плиты, обеспечивающие радиальное уплотнение.

Ротор медленно (с частотой вращения 2...6 мин⁻¹) вращается в неподвижном корпусе. Пластины ротора нагреваются газом (при прохождении под газовыми патрубками), а после поворота ротора (при прохождении под воздушными патрубками) отдает теплоту проходящему воздуху.

Регенеративные воздухонагреватели (РВ) применяются как с вертикально (РВВ), так и с горизонтально (РВГ) расположенным ротором. Регенеративные подогреватели более компактны, имеют меньшие металлоемкость и сопротивление по сравнению с трубчатыми, их коррозия меньше сказывается на работе котла. Площадь поверхности нагрева 1 м³ набивки составляет 200...250 м².

В то же время наличие вращающихся деталей требует установки сложных уплотнений, которые ненадежны в работе, приводят к повышенному перетоку воздуха в газовую среду (нормативный подсос воздуха 0,2...0,25). Из-за вращающихся деталей необходим постоянный контроль за охлаждением вала ротора и подшипников, усложнены условия эксплуатации из-за забивания золой межпластинчатых зазоров, особенно при работе на высокосолевых топливах. Вследствие коробления набивки подогрев воздуха в регенеративных подогревателях ограничен температурой 300°C.