

Лекция 9. Хвостовые поверхности нагрева

9.1. Коррозия поверхностей нагрева

Внутри труб происходит нагрев воды, парообразование, в связи с этим возможна коррозия от газов, растворенных в воде, а также отложение накипи на стенках труб. С наружной стороны поверхностей нагрева проходит процесс горения топлива, а также износ, загрязнение летучей золой и сажей. Очистку внешних поверхностей нагрева производят паром или сжатым воздухом с помощью обдувочных устройств.

Обдувочный аппарат представляет собой трубопровод с отверстиями или соплами, который подводится в газоходы котла, вращается вокруг оси, а пар или сжатый воздух, выходя с высокой скоростью, очищает внешние поверхности. Обдувку поверхностей нагрева котлов и экономайзеров необходимо начинать с обдувочного устройства, расположенного ближе к топке, и дальнейшую обдувку проводить по ходу газов и при полностью открытых лопатках направляющего аппарата дымососа, строго следя за тягой. Давление пара в обдувочном аппарате должно быть не менее 0,75 МПа (7,5 кг/см²), а время обдувки не более 2 мин.

Высокотемпературная коррозия образуется при сжигании топлива, когда в продуктах сгорания имеются продукты (окислы) ванадия, отрицательно действующие на металл экранных труб и пароперегревателя. Для снижения этой коррозии необходимо сжигать топливо (обычно мазут) с меньшим коэффициентом избытка воздуха. Эту коррозию называют ванадиевой и ей подвержены экранные трубы топки.

Низкотемпературная коррозия образуется в результате конденсации капелек влаги (водяных паров) из продуктов сгорания (дымовых газов), т.е. образуется эффект точки «росы». Обычно эта температура зависит от вида сжигаемого топлива, состава продуктов сгорания и составляет + 65 °С при работе котлов на природном газе или малосернистом мазуте и + 90...110 °С – при работе на сернистом или высокосернистом мазуте. В продуктах сгорания имеются сернистые соединения, которые соединяются с каплями влаги и образуют сернокислые кислоты, отрицательно действующие на металлическую стенку. Поэтому для исключения низкотемпературной коррозии (т.е. конденсации водяных паров из топочных газов на внешней поверхности труб) необходимо, чтобы температура стенки была на 5...10 °С выше температуры точки «росы». Этому виду коррозии подвержены водогрейные котлы, воздухоподогреватели, водяные экономайзеры и др.

9.2. Водяные экономайзеры

Водяные экономайзеры предназначены для нагрева питательной или сетевой воды за счет теплоты уходящих топочных газов, благодаря чему уменьшаются потери теплоты и повышается КПД. По типу бывают *групповые и индивидуальные экономайзеры*, а по материалу – *чугунные и стальные*. В водяной экономайзер вода подается питательным насосом, за счет напора которого и осуществляется ее принудительное движение в трубах экономайзера.

Для паровых котлов обычно устанавливают индивидуальные экономайзеры, а групповые – на чугунных котлах и паровых (до 1 т/ч пара). Водяные экономайзеры для котлов среднего и высокого давления изготавливают только из стальных труб, для низкого давления – чугунных или стальных. При частичном испарении воды в трубах экономайзер считается кипящим.

Чугунные водяные экономайзеры выполняют только некипящими. Температура воды на выходе из чугунного экономайзера должна быть меньше температуры насыщения на 20 °С, так как закипание воды в чугунном экономайзере недопустимо. В стальном экономайзере допустимо закипание воды.

Температура воды на входе всех экономайзеров должна быть выше температуры точки «росы» топочных газов на 5...10 °С для избежания низкотемпературной коррозии.

Экономайзеры некипящего типа собирают из чугунных, ребристых труб с квадратными фланцами, торцевые стороны этих фланцев имеют канавки с четырех сторон, в которые укладывается шнуровой асбест для уплотнения. Отдельные чугунные, ребристые трубы (длиной 1,5; 2; 2,5; 3 м) соединяют между собой калачами. Для очистки от внешних отложений, особенно между ребрами, чугунные трубы komponуются в блоки так, чтобы число горизонтальных рядов было не более 8 (4 + 4), между которыми устанавливается обдувочный аппарат. Это необходимо для эффективной обдувки внешних поверхностей чугунного экономайзера паром или сжатым воздухом, так как один обдувочный аппарат обслуживает не более 4 рядов труб вверх и 4 – вниз.

При растопке котла, пока котельный агрегат не имеет достаточной паровой производительности, нагретая в чугунном экономайзере вода сливается в деаэратор или бак с питательной водой по «сгонной» линии. Вода в экономайзере должна двигаться только снизу вверх со скоростью 0,3 м/с, так как при нагревании воды выделяется воздух, который потом в верхней части экономайзера удаляется воздушником.

Дымовые газы в экономайзере могут двигаться в любом направлении со скоростью 6...10 м/с. Чугунные экономайзеры могут иметь обводной газопровод для топочных газов. При чрезмерном повышении температуры воды, выходящей из некипящего экономайзера, следует перевести газы частично или полностью на обводной боров, открыть сгонную линию и усилить питание.

В блочных чугунных экономайзерах между ребристыми трубами установлена вертикальная металлическая перегородка, делящая экономайзер на две равные части. Боковые стены имеют кладку из красного кирпича или двухслойную металлическую обшивку, внутри которой уложен изоляционный материал (шлаковата, асбестовермекулит и др.), а торцевые стены экономайзеров после калачей закрываются съемными металлическими крышками с прокладками из асбеста. В верхней части каждой секции установлены взрывные предохранительные клапаны.

На экономайзере некипящего типа устанавливается арматура:

а) на входе – обратный клапан, обводная линия с вентилем, вентиль запорный, регулятор питания, манометр, термометр, предохранительный клапан;

б) на выходе – вентиль для выпуска воздуха (вантуз), манометр, предохранительный клапан, термометр, сгонная линия, запорный вентиль.

Кроме того, на нижнем коллекторе должны быть установлены трубопроводы для спуска воды (сливной вентиль), а в удобных местах – устройства для отбора проб воды и измерения температур и давления, а на верхнем коллекторе – вентиль для удаления воздуха.

Схема обвязки чугунного водяного экономайзера приведена на рис. 9.1.

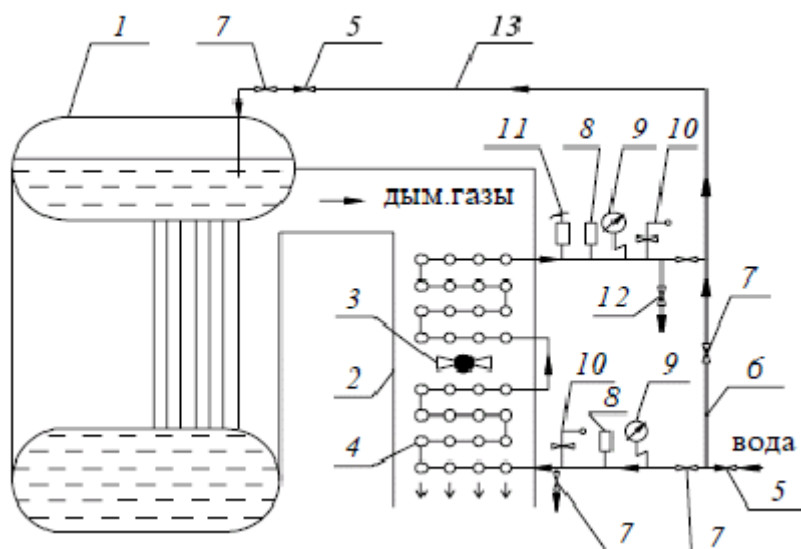


Рис. 9.1. Схема обвязки чугунного экономайзера:

- 1 – верхний барабан парового котла; 2 – обмуровка экономайзера;
- 3 – обдувочный паровой аппарат; 4 – чугунные ребристые трубы;
- 5 – обратный клапан; 6 – обводная линия (байпас); 7 – вентили;
- 8 – термометр; 9 – манометр; 10 – предохранительный клапан;
- 11 – воздухоотборник; 12 – сгонная линия; 13 – питательная линия

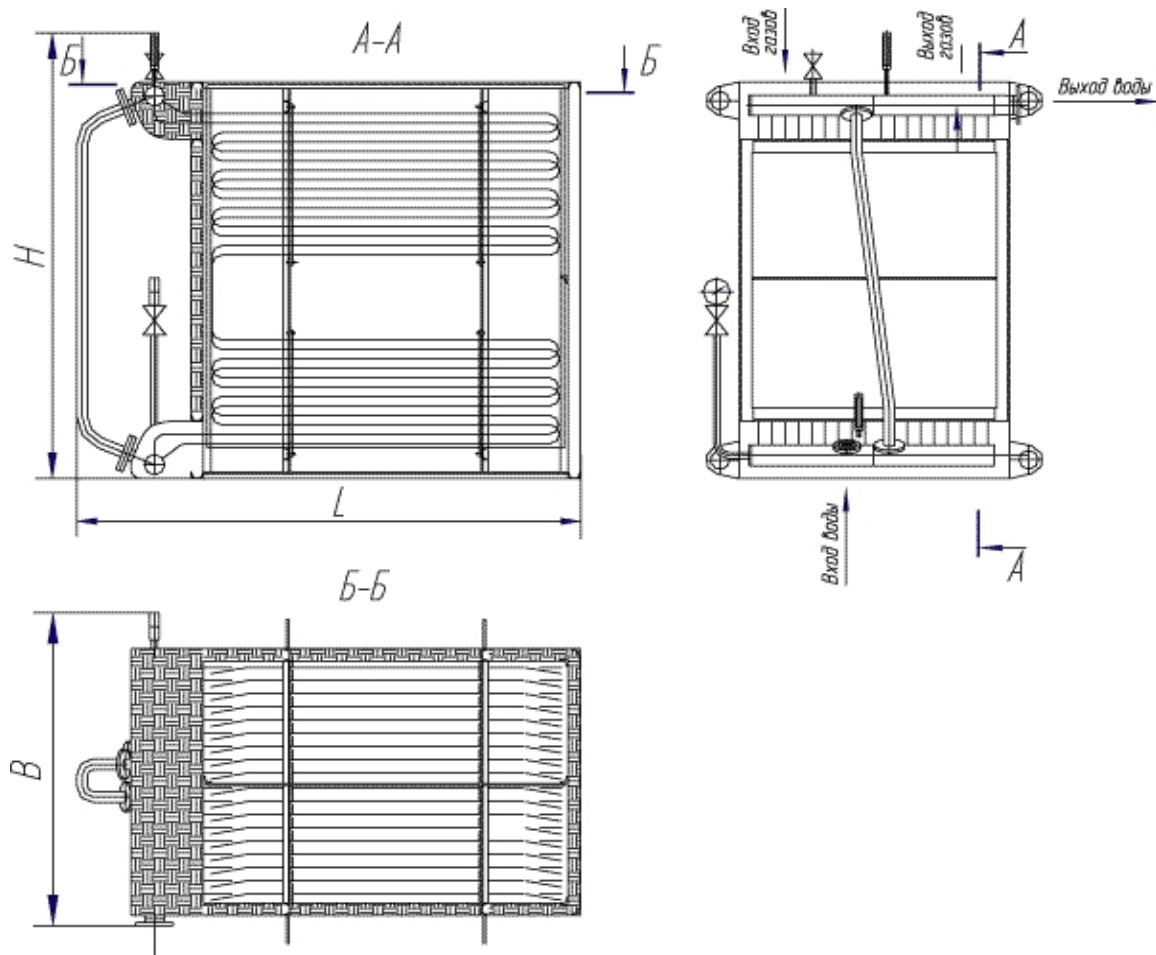


Рис. 9.2. Стальные экономайзеры БВЭС

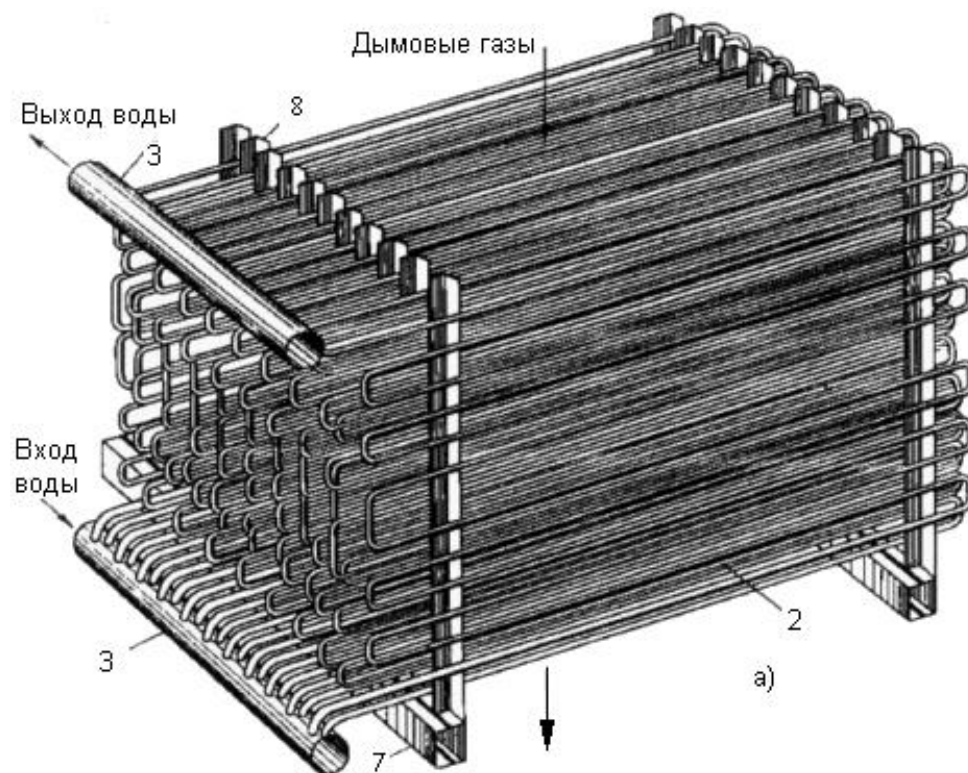


Рис. 9.3. Общий вид пакета водяного экономайзера:

2 - трубные змеевики; 3 - коллектор; 7 - опорная балка; 8 - опорные стойки

Экономайзеры кипящего типа выполняются из стальных труб диаметром 28...42 мм и устанавливаются горизонтально в шахматном порядке на каркасе. Они выдерживают высокие давления, в них возможно частичное закипание воды (до 15 %), но они больше подвержены коррозии и не отключаются от котла (т.е. остановка экономайзера влечет остановку котла).

На входе экономайзера кипящего типа устанавливается такая же арматура, как на некипящих (за исключением обводной и сгонной линий, а также вантуза), а на выходе арматура не устанавливается для обеспечения свободного прохода пароводяной смеси в барабан котла.

Питательные экономайзеры предназначены для пропуска питательной воды, а *теплофикационные* – сетевой воды. Через теплофикационный экономайзер воду пропускают параллельными потоками, ввиду большего расхода воды, чем в питательном экономайзере.

9.3. Воздухоподогреватели

Воздухоподогреватели предназначены для нагрева воздуха за счет теплоты уходящих топочных газов. Воздух, забираемый снаружи или с верхней части котельной, вентилятором подается в воздухоподогреватель, нагревается до температуры примерно 200 °С и поступает в горелки топки, улучшает воспламенение топлива и процесс горения, снижает потери от химического недожога и тем самым повышается КПД котельного агрегата. Воздухоподогреватель располагают обычно после водяного экономайзера. Воздух в воздухоподогреватель нагнетается дутьевым вентилятором через входные короба – воздухопроводы и отводится к горелкам коробами горячего воздуха.

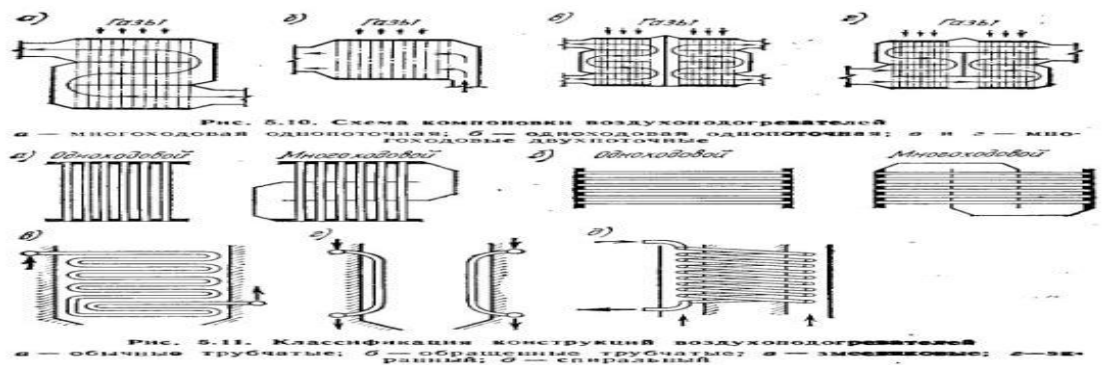


Рис. 9.4. Схема компоновки воздухоподогревателей:

а-многоходовая однопоточная; б-одноходовая однопоточная; в и г-многоходовые двухпоточные

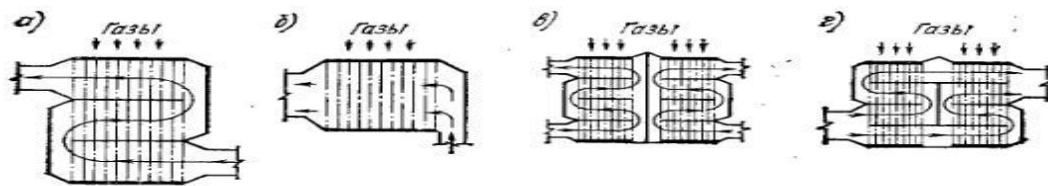


Рис. 5.10. Схема компоновки воздухоподогревателей
 а — многоходовая однопоточная; б — одноходовая однопоточная; в и г — многоходовые двухпоточные

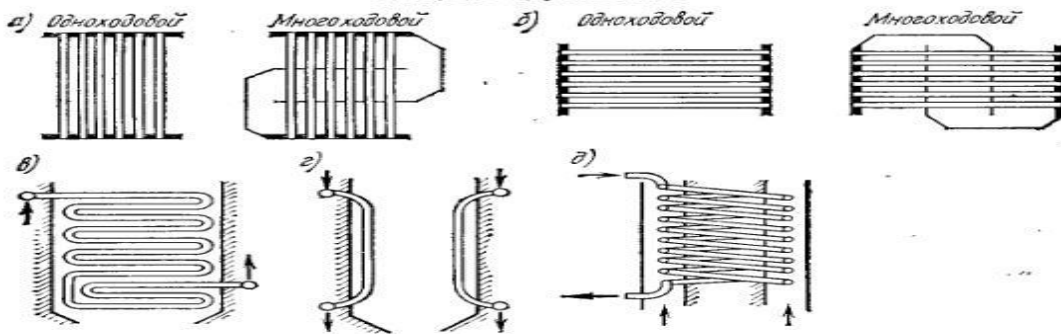


Рис. 5.11. Классификация конструкций воздухоподогревателей
 а — обычные трубчатые; б — обращенные трубчатые; в — змеевиковые; г — экранный; д — спиральный

Рис. 9.5. Классификация конструкций воздухоподогревателей:

а-обычные трубчатые; б-обращенные трубчатые; в-змеевиковые; г-экранный; д-спиральный

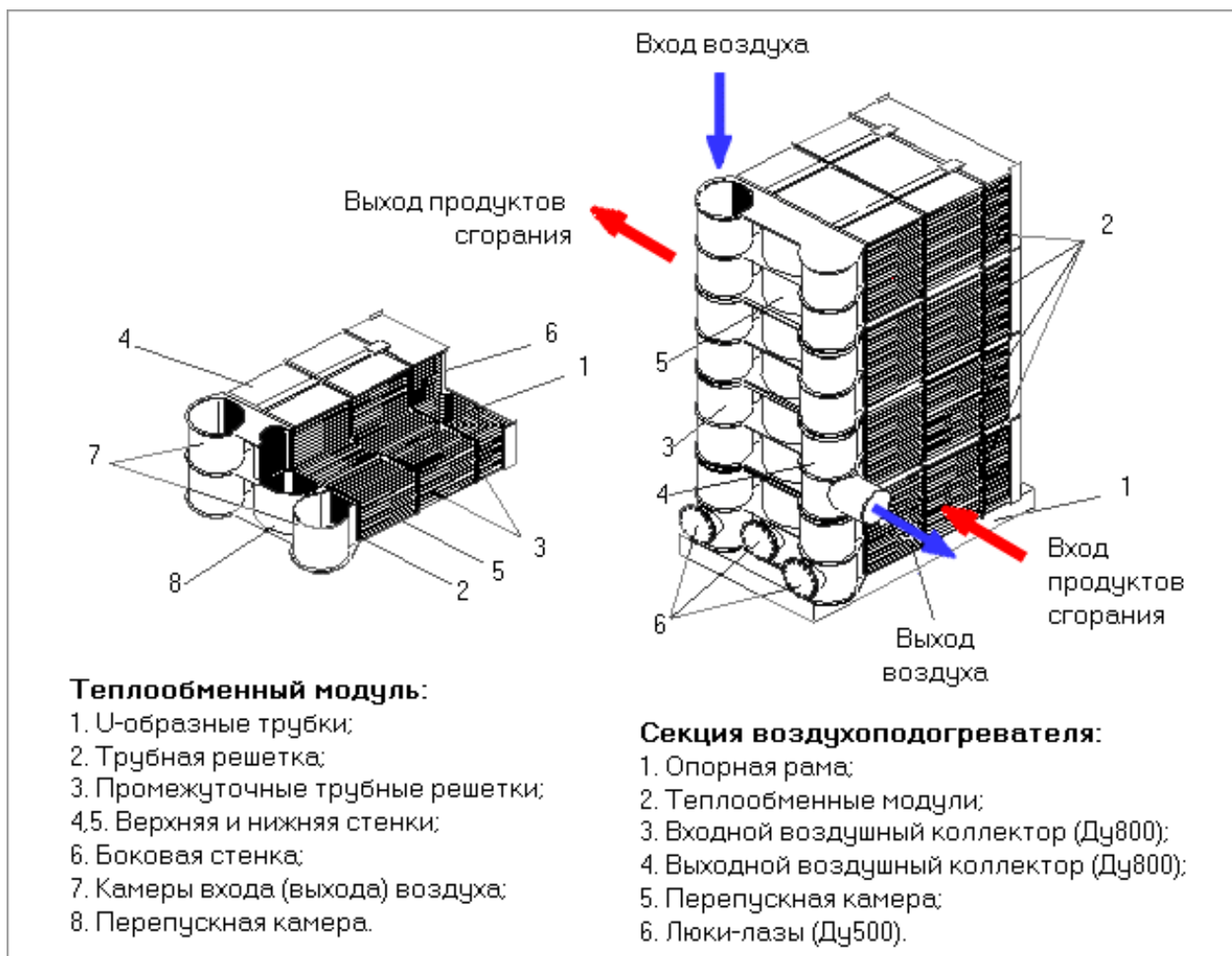


Рис. 9.6. Модульная конструкция воздухоподогревателя

При сжигании в камере газообразного топлива весь воздух вводится через горелку, в которой газ и воздух перемешиваются. При сжигании жидкого топлива также весь воздух вводится через горелку, но топливо с помощью форсунок сначала превращается в мелкие капли, которые затем перемешиваются с воздухом. В этом случае одна часть воздуха вводится через горелку в смеси с топливом (первичный воздух), а другая – через специальные устройства в той же горелке или рядом с ней (вторичный воздух).

По принципу тепловой работы воздухоподогреватели делятся на *рекуперативные* и *регенеративные*. В рекуперативных воздухоподогревателях нагрев воздуха осуществляется дымовыми газами через разделяющую их стальную стенку. В регенеративных воздухоподогревателях дымовые газы сначала нагревают материал с высокой теплоемкостью (волнистые стальные листы, пустотелые керамические тела, металлические шарики и др.), а затем от этого материала нагревается воздух, т.е. поверхность теплообменника попеременно омывается дымовыми газами и воздухом.

Наибольшее применение получили трубчатые рекуперативные воздухоподогреватели, которые представляют собой куб из стальных труб. Дымовые газы проходят внутри труб со скоростью 8...12 м/с (обеспечивая самообдувку), а воздух снаружи – со скоростью 6...8 м/с и может иметь два-три и более ходов. Снаружи воздухоподогреватель закрыт коробом с изоляцией. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель должна быть больше температуры точки «росы» для предотвращения низкотемпературной коррозии. Для этого применяют электронагреватели, калориферы или рециркуляцию (подсасывается часть горячего воздуха, который берется на выходе из воздухоподогревателя).

9.4. Пароперегреватели

Пароперегреватели предназначены для получения перегретого пара из сухого насыщенного. Это наиболее ответственный элемент котельного агрегата, так как подвержен высоким температурам рабочего агента. Из соображений надежности работы трубы пароперегревателя выполнены из специальных легированных сталей.

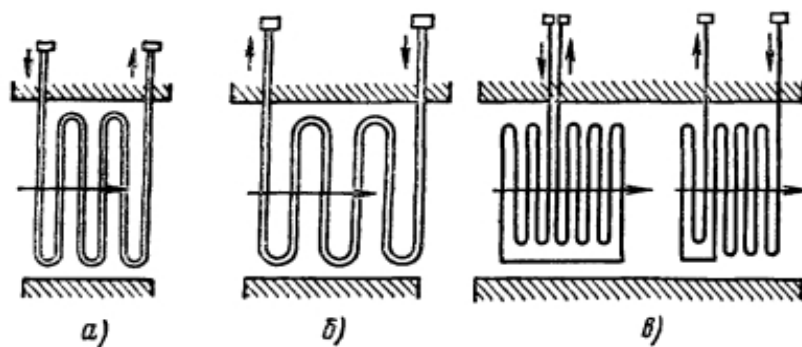


Рис. 9.7. Схемы включения пароперегревателей в газовый поток:

а — прямоточная, б — противоточная, в — смешанная

Конструкция пароперегревателя состоит из ряда параллельно включенных стальных петлеобразных труб, выполненных в виде змеевиков и объединенных коллекторами – паросборниками. Они устанавливаются в первом газоходе котла, за топкой, после одного или двух рядов кипяточных труб, а иногда часть змеевиков размещают в топочной камере. В первом случае пароперегреватель будет конвективным, во втором – радиационным.

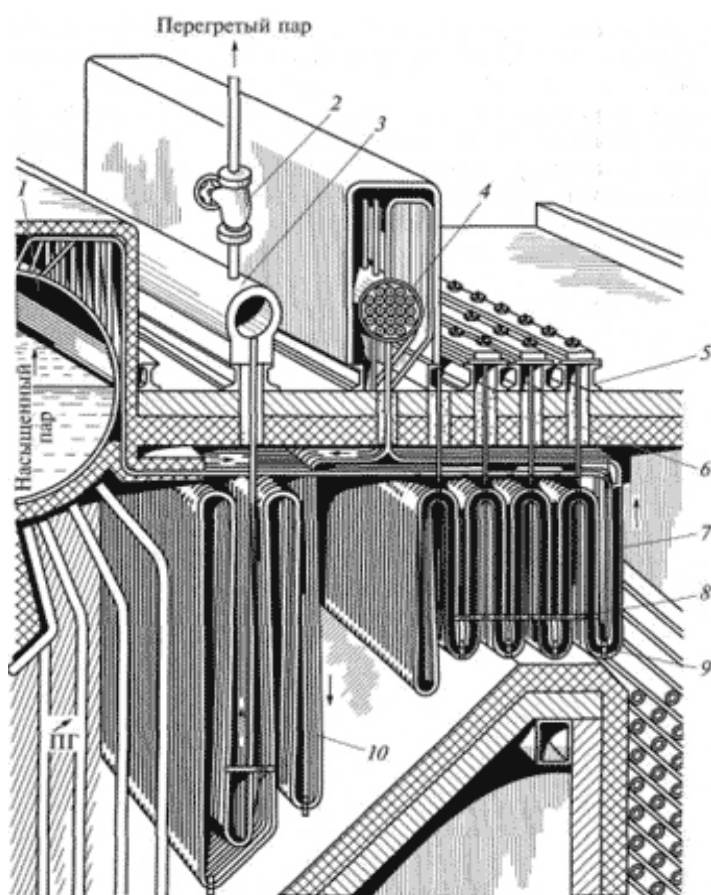


Рис. 17

Рис. 9.8. Вертикальный конвективный пароперегреватель:

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 горения; → - движение пара.

Так как перегреватель стараются расположить в зоне более высоких температур, то необходимо обеспечить его надежную работу при всех режимах работы – правильным выбором скорости движения пара, распределением его по змеевикам, подбором и изготовлением труб из металла, обладающего надлежащими свойствами. Скорость пара в змеевиках составляет 10...25 м/с, а в коллекторе – в 2 раза меньше.

В пароперегревателе, кроме нагрева пара, происходит испарение капелек котловой воды, вносимой с насыщенным паром из барабана, что вызывает образование накипи в змеевиках. Поэтому в верхнем барабане котла должны быть установлены паросепарационные устройства, предназначенные для отделения

капель влаги из пароводяной смеси. Для получения сухого насыщенного пара используют физические принципы: гравитацию, инерцию и др. Для этого устанавливают:

- в водном объеме – дырчатый металлический лист с диаметром отверстий 10 мм для выравнивания подъема паровых пузырей и козырек для предохранения от проскока большого объема пара;

- в паровом объеме – дырчатый металлический потолок с отверстиями для выравнивания подъема пара; отбойные щитки; жалюзийный сепаратор, проходя через который, пар делает ряд поворотов, в результате капли воды как более тяжелые выпадают из потока, прилипают к металлической стенке и стекают вниз.

По отношению к потоку топочных газов пароперегреватель может включаться по одной из схем: *прямоточная* – применяется при малых перегревах пара и требует развитой поверхности нагрева; *противоточная* – применяется при перегреве пара до 400 °С и позволяет иметь наименьшую поверхность нагрева; *комбинированная* – применяется при больших температурах пара (более 400 °С).

На выходном коллекторе пароперегревателя устанавливают: манометр, термометр, предохранительный клапан, продувочный вентиль (работающий при растопке).

Повреждение труб пароперегревателя происходит по следующим причинам: внутреннее загрязнение накипью, несвоевременная промывка котла, повышение температуры газов вследствие неполноты горения в топке, шлакование экранных труб, понижение температуры питательной воды и др.

Регулирование температуры перегретого пара. Температура перегретого пара может колебаться в связи с изменением коэффициента избытка воздуха, температуры питательной воды, нагрузки котла, производительности дымососа, шлакованием внешних поверхностей пароперегревателя.

Температура перегретого пара повышается в случаях: снижения температуры питательной воды (уменьшается парообразование), уменьшения отбора пара из котла, увеличения тяги в топке (пламя подсасывается) или увеличения температуры в топке. Температура перегретого пара понижается, если температура в топке снижается, трубы снаружи покрыты сажей, а внутри – накипью.

Для исключения возможности повышения температуры перегретого пара и поддержания ее в заданных пределах устанавливают специальные регуляторы-пароохладители. Пароохладители поверхностного или вспыскивающего типа устанавливаются на входе пароперегревателя (по ходу движения пара) или в рассечку. Пароохладители поверхностного типа выполняются в виде змеевиков, по которым проходит питательная вода, а пар – снаружи. В пароохладителях вспыскивающего типа для уменьшения энтальпии перегретого пара используют конденсат, который подают под давлением через сопло.

Наиболее приемлема установка пароохладителей в рассечку, когда время инерции составляет 40...50 с.

Пароперегреватели центральные с собственной топкой (рис. 9.9) предназначены для перегрева насыщенного пара, вырабатываемого котлами-утилизаторами. Для контроля работы центральный пароперегреватель оснащен контрольно-измерительными приборами.

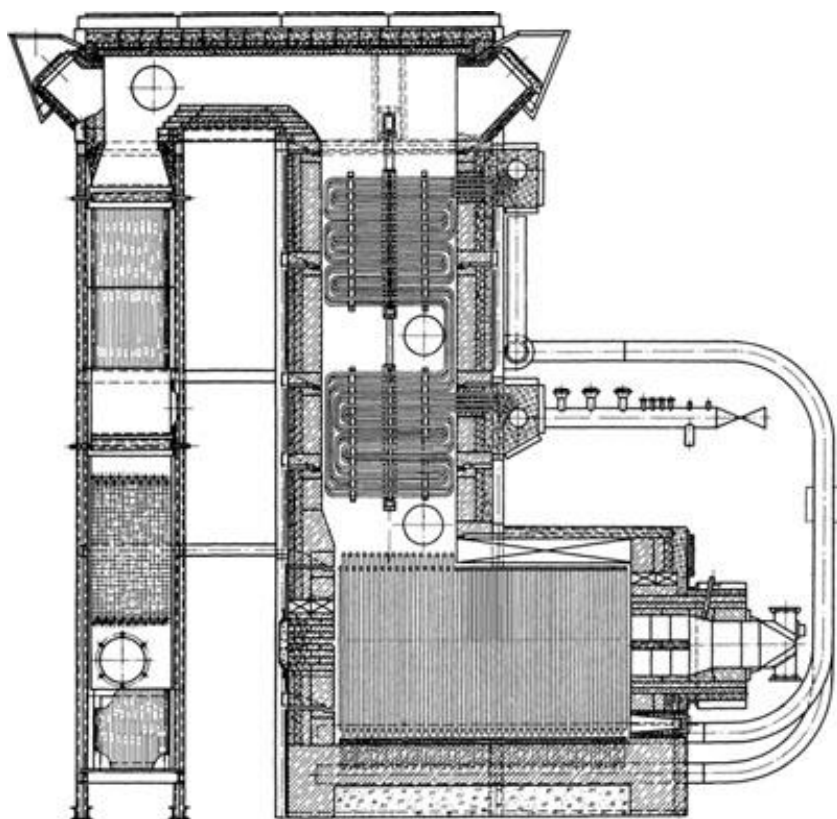


Рис. 9.9. Пароперегреватель ЦП-60-С для перегрева пара за счет сжигания топлива

Пароперегреватель должен иметь: манометр, предохранительный клапан, устанавливаемый со стороны перегретого пара, запорный вентиль для отключения пароперегревателя от паровой магистрали, прибор для измерения

температуры перегретого пара, устанавливаемый на выходе пара из пароперегревателя, на штуцере коллектора или на паропроводящей трубе, расходомер, дренажи, впрыскивающие парохладители и паровые теплообменники. При наличии регулятора температуры перегретого пара приборы для измерения температуры размещают перед регулятором и за ним.

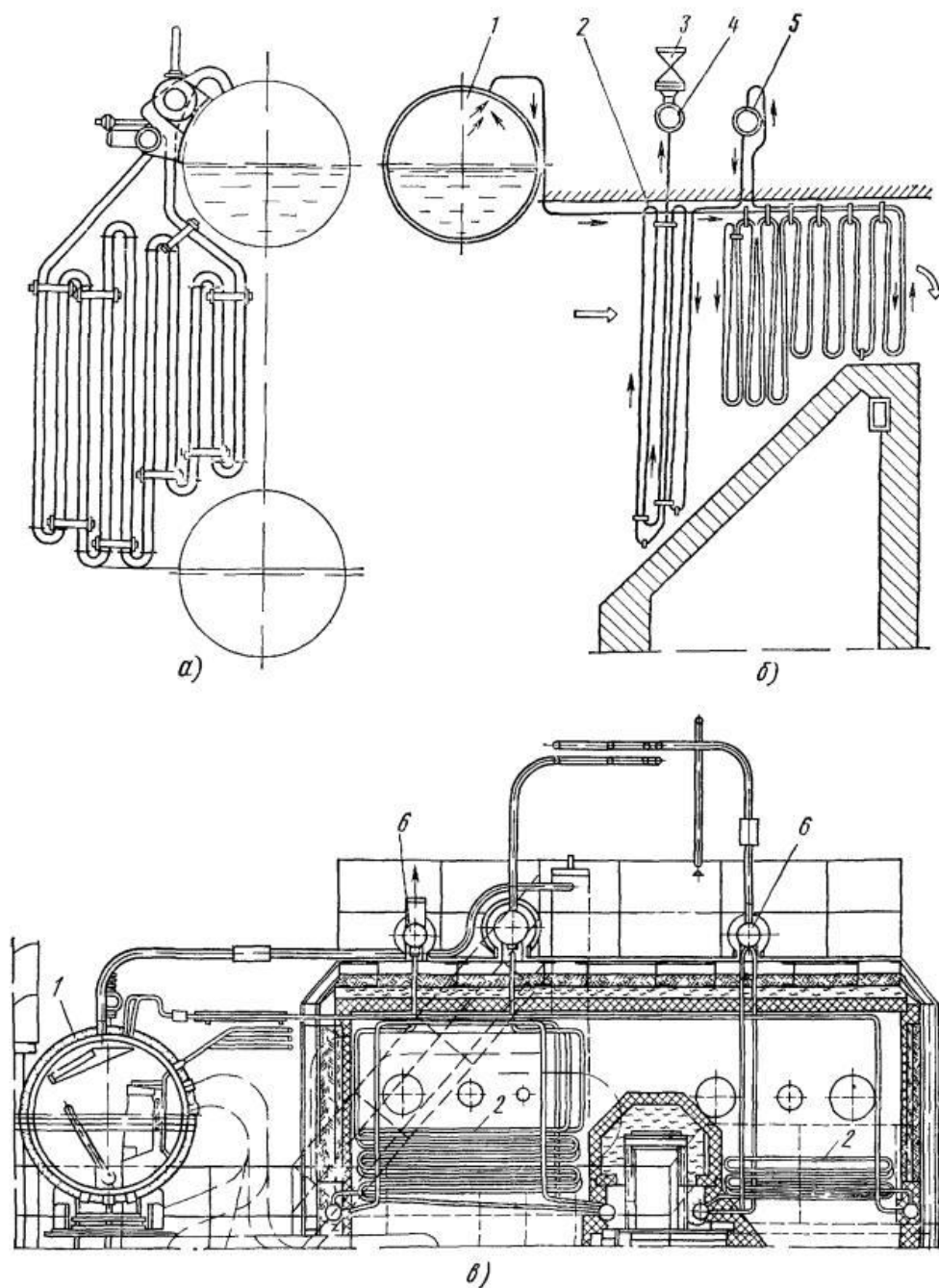


Рис. 9.10. Пароперегреватели

а — одноходовой вертикальный, б — двухходовой, в — горизонтальный;

1 — барабан котла, 2 — змеевик, 3 — парозапорный вентиль, 4 — выходной коллектор перегретого пара, 5 — регулятор перегрева (пароохладитель), 6 — камеры

Пароперегреватели котлов на давление 1,4 и 2,4 МПа (14 и 24 кгс/см²) выполняют одноходовыми (рис. 9.10 а), а на давление 3,9 МПа (39 кгс/см²) — двухходовыми (рис. 9.10 б).