**Водяные экономайзеры и воздухоподогреватели**

Экономайзер и воздухоподогреватель нахо­дятся в конце конвективного газохода и омы­ваются газами со сравнительно низкой темпе­ратурой, поэтому их называют хвосто­выми или низкотемпературными поверхностями.

В экономайзере температура металла име­ет наименьшее значение из всех поверхностей, находящихся под давлением, а в холодной части воздухоподогревателя—-самое низкое в котельном агрегате. При низкой температуре стенки этих поверхностей нагрева становятся возможным коррозионное повреж­дение вследствие конденсации влаги из дымо­вых газов. Кроме того, экономайзер и возду­хоподогреватель в большей степени, чем другие поверхности, страдают от золового износа и отложений летучей золы на трубах.

Характерным для хвостовых поверхностей является также низкий температурный напор, на входе в экономайзер и на выходе из холодной части воздухоподогревателя. Ве­личина этого напора выбирается на основе технико-экономических рас­четов, определяющих условия минимальной стоимости этих поверхностей нагрева при за­данной температуре уходящих газов.

**Водяные экономайзеры**

**В экономайзере питательная вода подогревается за счет охлаждения дымовых** **газов**. В этой поверхности нагрева воспринимается от 10 до 20 % теплоты сжигаемого в котле топлива.

Степень подогре­ва воды может быть различной. Если вода не догревается до кипения, то такие экономай­зеры называются **некипящими**; если наряду с подогревом воды образуется пар, то такие экономайзеры называются **кипящими**. Таким образом по назначению экономайзеры делят на:

**- некипящие;**

**- кипящие.**

Некипящие водяные эконо­майзеры выполняются в виде пакета чугунных ребристых труб с оребрением с газовой стороны.

На рисунке 1,а показана конструкция чугунно-ребристого экономайзе­ра ВТИ, а на рисунке 1,б - его детали.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\Документы 12 11 2019\Documents\Documents\1 КУПП Консп. и Презент\media\image2.jpeg | D:\Документы 12 11 2019\Documents\Documents\1 КУПП Консп. и Презент\media\image1.jpeg |
| а— обший вид; б—детали:I— входной коллектор; 2 — ребристая труба; *3* — калач.Рисунок 1 - Чугунный экономайзер"'ВТИ |

Длина оребренной чугунной трубы состав­ляет 1,5; 2 или 3 м, диаметр трубы 76 х 8 мм, наружные ребра квадрат­ные размером 150 х 150 мм. Число труб в пакете в горизонтальной плос­кости определяется исходя из скоро­сти продуктов сгорания, обычно (6…9) м/с; число горизонтальных рядов водяного экономайзера определяется требуемой поверхностью нагрева.

Чугунные экономайзеры более стойки к наружной и внутренней коррозии. Их, как правило, выполняют с большим недогревом воды до кипения. Это обусловливается тем, что в кипящем экономайзере могут иметь ме­сто гидравлические удары. А они приводят к разру­шению хрупких чугунных труб.

По сравнению со стальными трубчатыми чугунные экономайзеры более громоздки и обладают большим весом.

**Кипящие** экономайзеры выполняют из стальных **змеевиковых** труб с наружным диаметром ***dн* = 28 - 38 мм** при толщине стенки **2,5 - 3,5 мм**. Концы змеевиков экономайзера объединяют коллекторами, вынесенными из области газового обогрева. Иногда коллекторы, объединяющие змеевики, размещают в газоходе, где расположен экономайзер, и одновременно они служат также для его опоры. К коллекторам змеевики присоединяют вальцовкой или свар­кой через промежуточные штуцера. Выходной коллектор экономайзера присоединяется к барабану котла несколькими водопере­пускными трубами.

Трубки экономайзера обычно рас­полагаются в шахматном порядке, что обеспечивает большую эффектив­ность теплообмена примерно на 25% по сравнению с коридорным располо­жением труб и соответственное умень­шение габаритов экономайзера. Сталь­ной гладкотрубный водяной экономай­зер с параллельным включением ряда змеевиков изображен на рисунке 2.

|  |
| --- |
| D:\Документы 12 11 2019\Documents\Documents\1 КУПП Консп. и Презент\media\image1.jpeg |
| *1* — входная камера; *2* — выходная камера; *3* — змеевики экономайзера.Рисунок 2 - Водяной экономайзер с параллель­ным включением ряда змеевиков |

Для удобства очистки по­верхностей нагрева от наружных за­грязнений и его ремонта экономайзер разделяют на пакеты высотой до 1 м. Разрывы между пакетами должны быть 550—600 мм, а между пакетами экономайзера и воздушным подогре­вателем — не менее 800 мм.

Змеевики экономайзера располагают перпендикулярно и параллельно фронту котла (см. рис. 3,а, 3,б). В первом случае длина змеевика невелика, что облегчает их крепление. Во втором случае резко уменьшается число параллельно включенных змеевиков, но усложняется их крепление. В котлах небольшой мощности применяют одностороннее расположение коллекторов. В котлах с развитым фронтом экономайзеры выполняют двусторонними, симметричными, с расположением коллекторов с двух боковых сторон конвективной шахты (см. рис. 3,в, 3,г).

|  |
| --- |
|  |
| а — перпендикулярное фронту расположение зме­евиков; б — параллельное фронту расположение змеевиков; виг — двустороннее параллельное фронту расположение змеевиков: 1 — барабан; 2 — водоперепускные трубы; 3 — экономайзер; 4 — входные коллек­торы; 5 — перекидные трубы.Рисунок 3 - Компоновка экономайзера |

Скорость воды в экономайзере принимают, исходя из условий предотвращения в них расслоения **пароводяной смеси и кислородной коррозии. При малой скорости воды остающийся в ней кислород задерживается в местах шероховатости верхней образующей трубок и вызывает язвенную коррозию. Расслоение** пароводяной смеси при малой скорости потока вызывает ухудшение условий охлаждения и перегрев металла трубок.

В целях повышения эффективности теплообмена и компактности экономайзеров мощных котлов к трубкам приваривают плавники или экономайзеры выполняют из плавниковых трубок (см. рис. 4), при этом объем, занимаемый экономайзером, уменьшается на 20 - 25 %.

|  |  |
| --- | --- |
|  | а — с приваренными ребрами; б — из плавниковых труб.Рисунок 4 - Плавниковые трубы экономайзеров |

**Воздухоподогреватели**

Для подогрева воздуха в котлах применяют два типа воздухоподогревателей: рекуперативные и регенеративные. В рекуперативном воздухоподогревателе теплота продуктов сгорания передается непрерывно воздуху через стенку, разделяющую теплообменивающиеся среды. В регенеративном воздухоподагревателе теплота передается металлической насадкой, которая периодически нагревается продуктами сгорания, а затем отдает аккумулированную в ней теплоту нагреваемому воздуху.

**Рекуперативный воздухоподогреватель.** Преимущественно применяются трубчатые рекуперативные воздухоподогреватели с **вертикальным расположением** труб. Скорость газов обычно (10…14) м/с, воздуха (6…8) м/с. Продукты сгорания проходят внутри труб, воздух омывает их снаружи поперечным потоком (рис. 21.6). Воздухоподогреватели изготовляют из стальных труб с наружным диаметром **30-40 мм** при толщине стенки (1,2…1,5) мм.

Концы труб приваривают к трубным доскам и располагают в шахматном порядке. Для получения необходимой скорости перекрестного тока воздуха трубную систему по высоте разделяют промежуточными досками на несколько ходов. Для перепуска воздуха из одного хода в другой установлены короба.

|  |
| --- |
| 9.png |
| 1 — стальные трубы 40 х 1,5 мм; 2, 6 — верхняя и нижняя трубные доски толщиной 20-25 мм; 3 — компенсатор; 4 — воздухоперепускной ко­роб; 5 - промежуточная трубная доска; 7, 8 — опорные рамы и колонны.Рисунок 5 - Трубчатый воздухоподогреватель |

Воздухоподогреватель снаружи имеет стальную обшивку и опирается нижней трубной доской на раму, связанную с каркасом котла. Трубная система при нагревании расширяется вверх, и верхняя трубная доска соединяется с газоходом линзовым или набивным компенсатором, что обеспечивает свободное термическое расширение воздухоподогревателя без присосов воздуха (см. рис. 6).

|  |
| --- |
| 13.png |
| а - линзовые компенсаторы; 6 - набивные ком­пенсаторы: *1* - трубная доска; 2 - компенсатор расширения труб относительно короба воздуха; 3 - компенсатор расширения короба относительно каркаса; 4 - каркас короба; 5 - камера с крош­кой шамота и песка; 6 - лист уплотнения.Рисунок 6 - Компенсаторы тепловых расшире­ний воздухоподогревателя |

При температуре продуктов сгорания более 500°С верхние трубные доски покрывают теплоизоляционной массой.

Трубчатые воздухоподогреватели просты по конструкции более плотны, чем другие системы воздухоподогревателей. Недостатком трубчатых воздухоподогревателей являются относительно большие удельный расход металла G/Q и удельный объем V/Q.

**Регенеративный воздухоподогреватель** представляет собой вращающийся барабан с набивкой из тонких стальных гофрированных и плоских листов, образующих каналы малого сечения для прохода воздуха и продуктов сгорания (см. рис. 7).

Ротор медленно вращается с частотой 2-6 об/мин в непо­движном корпусе. Корпус разделен на две части секторными плитами. В одну из них через горловину посту­пают продукты сгорания, в другую — воздух. Движение потоков газа и воздуха раздельное и непрерывное. При непрерывном вращении ротора его металлическая набивка попере­менно проходит через эти потоки. Сна­чала теплота газов аккумулируется, а затем отдается воздуху. Этот про­цесс повторяется, и в итоге органи­зуется непрерывный нагрев воздуха.

|  |
| --- |
| 18.png |
| 1 — вал ротора; 2- подшипники; 3 — электро­двигатель; 4 — набивка; 5 — наружный кожух; 6 и 7 — радиальное и периферийное уплотнения; 8 — утечки воздуха через уплотнения.Рисунок 7 - Регенеративный воздухоподогрева­тель |

Недостатками регенеративных воздухоподогревателей являются повышенный переток воздуха в газовую среду (до 10%), что увеличивает потерю с уходящими газами, а также наличие вращающихся элементов и системы водяного охлаждения вала ротора и подшипников.

Подогрев воздуха в регенеративных воздухоподогревателях ограничен температурой 300°С. При необходимости более высокого подогрева воздуха воздухоподогреватель выполняют комбинированным: из регенеративного воздухоподогревателя с подогревом в нем воздуха до 250-300 °С и трубчатого, в котором завершается подогрев воздуха до более высокой температуры.

**Расположение экономайзеров и воздухоподогревателей**

**в газовом тракте котла**

В современных котлах использование теплоты продуктов сгорания завершается в экономайзере и воздухоподогревателе. В экономайзере подогревается питательная вода и иногда происходит ее частичное испарение. В воздухоподогревателе осуществляется подогрев воздуха, подаваемого в топку для сжигания топлива. Подогрев поступающего в топку воздуха интенсифицирует тепловосприятие экранов и снижает потери от химического и механического недожогов топлива. Наличие экономайзера и воздухоподогревателя при температуре поступающих в них воздуха и питательной воды меньшей, чем температура насыщения, обеспечивает возможность охлаждения продуктов сгорания до технически и экономически оправданного предела. Конечная температура подогрева воздуха выбирается в зависимости от вида топлива и способа его сжигания

 Возможная компоновка хвостовых поверхностей нагрева представлена на рисунках 8 и 9.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\media\image1.jpeg | D:\media\image1.jpeg |
| Рисунок 8 – Последо-вательная компоновка одноступенчатых воздухоподогревателя и эконо-майзера | Рисунок 9 - Возможные варианты компоновки хвостовых поверх­ностей котла «в рассечку» |

Температура подогрева воздуха при последовательной компоновке одноступенчатых воздухоподогревателя и экономайзера (см. рис. 8) лимитирована. в этом случае при противоточном движении продуктов сгорания и воздуха превышение температуры подогрева воздуха сверх допустимой не рационально, так как вызывает уменьшение температурного напора на горячем конце воздухоподогревателя (рекомендованное значение 50-60 °С) и увеличение его поверхности нагрева.

При высоком подогреве воздуха необходимо применение двухступенчатой компоновки экономайзера и воздухоподогревателя, т.е. догрев воздуха в области более высокой температуры продуктов сгорания.

При компоновке хвостовых поверхно­стей котла «в рассечку» эко­номайзер может иметь две ступени (**см.** **рис. 9,** а) или только одну (**см. рис. 9, б**). Выбор того или иного варианта компоновки хвостовых поверхностей оп­ределяется температурой газов перед ними и термической стойкостью материа­ла второй ступени воздухоподогре­вателя.

Температура газов перед стальным воздухоподогревателем должна быть не выше (510…520) ° С. Если температура газов перед хвостовыми поверхностями будет больше, то для ее понижения перед второй ступенью воздухоподогревателя необходимо установить вторую ступень экономайзера, т. е. использовать ком­поновку, показанную на рисунке **9, а**. Если же температура газов будет мень­ше, то вторая ступень экономайзера не требуется и в этом случае нужно исполь­зовать компоновку, изображенную на рисунке **9, б**.

Температура уходящих газов

Температура уходящих газов ока­зывает решающее влияние на тепло­вую экономичность парогенератора. Снижение температуры уходящих га­зов на (12…16) °С повышает к. п. д. котла примерно на 1%.

Уменьшение температуры уходя­щих газов связано с необходимостью увеличения конвективных поверхно­стей нагрева и с возрастанием рас­хода электроэнергии на тягу и дутье. Возникающие при этом дополнитель­ные затраты могут окупаться за счет экономии топлива.

В общем случае оптимальная температура уходящих из котла газов опре­деляется на основании технико-эко­номических расчетов по минимуму расчетных затрат при данной цене топлива.

Существенное влияние на значение оптимальной температуры уходящих газов оказывает темпера­тура питательной воды.

Нижний предел тем­пературы уходящих газов при работе на топливах с большим содержанием серы может лимитироваться усло­виями низкотемпературной коррозии элементов парогенератора.