**Конвективные пароперегреватели**

Конвективный пароперегреватель выполняют обычно из труб с внутренним диаметром 20-30 мм, образующих змеевики, вальцованные или приваренные к круглым коллекторам. Для промежуточных пароперегревателей диаметр труб 54 мм.

В газоходе змеевики пароперегревателя располагают вертикально или горизонтально.

Змеевики выполняют одинарными, сдвоенными и строенными.

Скорость пара в трубах пароперегревателя выбирают по условиям температурного режима труб.

Для надежный работы пароперегревателя, помимо обеспечения достаточной скорости потока пара и его равномерной температуры по параллельно включенным змеевикам, необходимо осуществить наиболее рациональную схему включения пароперегревателя по ходу потока продуктов сгорания.

В зависимости от направления движения потоков пара и продуктов сгорания различают пароперегреватели (см. рис. 1):

- прямоточные;

- противоточные;

- со смешанным направлением потоков.

|  |
| --- |
|  |
| а - противоточное; б-прямоточное; в и г – смешанное.  Рисунок 1 - Схемы движения пара и продуктов сгорания в конвективных пароперегревателях |

В противоточном пароперегревателе достигается наибольший температурный напор между продуктами сгорания и паром, что уменьшает необходимую поверхность нагрева пароперегревателя.

При прямоточном пароперегревателе температурный напор меньше, чем про противоточном, однако условия работы металла труб лучше.

Оптимальной является смешанная схема включения пароперегревателя, при которой большая и первая по ходу пара часть перегревателя выполняется противоточной, а завершение перегрева пара происходит во второй его части при параллельном токе.

Соотношение противоточной и прямоточной частей пароперегревателя выбирается из условия одинаковых температур металла в начале и конце змеевика прямоточной части пароперегревателя.

Первичный конвективный пароперегреватель устанавливают в горизонтальном газоходе между топкой и конвективной шахтой при температуре продуктов сгорания перед ним 900-1000°С.

Пароперегреватель для промежуточного перегрева пара выполняют из горизонтальных змеевиков, расположенных в опускной конвективной шахте, причем начальная температура продуктов сгорания перед ним должна быть не выше 850°С.

На рисунке 2 показана схема установки и крепления пароперегревателя с вертикальными змеевиками. Расположение змеевиков в плоскости, совпадающей с направлением движения продуктов сгорания, обеспечивает одинаковый обогрев всех змеевиков при снижении температуры газов по глубине газохода.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1 - змеевики, 2 - подвесные планки, 3 - верхние изгибы труб; 4 - потолочные трубы; 5 - дистанционирующие гребенки.  Рисунок 2 – установка  и крепление вертикального конвективного пароперегре-вателя |

Вертикальные змеевики подвешены к каркасу котла за концы верхних петель, вынесенных из зоны обогрева. Подвеска змеевиков осуществляется с помощью хомутов, охватывающих трубки и подвешенных к крючку, укрепленного на балке каркаса. Для обеспечения соответствующего расстояния между змеевиками на нижние петли змеевиков заключают дистанционирующие гребенки.

На рисунке 3 показана схема пароперегревателя с горизонтальным змеевиками, ориентированными для обеспечения равномерного их обогрева в направлении потока продуктов сгорания. Пароперегреватели с горизонтальными змеевиками обычно применяют для вторичного перегрева пара, а также в котлах малой мощности с параметрами пара р = 0,8 ÷ 2,0 МПа t = 250 ° С.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1- первая ступень паро-перегревателя; 2 - барабан; 3 и 6 - подвесные трубы; 4 и 8 –промежуточные кол-лекторы, 5 - выходная камера,  Рисунок 3 - Конвективный пароперегреватель с горизон-тальными змеевиками |

Горизонтальные пароперегреватели легко дренируются, что исключает затруднения, связанные с удаление воды из труб при вертикальных змеевиках. Вместе с тем горизонтальные пароперегреватели больше загрязняются уносом и имеют более сложную конструкцию крепления змеевиков.

**Радиационные и ширмовые пароперегреватели**

При высоких параметрах пара возникает необходимость размещения в топке радиационного или ширмового пароперегревателя. Радиационный пароперегреватель обычно устанавливают на потолке топки, а если этой поверхности недостаточно – и на вертикальных ее стенках по всей их высоте. Обычно размещают пароперегреватель на стенках, на которых установлены горелки, чаще на фронтовой стенке.

Радиационные пароперегреватели работают с большими тепловыми нагрузками, поэтому температура металла их труб выше, чем у конвективных пароперегревателей, и превышает температуру пара на (100…150) °С. Преимуществами радиационных пароперегревателей являются меньшая, чем у конвективных пароперегревателей, удельная площадь поверхности нагрева и отсутствие сопротивлений по газовой стороне.

Ширмовый пароперегреватель представляет собой систему трубок, образующих плоские плотные пакеты с входными и выходными коллекторами. Ширмы размещают в верней части топки с расстоянием между коллекторами 700-1000 мм.

|  |  |
| --- | --- |
|  | а - клиновидная форма низа ширмы; б - горизонтальная форма низа ширмы:  1- труба ширмы; 2 - камеры (коллекторы); 3 - обвязочные трубы; 4 – хомут.  Рисунок 4 - вертикальный ширмовый пароперегреватель |

На рисунке 4 показана конструкция ширм, у которых трубки ширм висят на коллекторах, подвешенных к каркасу. Горизонтальные ширмы преимущественно в прямоточных котлах. В котлах большой мощности тепловосприятие ширмовых пароперегревателей может составлять до 50% всей теплоты, необходимой для перегрева пара. Использование ширмовых пароперегревателей уменьшает площадь поверхности нагрева настенных радиационных пароперегревателей и улучшает использование объема верхней части топочной камеры.

**Регулирование температуры пара**

1. Факторы, влияющие на температуру пара

Наибольшее влияние на температуру перегретого пара оказывает нагрузка котла. Температура перегрева пара зависит также от температуры питательной воды, избытка воздуха в топке, шлакования и загрязнения экранов и пароперегревателя, от характеристик топлива.

В радиационном пароперегревателе с повышением нагрузки температура перегрева пара снижается. В конвективном пароперегревателе удельное тепловосприятие пароперегревателя растет быстрее, чем нагрузка котла, и температура перегрева пара возрастает.

На рисунке 5 показана зависимость температуры перегрева пара от нагрузки котла для радиационного и конвективного пароперегревателя.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1 - радиационный паро-перегреватель; 2 - конвективный пароперегреватель.  Рисунок 5 - Зависимость температуры перегрева пара от нагрузки котла (без регуляторов температуры перегрева пара) |

Из рисунка видно, что при соответствующем соотношении радиационной и конвективной частей пароперегревателя можно иметь постоянную температуру пара при различной нагрузке котла.

В барабанных котлах при снижении температуры питательной воды расход топлива и продуктов сгорания увеличивается, что повышает скорость газов в пароперегревателях и увеличивает коэффициент теплоотдачи. Следовательно, при неизменном расходе пара повышается температура его перегрева.

Рост избытка воздуха в топке уменьшает долю теплоты, передаваемой радиацией в топке, и увеличивает объем и скорость продуктов сгорания, проходящих через пароперегреватель. В результате повышается температура перегрева пара.

Повышение влажности твердого топлива при неизменной паропроизводительности котла увеличивает объем продуктов сгорания, проходящих через пароперегреватель, и его удельное тепловосприятие, за счет чего также повышается температура перегрева пара.

Шлакование экранов в топке вызывает повышение температуры продуктов сгорания перед пароперегревателем и температуры перегрева пара. Загрязнение пароперегревателя вызывает ее снижение.

1 Способы регулирования температуры пара

В соответствии с нормативными документами установлены допустимые отклонения температуры перегрева пара от номинального значения в пределах +10 до -15 °С в котлах среднего давления и от +5 до - 10°С в котлах высокого давления.

В современных котлах применяют два способа регулирования температуры пара: **паровое и газовое**.

При **паровом** регулировании температура пара поддерживается постоянной путем изменения степени его охлаждения или изменения энтальпии пара, поступающего в пароперегреватель или в отдельные его ступени.

При **газовом** регулировании осуществляется воздействие на тепловосприятие пароперегревателя за счет изменения передачи теплоты от газов к его поверхности нагрева.

Регулирование температуры первичного пара.

В отечественных котлах применяют паровое регулирование температуры первичного пара, которое осуществляют в поверхностных пароохладителях или впрыском в поток перегретого пара чистого конденсата.

3. Поверхностные пароохладители

Изменение температуры пара по тракту пароперегревателя при различных схемах включения пароохладителя показано на рисунке 6.

|  |  |
| --- | --- |
| 6.png | а - за пароперегревателем;  б -в рассечку; в - на выходе насы-щенного пара; г - допустимая темпе-ратура металла труб:  1 -пароохладитель  Рисунок 6 - Изменение темпе-ратуры пара по тракту пароперегре-вателя в зависимости от размещения пароохладителя |

Установку пароохладителя на выходе пара из пароперегревателя не применяют, так как пароперегреватель при этом остается не защищенным от чрезмерно высокой температуры.

Установка пароохладителя на стороне насыщенного пара определяет значительное запаздывание системы регулирования температуры пара и в настоящее время применяется в агрегатах малой мощности.

Установка пароохладителя в рассечку обеспечивает меньшую инерционность регулирования. В результате регулирование конечной температуры пара достигается почти в 2 раза быстрее, чем при установке пароохладителя на стороне насыщенного пара. При установке пароохладителя в рассечку происходит снижение температуры частично перегретого пара и соответственно его конечной температуры.

Поверхностный пароохладитель представляет собой трубчатый теплообменник. Внутри труб протекает охлаждающая вода, снаружи трубы омываются охлаждаемым паром (см. рис. 7). В качестве охлаждающей воды используется питательная вода.

|  |
| --- |
|  |
| 1 - входной коллектор охлаждающей воды; 2 - выходной коллектор воды: 3 - входная камера; 4 – трубы, охлаждаемые водой; 5 - корпус пароохладителя.  Рисунок 7 - Поверхностный пароохладитель |

4. Схемы включения пароохладителя

По потоку питательной воды пароохладитель может быть включен параллельно или последовательно с экономайзером.

При параллельной схеме включения пароохладителя с увеличением количества проходящей через него воды ухудшаются условия охлаждения экономайзера и уменьшается использование в нем теплоты отходящих газов.

В современных котлах применяется включение пароохладителя **последовательно** с экономайзером (см.рис. 8).

|  |  |
| --- | --- |
| 9.png | а-параллельная; б – последовательная:  1 - барабан;  2 - пароохладитель;  3 - отвод охлаждающей воды;  4 – экономайзер.  Рисунок 8 - Схемы включения поверхностного пароохладителя |

Количество питательной воды, проходящей через пароохладитель при полном его нагрузке, достигает 30-40% общего ее расхода.

5. Впрыскивающий пароохладитель

Впрыскивающий пароохладитель (см. рис. 9) представляет собой участок паропровода перегретого пара, в котором расположена перфорированная труба с отверстиями диаметром 3—5 мм, через которые в пар подается распыленный конденсат.

|  |  |
| --- | --- |
| 11.png | 1 - барабан;  2 - гидрозатвор;  3 - пароохладитель;  4 - емкость конденсатора; 5 - коллектор с впрыски-вающим устройством; 6 -економайзер.  Рисунок 9 - Схема регулирования температуры пара впрыском собственного конденсата |

Обычно устанавливается ряд параллельных по ширине пароперегревателя и последовательных по ходу потока пара впрыскивающих пароохладителей.

**Регулирование температуры пара промежуточного перегрева**

Применяется **паровое** и **газовое** регулированиетемпературы пара промежуточного перегрева.

**Паровое** регулирование осуществляется в паро-паровых теплообменниках, а так же путем пропуска пара мимо части поверхности нагревапароперегревателя.

**Газовое** регулирование преимущественно осуществляется путем рециркуляции части охлажденных до300—350°С продуктов сгорания в топку или пропускомчасти продуктов сгорания помимо конвективного пароперегревателя (см. рис. 10).

|  |  |
| --- | --- |
|  | а - пропуском части продуктов сгорания через холостой газоход; б – распре-деления продуктов сгорания по газоходам пароперегрева-теля:  1 - секции пароперегревателя, 2 - экономайзеры; 3 – основ-ной дымосос; 4 – регулирую-щий дымосос, 5 – регулирую-щий шибер.  Рисунок.10 - Схемы газо-вого регулирования темпера-туры пара |

Газовое регулирование вызывает дополнительные расходы энергии на тягу или потери с уходящими газамии влияет на температуру первичного пара. Газовое регулирование применяют совместно с паровым регулированием.