

И. И. Стриха

*(Белорусский филиал Энергетического института
им. Г. М. Кржижановского)*

ПРЕДВКЛЮЧЕННЫЙ РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЬ

При сжигании высокосернистого мазута на поверхностях нагрева, имеющих температуру стенки ниже температуры насыщения паров серной кислоты, образуются отложения, интенсифицируются процессы коррозии. На электростанциях применяются различные методы борьбы с коррозией. Однако на сегодняшний день из-за коррозионных повреждений и загрязнений РВП температура уходящих газов на большинстве электростанций поддерживается на уровне 160—170°C.

При повреждении набивки РВП со стороны выхода газов разрушению подвергается ранее не корродировавшая область, в последующем происходит постепенное распространение разрушений в другие зоны набивки. Кроме того, изменение различных режимных факторов обуславливает перемещение зон коррозии по высоте пакетов набивки.

Практикуемые в настоящее время совмещения «холодной» и «горячей» набивок в одном роторе имеют ряд серьезных неудобств: обдувка с «горячей» стороны практически невозможна, так как струя теряет свою кинетическую энергию, а обдувка с «холодной» стороны приводит к заносу пластичных отложений в «горячую» часть; термическая деформация элементов РВП возрастает вместе со снижающейся в нем температурой [1], что в свою очередь вызывает увеличение присосов, перетоки и утечки.

В этом плане более совершенным представляется следующее решение. «Горячая» часть, т. е. та часть поверхности, температура которой при всех условиях выше температуры насыщения, оформляется в виде отдельного, желательного рекуперативного, теплообменника. Почти полное отсутствие загрязнения в этой температурной области позволяет выбрать оптимальный по условиям теплопередачи конструктивный вариант. «Холодная» часть выполняется в виде выносного регенеративного воздухоподогревателя, вся поверхность которого оказывается в зоне коррозии. Малый перепад температур сильно уменьшает термические деформации ротора, а следовательно, и присосы. Становится возможной и эффективной двусторонняя обдувка. Наконец, в выносном роторе можно увеличить шаг набивки и реализовать эффект уменьшения коррозии под толстым слоем отложений [2], а также и эффект меньшего роста гидравлического сопротивления.

Как показано в работах [2, 3], отложения на поверхностях нагрева и газопроводов состоят в основном из сульфатов, являющихся ингибиторами коррозии. При переходе к увеличенным шагам набивки в РВП коррозия уменьшается, что объясняется образованием более толстого слоя отложений и торможением процессов диффузии через слой коррозионных агентов.

С увеличением живого сечения для прохода газов при передаче определенного количества тепла в РВП габариты его возрастают. Произведем оценку изменения конструктивных параметров воздухоподогревателя в

зависимости от диаметра. Для сравнения принята холодная секция РВП с обычным шагом набивки ($d_{\text{ЭКВ}} = 10 \text{ мм}$). Предполагается, что предвключенный воздухоподогреватель должен передать одинаковое количество тепла. Скорость дымовых газов принимается неизменной на уровне 10—12 м/сек. Тепло, переданное в РВП, определяется по известному выражению

$$Q = \alpha_{\text{Г}} \chi_1 (\vartheta - t_{\text{СТ}}) H_{\text{П}} = \alpha_{\text{В}} \chi_2 (t_{\text{СТ}} - t_{\text{В}}) H_{\text{П}}, \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{Г}}$, $\alpha_{\text{В}}$ — коэффициент теплоотдачи соответственно с газовой и воздушной стороны, $\text{вт/м}^2 \cdot \text{град}$; ϑ , $t_{\text{СТ}}$, $t_{\text{В}}$ — средняя температура соответственно газов, набивки и воздуха, $^{\circ}\text{К}$; $H_{\text{П}}$ — полная поверхность нагрева, м^2 ; χ_1 и χ_2 — доля живого сечения соответственно газового и воздушного окон по отношению к общему сечению ротора.

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{Г}}$ или $\alpha_{\text{В}}$ для упрощенных типов набивки находится на основании работы [4] по формуле

$$\alpha = 0,021 \frac{\lambda}{d_{\text{ЭКВ}}} \left(\frac{\omega d_{\text{ЭКВ}}}{\nu} \right)^{0,8} \left(\frac{\nu}{a} \right)^{0,4} \left(\frac{T}{T_{\text{СТ}}} \right)^{0,5}, \quad (2)$$

где λ — коэффициент теплопроводности, $\text{вт/м} \cdot \text{град}$; ω — скорость газов или воздуха, м/сек ; ν — коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{сек}$; a — коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{сек}$.

Поскольку значения величин λ , ω , ν , a , T , $T_{\text{СТ}}$ для РВП предлагаемой конструкции и «холодной» секции обычного воздухоподогревателя одинаковы, то, обозначив комплекс

$$0,021 \lambda \frac{\omega^{0,8}}{\nu^{0,4}} \left(\frac{T}{T_{\text{СТ}}} \right)^{0,5}$$

через A_1 , получим

$$\alpha = A_1 \frac{1}{(d_{\text{ЭКВ}})^{0,2}}. \quad (3)$$

Поверхность нагрева, найденная из выражения (1), по аналогии с формулой (3)

$$H_{\text{П}} = A_2 (d_{\text{ЭКВ}})^{0,2}. \quad (4)$$

Полная поверхность, размещаемая в роторе РВП, может быть определена по формуле

$$H_{\text{П}} = \varphi \frac{\pi D_{\text{Р}}^2}{4} l, \quad (5)$$

где φ — коэффициент компактности воздухоподогревателя, $\text{м}^2/\text{м}^3$; $D_{\text{Р}}$ — диаметр ротора, м ; l — высота ротора, м .

С другой стороны,

$$H_{\text{П}} = \frac{\pi D_{\text{Р}}^2}{4} \cdot \frac{l}{t} \cdot 2 = \frac{\pi D_{\text{Р}}^2}{4} \cdot \frac{l}{d_{\text{ЭКВ}}}, \quad (6)$$

где t — шаг набивки, м .

С учетом уравнений (5) и (6), обозначив комплекс постоянных величин через A_3 , получим

$$\varphi = A_3 \left(\frac{1}{d_{\text{ЭКВ}}} \right). \quad (7)$$

Аналогично высота ротора

$$l = A_4 (d_{\text{экв}})^{1,2} \quad (8)$$

Суммарное сопротивление РВП

$$\Delta p = \Delta p_{\tau} + \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{н}}, \quad (9)$$

где Δp_{τ} — потеря на трение, н/м^2 ; $\Delta p_{\text{м}}$ — местное сопротивление, н/м^2 ; $\Delta p_{\text{н}}$ — изменение напора при нагреве воздуха и охлаждении газов, н/м^2 .

Произведя подстановку в уравнение (8) значения составляющих его величин и опустив несложные преобразования, получим

$$\Delta p = A_5 \frac{1}{(d_{\text{экв}})^{0,05}} \quad (10)$$

Потери набивкой металла в результате коррозии в общем случае определяются по формуле

$$G_{\text{м}} = c_{\text{кор}} H_{\text{п}} \tau, \quad (11)$$

где $c_{\text{кор}}$ — скорость коррозии, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{сек}$.

Поскольку $c_{\text{кор}} = f(t_{\text{ст}}, \omega_{\text{г}}, d_{\text{экв}})$, то с учетом формулы (3) будем иметь

$$G_{\text{м}} = A_2 c_{\text{кор}} (t_{\text{ст}}, \omega_{\text{г}}, d_{\text{экв}}) (d_{\text{экв}})^{0,2} \quad (12)$$

Несмотря на увеличение общей поверхности нагрева предвключенного воздухоподогревателя, вследствие уменьшения скорости коррозии потери металла сокращаются [3].

Результаты расчетов по формулам (4), (7), (8), (9), (10), (12) изменения конструктивных параметров и эксплуатационных показателей воздухоподогревателя в зависимости от эквивалентного диаметра набивки представлены на рис. 1. Характер изменения величин показан в от-

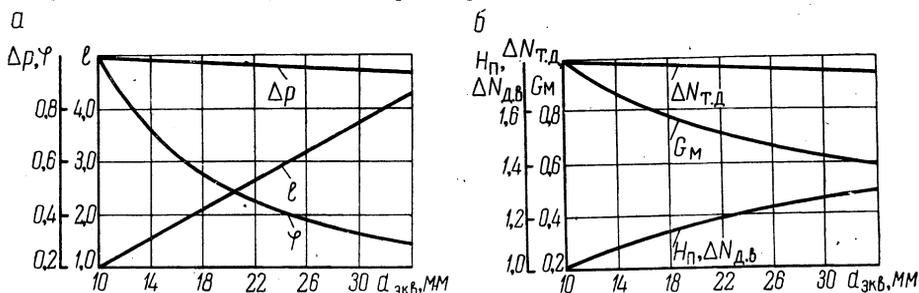


Рис. 1. Характер относительного изменения Δp , l , φ (а) и $\Delta N_{\text{т.д}}$, $G_{\text{м}}$, $H_{\text{п}}$, $\Delta N_{\text{д.в}}$ (б) в зависимости от эквивалентного диаметра:

Δp — гидравлическое сопротивление; l — высота ротора; φ — коэффициент компактности; $\Delta N_{\text{т.д}}$, $\Delta N_{\text{д.в}}$ — мощность на тягу, дутье и на привод дополнительной поверхности, размещаемой в роторе; $H_{\text{п}}$ — полная поверхность ротора; $G_{\text{м}}$ — потери металла в результате коррозии.

носительных единицах. За начало отсчета, т. е. условную единицу, приняты значения величин для «холодной» секции РВП с эквивалентным диаметром 10 мм.

Оптимальная величина эквивалентного диаметра предлагаемого предвключенного воздухоподогревателя определялась на основании совместного рассмотрения сокращения расходов за счет снижения потерь металла от коррозии и эксплуатационных издержек. Как показали рас-

четы, при существующем уровне масштаба цен на топливо и металл наиболее выгоднейшее значение эквивалентного диаметра составляет 28—30 мм.

Установка предвключенного воздухоподогревателя с увеличенным шагом набивки позволяет:

а) исключить коррозию и загрязнения трубчатых поверхностей нагрева котла;

б) снизить температуру уходящих газов и повысить к.п.д. котла;

в) уменьшить при прочих равных условиях коррозию и загрязнения выносного воздухоподогревателя;

г) уменьшить затраты и облегчить замену прокорродировавших секций;

г) без усиления коррозии несколько увеличить избыток воздуха, что приведет к уменьшению сажеобразования и исключению возможности пожаров.

Сравнение воздухоподогревателей — предлагаемого и с эмалированной набивкой (при стоимости последней 8—10 руб/м² и сроке службы ее 5—6 лет) — показывает, что предлагаемая конструкция имеет определенные преимущества.

Следует отметить, что применение эмалированной набивки в РВП с обычным шагом набивки не снимает проблемы очистки поверхности от загрязнений, поскольку слой оседающих частичек золы и сажи имеет тенденцию к неограниченному росту. На предвключенном воздухоподогревателе и в случае применения эмалированной набивки переход в сторону увеличения шага будет весьма целесообразным.

Литература

1. Внуков А. К. Надежность и экономичность котлов для газа и мазута. М., 1966.
2. Внуков А. К., Стриха И. И. Стендовые исследования низкотемпературной коррозии регенеративных воздухоподогревателей. — «Электрические станции», 1972, № 8.
3. Стриха И. И. Исследование низкотемпературной коррозии в котельных агрегатах тепловых электростанций. Автореф. дис. Минск, 1973.
4. Мигай В. К. и др. Регенеративные вращающиеся воздухоподогреватели. Л., 1971.