

Загрязнение поверхностей нагрева и тепловая эффективность вспомогательных котлов при сжигании водомазутных эмульсий

УДК 621.18

Автори: *Акимов Александр Викторович, Горячкин Владимир Юрьевич, Половец Юрий Александрович*

Величина теплового загрязнения атмосферы зависит от значения температуры уходящих из котла газов, которая определяется:

1) возможностью обеспечения минимальной температуры поверхности при выходе газов из котла, которая равна 130 °С при сжигании стандартного топлива и 70...80 °С при сжигании водомазутных эмульсий (ВМЭ) [1];

2) минимально возможной по технико-экономическим показателям величине температурного напора Δt за последней по ходу газов низкотемпературной поверхностью нагрева, которая в последнее время из-за высокой стоимости топлива принимается на уровне 10 °С;

3) интенсивностью загрязнения поверхности нагрева в процессе эксплуатации, которая находится в противоречии с требованиями максимально возможного осаждения загрязняющих веществ (зола, сажи) на низкотемпературных поверхностях нагрева (НТПН) с целью снижения эмиссии токсичных веществ.

Для нахождения расчетных значений толщины загрязнений $\delta_{\text{загр}}$ необходимо знать реальную плотность этих загрязнений (так называемую насыпную массу) с учетом геометрических параметров системы твердых частиц, которые оседают из потока дымовых газов на корродирующую поверхность металла. Вследствие прохождения процессов коррозии нарастание слоя отложений сопровождается ростом слоя сульфатов. Эти два процесса определяют рост слоя загрязнений, который можно рассматривать как порошок, особенно при температурах стенки выше ТТР паров серной кислоты, который состоит из большого числа частиц разных размеров, осевших из потока дымовых газов, а также из продуктов коррозии металла поверхности нагрева. На основе проведенных исследований и данных [2] принято, что при проведении расчетов плотности отложений при сжигании "сухого" топлива степень упаковки находится на уровне 0,67, а при обводненности эмульсии до 30 % степень упаковки

постепенно увеличивается до 0,89. Это связано с увеличением дисперсности частиц. Достоверность принятых допущений оценивалась по окончательным результатам определения коэффициента загрязнения ε . Принятая зависимость изменения степени упаковки, а значит и пористости отложений, определяет значения их насыпной плотности (с учетом насыпной массы) и, следовательно, влияет на интенсивность теплопроводности всего слоя загрязнений. Проведенные расчетные исследования плотности загрязнений разного состава в зависимости от водосодержания ВМЭ W^r с учетом их насыпной плотности дают возможность определять средние значения толщин слоя загрязнений при известной массе. Характер зависимостей объясняется ростом степени упаковки частиц в слое с увеличением обводненности сжигаемого топлива.

На основании имеющихся экспериментальных данных по интенсивности загрязнений при разных значениях температуры стенки $t_{ст}$ и рассчитанных значениях насыпной плотности слоя загрязнений при соответствующих состояниях слоев, которые учитывают изменения количества H_2SO_4 , слоя сульфатов с учетом валентности железа и концентрации кислоты в отложениях, построена зависимость $\bar{\delta}_{загр}$ от температуры стенки. Переменный характер зависимости $\bar{\delta}_{загр}$ от $t_{ст}$, обусловленный разным состоянием слоя загрязнений (от сухого до мокрого с промежуточным участком с парокислотной смесью), указывает на необходимость определения значений $\bar{\delta}_{загр}$ для каждого диапазона значений $t_{ст}$ и требует соответственно проведения позонных расчетов конвективных поверхностей в зависимости от $t_{ст}$.

Для расчетов интенсивности теплопередачи необходимо определить величину среднего значения коэффициента загрязнений $\varepsilon_{загр}$, который входит в уравнения коэффициента теплопередачи, и определяется с учетом термического сопротивления слоя ($\bar{\delta}_{загр}/\lambda_e$), т.е. по отношению толщины слоя загрязнений $\bar{\delta}_{загр}$ к эквивалентной теплопроводности слоя λ_e . Полученные экспериментальные данные интенсивности загрязнений при разных температурах стенки $t_{ст}$, по которым рассчитаны средние значения $\bar{\delta}_{загр.ср}$ и построены зависимости толщины слоя загрязнений $\bar{\delta}_{загр}$ от $t_{ст}$ при $W^r = 2\%$ и $W^r = 30\%$, дают возможность определить значения коэффициентов загрязнений ε при разных температурах стенки, если будут определены значения теплопроводности загрязнений при этих же условиях. Учитывая сложную структуру и многокомпонентный состав загрязнений на НТПН, для определения значений коэффициентов загрязнения ε конвективных НТПН необходимо нахождение эквивалентных коэффициентов теплопроводности λ_e для каждой зоны температур стенки, от которых зависит распределение температур по толщине слоя. При определении λ_e необходимо учитывать степень сухости x

парокислотной смеси в слое, а также зависимость концентрации H_2SO_4 от температуры стенки. Характер распределения зон, толщин слоя конденсата, пароводяной смеси и перегретых паров зависит также от разницы температур газов и стенки, которая определяет перепад температур в слое. В результате проведенных расчетных исследований [4] получены значения эквивалентного коэффициента теплопроводности в зависимости от $t_{ст}$ для трех вариантов состояния слоя отложений при сжигании стандартного топлива с $W^r = 2\%$ и ВМЭ с $W^r = 30\%$.

Полученные зависимости показывают, что значение эквивалентного коэффициента теплопроводности загрязнений зависит от упаковки и размеров частиц в слое, состава и свойств среды, заполняющей пустоты, при соответствующих температурах стенки и пористости.

Результаты расчетов величин $\delta_{загр}$ при температуре стенки $100...110\text{ }^\circ\text{C}$ (в области "кислотного пика") показывают, что с ростом обводнения ВМЭ до 30% вследствие уменьшения концентрации твердых частичек (одной из составляющих загрязнения) в 3 раза, снижения скорости коррозии в 3...5 раз, которая определяет толщину слоя сульфатов [4], имеет место уменьшение толщины загрязнения (по насыпной плотности) почти в 4 раза. Этот эффект формируется также под влиянием акустических волн, постоянно генерируемых благодаря "микровзрывам" капель ВМЭ, что обеспечивает постоянную "слабую" очистку НТПН и увеличивает период между чистками поверхностей нагрева.

Из уравнений, полученных в [1] предоставляется возможность определить периодичность интенсивной очистки, например, путем обмывки, определяемой значением времени воздействия потока дымовых газов, при котором достигается одинаковая толщина загрязнений $\delta_{загр}$, равная 3 мм. При этом принято, что при разных режимах сжигания топлив все отложения удаляются вплоть до слоя сульфатов. Рост слоя сульфатов определяется скоростью коррозии с учетом соотношений валентностей железа.

Результаты расчетных исследований показали, что при переходе на сжигание ВМЭ с $W^r = 30\%$ периодичность очистки увеличивается от 1000 часов при $W^r = 2\%$ до 3000 часов при $W^r = 30\%$, что объясняется уменьшением концентрации твердых частиц в потоке дымовых газов и влиянием акустических волн на толщину отложений.

Література

1. **Акимов, А.В.** Динамика снижения выбросов золы и сажи при сжигании водомазутных эмульсий в котлах [Текст] / А.В. Акимов // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Т.95. Вип. 82. Техногенна безпека. — Миколаїв: Вид-во МДТУ ім. П.Могили. — 2008. — С.39-46.
2. **Волков, А.А.** Исследование теплопроводности отложений на низкотемпературной поверхности утилизационного котла [Текст] / А.А. Волков, В.А. Романов, В.И. Щербинкин. - Судостроение. – 1995. – № 6. - с.22–23.
3. **Тепловой** расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) [Текст] / Изд. 3-е перераб. и доп. – СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
4. **Половец, Ю.А.** Влияние состава отложений на тепловые характеристики низкотемпературных поверхностей нагрева судовых котлов [Текст] /Ю.А. Половец, А.В. Акимов. - Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2005 - №5 (404). – С. 68-77. – Библиогр.: с.77.