

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ НА ВХОДІ В СИСТЕМУ НАГРІВУ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ

**Канд. техн. наук Корженко Є.С, докт. техн. наук, проф. Ткаченко С.Й.,
аспірант Степанов Д.В.**

Найбільше поширена при роботі парових та водогрійних котлів зовнішня низькотемпературна корозія. Цьому виду корозії підлягають металеві поверхні нагріву, які знаходяться в зоні низьких температур. Наприклад, водяні економайзери, повітропідігрівники. Частіше корозією вражаються місця поверхонь нагріву, де вода або повітря входять в котельний агрегат. Зовнішня низькотемпературна корозія виникає в результаті утворення на поверхнях нагріву крапель або плівки вологи, що вступає в реакцію з металевою поверхнею.

Волога з'являється на поверхнях нагріву при конденсації водяної пари з димових газів внаслідок низької температури води (повітря) та відповідно низької температури стінки.

Температура точки роси, при якій проходить конденсація водяної пари, залежить від виду спалюваного палива, його вологості, коефіцієнта зайвини повітря, від величини парціального тиску водяної пари в продуктах згорання [1].

Виключити появу низькотемпературної корозії на поверхнях нагріву можливо в тому випадку, коли температура поверхні з боку газового середовища буде на 5°C вища за температуру точки роси [1]. Така величина температури точки роси відповідає температурі конденсації чистої водяної пари та з'являється при спалюванні палива, яке не вміщує сірки (природний газ) або з невеликим її вмістом $S_{\text{л}}^{\text{P}} < 0,2\%$ (дерев'яні відходи, торф, високовологе та малосірчате буре вугілля).

При спалюванні палива (мазуту), яке вміщує сірку, в продуктах згорання утворюється сірчаний ангідрид SO_2 . Частина цього газу, окислюючись, утворює агресивний сірчаний ангідрид SO_3 , який, розчиняючись в воді, утворює на поверхнях нагріву плівку розчину сірчаної кислоти, в результаті різко підсилюється корозійний процес. Присутність в продуктах згорання пари сірчаної кис-

лоти підвищує температуру точки роси та спричиняє корозію на тих ділянках поверхні нагріву, температура яких значно вища температури конденсації чистої водяної пари. Для умов експлуатації котлів температура точки роси при спалюванні природного газу становить $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2], а при спалюванні мазуту – $125 - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3]. В парових котельних, для більшості випадків, температура води, яка надходить в економайзер, перевищує необхідну температуру тому, що вода надходить з деаераторів атмосферного типу з температурою $102\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Більш складніше це питання розв'язується для водогрійних котельних, тому що температура теплоносія в зовнішньому трубопроводі системи теплопостачання, який надходить в котли, залежить від температури зовнішнього повітря. при температурі зовнішнього повітря $t_{\text{пов}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура води в зворотному трубопроводі $t_{\text{зв}} = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$, а найнижча температура при $t_{\text{пов}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить $t_{\text{зв}} = 33,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Підвищити температуру вхідної води в водогрійний котел $t_{\text{в}}$ можливо способом рециркуляції гарячої води із котла (рис. 1).

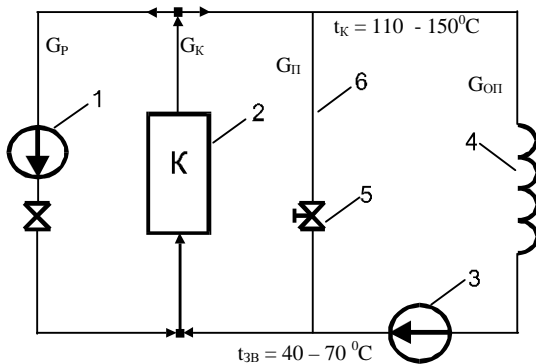


Рис.1. Схема підігріву зворотної теплофікаційної води за рахунок підмішування.
Позначення : 1 – рециркуляційний насос, 2 – водогрійний котел, 3 – насос циркуляційний тепломережі, 4 - споживач, 5 – регулятор температури, 6 - перетинка.

Економічність та надійність роботи системи підігріву води в водогрійному котлі залежить від витрати теплоносія через рециркуляцію $G_{\text{р}}$. Зі збільшенням подачі насоса збільшується температура води, яка надходить в котел, збільшується також температура відхідних газів, а значить знижується ККД котла. Витрата електричної енергії на привід рециркуляційного насоса в цьому випадку зростає.

Інструкціями по експлуатації водогрійних котлів пропонується регулювати роботу системи нагріву теплофікаційної води таким чином, щоб температура води на вході в котли при спалюванні природного газу не опускалася нижче $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ця вимога знижує економічність їх роботи, оскільки протикорозійний захід по підтримці температури стінок поверхонь нагріву $t_{\text{ст}} \geq t_{\text{р}} + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ можливо забезпечити при температурі нижче $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5].

Температуру води на вході в водогрійні котли можливо визначити для умов експлуатації водогрійних котлів при спалюванні природного газу. Розрахунку підлягають також температура стінки.

Згідно [4] методом розрахунку конвективного теплообміну враховується тільки термічний опір від газів до стінки $R_1 = 1 / \alpha_1$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, але нехтується термічними опорами від води $R_2 = 1 / \alpha_2$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ та при передачі теплоти через стінку труби $R_{\text{СТ}} = \delta / \lambda$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, де α_1 , α_2 – коефіцієнти тепловіддачі від газів до стінки та від води до стінки труби поверхні нагріву, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ - товщина стінки, м; λ - коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплопередачі при спалюванні природного газу та мазуту визначається за допомогою формули, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$:

$$K = \psi \cdot \alpha_1 \quad , \quad (1)$$

де $\psi = k / k_0$ – коефіцієнт теплової ефективності поверхні нагріву гладкотрубних пучків;

k_0 , k – коефіцієнт теплопередачі чистих та забруднених труб, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

При спалюванні природного газу за умовами роботи водогрійних котлів $\psi = 0,8$, для мазуту $\psi = 0,6$ [4].

Тепловий потік через стінку труби поверхні нагріву визначаємо за формулою, $\text{Вт} / \text{м}^2$:

$$q = K \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{В}}) = \alpha_1 \cdot \psi \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{В}}) \quad , \quad (2)$$

з іншого боку $q = \alpha_1 \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{СТ}})$, (3)

де $t_{\text{Г}}$, $t_{\text{В}}$, $t_{\text{СТ}}$ - температури газів, води та поверхні теплообміну з боку газового середовища, $^{\circ}\text{С}$.

Порівнявши формули (2) та (3), враховуючи, що температура стінки повинна дорівнювати $t_{\text{СТ}} = t_{\text{р}} + 5 = 55 + 5 = 60^{\circ}\text{С}$, одержимо значення температури води, яка надходить в котел, $^{\circ}\text{С}$:

$$t_{\text{В}} \geq 75 - 0,25 \cdot t_{\text{Г}} \quad , \quad (4)$$

а температура зовнішньої стінки при цьому буде становити при спалюванні природного газу, $^{\circ}\text{С}$:

$$t_{\text{СТ}} \geq 0,8 \cdot t_{\text{В}} + 0,2 \cdot t_{\text{Г}} \quad (5)$$

Аналіз рівняння (4) показує, що, наприклад, при температурі газів $t_{\text{Г}} = 140^{\circ}\text{С}$ температура води на вході в котел потрібно підтримувати $t_{\text{В}} \geq 40^{\circ}\text{С}$,

тобто значно нижче 60°C , яку пропонують інструкції, а температура зовнішньої стінки труб буде становити $t_{\text{СТ}} = 60^{\circ}\text{C}$, умова $t_{\text{СТ}} \geq t_{\text{р}} + 5^{\circ}\text{C}$ при цьому виконується.

Висновки

1. Користуючись формулами (4) та (5) можливо регулювати температуру води на вході в водогрійні котли в залежності від температури води в зворотному трубопроводі $t_{\text{ЗВ}}$, температури води на виході з котла $t_{\text{К}}$ витратою рециркуляції $G_{\text{р}}$. При цьому температура води на вході в котел $t_{\text{В}}$ буде забезпечувати антикорозійний режим, оскільки температура стінки $t_{\text{СТ}} \geq t_{\text{р}} + 5^{\circ}\text{C}$, тобто буде перевищувати температуру точки роси на 5°C .
2. Економічність роботи котлів при такому способі регулювання підвищиться, економія електричної енергії становить 0,8 % та палива 1,2 – 1,5 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щеголев М.М., Гусев Ю.П., Иванова М.С. Котельные установки. -М.: Стройиздат, 1978. – 298 с.
2. Соснин Ю.П., Бухаркин Е.Н. Высокоэффективные газовые контактные водонагреватели. –М.: Стройиздат, 1988. –364 с.
3. Безгрешников А.Н., Липов Ю.М., Шлейфер Б.М. Расчет паровых котлов (в примерах и задачах). –М.: Энергоатомиздат, 1991. – 243 с.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – М.: Энергия, 1973. – 285 с.
5. Корженко Е.С. рекомендации по экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях отрасли. /Инструктивный методический материал. –М. – НИИЭИР, 1983, -96 с.

Кафедра теплоенергетики та газопостачання