

Р. В. Брикайло

ТЕРМІЧНЕ СУШІННЯ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВАННЯ ПИЛОВУГІЛЬНОГО КОТЛА

Описано новий спосіб захисту зовнішніх поверхонь нагрівання енергетичного котла під час простоювання та після водяного обмивання. Наведено результати експериментальних досліджень процесу термічного сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання пиловугільного котла ТП-10 за допомогою циркуляції живильної води по пароводяному контуру. Визначено оптимальні показники роботи схеми термічного сушіння.

Вступ

У разі виведення енергоблоків у резерв умови перебування зовнішніх поверхонь нагрівання котлів відрізняються від умов експлуатації. Під час експлуатації безперервно поповнюється витрачена на окислення металу сірчана кислота, зберігається висока температура поверхонь, інтенсивність корозії визначається концентрацією H_2SO_4 і температурою металу. При виведенні з експлуатації обладнання його температура невелика і визначається фактично кліматичними і погодними умовами, наявними відкладеннями на поверхнях нагрівання. У цьому випадку інтенсивність корозії залежить головним чином від концентрації H_2SO_4 [1]. Але протікання корозії можливе тільки за наявності відповідної кількості вологи, яка, по-перше, розчиняючи кислоту, знижує її концентрацію до рівня найбільшої агресивності, по-друге, створює умови для перенесення молекул кислоти безпосередньо до поверхні металу. Реальну загрозу для металу становить тільки такий стан відкладень, коли сірчана кислота може вільно дифундувати до його поверхні.

Таким чином низькотемпературна корозія має дві схеми розвитку:

- корозія в умовах проведення регулярних очищень поверхонь за рахунок дії на метал концентрованої сірчаної кислоти під час охолодження поверхні до температури кислотної точки роси;
- корозія, яка відбувається під дією сірки золових відкладень і продуктів корозії, які містять у своєму складі сірчану кислоту [2].

Для зменшення стоянкової корозії металу зовнішніх поверхонь нагрівання котла необхідно:

- знизити вологість повітря в межах поверхонь нагрівання;
- забезпечити випаровування сірчаної кислоти із залишених відкладень та її вилучення з газового тракту котла.

Мета та постановка задачі

Метою роботи є розробка заходів щодо підвищення ефективності та збереження пиловугільного котла під час простоювання та після водяного очищення.

Задачі, які необхідно розв'язати:

- розробити ефективну схему захисту зовнішніх поверхонь нагрівання пиловугільного котла під час простоювання та після водяного очищення;
- експериментально визначити витрати енергії на термічне сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання пиловугільного котла типу ТП-10 після водяного очищення відповідно до розробленої схеми.

Термічне сушіння поверхонь нагрівання пиловугільного котла типу ТП-10 за допомогою циркуляції живильної води

Основні зусилля, спрямовані на захист зовнішніх поверхонь від стоянкової корозії, направлені на зменшення або запобігання агресивності кислих відкладень, вилучення наявної вологи. Зменшення або запобігання появи корозії під час простоювання котлів можливе завдя-

ки впровадженню таких заходів:

- термічного сушіння повітропідігрівників перед зупинкою [3];
- часткової або повної нейтралізації кислотності відкладень шляхом переведення котла на спалювання природного газу перед зупинкою [4];
- якісного очищення поверхонь нагрівання від відкладень, у разі необхідності — нейтралізація лужним розчином;
- термічного сушіння для підтримання поверхонь сухими [5];
- введення присадок та застосування антикорозійних матеріалів.

На ТЕС України найпоширенішим є спосіб термічного сушіння з використанням власного калорифера. На Бурштинській ТЕС та Київській ТЕЦ-5 повітря, нагріте в калориферах до температури 50...90 °С, рухається по газоповітряному тракту за рахунок самотяги котла і димової труби. На Вуглегірській ТЕС висушування зовнішніх поверхонь котла з газової сторони здійснюється від турбоповітродувки котла з калориферним підігрівом на рівні 70...80 °С [5].

Але не всі котли обладнані калориферами. З іншої сторони різниця температур між початковою температурою повітря і на виході із хвостових поверхонь нагрівання котла складає 15...20 °С, що свідчить про незадовільні умови теплообміну (низька швидкість повітряного потоку по газовому тракту котла, яка складає 0,1...0,2 м/с; нерівномірність сушіння газового тракту). Тому, вибирання способу термічної консервації, необхідно враховувати конструктивні особливості устаткування та визначати економічну доцільність його впровадження. Найефективнішим буде використання енергозбережної замкнутої схеми для підтримання оптимальної вологості в газовому тракті котла з можливістю видалення з нього насичених сірчаною кислотою газів та наявної вологи.

На рис. 1 показаний спосіб захисту зовнішніх поверхонь нагрівання котла під час простоювання (після водяного очищення) шляхом нагрівання металу та залишених відкладень для випаровування агресивних компонентів за допомогою тепла, переданого конвективним теплообміном від живильної води, яка циркулює внутрішніми радіаційними та конвективними поверхнями нагрівання, і вилучення цих компонентів за межі котла [6].

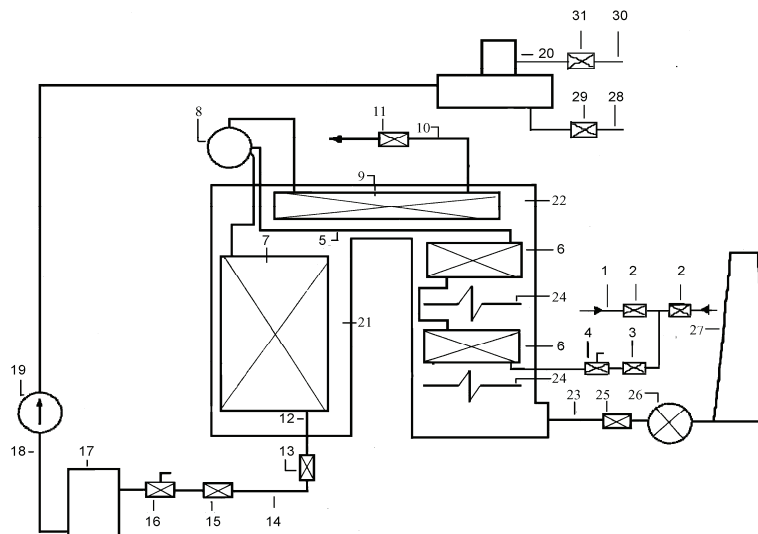


Рис. 1. Консервація поверхонь нагрівання за допомогою циркуляції живильної води:

- 1 — загальностанційний трубопровід; 2, 3, 11, 13, 15, 25, 29, 31 — запірні арматури;
- 4, 16 — регулююча арматура; 5 — трубопровід; 6 — водяний економайзер; 7 — екранна система;
- 8 — барабан; 9 — пароперегрівник; 10 — трубопровід; 12 — дренажна лінія; 14 — додатково встановлений трубопровід; 17 — бак дренажної води; 18 — трубопровід; 19 — дренажна помпа; 20 — деаератор; 21 — топка;
- 22 — конвективна шахта; 23 — газопровід; 24 — рекуперативний повітропідігрівник; 26 — димосос;
- 27 — димова труба; 28 — водовирівнювальний трубопровід; 30 — паровирівнювальний трубопровід

Живильна вода, віддавши тепло, через дренажну лінію екранної системи і додатково встановлений трубопровід відводиться в бак дренажної води, звідки дренажною помпою подається в деаератор. Живильна вода подається в пароводяний контур котла із загальностанційного

трубопроводу (іншого джерела тепла) і циркулює по ньому.

Відкриття запірної арматури 25 дає змогу використати самотягу димової труби для переміщення тепла, виділеного із зовнішніх поверхонь нагрівання, по газовому контуру котельної установки і тим самим забезпечити нагрівання рекуперативного повітропідігрівника, а також скидати випарувані агресивні компоненти через газопровід в димову трубу.

Інтенсивнішому нагріванню поверхонь та залишених відкладень, а також переміщенню тепла і вилученню агресивних компонентів з котла сприятиме збільшення витрати живильної води та періодичне включення димососа. Застосування термічного сушіння вкрай актуальне після проведення водяного очищення зовнішніх поверхонь нагрівання котла, під час якого на останніх накопичуються значна кількість вологи.

На пиловугільному котлі типу ТП-10 ст. № 5 Добровірівської ТЕС (рис. 2) проведено експлуатаційне випробування процесу термічного сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання після водяного очищення за вищенаведеною схемою. Котел ТП-10 – барабанний, з паропродуктивністю 220 т/год, тиск і температура перегрітої пари – 99 кгс/см² і 540 °С, відповідно, температура відхідних газів – 160 °С (на рис. 2 вказані експлуатаційні температури робочого середовища та димових газів). Термічне сушіння поверхонь нагрівання здійснюється завдяки циркуляції живильної води по пароводяному тракту котла: водяний економайзер II та I ст., барабан, екранна система.

Процес термічного сушіння проходив у три етапи:

а) сушіння трубних поверхонь економайзера під час проходження через економайзер живильної води з температурою на вході в економайзер на рівні 180...200 °С. Влага з поверхонь труб випаровується, труби нагріваються до температур 80...100 °С, нагріваючи при цьому оточуючий їх повітряний простір;

б) за рахунок самотяги, яка виникає внаслідок нещільностей (присмоктів), нагріте навколо труб економайзера повітря переміщується по газовому контуру котельної установки, нагріваючи поверхні повітропідігрівника. Внаслідок цього відбувається сушіння цих поверхонь.

в) вмикання димососа, що забезпечує вимушену циркуляцію нагрітого повітря по газовому тракту. Проходить інтенсивне сушіння поверхонь повітропідігрівника та стін конвективної шахти і викид зволоженого повітря через димову трубу в атмосферу.

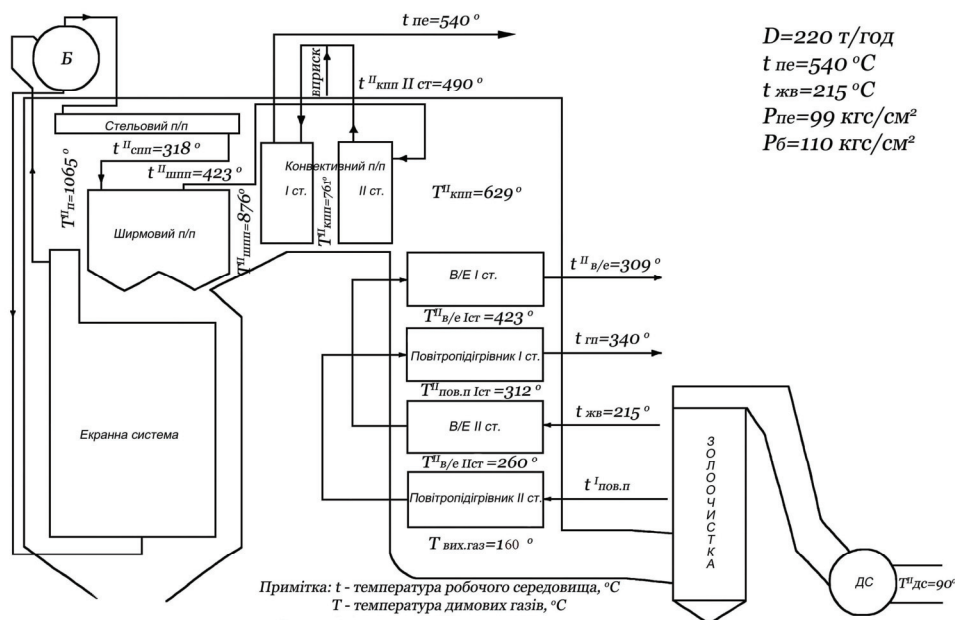


Рис. 2. Принципова схема котла ТП-10 ст. № 5:

Б – барабан, п/п – пароперегрівник, в/е – водяний економайзер, ДС – димосос

На рис. 3 зображено зміну температури повітря по висоті конвективної шахти котла ТП-10 під час термічного сушіння (як приклад дослід 4: направляючі димососів під час сушіння відкриті, димосос включено о 15,15 год.).

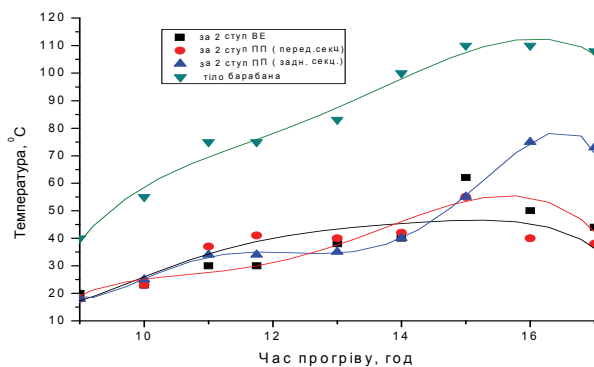


Рис. 3. Залежність температури повітря по висоті конвективної шахти котла ТП-10 ст. № 5 під час термічного сушіння

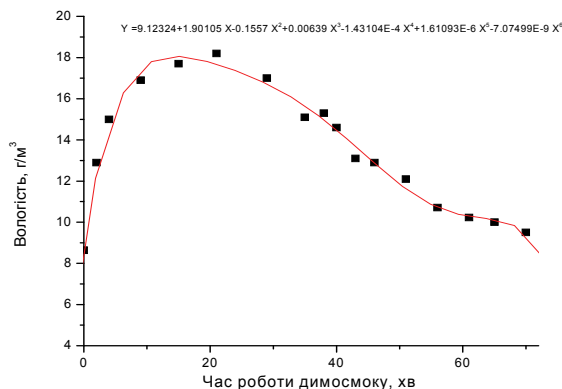


Рис. 4. Залежність абсолютної вологості повітря після повітропідігрівника II ст. котла ТП-10 ст. № 5 ДТЕС (абсолютна волога фону 6 г/м³)

Як впливає з рис. 3, включення димососа забезпечує інтенсивне переміщення підігрітого повітря до останньої поверхні нагрівання – повітропідігрівника: температура повітря в межах водяного економайзера зменшується, а в задній секції повітропідігрівника зростає до 70...75 °С.

На рис. 4 показана залежність абсолютної вологості повітря після повітропідігрівника II ст. під час роботи димососа в процесі термічного сушіння котла (4-й дослід). Це повітря є відпрацьованим (зволоженим) сушильним агентом на виході з котла і динаміка зміни його вологості найповніше характеризує процес термічного сушіння поверхонь котла: протягом перших 20 хвилин роботи димососа волога з газового тракту котла переміщується за повітропідігрівник II ст.; подальше зменшення кількості вологи вказує на її вилучення за межі котла. Зміна абсолютної вологості повітря після повітропідігрівника II ст. котла ТП-10 ст. № 5 під час роботи димососа описується поліномом 6 степеня

$$Y = 9,12324 + 1,90105 \cdot X - 0,1557 \cdot X^2 + 0,00639 \cdot X^3 - 1,43104 \cdot 10^{-4} \cdot X^4 + 1,61093 \cdot 10^{-6} \cdot X^5 + 7,07499 \cdot 10^{-9} \cdot X^6 \quad (1)$$

Під час 2-го дослідів на котлі ТП-10 ст. № 5 була отримана подібна залежність. На основі проведених вимірювань було створено об'єднаний масив даних для 2-го та 4-го дослідів, побудовано відповідний графік (рис. 5) та отримано апроксимаційну формулу, яка має вигляд

$$\left(\rho - \rho_{\text{ф}}\right) / \left(\rho_{\text{макс}} - \rho_{\text{ф}}\right) = 0,0101 + 0,990 \cdot e^{-\tau / 37,3}, \quad (2)$$

де ρ – абсолютна волога в газовому тракту, г/м³; $\rho_{\text{ф}}$ – абсолютна волога фону, г/м³; $\rho_{\text{макс}}$ – максимальна волога в газовому тракту, г/м³; τ – час після проходження максимуму вологості, хв.

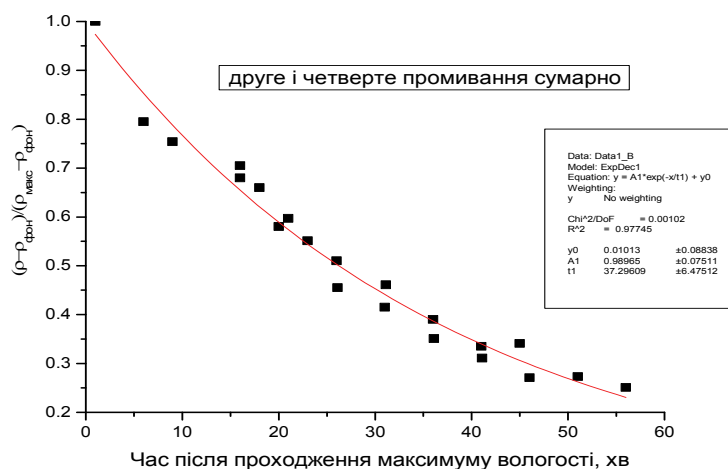


Рис. 5. Залежність спаду вологості від тривалості роботи димососа (друге і четверте обмивання, направляючі димососів закриті)

Формула (2) є апробованою функціональною залежністю (математичною моделлю) кінцевої фази процесу термічного сушіння. За цією формулою можна оцінити тривалість сушіння, а саме час роботи димососа після проходження максимуму вологості, за різних величин кінцевого значення абсолютної вологості в газоході котла (за повітропідігрівником II ст.), а отже і в котлі в цілому, а також від вологості фону.

За результатами експериментальних досліджень термічного сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання котла ТП-10 ст. № 5 встановлено оптимальні показники роботи схеми:

1. Витрата живильної води — 2...3 л/с.
2. Тривалість сушіння — 7...9 год. Тривалість визначається досягненням температури в газовому тракті за конвективним пароперегрівником II ст. 70...80 °С.
3. Затрати теплової енергії на проведення процедури сушіння складають 30...50 ГДж.
4. Затрати електричної енергії, пов'язані з роботою димососа, живильного насоса і дренажного насоса становлять 1094 кВт·год.

Висновки

Для підвищення ефективності та збереження пилувугільного котла під час простоювання та після водяного очищення розроблено новий спосіб захисту зовнішніх поверхонь нагрівання — термічне сушіння за допомогою циркуляції живильної води.

За результатами експериментальних досліджень, проведених на котлі типу ТП-10 ст. № 5 ДТЕС, підтверджено ефективність нового способу термічного сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання та визначено оптимальні показники його роботи: витрата живильної води — 2...3 л/с; тривалість сушіння — 7...9 год, визначається досягненням температури в газовому тракті за конвективним пароперегрівником II ст. 70...80 °С; витрати теплової та електричної енергії становлять 30...50 ГДж та 1094 кВт·год, відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корчевой Ю. П. Некоторые проблемы очистки дымовых газов ТЭС Украины от оксидов серы / Ю. П. Корчевой, И. А. Вольчин, А. С. Карацуба // Энергетика и электрификация. — 2001. — № 8. — С. 41—42.
2. Магадеев В. Ш. Коррозия газового тракта котельных установок / В. Ш. Магадеев. — М. : Энергоатомиздат, 1984. — С. 269—270.
3. Внуков А. К. Теплохимические процессы в газовом тракте паровых котлов / А. К. Внуков. — М. : Энергоиздат, 1981. — 367 с.
4. Янко П. І. Режими експлуатації енергетичних котлів / П. І. Янко, Й. С. Мисак. — Л. : НВФ «Українські технології», 2004. — С. 75, 90, 183—189, 197, 272.
5. Усатый А. В. Консервация оборудования блока 800 МВт Угледорской ТЭС подогретым воздухом / А. В. Усатый, В. В. Нечаев // Энергетика и электрификация. — 2005. — № 6. — С. 43—44.
6. Патент України № 94510 на винахід. Котельна установка / Р. В. Брикайло, Й. С. Мисак. — U200910705 ; заявл. 23.10.2009.; опублік. 10.05.2011, Бюл. № 9.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 18.10.12
Рекомендована до друку 3.12.12

Брикайло Роман Володимирович — начальник виробничо-технічного відділу.
Добротвірська ТЕС ПАТ «Західенерго», Львівська область