

УДК 621.182.4

*Розглянуто методи захисту пароводяного та газоповітряного трактив котла під час простоювання у резерві. Оцінено затрати енергії, необхідні для захисту металу поверхонь нагріву від стоянкової корозії*

*Ключові слова: резерв, корозія, втрати енергії*

*Рассмотрены методы защиты пароводяного и газозвоздушного трактов котла во время простоя в резерве. Оценены затраты энергии, необходимые для защиты металла поверхностей нагрева от стояночной коррозии*

*Ключевые слова: резерв, коррозия, потери энергии*

*The defence methods of water-vapor and air-gas caldron highways are considered during an outage in reserve. The expenses of energy are appraised needed for protection of metal heating surfaces from outage corrosion*

*Key words: allowance, corrosion, loss of energy*

## ЗАХИСТ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ ПІД ЧАС ПРОСТОЮВАННЯ КОТЛІВ

**Я.Ф. Івасик**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний телефон: (032) 240-43-86, 067-672-55-61

E-mail: ivasyk@ukr.net.ua

**Є.М. Якимів**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 067-398-90-95

**М.Я. Кузнецова**

Кандидат технічних наук, асистент\*

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 097-946-64-18

E-mail: kuznetsovam83@gmail.com

\*\*Кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій  
Національний університет "Львівська політехніка"  
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

### Вступ

На сьогодні у зв'язку із значними змінами в режимах енергоспоживання і тепlopостачання на теплових електричних станціях різко збільшилась як кількість зупинок, так і тривалість простоювання котлів. Наслідком цього є можливість корозійного пошкодження поверхонь нагріву котлів, пароводяного тракту і лопаткового апарату парових турбін стоянковою корозією. Надійний захист від стоянкової корозії забезпечує збереження обладнання, зменшення затрат на ремонт і відновлення, підтримання на проектному рівні техніко-економічних показників роботи ТЕС. Тривалий простій обладнання висуває додаткові більш жорсткі вимоги до якості консервації, використання ефективних і технологічних способів консервації обладнання. При цьому важливим аспектом є необхідність консервації всього обладнання ТЕС, включаючи допоміжне, а також впровадження технологій, що не потребують періодичної переконсервації.

### Результати досліджень

Для консервації барабанних і водогрійних котлів на ТЕС нормативними документами передбачені такі технології: 1 – суха зупинка; 2 – підтримання надлишкового тиску при прокачуванні води; 3 – оброблення гідразином; 4 – оброблення трилоном; 5 – фосфатно-аміачне оброблення; 6 – оброблення плівкоутворюючими амінами; 7 – заповнення захисними лужними розчинами, силікатом натрію,

гідроксидом кальцію; 8 – заповнення розчином контактного інгібітора; 9 – заповнення азотом; 10 – прокачування підігрітим або осушеним повітрям.

Під час консервації теплоенергетичного обладнання найпоширенішими є технології, які базуються на:

1 – утворенні захисної плівки на поверхні металу під дією реагентів консервації (гідразин, аміак, трилон Б, силікат натрію і ін.);

2 – створенні в пароводяному тракту середовища, корозійна активність якого до металу є низькою (використання азоту, підігрітого або осушеного повітря, збереження протоку робочого середовища при підвищеному тиску).

Всі наведені вище методи консервації пароводяного тракту базуються на захисті металу від контакту з агресивним середовищем, зокрема киснем. Наприклад, гідразин та трилон Б утворюють на поверхні металу захисні плівки, які ізолюють метал від дії кисню, окрім цього, гідразин додатково зв'язує розчинний у воді кисень. Швидкість корозії металу у воді суттєво залежить від рН середовища. Так, присутність у воді, яка насичена киснем, іонів водню викликає відновлення кисню і інтенсивну корозію металу. З метою зниження швидкості корозії підвищують рН консервуючого розчину (додавання аміаку), що забезпечує захист обладнання від корозії з водневою деполяризацією.

Для консервації теплоенергетичного обладнання на нетривалий термін доцільно використовувати технології, які не вимагають зливу робочого середовища. Зокрема, підвищують тиск в пароводяному тракту котла, обробляють розчином гідразину і проводять аміачну консервацію. Ці технології забезпечують

достатній захист від корозії та дають змогу швидко вивести котел з консервації.

Під час виведення обладнання з експлуатації на тривалий термін використовують сухі способи консервації пароводяного тракту. Найпростішим методом виведення обладнання в сухий резерв є злив з котлоагрегата гарячої води і його висушування шляхом відкривання усіх люків і лазів для виходу утвореної пари. На практиці для покращення і пришвидшення висушування використовують слабе обігрівання порожнього котлоагрегата або вакуумне висушування. Такі методи висушування вимагають витрати певної кількості енергії, розрахунок якої є необхідним.

Для встановлення кількості енергії, яка необхідна для виведення обладнання у сухий резерв були проведені експериментальні дослідження на пилувугільних котлах типу ТП-100 та газомазутних котлах типу ТГМП-314 і ТГМП-344А енергоблоків потужністю 200, 250/300 і 300 МВт (табл.).

Таблиця

## Витрати енергії на один цикл вакуумного висушування

№	Тип котла і енергоблоку	Електроенергія на привід pomp, кВт·год	Теплова енергія під час роботи ежекторів, ГДж/год
1	Котел ТП-100, енергоблок 200 МВт	876	11,15
2	Котел ТГМП-314, енергоблок 300 МВт	3970	26,4
3	Котел ТГМП-314, енергоблок 250/300 МВт	9610	43,44
4	Котел ТГМП-344А, енергоблок 250/300 МВт	8510	43,44

На основі одержаних результатів встановлено, що витрати електроенергії на привід pomp для видалення конденсату з водяного тракту суттєво залежать від типу енергоблоку. Так, для енергоблоку 200 МВт витрати електроенергії на привід pomp є на порядок меншими в порівнянні з витратами на енергоблоках 250/300 МВт. Таку значну різницю можна пояснити різним типом обладнання, що використовується на даних енергоблоках, та змінним коефіцієнтом завантаження електродвигунів pomp.

При проведенні вакуумного висушування з використанням ежекторів турбіни (ежекторів ущільнень турбіни, пускових і основних ежекторів) втрати теплової енергії в меншій мірі залежать від типу енергоблоку.

Для повної консервації енергоблоку, окрім захисту пароводяного тракту, необхідно проводити також захист газоповітряного тракту котла. На відміну від корозії пароводяного тракту, яка викликана присутністю кисню, корозія газоповітряного тракту зумовлена наявністю вільної сірчаної кислоти, що утворюється при взаємодії водяної пари з сірчанам ангідридом ( $\text{SO}_2$ ) і накопичується у відкладеннях. Відомо [1], що при спалюванні мазуту вміст вільної сірчаної кислоти у низькотемпературних відкладеннях на поверхнях нагріву може досягати 25-70%. Ще одним джерелом утво-

рення сірчаної кислоти є гідратація продуктів корозії у відкладеннях поверхонь нагріву, температура яких не перевищує 400-450°C. В таких відкладеннях через високу гігроскопічність продуктів корозії (сульфати заліза (II) і (III)) накопичується велика кількість води і створюються умови для проходження гідратації, яка відбувається за схемою:  $\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ . Висока гігроскопічність соляної кислоти та продуктів корозії також має вплив на швидкість корозії, оскільки, як відомо, максимальна швидкість корозії заліза спостерігається в 50%-ній  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [2].

В цих умовах для захисту газоповітряного тракту при консервації енергоблоків необхідно вжити заходи, які будуть направлені на зменшення негативних наслідків від присутності соляної кислоти. У випадку планового виведення енергоблоку в резерв застосовують перехід на спалювання малосірчистих палив, наприклад, природного газу. Такий перехід сприяє випаровуванню вільної сірчаної кислоти з відкладень і її винесення з котла. Встановлено [3], що більше 80% вільної сірчаної кислоти випаровується з шару відкладень приблизно за половину часу від повного винесення. Однак цей метод не може бути використаний у випадку аварійної зупинки котла. При позаплановій зупинці котла можна застосувати підвищення температури металу газоповітряного тракту за рахунок підігріву повітря в калориферах або використання термосушіння. Підтримання температури металу вище точки роси дозволяє не лише запобігти конденсації вологи та усунути раніше поглинуту вологу, але і створити умови для виведення вільної кислоти з відкладень. В режимі термосушіння температура металу підтримується на рівні 220-250°C, що дає змогу проводити видалення вільної сірчаної кислоти з відкладень значно швидше.

Розглянуті технології консервації газоповітряного тракту належать до короткотривалих [4] і не вимагають очищення металевих поверхонь від відкладень. При виведенні обладнання на термін більше 13 діб необхідно застосовувати технологію довготривалої консервації, яку можна поділити на два етапи: на першому очищують поверхні газоповітряного тракту від відкладень, на другому підтримують очищені поверхні у сухому стані.

З метою встановлення витрат теплоти на консервацію газоповітряного тракту були проведені дослідження на газомазутних котлах ТГМП-314, ТГМП-344. Захист від корозії здійснювався шляхом транспортування підігрітого в калориферах повітря, рух повітря по газоповітряному тракту відбувався за рахунок самотяги димової труби. Повітря підігрівалося в калориферах типу КСО-110 і через регенеративний повітропідігрівник поступало в котел, де нагрівало поверхні нагріву і відводилося в димову трубу. Для котла ТП-100 рух повітря через калорифер та газоповітряний тракт котла також здійснювався за рахунок самотяги димової труби при закритих шибах в газоходах і напрямних апаратів димосмоків.

Оскільки повітря, яке подається в котел для захисту від корозії, має мати постійні параметри і температуру вище точки роси, тобто не нижче 70°C, і відносну вологість не вище 40%, необхідно знати витрату тепла на підігрів повітря залежно від зовнішніх умов (змінна температура, відносна вологість зовнішнього

повітря). На рис. 1 наведено залежність кількості тепла, необхідного для захисту газоповітряного тракту, від температури зовнішнього повітря.

Як бачимо, витрата тепла для захисту газоповітряного тракту суттєво залежить від зовнішніх умов, а також від конструкції котлів.

Проведеними дослідженнями також встановлено, що схема транспортування підігрітого повітря через регенеративний повітропідігрівник з працюючим ротором та відведеними плитами радіальних ущільнень є неефективною. Це викликано перетіканням значної частини підігрітого повітря через зазори, які утворенні відведеними плитами радіальних ущільнень, а також переносом підігрітого повітря ротором в обхід котла безпосередньо в газохід перед димовою трубою. Підведення радіальних ущільнень в робоче положення, а також зупинка ротора забезпечує протікання усього підігрітого в калорифері повітря через газоповітряний тракт котла, що дозволяє підвищити температуру металу поверхонь нагріву та ефективніше використовувати тепло повітря.

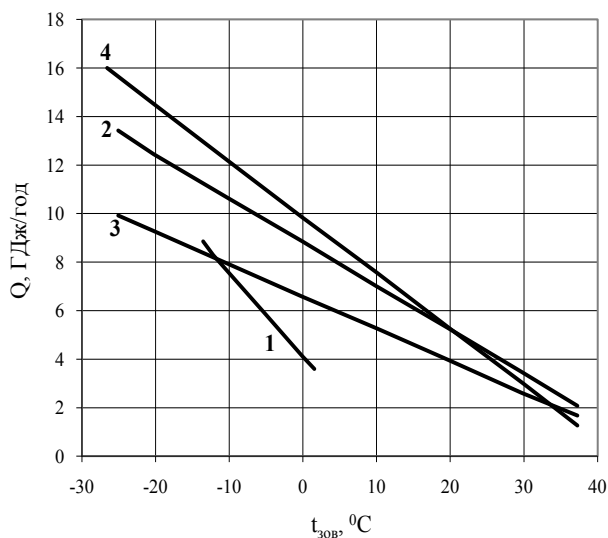


Рис. 1. Залежність витрати тепла для захисту зовнішніх поверхонь нагріву від температури зовнішнього повітря (температура підігріву повітря 90°C): 1 - Котел ТП-100, енергоблок 200 МВт; 2 - Котел ТГМП-314, енергоблок 300 МВт; 3 - Котел ТГМП-314, енергоблок 250/300 МВт; 4 - Котел ТГМП-344А, енергоблок 250/300 МВт

Окрім описаних методів консервації поверхонь нагріву підігрітим повітрям можна також використати схему, за якою нагрів газоповітряного тракту відбувається шляхом прокачування гарячої води через екранні і інші розміщені за ними поверхні котла [5]. В цьому випадку газоповітряний тракт буде прогріватись завдяки потоку повітря, яке рухається внаслідок самотяги димової труби. Даний метод може бути використаний при виведенні котла з експлуатації на нетривалий термін, коли не відбувається зливу робочого середовища з пароводяного тракту.

Під час сухої консервації і наявності в якості палива природного газу підтримувати газоповітряний тракт в сухому стані можна періодичним включенням газових пальників.

### Висновок

Таким чином, проведення досліджень з виведення в резерв пилувугільних та газомазутних котлів типу ТП-100, ТГМП-314, ТГМП-344А енергоблоків потужністю 200, 250/300, 300 МВт дало змогу встановити, що найбільший вплив на величину втрат теплової та електричної енергії має тип обладнання, яке встановлене на даних енергоблоках, а також технологічні схеми, які використовуються для захисту котлів в резерві.

### Література

1. Магадеев, В.Ш. Коррозия газового тракта котельных установок [Текст] / В.Ш. Магадеев. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 271 с.
2. Мальцева, Г.Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии [Текст] : учеб. пособие / Г.Н. Мальцева; под ред. С.Н. Виноградова. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. - 211 с.
3. Янко, П.І. Режимы эксплуатации энергетических котлов [Текст] / П.І. Янко, Й.С. Мисак. - Львів: Українські технології, 2004. - 272 с.
4. ГҚД 34.25.502-95. Збереження устаткування енергоблоків 150, 200, 250, 300, 800 МВт у стані довготривалого резерву. Правила [Текст]. - Затв. Мін. енерг. України 26.05.95. - К., 1995. - 86 с.
5. Янко, П.І. Консервация зовнішніх поверхонь котельного обладнання [Текст] / П.І. Янко // Энергетика и электрификация. - 1995. - № 6. - С. 7-9.