

УДК 621.311.22

СУШІННЯ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВАННЯ КОТЛІВ ТП-10 ЗА ДОПОМОГОЮ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ

М.П. Кузик

Кандидат фізико-математичних наук, доцент*
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 066-958-38-41
E-mail: r.g.kuzyk @ gmail.com

Р.В. Брикайло

Начальник виробничо-технічного відділу
Добротвірської ТЕС ПАТ «Західенерго»
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 0504318512
E-mail: Brykailo @ gmail.com

Й.С. Мисак

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
*Кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій
Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 096-436-80-63
E-mail: s.mysak @ yandex.ru

Розглянено процедуру водяного обмивання і наступного сушіння котла ТП-10. Термічне сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання котла здійснюється шляхом подачі в його пароводяний тракт живильної води з загальностанційного трубопроводу

Ключеві слова: обмивання котлів, сушіння котлів

Рассмотрена процедура водяной обмывки и последующей сушки котла ТП-10. Термическая сушка внешних поверхностей нагрева котла осуществляется путем подачи в его пароводяной тракт питательной воды с обще-станционного трубопровода

Ключевые слова: обмывка котлов, сушка котлов

The water bathing and subsequent drying boiler ТП -10 is considered. Thermal drying of the external surfaces of the boiler heating is carried out by feeding into steam path from a general feed water pipeline station

Keywords: boiler bathing, boiler drying

1. Постановка проблеми

Питання, про які йде мова в статті, відносяться до енергозберігаючих технологій. Серед факторів, які призводять до погіршення техніко-економічних показників роботи пилосугільних котлів, важливе місце займає забруднення (відкладення) зовнішніх поверхонь нагріву. Як показали дослідження, після 600-800 год роботи котлів ТП-10, температура відхідних газів зростає на 5-6⁰С, а питома витрата умовного палива на виробництво електроенергії зростає на 0,45-0,60 %.

До хімічного складу низькотемпературних відкладень входять, в основному, вільна сірчана кислота, продукти корозії металу та складові золи палива [1].

Слабкоконцентрована сірчана кислота, яка утворюється під час взаємодії SO₃ і водяної пари, конденсується на поверхнях нагріву у випадку охолодження димових газів до температури, меншої за точку роси. Кислота абсорбується відкладеннями і в подальшому переноситься до поверхні металу, що спричиняє інтенсивну низькотемпературну корозію.

Практикою експлуатації та проведеними дослідженнями встановлено, що повністю очистити поверхні від відкладень можливо лише за допомогою водяного обмивання. Існуючі способи очищення - дробове, обдування парове, газове, повітряне тощо для цього

непридатні, і є ефективними у період між обмиваннями.

Після обмивання необхідно провести якісне сушіння всіх зволжених поверхонь котла, щоб мінімізувати вплив атмосферної корозії.

2. Аналіз досліджень і публікацій

Існуючі схеми сушіння в основному зорієнтовані на використанні підігрітого в калориферах повітря. Але не усі котла обладнані калориферами. В цій ситуації можна використовувати сушіння поверхонь котла шляхом подачі живильної води в пароводяний тракт котла [2, 3]. Метод реалізується за допомогою схеми поданої на рис.1 і його суть полягає в наступному. Теплота, передана конвективним теплообміном від живильної води, яка поступає в пароводяний тракт з загальностанційного трубопроводу 1, переміщується по газовому контуру, нагріває зовнішні поверхні нагрівання та залишену на них вологу, яка вилучається за межі котельної установки завдяки включенню димотяга та частково завдяки самотязі димової труби. Живильна вода, віддавши тепло, через дренажну лінію 12 екранної системи 7 і трубопровід 14 відводиться в бак дренажної води 17, звідки дренажною помпою 19 подається в деаератор 20.

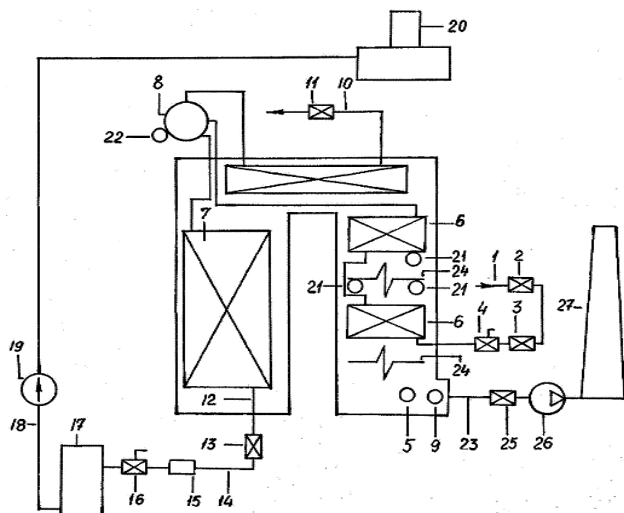


Рис. 1. Схема сушіння та проведення експлуатаційних випробувань: 1 – загальностанційний трубопровід; 2,3,11,13,25,29,31 – запірні арматури; 4,16 – регулююча арматура; 5 – термогігрометр; 6 – водяний економайзер; 7 – екранна система; 8 – барабан; 9 – термоанемометр; 10 – трубопровід; 12 – дренажна лінія; 14 – додатково встановлений трубопровід; 15 – витратомір; 17 – бак дренажної води; 18 – трубопровід; 19 – дренажна помпа; 20 – деаератор; 21 – штатні термомпари в конвективній шахті; 22 – штатна термомпара на корпусі барабана; 23 – газопровід; 24 – рекуперативний повітропідігрівник; 26 – димотяг; 27 – димова труба

а саме, на відмітках 9, 16 і 21 м в паливній і 25,7 та 2 м (підбункерник) в конвективній шахті. Також вимірювали відносну вологість і температуру на відмітці 8 м (приміщення котельного відділення) та 0 м (зольня). Ці вимірювання проводили за допомогою термогігрометра ВТ-1Р.

- Температура та тиск живильної води на вході в котел. За допомогою штатних приладів.
- Температура живильної води на вході в дренажний бак. За допомогою пірометричного термометра.
- Витрата живильної води на вході в дренажний бак. Здійснювали за допомогою ультразвукового витратоміра Panometrics РТ-1878. Похибка вимірювання витрати води в трубах діаметром менше 150 мм не перевищує 5%.
- Швидкість руху газів (повітря) в газоході. За допомогою термоанемометра ТА-8. Основна похибка вимірювання швидкості повітря в діапазоні 0,05-2 м/с не більше 5%.
- Час роботи димотяга. За допомогою секундоміра.
- Потужність, яка споживається димотягом. За допомогою секундоміра та згідно показів лічильника електричної енергії.
- Ступінь відкриття направляючих димотяга. За допомогою штатного приладу встановленого на пульті керування котлом.

4.1. Параметри, попередньо встановлені до проведення експлуатаційних випробувань

Оскільки промивання є операцією технологічно складною, яка в умовах працюючої ТЕС може бути проведена достатньо обмежену кількість разів, виникає необхідність попередньо встановити величину або діапазон зміни деяких параметрів без проведення обмивання. Це насамперед встосується швидкості і тривалості подачі живильної води. Необхідно відмітити, що живильна вода з загальностанційного трубопроводу поступає під тиском 110-120 кгс/см², зливається ж вона в дренажний бак, який знаходиться під атмосферним тиском. Тобто має місце сильне дроселювання живильної води, яке супроводжується пароутворенням в пароводяному тракті. Ця пара піднімається в барабан і може, при сильному дроселюванні та при відкритому вентилі магістралі від пароперегрівника до випарника, викидатись в атмосферу, що означає прями теплові втрати. Крім цього, в пароводяному тракті виникають гідроудари, сильна турбулізація потоку живильної води по всій магістралі, включно до входу в дренажний бак, яка може спотворювати покази ультразвукового витратоміра. Інтенсивність вказаних негативних явищ суттєво залежить від швидкості подачі живильної води, яка змінювалась за допомогою регулюючих арматур 4 і 16 (рис.1). В результаті пробних досліджень було встановлено, що з точки зору мінімізації відмічених негативних явищ, найбільш прийнятною є швидкість подачі живильної води не більше 3 л/с. Це було підтверджено і при проведенні основних досліджень.

3. Мета дослідження

Проте в згаданих роботах розглядалися лише загальні принципи організації подачі живильної води. Нами на прикладі сушіння зовнішніх поверхонь котла ТП-10 отримані конкретні дані щодо режиму та параметрів процедури сушіння зовнішніх поверхонь нагріву котла. Вказані котли не обладнані калориферами і тому застосування живильної води для сушіння поверхонь нагрівання є актуальним питанням.

4. Виклад основного матеріалу

Режим і параметри були відпрацьовані в процесі проведення експлуатаційних випробувань за допомогою схеми приведеної на рис.1. При цьому контролювались наступні параметри:

- Температура газів по висоті конвективної шахти за допомогою штатних термомпар, а саме: а) за другою ступеню водяного економайзера 6 (точка 2); б) за другою ступеню повітропідігрівника 24 в області передньої секції (точка 3); в) за другою ступеню повітропідігрівника в області задньої секції (точка 4).
- Температура тіла барабана в верхній і нижній частинах (для недопущення градієнтів більше 20⁰С) за допомогою штатних термомпар.
- Відносна вологість та температура на різних висотах в паливній котла і в конвективній шахті,

Оцінимо дану швидкість подачі живильної води з точки зору часу заповнення нею пароводяного тракту котла, загальний об'єм якого рівний $66,6 \text{ м}^3$. З врахуванням того, що барабан заповнений на половину, тобто містить 11 м^3 води, загальний об'єм води в тракту складатиме $55,6 \text{ м}^3$. Тоді для заповнення його живильною водою з швидкістю 2 л/с необхідно $7,7 \text{ год}$, з швидкістю 3 л/с – $5,1 \text{ год}$.

Ще одним питанням, яке потребувало попередньої оцінки, була тривалість подачі живильної води. В цій ситуації критерієм інтенсивності і достатності прогрівання нами було обрано температури точок 2 і 3 в конвективній шахті. Експериментально було встановлено, що при досягненні в даних точках температур 70°C і більше та при включенні димотяга, температура повітря, яке рухається вниз конвективної шахти (в підбункернику) через $30\text{-}50 \text{ хв}$ роботи димотяга сягає 40°C і більше, що повинно забезпечувати нормальний процес сушіння усіх поверхонь нагрівання котла та газоходу.

На етапі попередніх випробувань нами було також встановлено величини швидкості циркуляції повітря в підбункернику за рахунок присмоктів. При повністю закритій арматурі 25 (рис.1) обох каналів А і Б вона складає $0,15 \text{ м/с}$, при повністю відкритій одного з каналів – $0,35 \text{ м/с}$.

Отже, нами попередньо були вибрані:

- Швидкість подачі живильної води – $2\text{-}3 \text{ л/с}$;
- Тривалість її подачі визначається досягненням в верхній частині конвективної шахти (точки 2 і 3) температур не менше 70°C .

4.2. Порядок проведення випробувань

1. Процедура обмивання і наступного сушіння здійснювалась для теплосприймаючих поверхонь конвективної шахти, як найбільш забрудненої частини котла. На початку випробування проводили водяне обмивання конвективної шахти котла вручну 2-а пожежними брандспойтами. Температура води – 20°C , тиск води – 6 кгс/см^2 . Особливу увагу необхідно приділяти мінімізації зволоження бічних стін конвективної шахти, насамперед в області обмурівки, тобто необхідно максимально уникати попадання струменів води на бічні поверхні шахти.

Через дві години після закінчення обмивання, коли стікання основної маси води з поверхонь котла закінчилось, на вузлі регулювання відкривали запірні вентилі 2, 3, 13 і 15 (рис.1) та за допомогою регулюючих вентилів 4 і 16 встановлювали витрату живильної води, яка через нижні відкриті точки поступала в дренажний бак, на рівні $2\text{-}3 \text{ л/с}$. Відмічали температуру живильної води на вході в котел та знімали покази давачів температури в відмічених вище точках конвективної шахти та барабана з інтервалом $40\text{-}60 \text{ хв}$. Вимірювали температуру живильної води на вході в дренажний бак.

Через $1\text{-}2 \text{ год}$ після початку подачі живильної води почергово вимірювали значення відносної вологості та температури на відмітках 0, 2, 7, 9, 16, 21, 25 та 8 м. Особливим питанням, яке необхідно було зв'язувати в процесі експериментів, це стан запірної арматури (направляючих) 25 перед димотягом 26 в процесі сушіння котла після водяного обмивання. Як доцільніше про-

водити сушіння – при відкритих направляючих чи закритих? Отже необхідно було здійснити сушіння при обох ситуаціях.

2. При наближенні температур в точках 2, 3 до значень $65\text{-}70^\circ\text{C}$ проводили повторне вимірювання вологості та температури на зазначених вище відмітках. Надалі давачі термогігрометра і термоанемометра закріплювали на штанзі в підбункернику каналу А.

3. Якщо подачу живильної води здійснювали при відкритих направляючих, то при досягненні температур точок 2 і 3 (принаймі однієї) $65\text{-}70^\circ\text{C}$, направляючу каналу Б повністю закривали, каналу А залишали відкритою на $15\text{-}20\%$. Якщо подачу води здійснювали при закритих направляючих, то відкривали на $15\text{-}20\%$ направляючу каналу А.

4. Вмикали димотяг каналу, фіксували час, відмічали покази лічильника електроенергії, яка споживалась двигуном димотяга. Вимірювали температуру живильної води і її подачу припиняли. З інтервалом $3\text{-}5 \text{ хв}$. знімали покази вологості та температури в підбункернику. Також вимірювали швидкість повітря в підбункернику.

5. Тривалість роботи димотяга складала $60\text{-}80 \text{ хв}$., що приблизно відповідає часу стабілізації відносної вологості потоку повітря в підбункернику.

6. Основні параметри найбільш характерних і інформативних сеансів водяного обмивання та наступного термічного сушіння (в подальшому просто обмивань) приведені в табл.1.

Швидкість повітря в підбункернику при включеній димотязі в усіх випадках складала $1,5 \text{ м/с}$. Середня температура живильної води на вході в котел в усіх випадках складала приблизно 205°C .

При цьому середня температура живильної води на вході в котел визначалась як середнє арифметичне температур води на початку її подачі в пароводяний тракт та в кінці.

Відповідно середня температура живильної води на вході в дренажний бак визначалась як середнє арифметичне температур води на початку її подачі в бак та в кінці.

Під абсолютною вологістю повітря фону ρ_f розуміється вологість повітря навколишнього середовища, яке служить сушильним агентом в процесі сушіння котла. Визначається вона як середнє арифметичне абсолютних вологостей повітря в приміщенні котельного відділення та зольної (відмітка 0 м) під час роботи димотяга. Саме повітря з цих зон завдяки присмоктам в основному попадає всередину котла.

4.3. Результати випробувань та їх аналіз

На рис.2 і 3 приведені графіки залежності зміни абсолютної вологості повітря в підбункернику котла ТП-10 під час роботи димосмока в процесі термічного сушіння котла після проведення водяних обмивань під умовними номерами 2 і 5 (табл.1). Це повітря є відпрацьованим (зволоженим) сушильним агентом на виході з котла і динаміка зміни його вологості найбільш повно характеризує процес термічного сушіння поверхонь котла.

Таблиця 1

№ обмивання	Середня тем-перат. жив. води на вході в дренаж. бак, °С	Час подачі жив. води, год	Швид. подачі жив. води, л/с	Кількість теплоти підведеної до котла, ГДж	Абсол. вологість повітря фону $\rho_{ф}$, г/м ³	Стан направ. каналів А і Б при подачі жив.води	Стан направ. каналу А при роботі димотяга	Час роботи димотяга, хв	Потужність димотяга, кВт	Енергія спожита димотягою, кВт-год
2	27	8,75	3	72,0	6,3	закриті	Відкриті на 20%	80	177	236,0
3	18,7	6,6	1,1	20,5	6,2	відкриті	Відкриті на 20%	74	177	218,3
4	15	6,5	2	36,9	6,0	закриті	Відкриті на 15%	70	170	198,3
5	18	7,15	2	39,4	7,7	відкриті	Відкриті на 10%	80	166	221,3

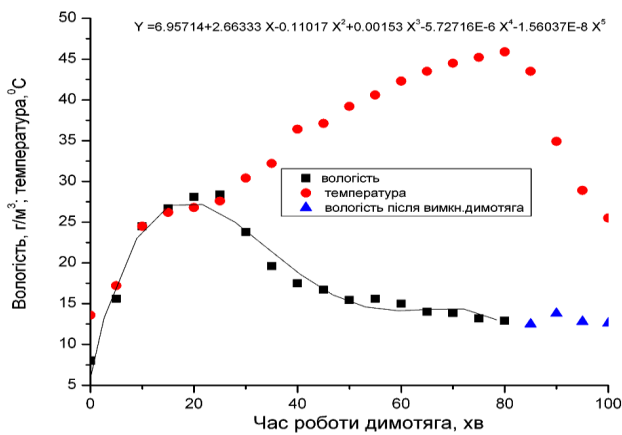


Рис.2. Друге обмивання (направляючі закриті)

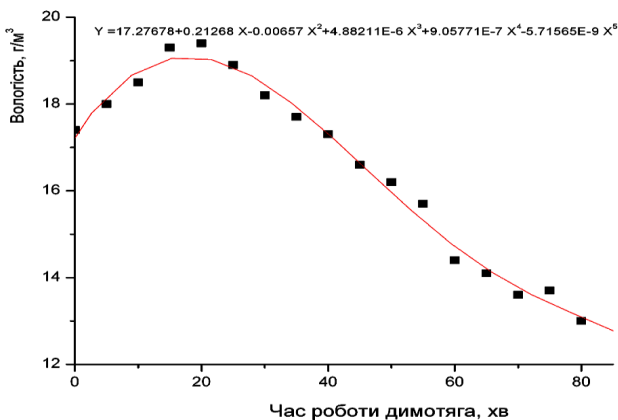


Рис.3. П'яте обмивання (направляючі відкриті)

Подача живильної після другого обмивання проводилась при закритих направляючих, після п'ятого - при відкритих. Криві цих графіків подібні між собою. На початку роботи димотяга вони характеризуються підйомом, який досягає максимуму, і подальшим відносно повільним спадом вологості ρ . Теоретично цей спад має вийти на рівень фонові вологості. Час цього виходу правдоподібно визначається повільними процесами сушіння мокрих стін обмурівки конвективної шахти та поверхонь газопроводів, біля яких швидкість

сушильного агента є незначною. На графіках для другого обмивання одночасно з вологістю повітря представлено також зміну температури повітря в підбункернику.

Проте з графіків видно, що для другого обмивання початковий підйом (ріст абсолютної вологості) є виражений значно сильніший, ніж в для п'ятого. Це свідчить про те, що відкритий стан направляючих під час подачі живильної води, зумовлює завдяки самотязі рух нагрітого зволоженого повітря в нижню частину конвективної шахти. Більш того, завдяки великій тривалості подачі живильної води (6-8 год) певна кількість цього повітря повільно викидається через димову трубу. Чітко зафіксувати цей процес шляхом вимірювання є складно по причину того, що в підбункернику є значна кількість «власної» вологи, яка маскує рух цього повітря.

Через 10-12 год після закінчення процесу термічного сушіння проводились вимірювання вологості на усіх відмітках паливної і конвективної шахти. Вологість не відрізнялась від фонові $\rho_{ф}$ більш, ніж на 15%.

Процеси прогрівання шахти в залежності від стану направляючих димотяга теж відрізняються, як видно з графіків на рис.4 і 5. Насамперед спостерігається чітка різниця в зміні температури тіла барабана. Правдоподібно в випадку з відкритими направляючими, це пов'язано з додатковими тепловими втратами з поверхонь економайзерів за рахунок самотязи, в зв'язку з чим вода поступає в барабан з нижчою температурою, ніж при закритих направляючих.

При ввімкненні димосмоку температури точок 2 і 3 падають, що цілком природно, а температура в точці 4 (за 2 ступінню повітропідгрівника, задня секція) зростає. І це не залежить від стану направляючих. Це може бути результатом незадовільної вентиляваності зони задньої секції ПП.

Хід кривих зміни температури за 2 ступінню економайзера (точка 2) на рис.4 і 5 дає дозволяє припустити, що інтенсивне випаровування з поверхонь труб 2 ступені економайзера починається приблизно через 1-2 год після подачі живильної води і триває, якщо судити по плато на графіках, приблизно 2 год.

В загальному динаміка зміни температур в точках 2,3,4 і в тілі барабана є достатньо складною, що

вказує на нерівномірність і неоднозначність процесів прогрівання і сушіння різних зон конвективної шахти.

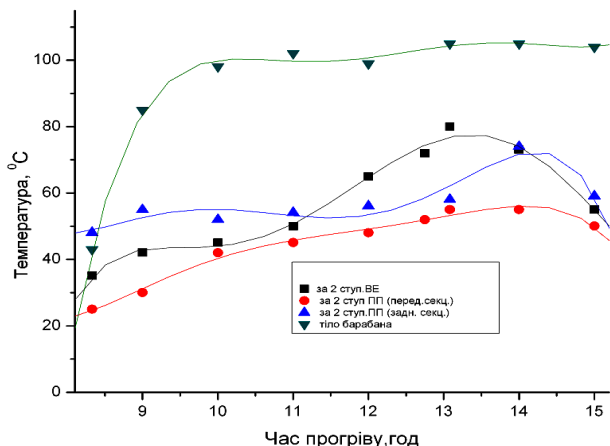


Рис.4. Часова залежність температури повітря по висоті конвективної шахти котла

ТП-10 при проходженні через економайзер живильної води (4 обмивання, направляючі закриті, димотяг ввімкнено о 13,7 год).

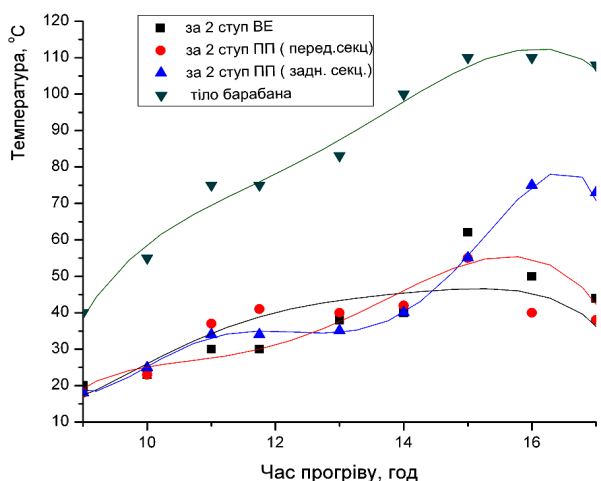


Рис.5. Часова залежність температури повітря по висоті конвективної шахти котла

ТП-10 при проходженні через економайзер живильної води (5 обмивання, направляючі відкриті, димотяг ввімкнено о 15,15 год).

Найскладнішими ділянками для сушіння є нижні поверхні 1 ступеня повітропідігрівача, трубні дошки в цій області, а також бокові поверхні газопроводів каналів А і Б. В нижній частині конвективної шахти виконана перегородка, яка розділяє ці канали. Тому при роботі димотяга каналу А, найнижчі поверхні каналу Б недостатньо вентилуються, що може спричинити їх недостатнє просушування. По цій причині в 4 і 5 обмиваннях на останніх 15-20 хв просушування відкривали направляючі каналу Б і вмикали димотяг Б. Димотяг А при цьому вмикали, його направляючі закривали.

4.4. Витрати енергії для сушіння котла

Як видно з табл.1 процес сушіння здійснювався нами при підведенні в котел теплоти (шляхом подачі живильної води) від 20,5 до 72 ГДж. Друге і третє обмивання були в певній мірі пошуковими. Отже необхідно орієнтуватись на четверте і п'яте обмивання. Тоді можна вважати, що необхідна для сушіння теплота дорівнює 40-50 ГДж. Це відповідає спалюванню 1,4-1,7 т.ум. палива. Затрати електроенергії на привід димотяга складають для різних сеансів обмивань від 170 до 236 кВт-год., залежать як від часу, так і від стану направляючих димотяга. Знову ж таки з орієнтацією на четверте та п'яте обмивання прийємо ці витрати на рівні 180-220 кВт-год, або 0.65-0.79 ГДж.

Затрати енергії на прокачування води живильним насосом оцінимо виходячи з максимальної потужності приводу насоса, - 1560 кВт, його продуктивності - 270 м³/год (75 л/с). Тоді з умови пропорційності при прокачування 3л/с протягом часу подачі живильної, який прийємо рівним 7 год, необхідно затратити 437 кВт-год електроенергії або 1,57 ГДж.

Затрати енергії при роботі дренажного насоса, який подає таку ж кількість води з дренажного бака в деаератор, оцінимо (по максимуму) теж на рівні 437 кВт-год (1,57 ГДж).

Тоді загальні витрати електроенергії дорівнюють 1094 кВт-год або 3,94 ГДж, що не перевищує 10% теплоти сушіння.

4.5. Оцінка маси вологи, яка вноситься з котла при його термічному сушінні

Площа під кривими $\rho=\rho(\tau)$ рис.2 і 3 пропорційна масі вологи М, яка пройшла через газопровід котла під час роботи димотяга за проміжок часу від $\tau_1=0$ до τ_2 , який дорівнює тривалості роботи димотяга. Щоб визначити чисту масу вологи M_b , яка була вилучена з об'єму котла за рахунок роботи димотяга, від М необхідно відняти масу фонові вологи M_f , тобто вологи, яка початково є в повітрі (сушильному агенті) при його попаданні в котел за рахунок присмоктів за час роботи димотяга. M_f визначається як

$$M_f = (\tau_2 - \tau_1) \times \rho_f \times V$$

Де: V- об'єм повітря, яке проходить газохід за одиницю часу;

ρ_f - абсолютна вологість сушильного агента, г/м³

Хід кривих $\rho=\rho(\tau)$ апроксимується поліномами 5 степені, які приведені на полі рисунків. Інтеграл від полінома для конкретної кривої від τ_1 до τ_2 пропорційний масі вологи М.

Нами були проведені відповідні розрахунки.

Для цього необхідно знати об'єм повітря V, який проходить газохідом за одиницю часу і який дорівнює

$$V = u \times S,$$

Де: u – швидкість повітря в підбункернику ;

S – площа поперечного перетину підбункерника каналу А, яка дорівнює 36 м².

При швидкості $u=1,5$ м/с, $V= 54$ м³/с

Масу вологи M визначали шляхом інтегрування відповідних апроксимуючих функцій,

$$M = V \times 60 \int_{\tau_1}^{\tau_2} \rho(\tau) d\tau, \text{ за час роботи димотяга від } \tau_1 \text{ до } \tau_2 \text{ (хв).}$$

Для другого обмивання (за час 80 хв, направляючи закриті)

$$V \int_0^{80} Y dY = 3240 \int_0^{80} (6,95714 + 2,66333X - 0,11017X^2 + 0,00153X^3 - 5,72716 \times 10^{-6}X^4 - 1,56037 \times 10^{-8}X^5) dX = 4811 \text{ кг}$$

Маса вологи фону (вологи сушильного агента, $\rho_{\phi} = 6,2$ г/м³), яка пройшла за цей час через газохід

$$M_{\phi} = V \times \Delta t \times \rho_{\phi} = 54 \times 60 \times 80 \times 6,2 = 1607 \text{ кг}$$

Тоді кількість вологи M_B , яка була винесена з котла в процесі термічного сушіння

$$M_B = M - M_{\phi} = 4811 - 1607 = 3204 \text{ кг}$$

Для п'ятого обмивання (за час 80 хв, направляючи відкриті)

$$V \int_0^{80} Y dY = 3240 \int_0^{80} (17,27678 + 0,21268X - 0,00657X^2 + 4,88211 \times 10^{-6}X^3 + 9,05771 \times 10^{-7}X^4 - 5,71565 \times 10^{-9}X^5) dX = 4326 \text{ кг}$$

$$M_B = M - M_{\phi} = 4326 - 1996 = 2330 \text{ кг}$$

Враховано, що завдяки відкритим направляючим швидкість повітря в підбункернику складала 0,35 м/с і за час подачі живильної води (7,15 год) через газохід може бути винесена значна кількість вологи $M_{\text{прог}}$. Оцінимо її. Для цього треба знати середнє значення $\rho_{\text{сєр}}$ в газоході за час подачі живильної води. Знайдемо його, як середнє арифметичнє між $\rho_{\phi}=7,7$ г/м³ і ρ на початок ввімкнення димотяга, яке дорівнює 17,4 г/м³ (див. рис.3). Тоді $\rho_{\text{сєр}}$ дорівнює 12,6 г/м³.

Отже,

$$M_{\text{прог}} = 0,35 \times 6 \times 6 \times 7,15 \times 3600 \times (12,6 - 7,7) = 1589 \text{ кг}$$

$$\text{Сумарно } M_B + M_{\text{прог}} = 2330 + 1589 = 3919 \text{ кг}$$

Таким чином на прикладі двох обмивань (при відкритих направляючих та закритих) визначено масу води, яка покинула котел в процесі сушіння,

і яка відповідно складає приблизно 3920 і 3200 кг. В літературних джерелах ми не знайшли ніяких відповідних даних. Отже після водяного обмивання котла на поверхнях переважно конвективної шахти залишається значна, вимірювана в тоннах, кількість вологи, випаровування якої природнім шляхом є очевидно досить тривалим процесом. Ця волога суттєво прискорює процеси атмосферної корозії зовнішніх поверхонь нагрівання.

Висновки

1. Подача в пароводяний тракт котла ТП-10 живильної води з загальностанційного трубопроводу дозволяє організувати без проведення додаткових доробок обладнання, комунікацій і т.п. якісну і малозатратну процедуру термічного сушіння зовнішніх поверхонь нагрівання після проведення водяного обмивання.
2. Особливу увагу під час обмивання необхідно приділяти мінімізації зволоження бічних стін конвективної шахти, насамперед в області обмурівки. Персоналу, що проводить обмивання, потрібно максимально уникати попадання струменів води на бічну поверхню шахти.
3. Процедура подачі живильної води може здійснюватись як при повністю відкритих направляючих димотяга, так і закритих.
4. Швидкість подачі живильної води повинна бути в діапазоні 2-3 л/с.
5. Критерієм завершення процедури подачі в котел живильної води служить температура газів у верхній частині конвективної шахти (точки 2, 3 температур димових газів). Її значення повинно бути не менше 70⁰С.
6. Затрати теплової енергії на проведення процедури сушіння в середньому складають 40-50 ГДж, що відповідає спалюванню 1,4-1,7 тун.п.
7. Затрати електричної енергії, які пов'язані з роботою димотяга, живильного насоса і дренажного насоса складають 1094 кВт-год або 3,94 ГДж,
8. Під час роботи димотяга його направляючі відкриті на 10-20%. Це забезпечує якісне сушіння при мінімальній потужності приводу димотяга.
9. На останніх 15-20 хв просушування необхідно відкривати на 10-20% направляючі каналу Б і вмикати димотяг Б. Димотяг А при цьому вимкнений, його направляючі закриті. Це сприяє більш повному просушуванню нижніх поверхонь каналу Б.
10. На основі експериментів визначена кількість вологи, яка виноситься при термічному сушінні котла ТП-10 після його обмивання. Вона складає приблизно 3200-3900 кг.

Література

1. Янко П.І. Режимы эксплуатации энергетических котлов [Текст]/ П.І.Янко, Й.С.Мисак. – Львів: ПФ «Українські технології», 2004.- 272 с.

2. Котельна установка [Текст] пат. 85517 Україна: МПК F22B33/00, F23C 9/00, F23L 15/00 / Брикайло Р.В., Мисак Й.С.; заявники і патентовласники Добротвірська ТЕС ВАТ «ЗАХІДЕНЕРГО», Національний університет «Львівська політехніка».- № а 2007 03316; заявл. 27.03.2007; опубл.10.10.2008.- Бюл.№ 19. – 4 с.
3. Котельна установка [Текст] пат. 94510 Україна: МПК F22B33/00, F23C 9/00, F23L 15/00 / Брикайло Р.В., Мисак Й.С.; заявники і патентовласники Добротвірська ТЕС ВАТ «ЗАХІДЕНЕРГО», Національний університет «Львівська політехніка».- № а 2009 10705; Брикайло Р.В., Мисак Й.С.; заявлено 23.10.2009; опубл.26.04.2011.- Бюл.№ 8.- 3 с.

Проведений аналіз джерел КНЧ випромінювання з метою створення високочутливої системи діелекومتрії, яка можлива при застосуванні високостабільного джерела випромінювань RDX діапазону на основі діелектричного резонатора з коливаннями «шепучої галереї»

Ключові слова: дифракція, діод, частота, резонатор, частотні шуми

Проведен анализ источников КВЧ излучения с целью создания высокочувствительной системы диелекومتрии, которая возможна с применением высокостабильного источника излучений RDX диапазона на основе диэлектрического резонатора с колебаниями «шепчущей галереи»

Ключевые слова: дифракция, диод, частота, резонатор, частотные шуми

The analysis of the sources of EHF radiation in order to create a highly sensitive dielectrometry system is carried out, which is possible with the use of a highly stable source of radiation RDX range based on the dielectric resonator with oscillations of "whispering gallery"

Keywords: diffraction, diode, frequency, resonator, frequency noise

УДК 614.89:537.868

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ КВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЫСОКОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ИХ ЧАСТОТЫ

Н. П. Кунденко

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра "Интегрированные электротехнологии и процессы"*

Контактный тел: (057) 712-28-33, 067-743-77-76

E-mail: n.p.kundenko@inbox.ru

А. Д. Черенков

Доктор технических наук, профессор

Кафедра технотроники и теоретической электротехники

*Харьковский национальный технический университет

сельского хозяйства им. П. Василенко

ул. Артема, 44, г. Харьков, 61000

Контактный тел.: (057) 712-42-32

E-mail: tte_nniect@ukr.net

1. Введение

Определение электрофизических параметров сред является одним из важных направлений современной радиофизики, радиотехники, медицины, биологии и других отраслей науки и промышленности. Создание приборов, работающих в СВЧ и КВЧ-диапазонах, способных определять, контролировать и по данным наблюдений автоматически принимать решения относительно состояния физического объекта или окружающей среды, является основной тенденцией современного приборостроения. Это связано и с разработкой новых методов определения диэлектрической проницаемости (ДП) микрообъектов животноводства. Резонансный метод измерения ДП основан на измерении смещения частоты генератора при внесении в объём измерительного резонатора исследуемого объекта. Проведенный анализ работ показал, что точность

измерений ДП зависит от стабильности частоты генератора и добротности измерительного резонатора.

Основные материалы исследования

В настоящее время разработаны различные методы и схемы построения высокостабильных диодных генераторов (диоды Ганна – ДГ, лавинно-пролётные диоды – ЛПД), основанные на применении параметрической стабилизации частоты высокочастотными резонаторами, на умножении частоты высокостабильных кварцевых генераторов, на использовании внешней синхронизации, на применении систем автоподстройки частоты и фазы [1,2]. Выбор того или иного метода стабилизации частоты генератора зависит от требований, предъявляемых к измерительной системе, таких как средняя частота, кратковременная и долговременная