

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

МИХАЙЛИК ЛАРИСА ВАДИМІВНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАМЕРНОЇ НАГРІВАЛЬНОЇ  
ПЕЧІ В УМОВАХ ПАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

Спеціальність: 8.05070108 – Енергетичний менеджмент

Автореферат магістерської кваліфікаційної роботи

Запоріжжя – 2016

Дипломна робота виконана на кафедрі «Ефективності енергозабезпечення»

Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. ЕЕЗ Коваленко Віктор Леонідович

Рецензент:

Провідний інженер ДнЕСДП НЕК «Укренерго» Величко Віктор Вікторович

Захист відбудеться

«14» січня 2016р.

Дипломну роботу надано до захисту

«13» січня 2016р.

Завідувач кафедри

Качан Ю.Г.

Декан факультету

Чепрасов О.І.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність роботи.** У зв'язку із зростанням ринкової вартості палива для промислових підприємств України важливим питанням стає скорочення споживання природного газу. Це особливо актуально для найбільш енергоємної відросли країни - металургійного виробництва.

Щорічно для здійснення своєї виробничо-господарської діяльності підприємствами та організаціями країни споживається близько 42 млрд. куб. м природного газу. Кількість суб'єктів господарювання, які використовують природний газ постійно зростає.

Однак, зменшення використання природного газу не повинно погіршувати якість виробничих процесів металургії, одним з яких є нагрів металу в термічних печах. Виникає питання удосконалення методів і пристроїв термічної обробки металу, що забезпечують мінімізацію витрат природного газу. В наш час у промисловості України широко використовуються нагрівальні печі, які працюють на природному газі.

Як відомо, питання впливу електричних полів (особливо слабких, з напругою до 1000В) на формування теплових потоків не достатньо вивчене і залишається відкритим. Інтенсифікації процесу теплообміну в певній області промислового нагрівального пристрою, зазвичай, не приділяється значної уваги. Зважаючи на те, що в більшості промислових печей в якості енергоносія використовується природний газ, вартість якого зростає, подальші дослідження в даному напрямку є актуальними.

**Мета магістерської роботи.** Розробка методики визначення системи керування з оптимальними параметрами.

**Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:**

- дослідити енергоспоживання зазначеного підприємства;
- аналіз всіх можливих шляхів підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі; дослідити вплив просторового електричного

поля на формування теплових потоків у камерній печі в умовах підприємства;

- розробити блок-схему та алгоритм керування енергетичними параметрами в камері печі за економічним критерієм;
- розробити програмний комплекс для розрахунку оптимальних параметрів системи керування на його базі.

**Об'єктом дослідження** є камерна нагрівальна піч з вихватним подом в умовах ПАТ «Дніпрспецсталь».

**Предметом дослідження** є процес керування енергетичними параметрами в камері печі за наявності просторового електричного поля.

**Методи досліджень.** розробка методики визначення системи керування з оптимальними параметрами.

**Публікації.** За результатами роботи підготовлені тези до наукової конференції.

#### **Структура і об'єм магістерської роботи:**

Магістерська робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань.

Робота викладена на 88 сторінках комп'ютерного тексту, включає 5 таблиць, 15 рисунків, список використаних джерел містить 31 найменування.

#### **ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтована актуальність теми, необхідність розгляду заходів щодо підвищення ефективності камерної нагрівальної печі.

#### **ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ПРОКАТНОГО ЦЕХУ ПАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»**

У першому розділі визначено роль прокатного цеху в загальній структурі підприємства. Розглянута технологічна схема виробництва ПАТ «Дніпрспецсталь», що включає в себе оптимальне поєднання різних процесів,

що дозволяють отримувати якісну продукцію із заданими властивостями за індивідуальними замовленнями клієнтів.

Встановлено, що головними споживаними енергоресурсами є електроенергія та природний газ, частка витрат на який переважає.

Досліджено структуру виробітку продукції ПАТ «Дніпроспецсталь» та прокатного цеху та її характеристики. Проаналізовано споживання енергетичних ресурсів цехом, що засвідчило про найбільшу частку споживання електроенергії та природного газу, частка витрат на який переважає. Споживачами природного газу в цеху є камерні нагрівальні печі, ефективність роботи яких є досить низькою, тому розробка та провадження нових наукових та технічних заходів в цьому напрямку є першочерговим завданням.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КАМЕРНОЇ ПЕЧІ

У другому розділі розглянуті основні відомості про камерні печі, їх робота, призначення та роль у прокатному цеху.

Розглянуті усі можливі методи підвищення енергоефективності камерної печі: вдосконалення системи опалення для інтенсифікації циркуляції диму, швидкого і рівномірного нагріву металу. Тут мається на увазі використання спеціальних форкамер, пальників, повітряних сопел, а також їх кількість і розташування; в період викочування подини закриття оголеного подподового простору екраном у вигляді відбивної плівки, що чіпляється до заднього торця подини; поділ функцій нагріву і витримки між різними печами з пересадкою садки з однієї печі в іншу по ходу процесу, щоб печі працювали при постійній потужності; використання волокнистих теплоізоляційних матеріалів в кладці печі; використання регенеративних пальників з кульковою насадкою; використання кількісної оцінки енергоефективності камерних печей з вкатним подом; застосування імпульсної системи опалення нагрівальної печі камерного типу.

В установках, що потребують спрямованої передачі теплоти від продуктів згоряння до теплоконтактної поверхні, у разі накладення на зазначену поверхню електричного потенціалу, тепловий потік щільніше прилягатиме до неї. Це обумовлюється тим, що електризовані частки продуктів згоряння наближатимуться до зазначеної поверхні та створюватимуть біля неї високотемпературну зону, що сприятиме підвищенню швидкості нагрівання.

Встановлено, що вплив електричного поля на процес розподілу температури у нагрівальних камерах печей є незаперечним і проявляється вже за відносно низьких напругах. В існуючих дослідженнях питання оптимізації керуючих процесом енергетичних параметрів, таких як витрата природного газу і напруга електричного поля не розглядалися і потребують додаткового аналізу. Впровадження таких систем керування дозволить підвищити енергоефективність камерних нагрівальних печей і знизити кінцеву собівартість продукції, що випускається.

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Для підвищення енергоефективності камерної печі з викатним подом було розроблено методику визначення оптимальних енергетичних параметрів удосконаленої пічної нагрівальної установки та створено відповідну систему керування. Структурна блок-схема згаданої системи включає в себе такі основні блоки як технологічний графік нагріву металу в печі, що задається попередньо, блок порівняння температур поточної та заданої, та блок визначення оптимальних енергетичних параметрів.

Для функціонування системи керування оптимальними енергетичними параметрами, на першому етапі проведено планування експерименту, при мінімальній кількості необхідних операцій і збереженні статистичної достовірності результатів. Розроблено матрицю повного факторного експерименту типу  $2^5$  за відомими методиками було обрано кілька параметрів, які впливають на розподіл температури всередині установки, а саме:  $Q$  – витрата газу (м<sup>3</sup>),  $U$  – напруга між електродом та пальником (В),  $x$ ,  $y$ ,

z – габарити заготовки. За результатами проведеного планування експерименту у відповідності зі складеною задля цього матрицею одержана потрібна математична модель виду(1).

$$T = f(U, H, h, a) = b_0 + b_1U + b_2 Q + b_3x + b_4y + b_5z + b_6U Q + b_7(U \cdot x) + b_8(U \cdot y) + b_9(U \cdot z) + b_{10}(Q \cdot x) + b_{11}(Q \cdot y) + b_{12}(Q \cdot z) + b_{13}(x \cdot y) + b_{14}(x \cdot z) + b_{15}(y \cdot z) + b_{16}(U \cdot Q \cdot x) + b_{17}(U \cdot Q \cdot y) + b_{18}(U \cdot Q \cdot z) + b_{19}(U \cdot x \cdot y) + b_{20}(U \cdot x \cdot z) + b_{21}(U \cdot y \cdot z) + b_{22}(Q \cdot x \cdot y) + b_{23}(Q \cdot x \cdot z) + b_{24}(Q \cdot y \cdot z) + b_{25}(x \cdot y \cdot z) + b_{26}(U \cdot Q \cdot x \cdot y) + b_{27}(U \cdot Q \cdot x \cdot z) + b_{28}(U \cdot Q \cdot y \cdot z) + b_{29}(U \cdot x \cdot y \cdot z) + b_{30}(Q \cdot x \cdot y \cdot z) + b_{31}(U \cdot Q \cdot x \cdot y \cdot z); \quad (1)$$

Визначення оптимальних параметрів Q та U відбувається методом повного перебору шляхом послідовної підстановки всіх можливих їх значень в поліном на кожному кроці зміни температурного графіку з урахуванням відповідних обмежень. З масиву даних за економічним критерієм обираються їх оптимальні значення, при яких витрати на енергоресурси будуть мінімальними.

На основі блок-схеми розроблено відповідний математичний апарат для визначення оптимальних значень величини напруги та витрати природного газу на кожному етапі процесу нагрівання металу та представлено його у вигляді алгоритму. Для практичної реалізації в умовах підприємства та спрощення розрахунків на базі розробленого алгоритму в середовищі Excel реалізовано програмний комплекс.

Запропонований математичний апарат дозволить визначати оптимальні значення вихідних енергетичних параметрів системи керування елементами пічної установки, і, таким чином, більш точно прогнозувати потенційну можливу кількість природного газу, яку можливо зекономити в умовах будь-якого промислового підприємства і прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» зокрема.

Економічні розрахунки показали, що сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту становлять близько 130 тис. грн. при строці окупності, розрахованому за цінами на обладнання 2015 року близько 2 місяців, що не перевищує нормативний.

## ВИСНОВКИ

За результатами роботи зроблено наступні висновки:

1. В роботі досліджено енергоспоживання ПАТ «Дніпроспецсталь» та прокатного цеху зокрема, проаналізовані всі можливі шляхи підвищення енергетичної ефективності камерної нагрівальної печі з викатним подом, досліджено вплив електричного поля на процес формування теплових потоків в умовах підприємства.

2. Для підвищення ефективності камерної печі розроблено методику визначення оптимальних енергетичних параметрів пічної нагрівальної установки та створено відповідну систему керування.

3. Створено структурну блок-схему керування оптимізованими за економічним критерієм енергетичними параметрами печі.

4. Розроблено відповідний алгоритм визначення оптимальних енергетичних параметрів печі разом з системою керування.

5. Розроблено програмний комплекс керування енергетичними параметрами в камері печі за наявності електричного поля, за допомогою якого можна визначати оптимальні значення вихідних енергетичних параметрів системи керування елементами пічної установки, і таким чином, більш точно прогнозувати потенційну кількість природного газу, яку можливо зекономити в умовах будь-якого промислового підприємства і прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» зокрема.

6. Встановлено, що потенційно можлива економія за рахунок впровадження запропонованої системи керування та визначення оптимальних енергетичних параметрів печі складе не менше 800 тис. грн на рік. Сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту близько 130 тис. грн., строк окупності складає близько 2 місяців, що не перевищує нормативний.