

УДК 621.771А22

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВОЮ РОБОТОЮ КАМЕРНОЇ ПЕЧІ

Скоробогатова І.В., асп.\*

*Донецький національний технічний університет*

E-mail: kitagea@rambler.ru

**Анотація** – проаналізовано особливості технологічного процесу нагріву матеріалу. Розглянуті основні проблеми при створенні системи автоматичного управління тепловою роботою печі.

**Ключові слова** – камерна піч, стабілізація, режимні параметри, модель, динамічні рівняння.

*Постановка проблеми.* Відомо, що друге місце по витраті палива займають нагрівальні печі [1]. Основними проблемами створення ефективної системи автоматичного управління роботою печі є визначення раціональних теплових і температурних режимів, автоматична підтримка цих режимів і попередження аварійних ситуацій при нагріві металу в камерній печі.

Отже, економія природного газу і якість готової продукції можуть бути досягнуті за рахунок впровадження системи автоматичного управління ресурсо-енергозберігаючими режимами камерної печі.

*Аналіз останніх досліджень.* Якісний нагрів металу визначається мінімально заданим перепадом температур по перетину заготівки при вибраній технології нагріву металу і залежить від теплового режиму печі. Коефіцієнт використання тепла при спалюванні природного газу залежить від способу подачі теплоносія в камерну піч. Застосування імпульсного способу опалювання дозволить збільшити продуктивність печі, підвищити рівномірність прогрівання металу і понизити витрату палива на 15% [2].

Таким чином, інтенсифікація теплообміну є ефективною шляхом раціонального використання теплоносія. Доведено, що при резонансних коливаннях теплоносія коефіцієнт тепловіддачі збільшується в 2-3 рази в порівнянні із стаціонарною течією, як в ламінарному, так і в турбулентних режимах течії [3]. Для інтенсифікації зменшення в струменях застосовуються збуджуючі амплітудні періодичні пульсації за допомогою різного роду пульсаторів [2].

---

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Гавриленко Б.В.

© аспірант Скоробогатова І. В.

Проте відомостей про настройку режимних параметрів при управлінні тепловою роботою камерної печі з використанням збурюючого способу опалювання недостатньо. Таким чином, не маючи відомостей про параметри для вибору найкращих технологічних режимів не можна побудувати адекватну систему управління ресурсо-енергосберегаючими режимами камерної печі.

*Формулювання мети статті.* Метою роботи є аналіз особливостей технологічного процесу нагріву металу і рівня автоматизації камерної печі, а також розробка математичної моделі теплової обробки заготовок в камерній печі.

*Основна частина.* В період нагріву металу витрата палива знаходиться в широкому динамічному діапазоні. Це вимагає установки на камерних печах пальників із діапазоном регулювання співвідношення газ-повітря 1:10 і вище [4].

В більшості випадків на камерних печах відсутнє автоматичне управління тиском газу і повітря.

Стадійний режим спалювання газоподібного палива неодноразово випробовували в термічних печах традиційних конструкцій. Проте технологія імпульсного спалювання палива не набула поширення із-за недосконалості систем автоматичного управління режимом тиску в печі. Камерна піч є складним багатозв'язковим об'єктом управління [1].

В камерній печі обробка матеріалу здійснюється за режимними температурними картами, що передбачають інтенсивний нагрів і витримку в печі. Таким чином, проведемо декомпозицію камерної печі з урахуванням процесів в рекуператорі на періоди нагріву та витримки заготовки [6].

Необхідна якість перехідного процесу по встановленню температури димових газів в пічному просторі забезпечується раціональним вибором управляючих, збурюючих і регульованих параметрів. Період нагріву описується наступними змінними: управляючі – витрата газу  $B_g$ , витрата повітря  $B_v$ ; керовані – температура в період нагріву  $t_n$ , температура диму  $t_d$ , температура металу в цей період  $t_m$ ; контрольовані – витрата продуктів горіння  $B_d$ , температура повітря  $t_v$ ; збурюючі – температура навколишнього повітря  $t_{os}$  (рис. 1).

Отримані динамічні рівняння в період основного нагріву. Температура в камерній печі в період нагріву

$$V_{kam} \cdot Cd^{t_d} \cdot \frac{dt_d}{d\tau_n} = Bg(\tau_n) \cdot Qnr - Bg(\tau_n) \cdot Vd \cdot Cd^{t_d} \cdot td(\tau_n) \cdot (1 - k_r) - q(\tau_n) \cdot Fm - \alpha \cdot F \cdot (td(\tau_n) - tos) - Qpot(\tau_n). \quad (1)$$

Витрата продуктів горіння при спалюванні природного газу в період нагріву

$$Tn \cdot \frac{dB_d(\tau_n)}{d\tau_n} + B_d(\tau_n) = Bg(\tau_n) + Bv(\tau_n). \quad (2)$$

Період витримки характеризується змінними: управляючі – витрата газу  $B_g$ , витрата повітря  $B_v$ , керовані – температура  $t_{sv}$ , температура диму  $t_d$ , температура металу  $t_m$ ; контрольовані – витрата продуктів горіння в період витримки  $B_d$ , температура повітря  $t_v$ ; збурюючі – температура повітря  $t_{os}$ , залишок продуктів горіння з періоду нагріву  $\Delta B_d$  і  $\Delta t_d$  (рис. 2).

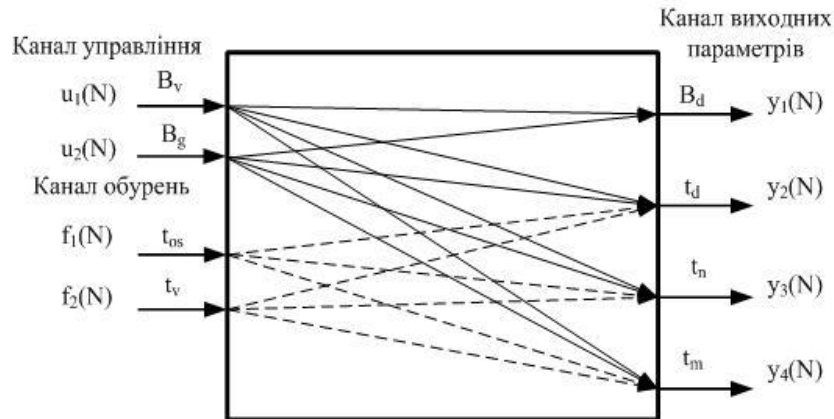


Рис. 1. Декомпозиція термообробки заготовок в період нагріву.

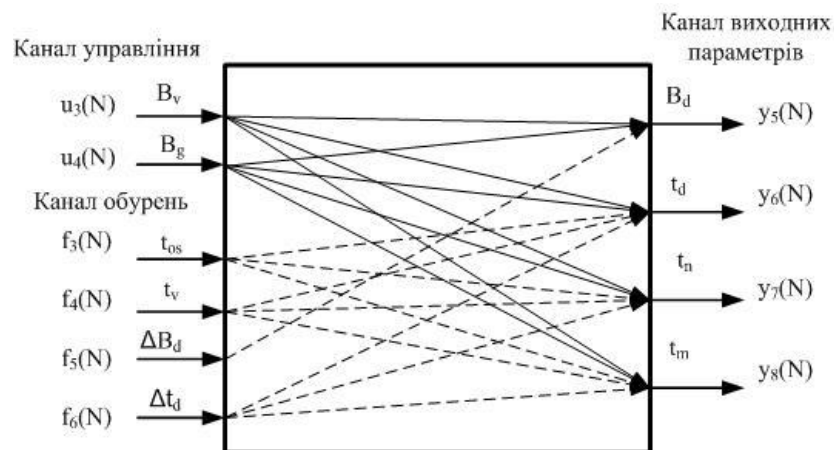


Рис. 2. Декомпозиція термообробки заготовок в період витримки.

Отримані динамічні рівняння для періоду витримки. Температура в період витримки

$$V_{kam} \cdot Cd^{td} \cdot \frac{dt_d}{d\tau_v} = Bd(\tau_n) \cdot Cd^{td} \cdot td(\tau_n) + Bg(\tau_v) \cdot Qnr - \alpha \cdot F \cdot (td(\tau_v) - tos) - Bg(\tau_v) \cdot Vd \cdot Cd^{td} \cdot td(\tau_v) \cdot (1 - k_r) - q(\tau_v) \cdot Fm - Qpot(\tau_v). \quad (3)$$

Витрата продуктів горіння в період витримки

$$Tv \cdot \frac{dB_d(\tau_v)}{d\tau_v} + B_d(\tau_v) - B_d(\tau_n) = Bg(\tau_v) + Bv(\tau_v). \quad (4)$$

Температура кладки в період нагріву визначається згідно законам акумуляції та передачі тепла. Динамічні характеристики системи по встановленню заданої температури у робочому просторі печі представлені на рис. 3.

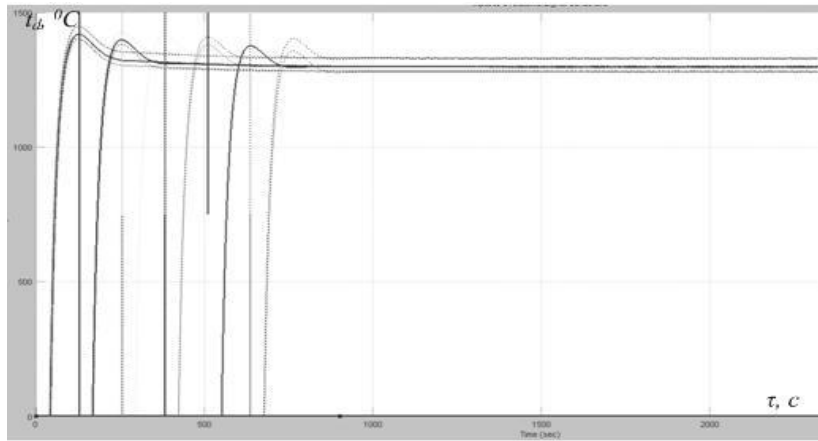


Рис. 3. Динамічні характеристики по встановленню температури димових газів у робочому просторі камерної печі в пакеті MATLAB.

В зоні основного нагріву критерієм регулювання температури димових газів є висока точність за відсутності перехідного процесу з перерегулюванням, яке може привести до перегріву матеріалу і до порушення режиму термообробки. Тобто необхідно застосовувати ПД-регулятор [1].

Так, при двохпозиційному регулюванні характерна наявність великих коливань температури металу близько заданого значення. Це викликано зміною параметрів завантаження матеріалів в печі. Поліпшення якості позиційного регулювання досягається зменшенням часу запізнювання системи і зони нечутливості регулятора [4]. Таким чином, для витримки заданого температурного режиму нагріву заготовок в камерній печі необхідно використовувати програмне регулювання.

*Висновки.* Розроблена математична модель теплової обробки заготовок в камерній печі і представлені динамічні характеристики по встановленню температури в робочому просторі печі.

Огляд особливостей побудови системи автоматичного управління теплової роботи камерної печі показав, що залишаються невирішеними наступний ряд завдань: відсутня динамічна математична модель технологічного процесу нагріву матеріалів в камерній печі; функціонування камерної печі погіршується внаслідок некомпенсованих дій обурень об'єкту управління, викликаних невизначеністю надходження партії заготовок металу; параметри регуляторів температури і тиску в робочому просторі печі настроєні для статичних режимів, що приводить до низької якості перехідних процесів по встановленню температури продуктів згорання в робочому просторі камерної печі.

Відсутність автоматичного управління тиском і витратою палива, програмного управління по температурі димових газів призводить до виникнення проблеми створення ефективної системи програмного управління для визначення раціональних режимів нагріву металу.

Таким чином, основними проблемами створення ефективної системи програмного управління є визначення раціональних режимів

нагріву металу, автоматична підтримка теплових режимів і попередження аварійних ситуацій.

#### Література

1. *Скоробогатова И.В.* Анализ эффективности управления термической обработкой металла в камерной печи / *И.В. Скоробогатова, Б.В. Гавриленко*//Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ. – 2012. – Випуск 2012 (22): Обчислювальна техніка та автоматизація. – С.35-40.

2. *Кравцов В.В.* Оптимизация режима нагрева в проходных нагревательных печах/ *В.В. Кравцов, А.Б. Бирюков, И.И. Демин*//Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – Випуск 177(12):Металургія. – С.206-212.

3. *Жукаускас А.А.* Интенсификация теплообмена. Успехи теплопередачи / *А. А. Жукаускас, О.Г. Мартыненко.* – Вильнюс: Мокслас, 1988.–188 с.

4. *Беленький А.М.* Автоматическое управление металлургическими процессами/ *А.М.Беленький, В.Ф.Бердышев, О.М.Блинов.* – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.

5. *Ткаченко В.Н.* Математическое моделирование, идентификация и управление технологическими процессами тепловой обработки материалов / *В.Н.Ткаченко.* – Киев: Наукова думка, 2008. – 244 с.

6. *Изерман Р.* Цифровые системы управления / *Р.Изерман*; Пер с англ. *И. М. Макарова.* – М.: Мир, 1984. – 541с.

### **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОЙ РАБОТОЙ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ**

Скоробогатова І. В.

#### *Аннотация*

**Проанализированы особенности технологического процесса нагрева материала. Рассмотрены основные проблемы при создании системы автоматического управления тепловой работой печи.**

### **ANALYSIS OF PROBLEMS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF HEAT WORK CHAMBER FURNACE**

I. Skorobogatova

#### *Summary*

**The features analyzes of the process of heating the material. The main problems in establishing a automatic control system of thermal operation of the furnace.**