

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРУБЧАСТОЇ ПЕЧІ У ПРОЦЕСІ ЛУЖНОГО ОЧИЩЕННЯ ДИЗПАЛИВА

Б. М. Біганський, В. В. Миленський
КПІ ім. Ігоря Сікорського, milenkyvv@ukr.net

Апарат трубчаста піч призначений для передачі тепла від горілки до продукту, що рухається по змійовику. Такого виду печі часто використовуються в нафто-газопереробній, нафтохімічній, коксохімічній і в других галузях. Також цей апарат виступає як складова установок і використовується в різних процесах.

Трубчасті печі бувають різними за конструкцією. Вони відрізняються числом камер, способом теплопередачі, формою та кількістю камер топки, розташуванням горілки, кількістю потоків продукту, варіантами спалювання палива, довжиною труб тощо.

Отже, згідно з тим, що було вказано вище, до математичної моделі висуваються певні вимоги:

- опис потоку речовини;
- опис реакції згорання природного газу;
- розподілення параметрів, оскільки наявні зони печі.

Конвективний теплообмін між димовими газами спіральною трубою. Саме для того, щоб контролювати та управляти процес нагріву речовини потрібна математична модель, яка має забезпечити, щоб поставлені умови виконались.

Математичне моделювання процесів тепломасообміну в апараті, метою якого, є збільшення ефективності та екологічності виробництва продуктів нафтового походження, а також побудова та дослідження моделі складних системи з розподіленими параметрами, базуючись на принципах контролювання технологічних системи і оптимального управління. В результаті, розроблений програмний інструмент, який являється експериментальною установкою обчислювального типу, підвищує економічність і, що не менш важливо, ефективність промислових та лабораторних досліджень, що забезпечує надійність, безвідмовність, простоту і гнучкість у використанні. Чисельний аналіз відбувався у програмному комплексі COMSOL Multiphysics, де застосовувались методи розв'язку диференціальних із похідними звичайного типу.

Згідно з аналізом і вимогами, які були поставлені, математична модель складається з рівнянь певного типу – рівняння теплообміну

$$\frac{\partial T_m}{\partial t} - \omega \nabla T_m = K_2(T_3 - T_m) - Q(T_6)$$

де u – швидкість руху; ρ – густина суміші; q – кількісна теплота палива при згоранні; $Q(T_6)$ – втрати в навколишнє середовище; T_m – температура продукту; T_3 – температура продуктів згорання; K_2 – коефіцієнт теплопередачі.

Основні вимоги, які висуваються до математичної моделі – це розподіленість параметрів та опис реакції горіння природного газу, оскільки природний

газ є основним джерелом теплоти в апараті. Тому ціль виконання даної роботи є розроблення математичної моделі, яка повністю забезпечуватиме поставлені до неї вимоги.

Щоб розробити систему керування, потрібно отримати модель у просторі стану, за допомогою ідентифікації. Головним параметром являється температура продукту на виході. Отже, ідентифікація проводитиметься по контрольній точці, в якості якої було обрано точку середини трубопроводу на виході з апарату.

Що ж являє собою ідентифікація керування? Саме це і є визначення математичної моделі, що зв'язує вхідні та вихідні змінні об'єкту. Для отримання рівнянь статистики головними методами є експериментальні, при обробці дослідних матеріалів, що відповідають об'єкта.

На апарат подаються так звані штучні збурення і за методом найменших квадратів виконується обробка результатів. Визначаємо експериментальні точки, які найкраще узгоджують криву $y=f(x)$.

Існує 2 варіанти залежності $y = f(x)$: залежність відома на базі теоретичних міркувань залежність наперед невідома. У 2-гому випадку використовуємо апроксимуючий поліном певного степеня:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{12}x_1x_2.$$

Ідентифікація проводилась за допомогою модуля Simulink. Блок Simulink (System Identification Toolbox), програми MATLAB і додаток для створення математичних моделей із вимірних вхідних та вихідних даних. Все це дозволяє створювати та використовувати моделі динамічних систем, які нелегко моделювати з перших принципів або специфікацій. Можна використовувати вхідні та вихідні дані часової та частотної області, щоб ідентифікувати функції передачі безперервного часу та дискретного часу, моделі процесів та моделі простору станів. Набір інструментів також надає алгоритми для вбудованої онлайн-оцінки параметрів.

Отже, змодельовавши апарат, стало видно перепад температури по печі з низу до верху. В печі наявна гаряча область, що розташована в місці встановлення горілки. Через це підтверджується значне нагрівання внутрішньої сторони спіральної труби в порівнянні з зовнішньою.

Змодельовавши концентрацію продуктів хімічної реакції, можна дійти висновку, що відбувається повне спалювання палива. Вміст палива приймає не нульове значення тільки біля горілки, а далі прямує до 0.