

Моделювання теплових процесів в печі випалювання цегли

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено дослідження нечіткої математичної моделі для тунельної печей випалювання, що розраховує кількість палива на основі визначених факторів, використовувалася ієрархічна база знань, що дозволило адекватно описати багатовимірні залежності “вхід-вихід” невеликою кількістю правил, як алгоритм нечіткого логічного виводу обрано алгоритм Мамдані.

Ключові слова: Автоматизація, технологічний процес, тунельна піч, випалювання цегли, нечітка модель.

Abstract

In work is organized study to ill-defined mathematical model for tunnel burning stove that calculates the amount a fuel on base determined factor, was used hierarchical knowledgebase that has allowed adequately to describe the multivariate dependencies "input/output" small quantity of the rules, as algorithm of the ill-defined inference is chose algorithm Mamdani.

Keywords: Automation, process, tunnel furnace, burning bricks, fuzzy model.

Вступ

На даний час, в умовах швидкого розвитку промисловості України до автоматизованих систем управління технологічними процесами висуваються дуже високі вимоги, такі як: управління в режимі реального часу, висока швидкодія, надійність як технічних засобів, так і програмного забезпечення, реалізація яких можлива з використанням сучасних інформаційних технологій. Окремим класом технологічних процесів є процеси випалювання, що характеризуються спрямованим просування оброблюваного матеріалу та нагріванням його під дією зовнішнього температурного поля. Трудомісткість та складність задач моделювання температурного поля в таких системах обумовлюють актуальність підвищення ефективності їх чисельного розв’язання.

Результати дослідження

Необхідною передумовою для розробки автоматизованих системи управління технологічним процесом є створення математичної моделі об’єкта дослідження. Класична модель розподілу температурного поля в печі випалювання представляється системою диференційних рівнянь в частинних похідних, порядок яких визначається кількістю факторів, що впливають на хід технологічного процесу. Кількість таких факторів може бути великою (більш ніж п’ять або шість), тому відповідно порядок системи може бути більш другого. Моделювання систем диференційних рівнянь в частинних похідних великих порядків є достатньо складною задачею.

Оскільки класичні моделі досить важкі для моделювання в даній роботі запропоновано нечітку модель для тунельної печі випалювання, що розраховує кількість палива для формування заданого температурного поля на основі наступних факторів: абсолютне відхилення вимірюваної температури від заданої на поточній позиції; швидкість зміни температури; теплотворна здатність палива; температура газового середовища попередньої позиції; кількість продуктів горіння, що виносяться в наступну позицію; витрати палива на поточній позиції печі; температура матеріалу в поточній позиції. В роботі використовувалася ієрархічна база знань, що дозволило адекватно описати багатовимірні залежності “вхід-вихід” невеликою кількістю правил та подолати “прокляття розмірності”. Формалізацію та дослідження запропонованої нечіткої моделі виконано на даних тунельної печі випалювання будівельної кераміки ВАТ “Керамік” (м. Вінниця). Як алгоритм нечіткого логічного виводу обрано алгоритм Мамдані, який на основі бази знань

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} w_{jp} \cdot \left(\bigcap_{i=1}^n x_i = a_{i,jp} \right) \rightarrow y = d_j$$

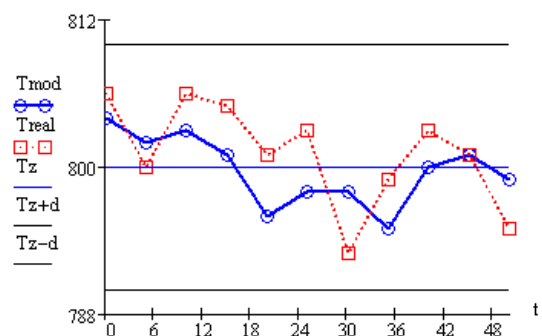
враховуючи нечіткі терми a_{i, j_p} та ваги правил W_{j_p} , дозволяє визначити належність виходу u нечіткому терму d_j . Послідовне застосування алгоритму Мамдані до дерева виводу дозволило обчислити нечітку множину ΔV для зміни об'єму палива в заданій точці факторного простору:

$$\overline{\Delta V}(x_1, \dots, x_7) = \left\{ \frac{\mu^{AV_1}(\Delta V)}{d_1}, \frac{\mu^{AV_2}(\Delta V)}{d_2} \dots \frac{\mu^{AV_l}(\Delta V)}{d_l} \right\}$$

де l - кількість нечітких термів для оцінки змінної ΔV , ΔV_i - назва i -го терму, $i = \overline{1, l}$, $\mu^{AV_i}(\Delta V)$ - степінь належності змінної ΔV до терму ΔV_i , d_i - кількісне значення змінної ΔV для терму ΔV_i . Для підвищення адекватності моделі в роботі виконано параметричну ідентифікацію, що полягає у знаходженні такої математичної моделі F , яка б забезпечувала мінімальне значення середньоквадратичної нев'язки:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - F(X_i))^2} \rightarrow \min$$

де (X_i, Y_i) , $i = \overline{1, N}$ - вибірка експериментальних даних, що зв'язує входи x з виходом u досліджуваної залежності; $F(X_i)$ - значення виходу нечіткої моделі при значенні входів, заданих вектором X_i . Адекватність нечіткої моделі підтверджена результатами експериментальних досліджень, які показали, що середня квадратична нев'язка моделі складає 9,64. Результати дослідження точності моделі наведені на рисунку 1, де T_{mod} - значення температури, отримане за допомогою нечіткої моделі, T_{real} - експериментальне значення температури, $T_z \pm d$ - допустимі відхилення температури за технологічним регламентом. Час розрахунку параметрів управління V для отримання заданого значення температури становить 1,5с. Графічна інтерпретація експериментальних досліджень для однієї серії дослідів подана на рисунку 1.



Результати моделювання показали, що запропонована в роботі нечітка модель тунельної печі випалювання дозволяє суттєво підвищити швидкість моделювання за рахунок використання нечіткої моделі на позиціях, для температурного розподілу яких виконується співвідношення $|T^k - T^0| \leq \xi$.

кількість дослідів - 5, для більш точного врахування стану системи; кількість вимірювань у кожному досліді - 10.

Рисунок 1 - Дослідження точності нечіткої моделі

Висновки

Аналіз результатів моделювання, проведених в роботі, показав, що ефективність використання нечітких моделей для такого класу задач, прозорість моделей та швидкодію процесу моделювання, здатність розв'язання важко формалізованих задач, частина інформації в яких носить якісний характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Моделювання теплотехнологічних об'єктів з розподіленими параметрами. / С. М. Москвіна, Д. О. Ковалюк : Монографія. - Вінниця : ВНТУ, 2009. - 185 с.

Ірина Сергіївна Бевз - студентка групи 2АВ-126, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Bewz1006@gmail.com.

Науковий керівник: **Світлана Михайлівна Москвіна** - кандидат технічних наук, професор, доцент, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email : moskvina@ukr.net

Bevz I. — Department of Computer Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bewz1006@gmail.com.

Supervisor: **Moskvina Svitlana M.** — Ph.D, Associate Professor, Department of Computer Control Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : moskvina@ukr.net