

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Ігор Голод

Харківський національний університет радіоелектроніки,

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: igor.holod@nure.ua

Анотація: У статті розглядаються математичні моделі управління мікрокліматом на виробництві з використанням кіберфізичних систем (КФС). Забезпечення оптимальних умов мікроклімату є критично важливим для підвищення ефективності виробничих процесів, зменшення енергоспоживання та покращення безпеки працівників. Впровадження моделей у КФС дозволяє інтелектуально управляти мікрокліматом, що підвищує енергоефективність і стабільність технологічних процесів.

Ключові слова: мікроклімат, кіберфізичні системи, математичні моделі, інтелектуальне управління.

Оптимізація мікроклімату у виробничих приміщеннях є складним завданням, що вимагає досягнення необхідних параметрів температури, вологості та інших факторів при мінімізації енергоспоживання. Оптимальні умови сприяють ефективності виробництва та здоров'ю працівників. Зниження енергоспоживання та викидів парникових газів стимулює розробку нових методів управління мікрокліматом, де КФС відіграють ключову роль, інтегруючи фізичні та комп'ютерні моделі.

Математичні моделі комп'ютерного моделювання мікроклімату дозволяють точно прогнозувати процеси з мінімальними обчислювальними витратами, підтримуючи стабільний контроль та ефективність виробництва.

Класичні диференціальні рівняння теплового балансу будівлі. Ці рівняння використовуються для моделювання теплових процесів у виробничих приміщеннях. Основне рівняння теплового балансу можна записати як:

$$C \frac{dT}{dt} = Q_{in} - Q_{out} + Q_{gen}$$

де: C – теплоємність приміщення;

T – температура;

Q_{in} – теплова енергія, що надходить у систему (включаючи обігрів);

Q_{out} – втрати тепла;

Q_{gen} – теплова енергія, що генерується обладнанням або процесами.

PMV (Predicted Mean Vote) модель. Ця модель передбачає суб'єктивне сприйняття температури людьми і використовується для оцінки комфортності умов у приміщенні. Формула PMV виглядає так:

$$PMV = [0.303e^{-0.036M} + 0.028] \cdot (M - W - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot (5733 - 6.99 \cdot (M - W) - Pa))$$

Де: M – метаболічна теплота (Вт/м²);

W – зовнішня робота (Вт/м²);

Pa – тиск водяної пари (Па).

PID управління. Пропорційно-інтегрально-диференціальне (PID) управління є класичним методом регулювання мікроклімату. Регулятор PID використовує три компоненти:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

де: $e(t)$ – помилка між бажаним і поточним значенням температури або вологості;

K_p – коефіцієнт пропорційного компонента;

K_i – коефіцієнт інтегрального компонента;

K_d – коефіцієнт диференціального компонента.

Управління на основі нечіткої логіки. Нечітка логіка дозволяє управляти мікрокліматом у виробничих приміщеннях за умов невизначеності, коли неможливо точно виміряти або передбачити деякі параметри. Вона використовує "якщо-то" правила для прийняття рішень і дозволяє працювати з нечіткими величинами, такими як "висока температура" або "середня вологість". Основне рівняння для нечіткої логіки виглядає так:

$$u(t) = FuzzyLogic(e(t))$$

Управління на основі нейронних мереж. Нейронні мережі здатні моделювати складні нелінійні процеси, які важко описати математично. У системах управління мікрокліматом вони можуть навчатися на основі історичних даних і передбачати, як змінюватимуться параметри мікроклімату залежно від впливу різних факторів. Основне рівняння нейронної мережі виглядає так:

$$y = \sigma \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b \right)$$

Де: y – вихід нейронної мережі;

w_i – вагові коефіцієнти;

x_i – вхідні сигнали;

b – зміщення;

σ – активаційна функція [1].

Нейро-нечіткі системи. Нейро-нечіткі системи комбінують переваги нейронних мереж і нечіткої логіки. Вони здатні навчатися на основі реальних даних і адаптуватися до змін, використовуючи нечіткі правила для прийняття рішень. Це дозволяє побудувати систему, яка може ефективно управляти мікрокліматом, навіть якщо деякі параметри змінюються з часом. У контексті КФС нейро-нечіткі системи можуть бути особливо корисні для управління мікрокліматом на виробництві з високою динамікою змін, де потрібні швидкі адаптації до змін умов [2].

Традиційні методи, такі як класичні диференціальні рівняння, залишаються популярними через їх простоту, але потребують значних енергетичних витрат і не є достатньо гнучкими для сучасного виробництва. Сучасні інтелектуальні методи, зокрема нечітка логіка та нейронні мережі, можуть оптимізувати енергоспоживання до 30% та підвищити стабільність технологічних процесів. Поєднання інтелектуальних методів управління з КФС забезпечує комплексну оптимізацію виробничих процесів, знижуючи енергетичні витрати і підтримуючи стабільні параметри мікроклімату, що є важливим для якості продукції та ефективності технологічних процесів.

ВИСНОВКИ. Інтеграція кіберфізичних систем (КФС) із сучасними математичними моделями управління, такими як диференціальні рівняння, методи на основі нечіткої логіки та нейронних мереж, сприяє розвитку інтелектуальних рішень для контролю мікроклімату. Це дозволяє знижувати енергетичні витрати, підвищувати стабільність технологічних процесів та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Список використаних джерел:

1. Nevludov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.
2. Baker, J. H., Laariedh, F., Ahmad, M. A., Lyashenko, V., Sotnik, S., & Mustafa, S. K. (2021). Some interesting features of semantic model in Robotic Science. *SSRG International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(7), 38-44.