УДК 62.932:007.52

Євсєєв В. В.[1], Голод І.В.[2]
[1] проф. Харківського національного університету радіоелектроніки
[2] асп. Харківського національного університету радіоелектроніки

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

У сучасних виробничих приміщеннях забезпечення оптимальних умов мікроклімату стає дедалі складнішим завданням. Це вимагає точного контролю таких параметрів, як температура, вологість і інші фактори, які безпосередньо впливають на робочий процес. Важливо також зменшити енергоспоживання, що додає ще один рівень складності в управлінні мікрокліматом. Оптимізація мікроклімату не лише підвищує ефективність виробничих процесів, але й забезпечує безпеку та здоров'я працівників. Актуальність зниження енергоспоживання та викидів парникових газів стимулює розробку нових підходів до управління мікрокліматом, серед яких особливе місце займають кіберфізичні системи (КФС).

Використання математичних моделей для комп'ютерного моделювання мікроклімату є важливим аспектом, оскільки вони дозволяють прогнозувати процеси з мінімальними витратами часу. Це особливо актуально, оскільки управління мікрокліматом вимагає врахування затримок у реакції систем на зміни параметрів середовища. Точні моделі забезпечують стабільний контроль мікроклімату та ефективність виробничих процесів. Інтеграція таких моделей із КФС підвищує точність прогнозів і зменшує затримки реакцій систем [1]. Важливо враховувати різноманітність математичних моделей та методів, адаптованих до специфіки виробничих умов, для покращення енергоефективності та динамічного контролю параметрів середовища.

Нижче наведено перелік математичних моделей, які сприяють підвищенню енергоефективності та оптимізації умов праці в сучасних виробничих приміщеннях:

- ПІД-регулювання (Пропорційно-Інтегрально-Диференціальне регулювання);
- нечітка логіка управління (Fuzzy Logic Control);
- PMV/PPD (Прогнозована Середня Оцінка/Прогнозована Доля Незадоволених);
- машинне навчання;
- штучні нейронні мережі.

Наступним важливим аспектом є вибір математичних моделей для управління мікрокліматом у виробничих приміщеннях. Цей етап має

вирішальне значення для створення ефективних кіберфізичних систем, оскільки кожна модель має свої унікальні характеристики, які можуть впливати на успішність її застосування в практиці.. Кожна з розглянутих моделей має свої переваги та недоліки, що впливають на їх застосування в практиці. У таблиці 1 наведено основні переваги та недоліки різних моделей, що допоможе вибрати найбільш підходящу модель залежно від конкретних умов і вимог системи управління.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки математичних моделей інтелектуального керування мікрокліматом

Назва методу та короткий опис	Переваги	Недоліки
1	2	3
ПІД-регулювання (Пропорційно-Інтегрально-Диференціальне регулювання). Використовується для підтримки заданих значень температури в приміщенні з високою точністю. Він враховує пропорційні, інтегральні та диференціальні складові для коригування параметрів системи [2].	Висока точність підтримки температури. Швидке реагування на зміни умов. Можливість точного налаштування параметрів регулятора для різних умов.	Складність налаштування ПІД-коефіцієнтів для оптимальної роботи. Велике часове споживання для узгодження трьох елементів регулятора. Можливість виникнення значних температурних відхилень при використанні статистичних середніх.
Нечітка логіка управління (Fuzzy Logic Control). Використовується для лінгвістичного вираження теплового комфорту без необхідності точного вимірювання температури та	Гнучкість управління при динамічних змінах умов. Плавний перехід температури та вологості. Підтримка комфортного мікроклімату з меншим	Зростаюча складність із збільшенням кількості вхідних змінних. Велика кількість базових правил, що ускладнює розуміння системи. Високі вимоги до

вологості. Цей метод дозволяє враховувати суб'єктивні оцінки комфорту, такі як "тепло", "холодно", "вологість", і перетворювати їх у нечіткі значення [3].	енергоспоживанням (економія до 20%). Менша кількість необхідних датчиків.	обчислювальних ресурсів.
PMV/PPD (Прогнозована Середня Оцінка/Прогнозована Доля Незадоволених). Використовується для прогнозування середньої температурної чутливості групи людей в приміщенні, а PPD визначає частку людей, незадоволених температурою середовища.	Точне визначення теплового комфорту. Можливість забезпечення високої продуктивності при зниженому енергоспоживанні. Використання для налаштування параметрів для досягнення теплової нейтральності.	Необхідність великої кількості даних для точної оцінки. Залежність від правильного налаштування параметрів. Обмеження в адаптації до індивідуальних потреб.
Машинне навчання. Застосовуються для розпізнавання ситуації в мікрокліматі, прогнозування її змін та синтезу управляючого впливу. Використання машинного навчання дозволяє підвищити точність контролю за параметрами мікроклімату та забезпечити адаптацію системи до специфіки конкретного виробничого приміщення [4].	Висока точність прогнозування. Адаптивність до змін у середовищі. Можливість самонавчання і покращення алгоритмів у реальному часі.	Велика потреба в обчислювальних ресурсах. Складність налаштування і впровадження. Залежність від якості вхідних даних і комп'ютерної моделі
Штучні нейронні мережі. Штучні нейронні мережі	Можливість обробки великої кількості даних.	Високі вимоги до обчислювальних ресурсів.

використовуються для виявлення закономірностей формування мікроклімату і взаємного впливу його показників. ШНМ можуть бути навчанні на даних, згенерованих комп'ютерною моделлю мікроклімату [5, 6].	Висока точність і здатність до самонавчання. Ефективне виявлення прихованих закономірностей у даних.	Складність у навчанні та налаштуванні мереж. Потреба у великій кількості навчальних даних для досягнення високої точності

У підсумку, математичні моделі інтелектуального управління мікрокліматом, засновані на кіберфізичних системах, відіграють критично важливу роль у підвищенні енергоефективності та покращенні умов праці на виробництві. Вибір відповідної моделі залежить від специфіки виробничого середовища, а також від вимог до точності контролю і доступних ресурсів. Вибір конкретної моделі залежить від специфіки виробничого середовища, вимог до точності управління та доступних ресурсів. Зокрема, підтримка оптимальних мікрокліматичних умов є критично важливою не лише для забезпечення комфорту працівників, але й для безперервності та якості технологічних процесів. Зважаючи на переваги та недоліки, представлені в таблиці 1, важливо розробити стратегії, які максимально використовують сильні сторони обраних моделей, адаптуючи їх до динамічних умов сучасного виробництва.

На завершення, з розвитком технологій та зростанням потреби у сталому розвитку, інтеграція математичних моделей із кіберфізичними системами не лише забезпечить ефективне управління мікрокліматом, але й сприятиме оптимізації технологічних процесів. Це формуватиме більш комфортні, екологічно чисті виробничі середовища, що в свою чергу підвищить загальну продуктивність і безпеку працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nevliudov, I., & et al. (2023). Monitoring System Development for Equipment Upgrade for IIoT. In 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), IEEE, 1-5.

2. Bondariev, A., & et al. (2023). Automated Monitoring System Development for Equipment Modernization. Journal of Universal Science Research, 1(11), 6-16.

3. Nevliudov, I., & et al. (2023). Mobile Robot Navigation System Based on Ultrasonic Sensors. In 2023 IEEE XXVIII International Seminar/Workshop on

Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), IEEE, 1, 247-251.

4. Lyashenko, V., & et al. (2023). Automated Monitoring and Visualization System in Production. Int. Res. J. Multidiscip. Technovation, 5(6), 09-18.

5. Nevliudov, I., & et al. (2020). Development of an ArchitecturalLogical Model to Automate the Management of the Process of Creating Complex Cyberphysical Industrial Systems. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 4(3-106), 44-52.

6. 1. Nevliudov, 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.