

УДК 62-52:631.22

Віталій Яропуд, д.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет, Україна

АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ АПК З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Анотація. Запропоновано алгоритм функціонування мехатронної системи забезпечення мікроклімату приміщень АПК, який базується на інтеграції вентиляційних підсистем та теплообмінних модулів. Встановлено залежності витрат повітря, теплових параметрів та енергоспоживання. За результатами моделювання підтверджено зниження енерговитрат до 28,6 % порівняно з класичною системою.

Ключові слова: мехатронна система, мікроклімат, вентиляція, теплообмін, енергоефективність.

Vitalii Yaropud

ALGORITHM FOR THE OPERATION OF A MECHATRONIC SYSTEM FOR MICROCLIMATE CONTROL IN AGRICULTURAL FACILITIES WITH CONSIDERATION OF ENERGY EFFICIENCY

Abstract. The algorithm of a mechatronic microclimate control system is developed. Dependencies of airflow, temperature and energy consumption are obtained. Energy savings up to 28.6% are confirmed.

Keywords: mechatronic system, microclimate, ventilation, heat exchange, energy efficiency.

Постановка проблеми. Забезпечення стабільного мікроклімату в приміщеннях АПК потребує комплексного підходу до керування вентиляційними та теплообмінними процесами. Традиційні системи характеризуються високими енерговитратами та низькою адаптивністю до змін зовнішніх умов.

Мета дослідження. Розробка алгоритму функціонування мехатронної системи забезпечення мікроклімату з урахуванням параметрів повітряного середовища та енергоспоживання.

Основний матеріал. Визначення параметрів функціонування мехатронної системи забезпечення мікроклімату базується на розрахунку необхідного обсягу вентиляції та енергетичних характеристик повітряного потоку [1]. Годинний обсяг вентиляції, необхідний для підтримання допустимого рівня концентрації вуглекислого газу, визначається за залежністю:

$$O_{CO_2} = \frac{E}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2},$$

де E – інтенсивність виділення газу тваринами; ε_1 , ε_2 – допустима та початкова концентрації газу.

Сумарні витрати повітря формуються як функція режимів роботи вентиляційних каналів та ступеня відкриття керуючих заслінок, що дає змогу адаптивно змінювати інтенсивність повітрообміну залежно від стану мікроклімату [2, 3].

Тепловий стан повітря після проходження теплообмінних елементів визначається за емпірично встановленими залежностями. Зокрема, температура повітря після ґрунтового теплообмінника визначається виразом:

$$T_G = T_{in} \pm \Delta T_{aU} = T_{in} \pm (7,82 - 0,00956 Q_{in} - 0,427 T_{in} + 0,000105 Q_{in} T_{in} + 0,0184 T_{in}^2),$$

що враховує витрати повітря та температуру на вході.

Енергетичні витрати системи визначаються сумарною потужністю вентиляційних і теплообмінних підсистем, що дозволяє оцінити ефективність її функціонування в різних режимах роботи.

Алгоритм функціонування системи передбачає послідовне визначення режиму вентиляції, керування положенням заслінок, регулювання роботи теплообмінників та адаптацію параметрів до змін зовнішніх кліматичних умов [2]. Блок-схема алгоритму наведена на рис. 1.

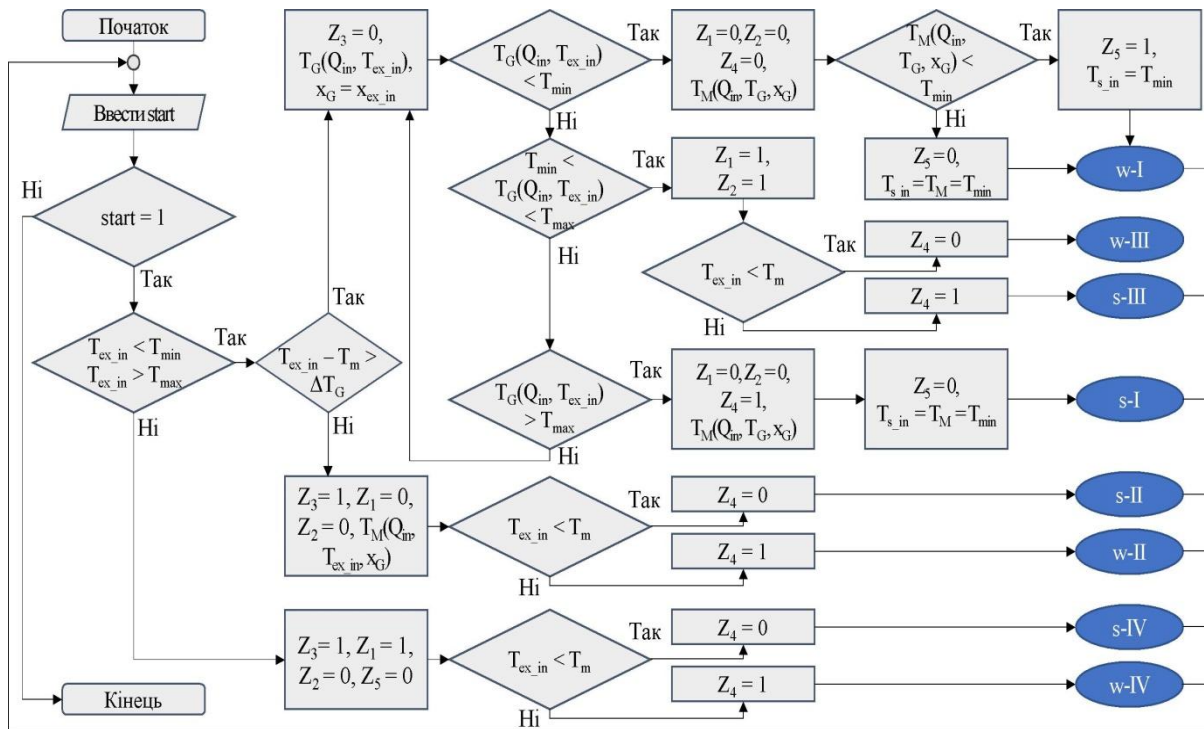


Рисунок 1. Блок-схема алгоритму функціонування мехатронної системи

Результати досліджень. За результатами проведеного чисельного моделювання та експериментальних досліджень встановлено, що розроблена мехатронна система забезпечення мікроклімату дозволяє досягти стабілізації температурного режиму в зоні перебування тварин у межах 18–22 °С, що повністю відповідає зоотехнічним вимогам. При цьому забезпечується адаптація параметрів системи до змін температури зовнішнього середовища за рахунок узгодженої роботи вентиляційних підсистем та теплообмінних модулів.

Аналіз аеродинамічної структури повітряного потоку в приміщенні показав, що застосування розробленої системи сприяє формуванню рівномірного поля швидкостей у робочій зоні, при якому швидкість повітря не перевищує 0,5 м/с, що виключає виникнення локальних зон застою або надмірної турбулізації повітряного середовища, що позитивно впливає на умови утримання тварин та ефективність тепло- і масообміну.

Отримані результати моделювання температурних полів та швидкісних характеристик повітряного потоку (рис. 2) підтверджують ефективність запропонованої конструктивно-технологічної схеми системи (рис. 3) з точки зору забезпечення рівномірності розподілу параметрів мікроклімату по об'єму приміщення.

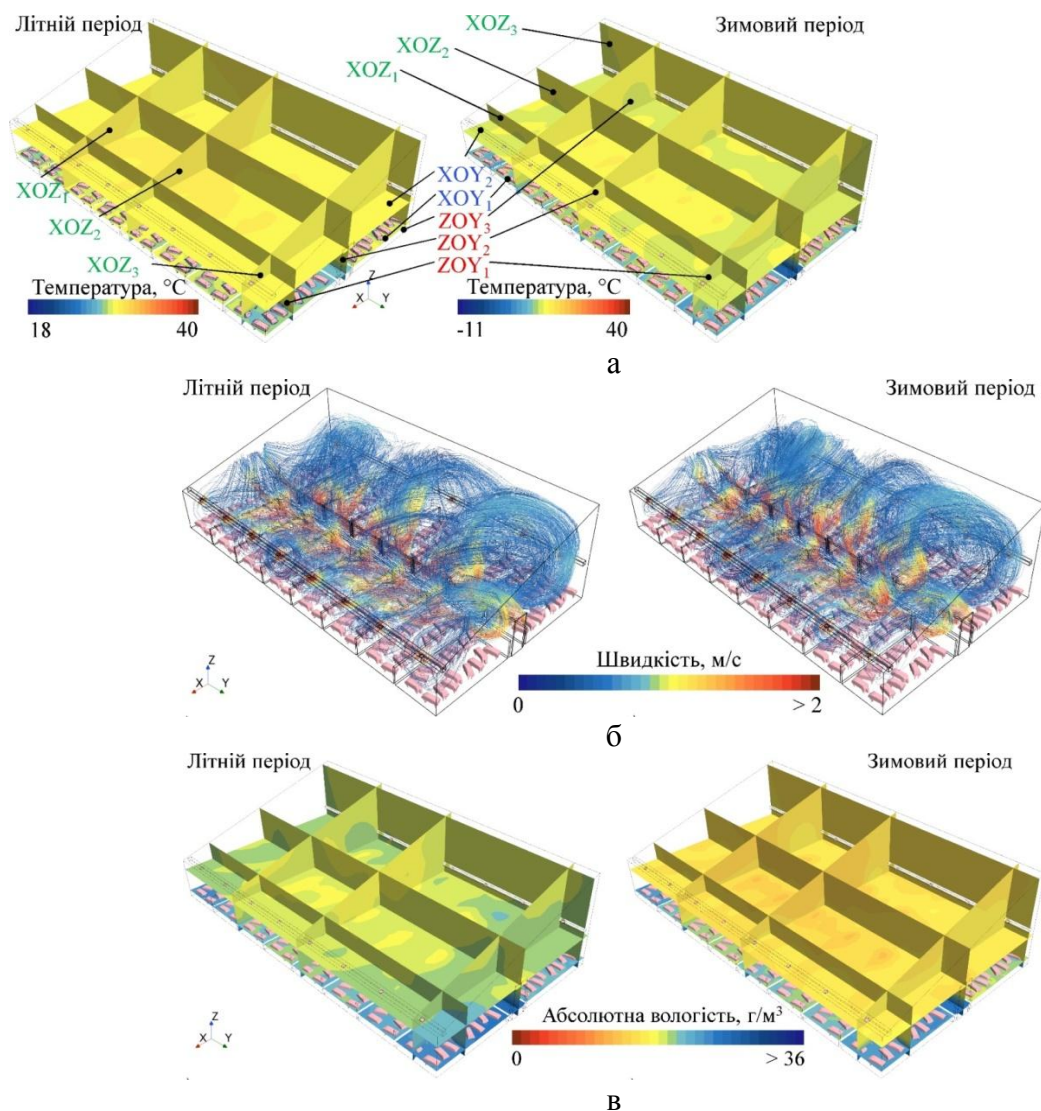


Рисунок 2. Розподіли температури (а), лінії потоку повітря (б) і тиску (в) у приміщеннях АПК із розробленою системою забезпечення мікроклімату

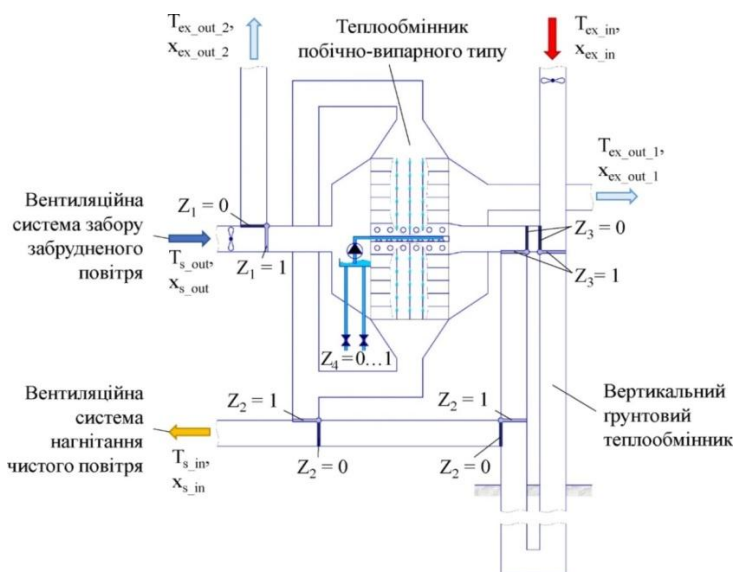


Рисунок 3. Технологічна схема мехатронної системи забезпечення мікроклімату приміщень АПК

Дослідження енергетичних показників функціонування системи засвідчили, що використання запропонованого алгоритму керування та інтеграції теплообмінних елементів дозволяє суттєво знизити сумарні енерговитрати. Зокрема, за результатами порівняння з класичною системою вентиляції та кондиціонування встановлено зменшення споживаної потужності на 28,6 %, що підтверджується відповідними залежностями, наведеними на рис. 4 [2].

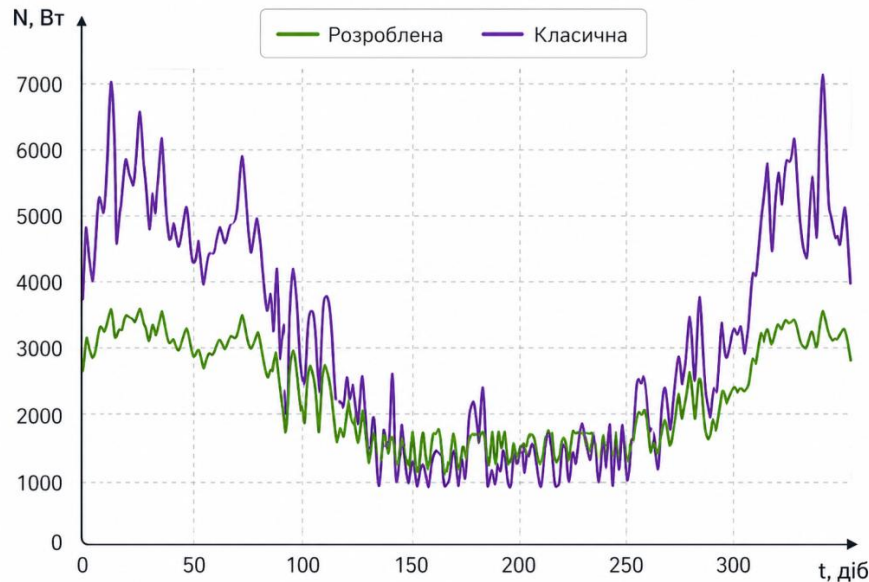


Рисунок 4. Динаміка енергоспоживання системи

Отримані результати свідчать про підвищення енергоефективності та якості забезпечення мікроклімату за рахунок впровадження мехатронного підходу до керування вентиляційними та теплообмінними процесами.

Висновки. Запропонований алгоритм функціонування мехатронної системи забезпечує ефективне керування параметрами мікроклімату та дозволяє суттєво знизити енергоспоживання. Отримані результати підтверджують доцільність використання інтегрованих вентиляційно-теплообмінних систем у приміщеннях АПК.

Перелік посилань

1. Yaropud V., Hunko I., Aliiev E., Kupchuk I. Justification of the mechatronic system for pigsty microclimate maintenance. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32(2). P. 341–351. DOI: <https://doi.org/10.15159/jas.21.23>.
2. Yaropud V. Algorithm of operation of the mechatronic system for providing microclimate of pigsties. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2024. №3(126). P. 36–47. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-3-4
3. Kaletnik H., Yaropud V., Lutkovska S., Aliiev E. Studying the air flow heating process in the vertical type ground heat exchanger. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2024. Vol. 100(10). P. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2024.10.08>