

УДК 681.511;681.527

**АДАПТИВНИЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ ДЛЯ  
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСА СИСТЕМИ  
МІКРОКЛІМАТУ ПТАШНИКА**

*В. Г. Горобець, доктор технічних наук, професор*

*В. І. Троханяк, асистент*

*Є. О. Антипов, кандидат технічних наук*

*Ю. О. Богдан, кандидат технічних наук*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*e-mail: v1kt0r\_t@ukr.net*

**Анотація.** Виходячи із запропонованої енергоефективної системи підтримання оптимального мікроклімату в пташнику, проведених чисельних розрахунків та оптимального розташування вентиляційного та іншого обладнання, вибране відповідне енергообладнання.

Проведені дослідження з розробки електротехнічного комплексу в пташнику дають можливість побудови алгоритмів керування за допомогою графічних залежностей. Використовуючи воду підземних свердловин для охолодження припливного повітря у птахівничому приміщенні за допомогою теплообмінників-рекуператорів в літній і зимовий періоди року, побудовано графіки витрати води, яка циркулює в системі за допомогою циркуляційного насоса, залежно від зовнішньої температури повітря. Залежно від витрат води за допомогою магнітних клапанів будуть вводитися в дію теплообмінні апарати в автономному режимі. При температурі  $+23^{\circ}\text{C}$  необхідно використовувати 3 теплообмінні апарати з витратою води  $2,5\text{ м}^3/\text{год.}$ , а від  $+35^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  – 6 теплообмінників з витратою води від 57 до  $108\text{ м}^3/\text{год.}$

Важливість створення енергоефективної систем з використанням нечітких логічних контролерів, алгоритми роботи яких наближені до розумової діяльності людини та адаптація їх для використання в керуючих комп'ютерних системах, підкреслюється у матеріалах Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (ІЕЕЕ) і Міжнародної електротехнічної комісії (ІЕС).

Реалізовано автоматичне управління модернізованого електротехнічного комплексу за допомогою Mega 2560, що є мікроконтролерною платою, заснованою на ATmega2560.

**Ключові слова:** енергоефективна система, алгоритми керування, оптимальне розташування, енергообладнання

**Актуальність.** Розвиток нових технологій в енергетичній галузі, перехід на новий рівень енергозабезпечення об'єктів, у тому числі вентиляційних систем птахівничих комплексів, характеризується пришвидшенням темпів зростання всіх кількісних та якісних показників виходу продукції, а також удосконаленням всієї структури птаховиробництва.

Підвищення продуктивності птахофабрик пов'язане з необхідністю створення оптимального мікроклімату в приміщеннях пташників. При цьому важливою задачею стає пошук нових підходів і принципів для вирішення проблеми охолодження та нагрівання припливного повітря птахівничих приміщень у літній і зимовий період. Ця проблема є особливо важливою у зв'язку зі зниженням продуктивності роботи птахоферм, що зумовлено недосконалістю існуючих систем мікроклімату в літній період за наявності високої температури та вологості зовнішнього повітря. Слід зазначити, що існуючі системи енергопостачання пташників потребують великих витрат енергоресурсів та коштів для забезпечення мікроклімату в птахівничих приміщеннях. Тому необхідною передумовою заощадження ресурсів у цій галузі стає проведення нових досліджень з удосконалення систем мікроклімату на птахофермах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** З розвитком птаховиробництва велике розповсюдження набуло будівництво великогабаритних приміщень для утримання птиці. При цьому технологічний процес повинен забезпечувати у пташниках оптимальний мікроклімат і для його підтримання, незалежно від виду птиці і її віку, необхідно використовувати від 50 % до 75 % загального річного енергоспоживання [1]. На підігрівання припливного вентиляційного повітря припадає 45 %, а на створення оптимальної системи вентиляції близько 30 % річного енергоспоживання. Решта припадає на поїння, годівлю та освітлення. Річні витрати електроенергії залежать від способів регулювання теплової потужності та режимів системи вентиляції [2, 3].

Проаналізовано [4] структуру та адаптивні алгоритми роботи керування перетворювачем частоти відцентрового насоса системи водопостачання, побудованої на основі нечітких нейромереж.

Для цілорічного утримання птиці в приміщеннях пташників необхідно застосовувати вентиляційно-охолоджувальні пристрої або установки кондиціонування повітря [5]. Конструкція охолоджувальної системи пропонується в роботах Баркалова Б.В., Карписа Є.Є. та Нестеренко А.В. [6], вказуючи при цьому, що навантаження конкретної установки кондиціонування повітря необхідно знаходити з рівняння теплового балансу приміщення для літнього періоду року.

**Мета дослідження** – розробка адаптивного алгоритму керування для перетворювачів частоти циркуляційного насоса системи мікроклімату пташника та визначення оптимального розташування енергетичного обладнання для нової енергоефективної системи мікроклімату пташника.

**Матеріали та методи дослідження.** Схема розміщення вентиляційного та теплообмінного обладнання системи підтримання мікроклімату представлена на рис. 1. Запропонована енергозберігаюча система вентиляції працює так: із свердловини 5 свердловинним насосом 6 подається вода трубопроводом 7 у водонапірну башту 14. У вхідних вентиляційних вікнах 2 встановлені теплообмінники 4 для охолодження та нагрівання припливного повітря в літній та зимовий періоди року, в які поступає вода з водонапірної башти 14. Для віддачі тепла встановлено ґрунтовий теплообмінник 13, в якому циркулює вода за допомогою циркуляційного насоса 15. Частина нагрітої води після теплообмінників 4 через трубопровід 8 іде на поїння птиці 11. При втраті тиску в системі циркуляції за допомогою електронного контролера тиску здійснюється підкачка води із водонапірної башти 14. Повітрообмін та обігрів приміщення 1 забезпечується витяжними вентиляторами 3 та теплогенераторами 10, які регулюються системою автоматизації відповідно до показів датчиків температури, вологості і концентрація шкідливих викидів 12. подача газу відбувається через газопровід 9.

## 1. Необхідне обладнання для підтримання мікроклімату в пташнику

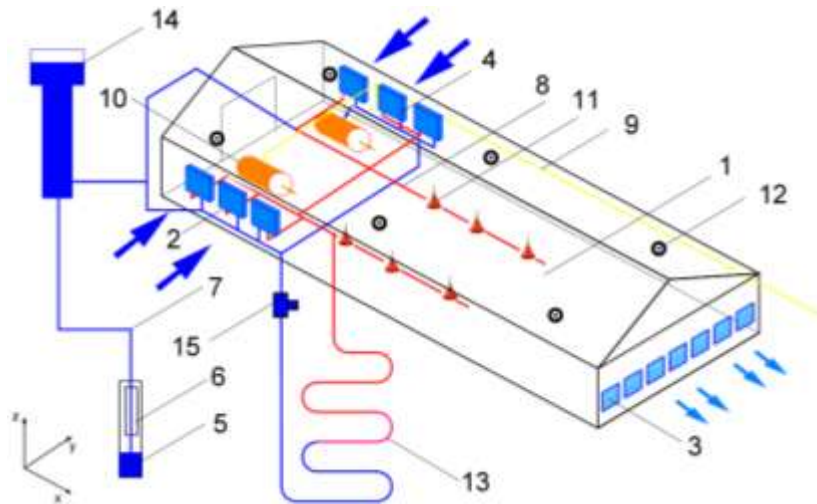
Найменування	Тип	Кількість, шт (м).
Станція керування мікрокліматом	ТСУ-5	1
Станція керування водопостачанням	Каскад	1
Вентилятори основні	ВО-7,1	18
Вентилятори додаткові	ВО-12,5	3
Змішувальні вентилятори	ВОКс-12,5	8
Теплогенератори	Kroll P43	3
Припливні клапани	CL 1200	20
Припливні жалюзі	-	6
Теплообмінні апарати	рекуператор	6
Ґрунтовий теплообмінник	Труба ПЭ d40	(2800)
Циркуляційний насос	ZS80-65-160 15.0	1
Башта	Рожновського	1
Свердловинний насос	23ЦВ10-63-65	1

Виходячи із запропонованої енергоефективної системи підтримання оптимального мікроклімату в пташнику, проведених чисельних розрахунків [7] та оптимального розташування вентиляційного та іншого обладнання, вибираємо таке устаткування (табл. 1).

Важливість створення енергоефективної систем з використанням нечітких логічних контролерів, алгоритми роботи яких наближені до розумової діяльності людини та адаптація їх для використання в керуючих комп'ютерних системах, підкреслюється у матеріалах Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) і Міжнародної електротехнічної комісії (IEC).

Для підвищення ефективності керування та якості регулювання і стабілізації в широкому діапазоні напруги електротехнічного комплексу пташника математичний апарат нечіткої логіки є одним з найбільш доцільних шляхів, оскільки дозволяє ідентифікувати енергоефективної системи засобом формалізації природних мовних виразів (предикатів) і логічних висновків з синтезом нечіткого логічного контролера, що має нелінійну передатну характеристику. Нечітка система управління окрім здатності спостереження за вхідними параметрами перетворювача та їх аналізом спроможна установлювати відношення між параметрами спостереження та виконувати оцінку ступеня взаємозв'язку між ними на основі правил бази знань і приймати рішення щодо керування виконавчим органом на

основі відтворення оптимальних відношень, що забезпечить покращення ефективності та підвищення якості регулювання і стабілізації напруги зі зменшенням часу виходу на заданий режим при зменшенні величини перерегулювання.



**Рис. 1. Розміщення обладнання для підтримання оптимального мікроклімату пташника:**

1 - приміщення пташника, 2 - вентиляційні вікна, 3 - витяжні вентилятори, 4 – теплообмінний апарат, 5 - свердловина, 6 - свердловинний насос, 7 - вхідний трубопровід, 8 - вихідний трубопровід, 9 - газопровід, 10 - теплогенератори, 11 - поїлки, 12 - датчики температури, вологості і концентрація шкідливих викидів, 13 - ґрунтовий теплообмінник, 14 - водонапірна башта, 15 - циркуляційний насос

Реалізуємо автоматичне керування модернізованого електротехнічного комплексу за допомогою Mega 2560, що є мікроконтролерною платою, заснованою на ATmega2560.

Дані температури та витрати води з витратоміра FS300A зчитуються з пристроїв 1-Wieg мережі і передаються дані на мікроконтролер ATmega2560. В цей мікроконтролер прошиті режими керування модернізованого електротехнічного комплексу, які створені за допомогою нечіткої нейромережі. За допомогою електромагнітних клапанів 2W-025-08 регулюється включення необхідної кількості ТА для створення нормованого мікроклімату в пташнику. Регулювання зміни

напруги на електродвигуні циркуляційного насоса здійснюється за допомогою прощитих даних його механічної характеристики.

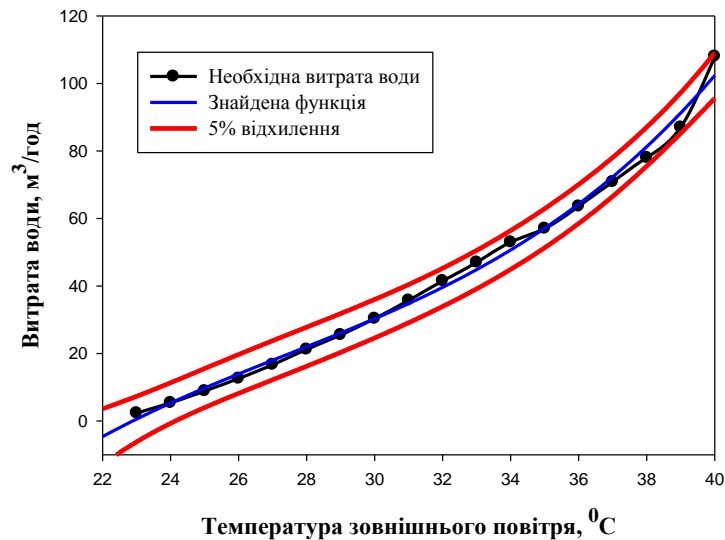
**Результати досліджень.** Проведені дослідження з розробки електротехнічного комплексу в пташнику дають можливість побудови алгоритмів керування за допомогою графічних залежностей (див. рис. 2–3). Використовуючи воду підземних свердловин для охолодження припливного повітря у птахівничому приміщенні за допомогою теплообмінників-рекуператорів в літній і зимовий періоди року, побудовано графіки витрати води, яка циркулює в системі за допомогою циркуляційного насоса, залежно від зовнішньої температури повітря (див. рис. 2–3). Залежно від витрати води за допомогою магнітних клапанів будуть вводиться в дію теплообмінні апарати в автономному режимі. При температурі  $+23^{\circ}\text{C}$  необхідно використовувати 3 теплообмінні апарати з витратою води  $2,5 \text{ м}^3/\text{год.}$ , а від  $+35^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  – 6 теплообмінників з витратою води від 57 до  $108 \text{ м}^3/\text{год}$  (рис. 2).

Знайдено апроксимаційну залежність (1), яка описує необхідну витрату води для охолодження припливного повітря в літній період року до температури зовнішнього повітря (див. рис. 2) з похибкою апроксимації 5%:

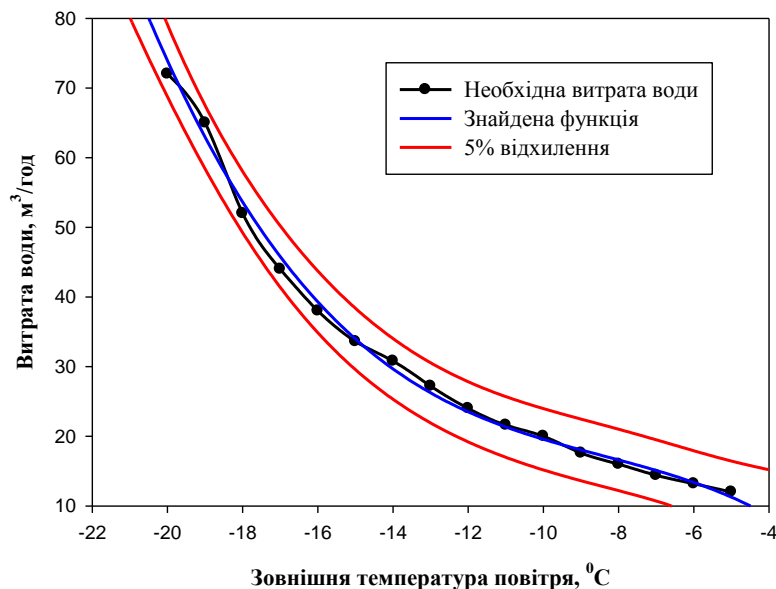
$$f \approx -424,4918 + 40,5809 \cdot x - 1,3338 \cdot x^2 + 0,01613 \cdot x^3 \quad (1)$$

де,  $x = 23,24 \dots 40$  – температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ .

У зимовий період року теплообмінні апарати в кількості 4 шт. з витратою повітря  $31680 \text{ м}^3/\text{год}$  здатні частково підігрівати припливне повітря в пікові значення температур, від  $-20$  до  $+7^{\circ}\text{C}$ . При середній температурі зовнішнього повітря взимку за 2012-2015 р.р. в інтервалі від  $-6,5$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ , необхідна кількість води, яка циркулює в системі складає від 13,8 до  $72 \text{ м}^3/\text{год}$  (рис. 3).



**Рис. 2.** Витрата води, яка необхідна для охолодження припливного повітря в пташнику у літній період року в залежності від зовнішньої температури повітря



**Рис. 3.** Витрата води, яка необхідна для нагрівання припливного повітря в пташнику у зимовий період року залежно від зовнішньої температури повітря

Знайдено апроксимаційну функцію (2), яка описує необхідну витрату води для нагрівання припливного повітря в зимовий період року до температури зовнішнього повітря (див. рис. 3) з похибкою апроксимації 5%:

$$f(x) = -10,3901 - 6,96454 \cdot x - 0,656146 \cdot x^2 - 0,0259361 \cdot x^3 \quad (2)$$

де,  $x = -5, -6 \dots -20$  – температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ .

### **Висновки і перспективи**

Проведені дослідження з розробки електротехнічного комплексу в пташнику дають можливість побудови алгоритмів керування за допомогою графічних залежностей. Використовуючи воду підземних свердловин для охолодження припливного повітря у птахівничому приміщенні за допомогою теплообмінників-рекуператорів в літній і зимовий періоди року, побудовано графіки витрати води, яка циркулює в системі за допомогою циркуляційного насоса залежно від зовнішньої температури повітря. Залежно від витрати води за допомогою магнітних клапанів будуть вводиться в дію теплообмінні апарати в автономному режимі.

Реалізовано автоматичне управління модернізованого електротехнічного комплексу за допомогою Mega 2560.

### **Список літератури**

1. Бабаханов Ю. М. Оборудование и пути снижение энергопотребления систем микроклимата / Ю. М. Бабаханов, Н. А. Степанов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 232 с.
2. Давтян Ф. А. Управление микроклиматом в птицеводстве / Ф. А. Давтян. – М.: Научные труды ВИЭСХ, 1981. – 116 с.
3. Драганов Б. Х. Оптимизация энергосберегающих систем / Б. Х. Драганов, В. В. Козырский. – Киев: ФОП "Пилипенко О.М.", 2010. – 176 с.
4. Адаптивный энергосберегающий алгоритм управления для преобразователей частоты привода насосов системы водоснабжения [Електронний ресурс] / [Д. М. Таранов, О. Ю. Каун, П. В. Гуляев та ін.] // КубГАУ. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/10.pdf>.
5. Баркалов Б.В. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях / Б.В.Баркалов, Е.Е.Карпис. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.
6. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха: Учеб. пособие / А.В. Нестеренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1965. – 396 с.
7. Троханяк В. І. Математичне моделювання процесів тепло- й масопереносу та оптимальне розміщення вентиляційного обладнання у пташнику / В. І. Троханяк. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2016. – №242. – С. 210–214.

### **References**



1. Babakhanov, Yu. M., Stepanov, N. A. (1986). Oborudovanye u puty snyzhenye enerhopotreblenyya system mykroklymata [Equipment and ways to reduce the energy consumption of microclimate systems]. Moscow, Rossel'khozyzdat, 232.
2. Davtyan, F. A. (1981). Upravlenye mykroklymatom v ptytsevodstve [Microclimate management in poultry farming]. Moscow, Nauchnye trudy VYESKh, 116.
3. Drahanov, B. Kh., Kozyrskyi, V. V. (2010). Optymyzatsyya enerhosberyhayushchykh system [Optimization of energy-saving systems]. Kyiv, FOP "Pylypenko O.M.", 176.
4. Taranov, D. M., Kaun, O. Yu., Hulyaev, P. V. (2014) Adaptivnyy enerhosberehayushchyy alhorytm upravlenyya dlya preobrazovateley chastoty pryvoda nasosov systemy vodosnabzhenyya [Adaptive energy-saving control algorithm for frequency converters of pumps for water supply systems]. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/10.pdf>.
5. Barkalov, B.V. Karpys, E.E. (1982). Kondytsyonyrovanye vozdukha v promyshlennykh, obshchestvennykh y zhylykh zdanyyakh [Air conditioning in industrial, public and residential buildings]. Moscow, Stroyizdat, 312.
6. Nesterenko, A.V. (1965). Osnovy termodynamicheskyykh raschetov ventilyatsyy y kondytsyonyrovannykh vozdukha [Basics of thermodynamic calculations of ventilation and air conditioning]. Moscow, Vyssh. shk., 396.
7. Trokhanyak V. I. (2016). Matematychni modelyuvannya protsesiv teplo- y masoperenosu ta optimal'ne rozmishchennya ventilyatsiynoho obladnannya u ptashnyku [Mathematicians modulyuvannya protsessiv warm masoperenosu taktual'ne rozmishchennya ventricinogo obladnannya u ptashnyku]. Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny Seriya «Tekhnika ta enerhetyka APK», 242, 210–214.

## **АДАПТИВНЫЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА СИСТЕМЫ МИКРОКЛИМАТА ПТИЧНИКОВ**

***В. Г. Горобец, В. И. Троханяк, Е. А. Антипов, Ю. А. Богдан***

**Аннотация.** *Исходя из предложенной энергоэффективной системы поддержания оптимального микроклимата в птичнике, проведенных численных расчетов и оптимального расположения вентиляционного и другого оборудования, выбрано необходимое энергооборудование.*

*Проведенные исследования по разработке электротехнического комплекса в птичнике дают возможность построения алгоритмов управления с помощью графических зависимостей. Используя воду подземных скважин для охлаждения приточного воздуха в птицеводческом помещении с помощью теплообменников-рекуператоров в летний и зимний периоды года, построены графики расхода воды, которая циркулирует в системе с помощью циркуляционного насоса в зависимости от наружной температуры воздуха. В зависимости от расхода воды с помощью*

*магнитных клапанов будут вводиться в действие теплообменные аппараты в автономном режиме. При температуре +23 °С необходимо использовать 3 теплообменные аппараты с расходом воды 2,5 м<sup>3</sup>/ч., А от +35 °С до +40 °С - 6 теплообменников с расходом воды от 57 до 108 м<sup>3</sup>/час.*

*Важность создания энергоэффективной систем с использованием нечетких логических контроллеров, алгоритмы работы которых приближены к умственной деятельности человека и адаптация их для использования в управляющих компьютерных системах, подчеркивается в материалах Института инженеров по электротехнике и электронике (ИЕЭЭ) и Международной электротехнической комиссии (МЭК).*

*Реализовано автоматическое управление модернизированного электротехнического комплекса с помощью Mega 2560, что является микроконтроллерной платой, основанной на ATmega2560.*

**Ключевые слова:** *энергоэффективная система, алгоритмы управления, оптимальное расположение, энергооборудования*

## **ADAPTIVE ENERGY-EFFICIENT CONTROL FOR FREQUENCY CONVERTERS CIRCULATING PUMP MICROCLIMATE AVIARY**

**V. Gorobets, V. Trohanyak, I. Antypov, Y. Bogdan**

**Abstract.** *Based on the proposed energy efficiency system to maintain optimum microclimate in the poultry house conducted numerous calculations and optimal location of ventilation and other equipment, power equipment selected which are listed in the table as recommended.*

*The research on the development of electrical complex in the poultry house construction algorithms enable control using graphical dependencies. Using underground water wells for cooling supply air in poultry indoors using heat-energy recovery in summer and winter seasons graphs flow of water circulating in the system by using the pump, depending on the outdoor temperature. Depending on the cost of water, with magnetic valves will be administered in place heat exchangers offline. At a temperature of 23 °С must use three heat exchangers with a water flow of 2.5 m<sup>3</sup>/h., And from 35 °С to +40 °С - 6 with a flow of heat water from 57 to 108 m<sup>3</sup>/h.*

*The importance of creating energy efficient systems using fuzzy logic controllers, algorithms are close to human intellectual activity and adapting them for use in managing computer systems, stresses in materials Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) and the International Electrotechnical Commission (IEC).*

*Implemented automatic control of electrical modernized complex using Mega 2560, which is a microcontroller board based on the ATmega2560.*

**Key words:** *energy efficient system control algorithms, optimal placement of energy equipment*