

УДК 681.511;681.527

РОЗРОБКА НЕЙРО ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ПТАШНИКА

В. Г. Горобець, доктор технічних наук

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. На сучасному етапі розвитку енергетичного комплексу України важливою проблемою є збільшення потужності енергоресурсів та енергозбереження у всіх галузях промисловості та сільського господарства. Швидкий розвиток птахівничої галузі в агропромисловому комплексі України, який спостерігається в останній період часу, пов'язаний з важливою проблемою вдосконалення систем підтримання мікроклімату в птахівничих приміщеннях.

Розроблена модель ANFIS залежності зовнішньої температури повітря від витрат повітря, необхідного для забезпечення нормованого мікроклімату пташника, та витрат води для охолодження припливного повітря.

Проаналізувавши отриману гібридну мережу, можемо справедливо констатувати її адекватність. Поверхню відгуку мережі зображує при коливаннях температури зовнішнього повітря в межах від +23 до +40 °C та витрати води, необхідної для охолодження припливного повітря в пташнику від 2 до 108 м³/год, візуалізація взаємодії всіх параметрів. Навчена ANFIS забезпечує необхідну точність визначення коефіцієнта витрати води та може використовуватись для керування електротехнічним комплексом системи вентиляції та мікрокліматом пташника.

Таким чином, вдосконалено енергоефективну систему мікроклімату у птахівничих приміщеннях, використовуючи низькопотенціальну енергію води підземних свердловин із застосуванням теплообмінників-рекуператорів нової конструкції. Розроблено нейро інформаційну систему керування електротехнічним комплексом пташника.

Ключові слова: *нейро інформаційна система, вентиляція, ANFIS модель, навчання мережі*

Актуальність. На сучасному етапі розвитку енергетичного комплексу України важливою проблемою є збільшення потужності енергоресурсів та енергозбереження у всіх галузях промисловості та сільського господарства. Швидкий розвиток птахівничої галузі в агропромисловому комплексі України, який

спостерігається в останній період часу, пов'язаний з важливою проблемою вдосконалення систем підтримання мікроклімату в птахівничих приміщеннях. Це обумовлено необхідністю підвищення продуктивності та зниження собівартості продукції птахівничих комплексів. Вказані проблеми нерозривно пов'язані із застосуванням сучасних методів енергозабезпечення цих об'єктів та використанням новітніх засобів енергопостачання і альтернативних джерел енергії. Тому актуальним є розроблення нових підходів та вдосконалення електротехнічних комплексів для існуючих систем енергопостачання птахоферм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Використання алгоритму Сугено [1, 2] дозволяє створити нейроінформаційну систему. Побудова системи міркувань (рис. 1) відбувається на основі алгоритму нечіткого логічного висновку.

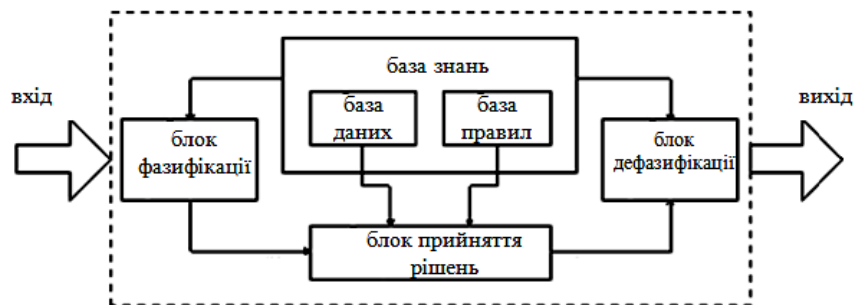


Рис. 1. Нейроінформаційна система

Система нечітких міркувань складаються з п'яти функціональних блоків [3]:

- ◀ блок фазифікації, що перетворює чисельні входні значення в ступені відповідності лінгвістичним змінним;
- ◀ база правил, яка містить набір нечітких правил типу якщо-то;
- ◀ база даних, в якій визначено функції приналежності нечітких множин використовуються в нечітких правилах;
- ◀ блок прийняття рішень, здійснює операції виведення на підставі наявних правил;
- ◀ блок дефазифікації перетворює результати виводу в чисельні значення.

Реалізацію системи нечіткого виводу Сугено у вигляді п'ятишарової нейронної мережі прямого поширення сигналу (рис. 2) використовуємо ANFIS.

Призначення шарів наступне:

- перший шар-терми вхідних змінних;
- другий шар - антецеденти (посилки) нечітких правил;
- третій шар - нормалізація ступенів виконання правил;
- четвертий шар - укладення правил;
- п'ятий шар - агрегування результату, отриманого за різними правилами.

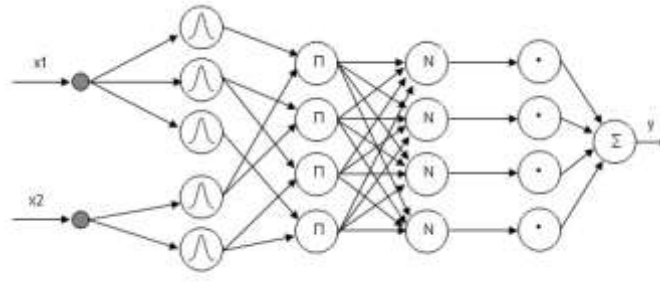


Рис. 2. ANFIS мережа

З використанням графічного інтерфейсу гібридних нейронних мереж у пакеті прикладних програм ANFIS Editor (Fuzzy Logic Toolbox) системи MatLAB [4] створюємо ANFIS-моделі забезпечення необхідної витрати води в ТА для забезпечення необхідного охолодження припливного повітря у птахівничих приміщеннях.

Мета дослідження – розробка нейро інформаційної системи керування електротехнічним комплексом пташника з використанням низькопотенціальної енергії води підземних свердловинна основі експериментальних досліджень.

Матеріали та методи дослідження. ANFIS-мережа функціонує так.

База правил являє собою безліч нечітких правил $R^k, k = 1, \dots, N$ виду [1]:

$$R^k : IF(x_1 \text{ it } A_1^k \text{ AND } x_2 \text{ it } A_2^k \dots \text{ AND } x_n \text{ then } A_n^k) \text{ Then } (y_1 \text{ it } B_1^k \text{ AND } y_2 \text{ it } B_2^k \dots \text{ AND } y_m \text{ it } B_m^k), \quad (1)$$

де N – кількість нечітких правил;

A_j^k, B_j^k - нечіткі множини.

При скалярному вигляді формула (4.1) прийме вигляд:

$$R^k : IF(x_1 \text{ it } A_1^k \text{ AND } x_2 \text{ it } A_2^k \dots \text{ AND } x_n \text{ it } A_n^k) \text{ Then } (y \text{ it } B^k). \quad (2)$$

Таким чином, база правил системи нечіткого висновку представляється у вигляді сукупності нечітких предикатних правил виду:

P_1 : якщо x це A_1 , тоді y це B_1 ,

P_2 : якщо x це A_2 , тоді y це B_2 ,

.....

P_n : якщо x це A_n , тоді y це B_n ,

Блок прийняття рішення. Для визначення функції належності нечіткої множини B^k скористаємося формулою:

$$\mu_{B^k}(y) = \sup\{\mu_{B^k}(y) \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^k}(x_i) \mu_{A^k}(x_i)\}. \quad (3)$$

Блок фазифікації. Застосуємо операцію типу Синглетон:

$$A^k(x) = \begin{cases} 1, & x = \bar{x}, \\ 0, & x \neq \bar{x}, \end{cases} \quad (4)$$

супремум в (3) досягається при $\mu_{A^k}(\bar{x}) = 1$. При цьому вираз (3) приймає вигляд:

$$\mu_{B^k}(y) = \{\mu_{B^k}(y) \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^k}(\bar{x}_i)\}. \quad (5)$$

Для блоку дефаззифікації застосовується метод центру ваги (CoGS, Centre of Gravity for Singletons):

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^k \cdot \mu_{B^k}(\bar{y}^k)}{\sum_{i=1}^N \mu_{B^k}(\bar{y}^k)}, \quad (6)$$

де \bar{y}^k - центр нечіткої множини B^k , тобто точка, в якій функція приналежності нечіткої множини B^k досягає максимуму.

Підставляючи вираз (5) в рівняння (6) і враховуючи, що максимальне значення в точці $\bar{y}^k = 1$, отримуємо:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^k \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}^k \cdot (\bar{x}^k) \right)}{\sum_{i=1}^N \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}^k (\bar{x}^k) \right)}. \quad (7)$$

Завершальний етап - це визначення форми і параметрів функцій належності нечітких множин A . Наприклад, це може бути функція Гауса

$$\mu_{A_i}^k(x_1) = e^{-\frac{(x_i - \bar{x}_i^k)^2}{\sigma_i^k}}. \quad (8)$$

де \bar{x}_i^k – це центр;

σ_i^k – ширина Гаусовської кривої.

Об'єднаємо всі представлені елементи. Скористаємося виразами (3), (4), (6) і (8) та отримуємо один із способів реалізації ANFIS мережі:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}^k \left(\prod_{i=1}^n e^{-\frac{(x_i - \bar{x}_i^k)^2}{\sigma_i^k}} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(\prod_{i=1}^n e^{-\frac{(x_i - \bar{x}_i^k)^2}{\sigma_i^k}} \right)}. \quad (9)$$

На основі проведених експериментальних досліджень [4, 6] та отриманої математичної моделі, це контрольні, перевіряльні та навчальні дані, використаємо три блоки даних для моделювання.

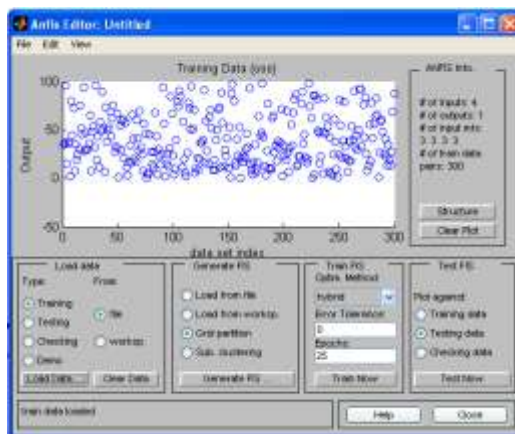


Рис. 3. Налаштування ANFIS редактора на навчальну вибірку експериментальних даних

Початок розробки моделі ANFIS залежності зовнішньої температури повітря від витрати повітря необхідного для забезпечення необхідного мікроклімату пташника та витрати води для охолодження припливного повітря розпочнемо з завантаження даних експерименту в редактор моделі. Використовуємо дані Training data (рис. 3).

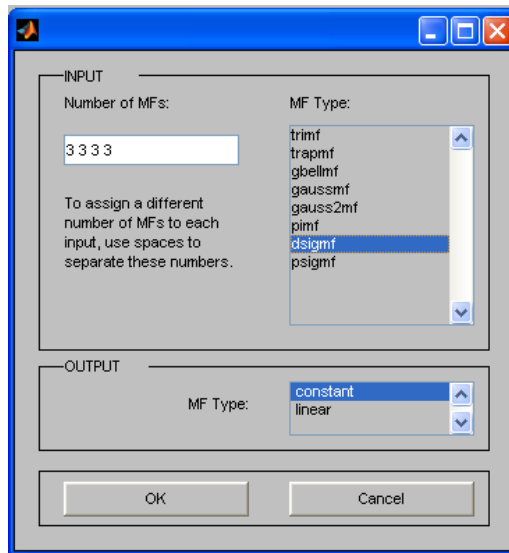


Рис. 4. Вікно визначення функцій належності

Структуру розробленої нейронної мережі зображено на рис. 5.

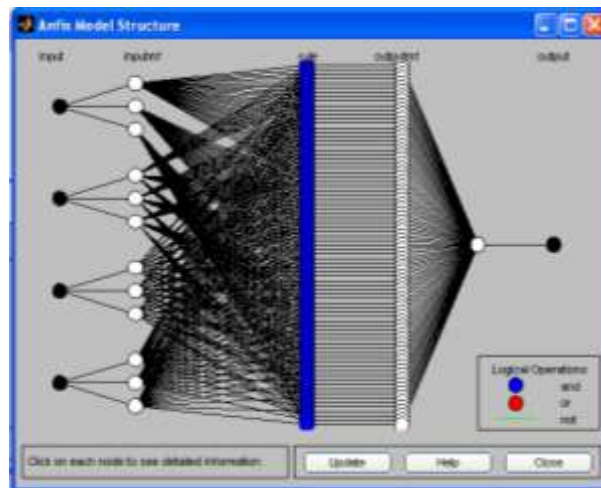


Рис. 5. Структура розробленої гібридної мережі

Генеруємо структуру нейронної моделі типу input_gsigmf та output_constant (рис. 4), не змінюючи налаштування. В групі опцій ANFIS за умовчанням активована опція grid partition. Кількість циклів змінимо на 25.

Результати досліджень. Навчання мережі припинилось після 25 циклу (рис. б) з середньоквадратичною похибкою 0,0077664.

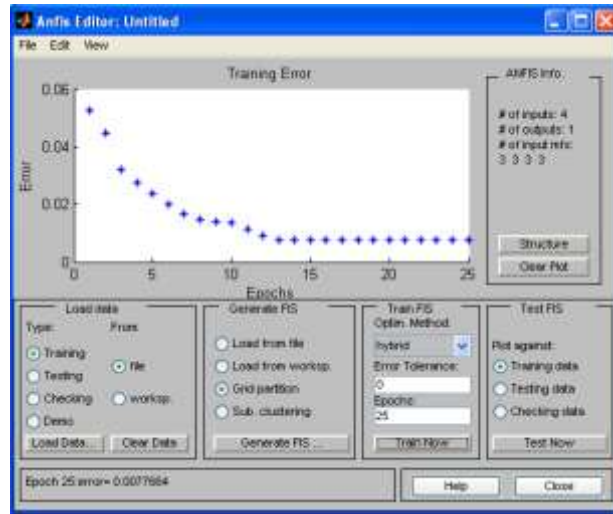


Рис. 6. Результати навчання мережі

Введення в редактор контрольної вибірки – Testing data (рис. 7) є наступним кроком. У результаті отримали середньоквадратичне відхилення 6,5753. Задавши вхідними контрольну вибірку даних – Cheking data оцінимо якість роботи гібридної нейронної мережі. Навчання нейронної мережі ANFIS завершено, середньоквадратична похибка становила 4,8331 (рис. 8).

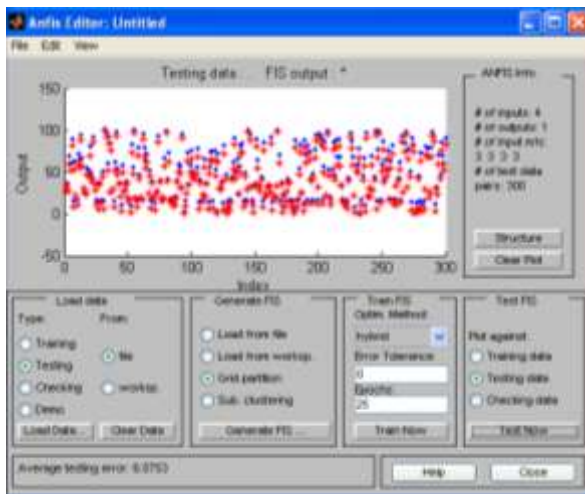


Рис. 7. Самоналаштування ANFIS на контрольну вибірку експериментальних даних

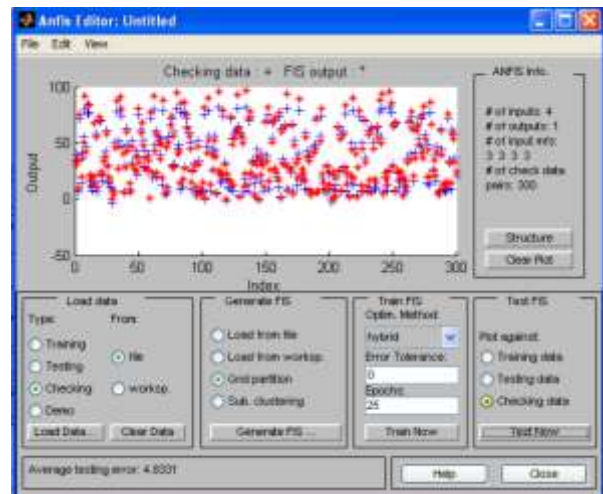
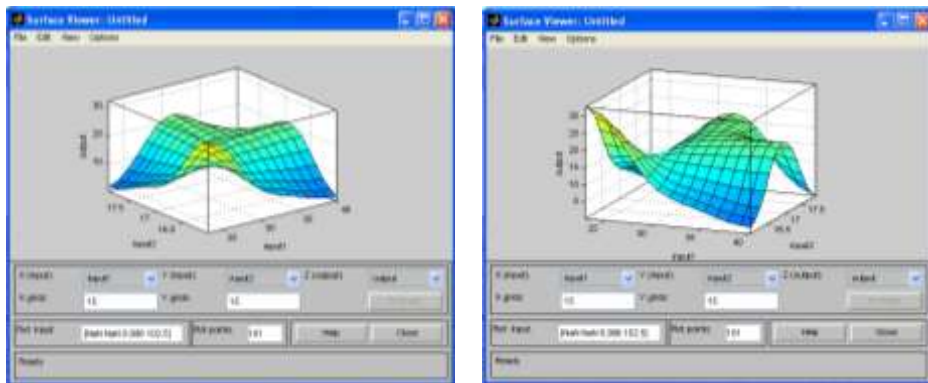
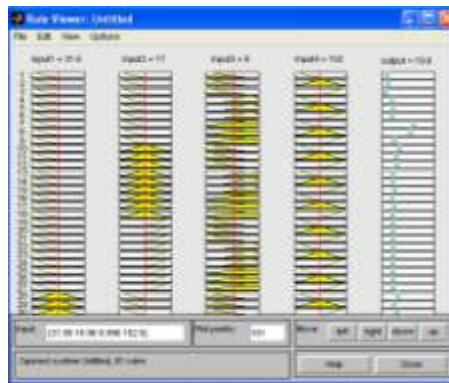


Рис. 8. Результати само налаштування ANFIS на перевіряльні дані

Проаналізувавши отриману гібридну мережу можемо справедливо констатувати її адекватність. Поверхню відгуку мережі зображує рис. 8. При коливаннях температури зовнішнього повітря в межах від +23 до +40 °С та витрати води, необхідної для охолодження припливного повітря в пташнику від 2 до 108 м³/год, візуалізація взаємодії всіх параметрів показана на рис. 9. Навчена ANFIS забезпечує необхідну точність визначення коефіцієнта витрати води та може використовуватись для керування електротехнічним комплексом системи вентиляції та мікрокліматом пташника.



а



б

Рис. 9. Навчена нейронна мережа ANFIS:

а – графічна залежність зовнішньої температури повітря від температури повітря в приміщенні, °С, та витрат води яку необхідно для охолодження припливного повітря в приміщення пташника, м³/год; б – вікно правил FIS редактора середовища

MatLAB

Висновки і перспективи

Розроблена модель ANFIS нейроінформаційної мережі залежності зовнішньої температури повітря від витрати повітря, необхідного для забезпечення необхідного мікроклімату пташника, та витрати води для охолодження припливного повітря показали її адекватність. Середньоквадратична похибка налаштування системи становила 6,5753 при обробці Testing data та 4,8331 при обробці Cheking data. Навчена ANFIS забезпечує необхідну точність визначення коефіцієнта витрати води та може використовуватись для керування електротехнічним комплексом системи вентиляції та мікрокліматом пташника.

Список використаних джерел

1. Jang J. -S. R/ ANFIS: Adaptive-Network-Based-Fuzzy Inference System // IEEE Trans. Systems & Cybernetics. – 1993. – Vol. 23. – P. 665–685.
2. Nauck D., Klawonn F., Kruse R. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons. – 1997. – 305p.
3. Комарчук Д.С. Режимы работы электротехнического комплекса с системой автоматического управления для тепловой обработки зерна рапака: дис. канд. техн. наук / Д.С. Комарчук. – К., 2014. – 205 с.
4. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / Штовба С. Д. – Горячая Линия – Телеком. – 2007. – 288с.
5. Троханяк В. І. Експериментальне дослідження охолодження припливного повітря в птахівничих приміщеннях / В. І. Троханяк, В. Г. Горобець, Ю. О. Богдан. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2015. – №224. – С. 204–208.
6. Горобець В. Г. Експериментальне дослідження теплообмінного апарата нової конструкції: [електронний ресурс] / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан // Енергетика і автоматика. – 2015. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160>.

References

1. Jang, J. S. R (1993). Adaptive-Network-Based-Fuzzy Inference System. IEEE Trans. Systems & Cybernetics, 23, 665–685.
2. Nauck, D., Klawonn, F., Kruse, R. (1997). Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons, 305.
3. Komarchuk, D.S. (2014). Rezhymy roboty elektrotekhnichnoho kompleksu z systemoyu avtomatychnoho upravlinnya dlya teplovoyi obrobky zerna ripaka [Modes complex electrical automatic control system for heat treatment of grain rape]. Kyiv, 205.

4. Shtovba, S. D. (2007). Proektyrovanye nechetkykh system sredstvamy MATLAB [Designing fuzzy systems using MATLAB]. Horyachaya Lynyya, 288.

5. Trokhanyak, V. I., Horobets, V. H., Bohdan, Yu. O. (2015). Eksperymental'ne doslidzhennya okholodzhennya pryplyvnoho povitrya v ptakhivnychykh prymishchennyakh [Experimental study of cooling supply air in poultry indoors]. Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya «Tekhnika ta enerhetyka APK», 224, 204–208.

6. Horobets, V. H., Trokhanyak, V. I., Bohdan, Yu. O. (2015). Eksperymental'ne doslidzhennya teploobminnoho aparata novoyi konstruktsiyi [Experimental study of a new design of heat exchangers]. Enerhetyka i avtomatyka, Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160>.

РАЗРАБОТКА НЕЙРО ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРО ТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ПТИЧНИКА

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

Аннотация. На современном этапе развития энергетического комплекса Украины важной проблемой является увеличение мощности энергоресурсов и энергосбережения во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства. Быстрое развитие птицеводческой отрасли в агропромышленном комплексе Украины, наблюдается в последний период времени, связанный с важной проблемой совершенствования систем поддержания микроклимата в птицеводческих помещениях.

Разработана модель ANFIS зависимости внешней температуры воздуха от расхода воздуха, необходимого для обеспечения нормированного микроклимата птичника и расхода воды для охлаждения приточного воздуха.

Проанализировав полученную гибридную сеть, можно справедливо констатировать ее адекватность. Поверхность отклика сети изображает при колебаниях температуры наружного воздуха в пределах от +23 до +40 °С и расхода воды необходимой для охлаждения приточного воздуха в птичнике от 2 до 108 м³/ч, визуализация взаимодействия всех параметров. Обученная ANFIS обеспечивает необходимую точность определения коэффициента расхода воды и может использоваться для управления электротехническим комплексом системы вентиляции и микроклимата птичника.

Таким образом, усовершенствована энергоэффективная система микроклимата в птицеводческих помещениях, использующая низкопотенциальную энергию воды подземных скважин с применением теплообменников-рекуператоров новой конструкции. Разработана нейро информационная система управления электротехническим комплексом птичника.

Ключевые слова: *нейро-информационная система, вентиляция, ANFIS модель, обучения сети*

**NEURO DEVELOPMENT MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM
ELECTRIC AND HARDWARE AVIARY**

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

Abstract. *At the present stage of development of the energy sector of Ukraine important issue is to increase the capacity of energy and energy efficiency in all sectors of industry and agriculture. The rapid development of the poultry industry in the agricultural sector of Ukraine, which is observed in the last period of time associated with the important issue of improving the microclimate in keeping poultry indoors.*

An ANFIS model is developed for the dependence of the outside air temperature on the air flow needed to ensure the normalized microclimate of the house and the flow of water to cool the supply air.

After analyzing the hybrid network can rightly conclude its adequacy. Surface for network represents fluctuations in the ambient temperature range from +23 to +40 °C and water flow necessary for cooling supply air in the poultry house from 2 to 108 m³/h, visualization of the interaction of all parameters. The trained ANFIS provides the required accuracy of the coefficient of water flow and can be used to control the electrical complex ventilation and microclimate poultry house.

Thus improved energy efficient system microclimate in poultry indoors using low-grade energy underground water wells with the use of heat-energy recovery of new construction. Neuro developed an information management system electrotechnical complex poultry house.

Key words: *neural information system, ventilation, ANFIS model, learning network*