

5. Кирсанов В.В. Направления совершенствования исполнительных механизмов доильных установок / В.В. Кирсанов, С.И. Щукин, В.Н. Легеза // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №1. – С.64–65.

6. Система технологий и машин для механизации и автоматизации производства продукции животноводства и птицеводства на период до 2020 года. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2013. – 224 с.

7. Цой Ю.А. Функционально-стоимостной анализ роботизированных систем и выбор альтернативных вариантов добровольного доения коров / Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов, А.П. Петренко // Техника и оборудование для села. – 2014. – №8 (206). – С.33–36.

Наведено методи і напрями досліджень процесів і фізичних закономірностей функціонування складних біотехнічних систем «людина машина-тварина» в умовах високої варіабільності морфологічних і лактогенетичних ознак біологічних об'єктів при машинному доїнні корів. Розглянуто умови фізіологічно безпечного процесу доїння по окремих чвертях вимені. Запропоновано структурну схему адаптивного доїльного апарата.

Біотехнічна система, адаптивний доїльний апарат, почетвертне доїння, управління доїнням, схема.

The paper presents the methods and fields of research processes and physical laws of functioning of complex biotechnological systems "man-machine-animal" in a high variability of morphological and biological traits lactogenetical with machine milking cows, considered physiologically safe conditions for individual milking udder quarters, proposed structural adaptive scheme milking machine.

Bioengineering system, adaptive milking machine, milking to fourth, milking control, scheme.

УДК 681.5:004:635.64:004

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИМ РЕЖИМОМ У ТЕПЛИЦІ

Т. О. ПРОКОПЕНКО, асистент

Кіровоградський національний технічний університет України

Оцінено головні задачі щодо створення систем керування температурно-вологісним режимом у теплиці; вибрано нейромережевий математичний апарат для їх вирішення. Розроблено послідовність синтезу системи керування та практично її реалізовано. Із використанням генетичного алгоритму проаналізовано на значимість вхідні параметри. Проведено активний експеримент на виробничому об'єкті та отримано навчальні набори даних. Синтезовано та перевірено на адекватність

© Т. О. ПРОКОПЕНКО, 2015

математичну модель мікрокліматичних процесів у теплиці. Розраховано енергоефективну навчальну вибірку, на основі якої створено нейромережеву систему керування температурно-вологісним режимом у теплиці; шляхом імітаційного моделювання перевірено її якісні функціональні показники.

Мікроклімат, теплиця, інтелектуальна система керування, генетичний алгоритм, нейронна мережа.

Сучасна теплиця як об'єкт керування температурно-вологісним режимом характеризується незадовільною динамікою і нестаціонарністю параметрів [1]. При цьому агротехнічні норми обумовлюють строгі вимоги та високу точність стабілізації температури (1 °С), своєчасну її зміну залежно від рівня фотосинтетично-активного опромінення, фаз розвитку рослини і часу доби тощо. Технологічно обґрунтовано [2], що для ефективної роботи системи керування температурно-вологісним режимом необхідно, щоб теплова потужність опалювальної системи в сталому режимі забезпечувала перепад між зовнішньою і внутрішньою температурою – із врахуванням впливу збурень, нелінійностей та нестаціонарностей. Багатопараметричність ж задачі [3], яку вирішує така система у теплиці ангарного типу полягає у підтримці в режимі реального часу балансу між заданими та поточними значеннями температури повітря ($t = \Theta$), температури ґрунту (t_0) і відносної вологості повітря ($R_v = \varphi$).

Фактично система керування повинна працювати не за традиційним кількісним принципом, коли вироблення керуючого впливу ув'язується з кількістю продукту (овочів) на виході та кількісними показниками вхідних величин, а за кількісно-якісним, оскільки у випадку керування мікрокліматом у теплиці відбувається стохастичне коливання параметрів із можливістю зміни структури взаємозв'язків між вхідними технологічними величинами, тобто система повинна керувати об'єктом типу "чорний ящик".

Мета досліджень – обґрунтування та розробка системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці.

Матеріали та методика досліджень. Як об'єкт дослідження була вибрана теплиця ангарного типу, яка розташована в с. Северинка Кіровоградського району Кіровоградської області. Для проведення експериментальних досліджень, достовірного вимірювання мікрокліматичних умов у теплиці і навколишньому середовищі створено систему автоматизованого контролю температурно-вологісного режиму в теплиці, яка являє собою програмно-технічний вимірювальний комплекс (рис. 1), що підключається до персонального комп'ютера.

До вхідних величин системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці належать [4]: зовнішня температура повітря; зовнішня вологість повітря; індекс тепла; атмосферний тиск; сонячна радіація; внутрішня температура; внутрішня вологість; температура повітря біля рослини. Параметри, які виконують функції керуючих впливів: потужність

обігрівача повітря, потужність обігрівача ґрунту. Глибина вибірки становила 1440 експериментальних спостережень.

Для вирішення задачі відбору вхідних даних, тобто зменшення їх кількості, що досить актуально при вирішенні задачі оптимізації в електротехнічних системах, використали генетичний алгоритм.



Рис.1. Загальний вигляд дослідної установки (пат. України № 8716)

Створення ж самої системи керування виконувалося на основі використання математичного апарату штучних нейронних мереж (ШНМ) [5].

Результати досліджень. Завантаживши дані експериментальних досліджень температурно-вологісного режиму теплиці у програмний продукт “Statistica”, провели оцінку значимості впливу вхідних параметрів на вихідні (рис. 2).

Исчерпывающее оценивание (Таблица данных1)										
	Ошибка	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	
Конечный	0,016590	Да	Да	Да	-	Да	-	-	Да	

Рис. 2. Багатопараметрична оптимізація експериментальних даних дослідження температурно-вологісного режиму у теплиці в середовищі “Statistica”

За результатами використання генетичного алгоритму було “відсіяно” такі вхідні параметри: атмосферний тиск, сонячна радіація, внутрішня температура повітря.

Як вхідні величини використовуватимемо: зовнішню температуру повітря, зовнішню вологість повітря, індекс тепла, внутрішню вологість повітря, температуру повітря біля рослин.

Для синтезу та дослідження відповідних ШНМ використаємо програмний пакет “Statistica Neural Networks”. Критерій – мінімізація помилки штучної нейронної мережі. Для ефективного моделювання в пакеті Statistica Neural Networks вхідні дані автоматично розбиваються на три блоки: навчальний, контрольний, тестовий. Наявність трьох блоків не є обов’язковою, однак тестовий блок покращує якість подальшої роботи, оскільки дає можливість впевнитися, що не відбулося «перенавчання» (overfitting) мережі.

У результаті попередніх експертних досліджень, з точки зору адекватності та ефективності подальшого використання у дослідженнях,

було вирішено використовувати архітектуру ШНМ типу радіально-базисна функція (RBF).

У ній вихідний сигнал шаблонного нейрона – це функція тільки від відстані між вхідним вектором X і збереженим центром C :

$$f(X) = \varphi\left(\frac{\|X - C\|}{\sigma}\right). \quad (1)$$

де C_i – центри, σ_i – відхилення радіальних елементів.

Вихідний шар мережі є лінійним, так що виходи мережі визначаються виразом:

$$y_j = \sum_{i=1}^K w_{ij} \varphi\left(\frac{\|X - C_i\|}{\sigma_i}\right), j = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

де w – вагові коефіцієнти нейронної мережі.

Як входи використовували ті, що визначили у результаті багатопараметричної оптимізації, виходи – потужність обігрівача повітря та потужність обігрівача ґрунту.

За результатами ітераційного навчання отримали прийнятну адекватність мережі з відповідною архітектурою (рис. 3, 4).

Аналіз отриманих у результатів синтезу ШНМ графічних матеріалів її навчання продемонстрували гнучкість моделі щодо “пікових” амплітудних значень обох вихідних потужностей (рис. 5), що важливо для подальших досліджень теплиці, яка характеризується нестационарністю значень параметрів мікроклімату.

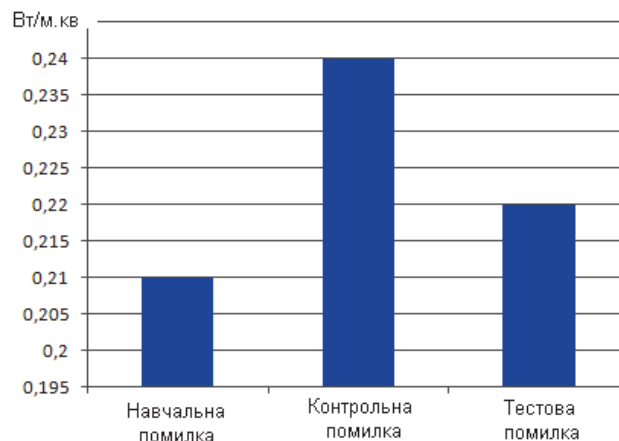


Рис. 3. Перевірка на адекватність ШНМ моделі температурно-вологісного режиму

Потім, використавши створену адекватну ШНМ (див. рис. 4), формуємо вибірку даних для синтезу інтелектуальної системи керування (рис. 6).

Формування такої вибірки здійснюється так. Зовнішня температура повітря, зовнішня вологість повітря та індекс тепла встановлюються із всього діапазону можливих значень цих параметрів з метою максимального заповнення всієї технологічної області.

Із використанням ШНМ оцінки температурно-вологісного режиму у теплиці (див. рис. 4) змінюємо значення потужностей обігрівачів повітря та ґрунту доти, поки температура повітря біля рослин та вологість повітря не встановляться рівними нормативним вимог.

Такий набір даних зберігається та буде використано для створення неймережевої системи керування.

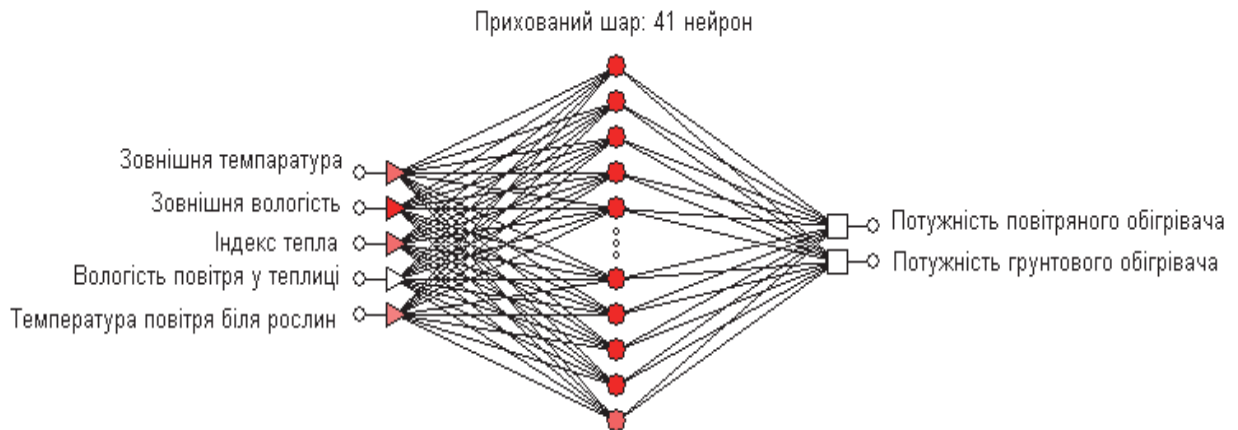


Рис. 4. Архітектура ШНМ моделі температурно-вологісного режиму у теплиці

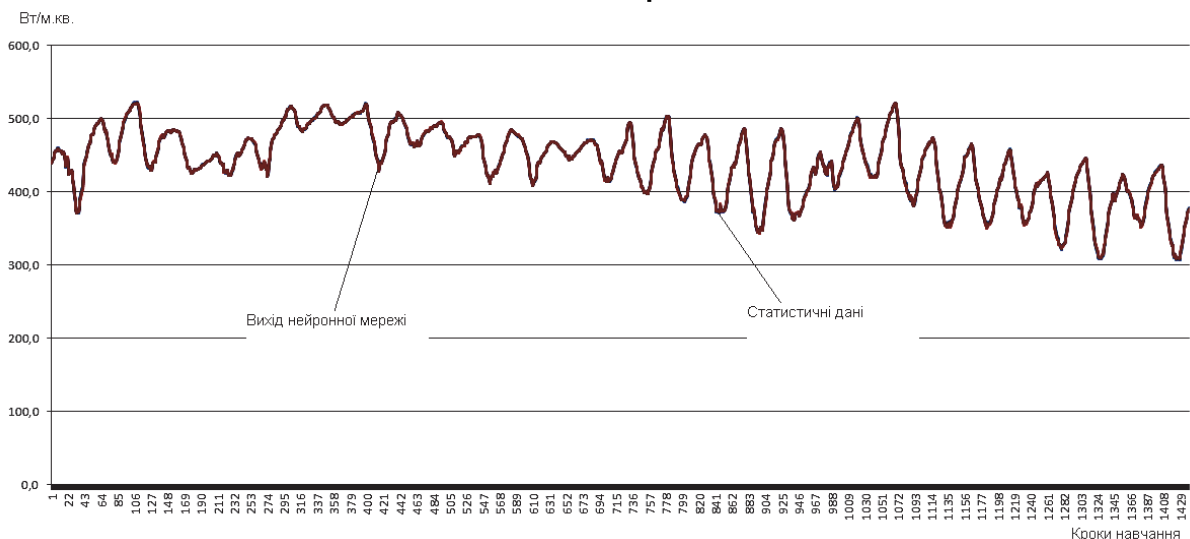


Рис. 5. Оцінка якості моделювання сумарного значення потужностей (потужність обігрівача повітря + потужність обігрівача ґрунту)

Критерій енергоефективності, за яким вибирають дані для навчальних вибірок:

$$\begin{cases} СПО \rightarrow \min \\ АВ \rightarrow const \end{cases} \quad (3)$$

де СПО – сумарна потужність обігрівачів; АВ – агротехнічні вимоги.

Використовуючи такий підхід було сформовано навчальну вибірку у 1400 наборів даних. При чому значення температура повітря біля рослини та вологість повітря зберігаються не в абсолютних значеннях, а у різницевах:

$$\text{Різниця} = \text{Нормативне значення} - \text{Початкове} \quad (4)$$

Використавши таку навчальну вибірку та програмний продукт “Statistica” на основі радіально-базисної архітектури ШНМ, побудували відповідну мережу із достатньою адекватністю (рис. 6).

У пакеті прикладного математичного програмного забезпечення “MatLAB Simulink”, який містить блок нейромережевого моделювання здійснили імітаційні дослідження функціонування інтелектуальної системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці (рис. 6), де функцію математичної моделі теплиці виконувала ШНМ (див. рис. 4).

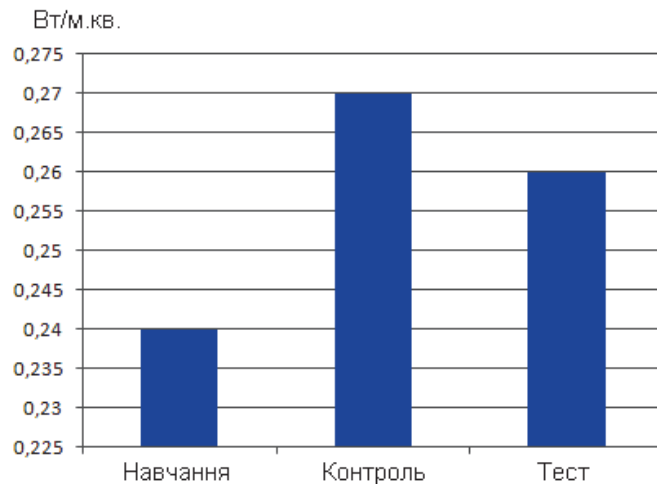


Рис. 6. Перевірка на адекватність ШНМ систем керування

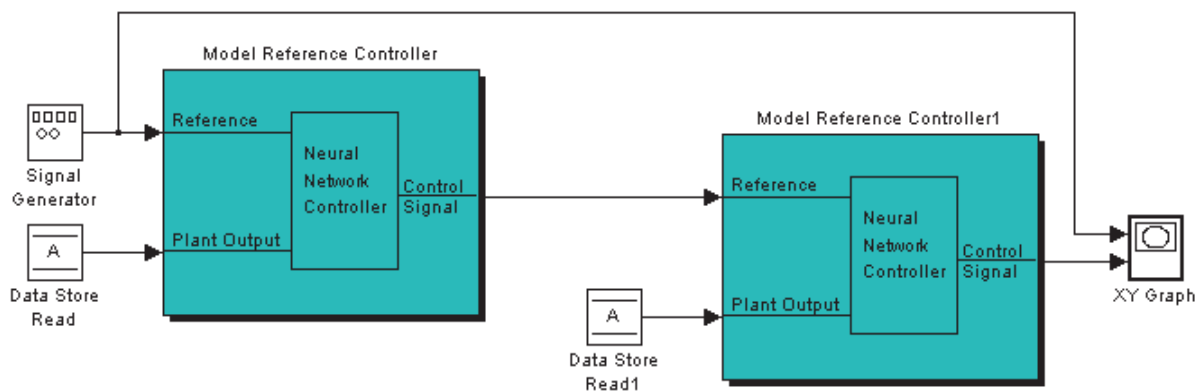


Рис. 7. Імітаційна модель функціонування інтелектуальної системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці (середовище “MatLAB Simulink”)

За результатами імітаційного моделювання функціонування інтелектуальної системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці встановлено, що її якісні характеристики, для обох виходів згідно з вимогами теорії автоматичного керування такі (рис. 8).

Перерегулювання: за верхнім фронтом – 0 %, за нижнім – 2,5–3,75 %.

Максимальне динамічне відхилення: за верхнім фронтом – 0, за нижнім – 0,02–0,03.

Кількість напівколивань: за верхнім фронтом – 0, за нижнім – 1.

Такі характеристики системи керування, особливо із врахуванням можливості її “донавчання” у штатному режимі роботи на основі зберігання та опрацювання виробничих даних реального тепличного підприємства в інформаційній базі знань, задовольняють відповідні технологічні вимоги.

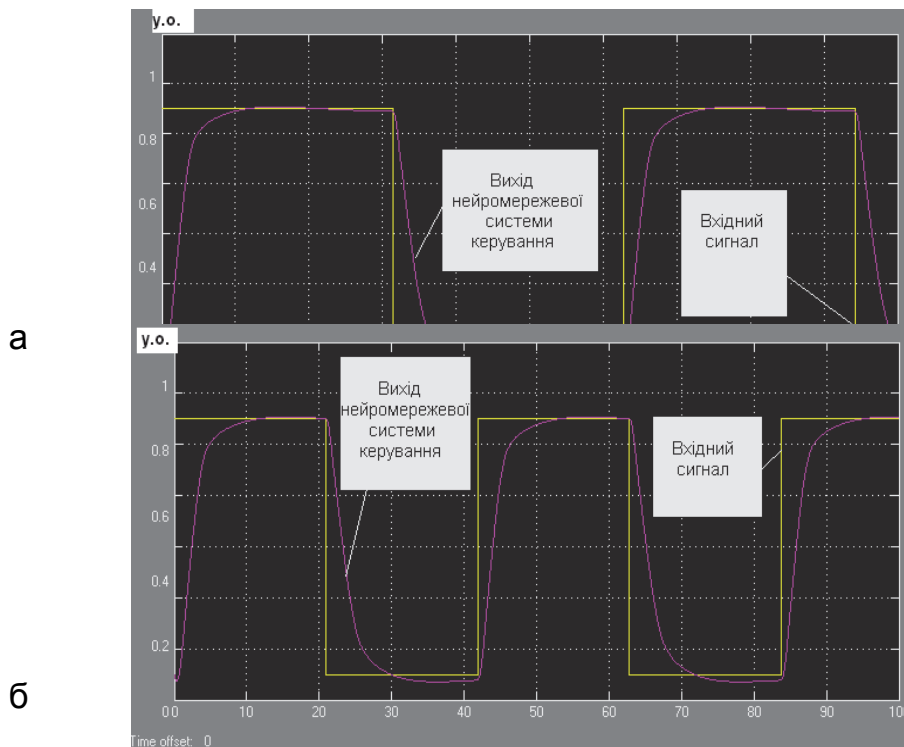


Рис. 8. Результати імітаційного моделювання функціонування інтелектуальної нейромережевої системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці за каналами керування:
а – обігрівач повітря, б – обігрівач ґрунту

Висновки. Система керування температурно-вологісним режимом у теплиці на основі використання математичного апарату штучних нейронних мереж та попереднього аналізу вхідних даних генетичним алгоритмом показала достатню якість роботи та доцільність її виробничих досліджень.

Список літератури

1. Віхрова Л. Г. Математичне моделювання теплових режимів в теплицях з комбінованим повітряно – ґрунтовим обігрівом / Л.Г. Віхрова, Т.О. Прокопенко // Зб. наук. праць нац. техн. ун-ту. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – Вип. 18. – С. 233 – 237.
2. Віхрова Л.Г. Аналіз якості стабілізації параметрів мікроклімату в теплиці аркового типу / Л.Г. Віхрова, С.І. Осадчий, Т.О. Слісаренко // Автоматизація виробничих процесів. – К.: НВК „КІА”, 2005. – Вип. 14. – С. 12 – 15.
3. Клімова І.В. Зменшення енерговитрат при реконструкції існуючих і будівництві нових теплиць / І.В. Клімова, Ю.К. Росковшенко // Вісник Херсонського держ. техн. ун-ту. – Херсон: ХДТУ, 2001. – №4 (13). – С. 393 – 396.
4. Прогноз та оцінка доцільності застосування різних видів джерел енергії на тепличних комплексах / В.П. Лисенко, В.М. Решетюк, В.М. Штепа [та ін.] // Науковий вісник НУБіП України. – К.: ВЦ НУБіП України. – 2014. – Вип. 194, ч.3. – С. 178 – 185.

5.Штепа В.М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В.М. Штепа // Науковий вісник НУБіП України. – К.: ВЦ НУБіП України, 2014. – Вип. 194, ч.3. – С. 259 – 265.

Оценены главные задачи по созданию систем управления температурно-влажностным режимом в теплице; выбрано нейросетевой математический аппарат для их решения. Разработана последовательность синтеза системы управления, которая практически реализована. С использованием генетического алгоритма проанализированы на значимость входные параметры. Проведён активный эксперимент на производственном объекте и получены учебные наборы данных. Синтезирована и проверена на адекватность математическая модель микроклиматических процессов в теплице. Рассчитана энергоэффективная обучающая выборка, на основе которой создана нейросетевая система управления температурно-влажностным режимом в теплице; путем имитационного моделирования проверены ее качественные функциональные показатели.

Микроклимат, теплица, интеллектуальная система управления, генетический алгоритм, нейронная сеть.

Reviewed by the major problem for the establishment of control temperature and humidity conditions in the greenhouse; selected neural mathematical tools to solve them. Developed synthesis sequence control system and it practically implemented. Using genetic algorithm analyzes the significance of the input parameters. An experiment on active production facility and received training data sets. Synthesized and tested for adequacy of the mathematical model greenhouse. Calculated energy efficient learning sample based on neural network control system established temperature and humidity conditions in the greenhouse; by simulation modeling checked its quality functional performance.

Microclimate, greenhouse, intelligent control, genetic algorithm, neural network.