

УДК 631.2 : 658.2

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТАМИ У ТЕПЛИЦЯХ

В. П. Лисенко, доктор технічних наук, професор

А. О. Дудник, кандидат технічних наук, доцент

І. Ю. Якименко, аспірантка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail dudnikalla@nubip.edu.ua

Анотація. Метою статті є визначення оптимальних (раціональних) режимів вирощування овочевої продукції в тепличних комплексах, які є науково обґрунтованими на основі використання сучасних математичних, алгоритмічних, оптимізаційних методів. Алгоритми роботи електротехнологічного обладнання визначаються на підставі глобального критерію оптимізації, який, в свою чергу, враховує локальні критерії мінімізації ресурсних та енергетичних витрат, максимізацію якості продукції й загального прибутку підприємства. Вигідним з економічної точки зору є організація функціонування теплиць так, щоб ресурсоефективність була на найвищому рівні. Режими вирощування, які забезпечують одержання товарної продукції із врахуванням залежності параметрів технологічного процесу, тривалості технологічного циклу, якості готової продукції тощо від енерговитрат на досягнення певного ефекту, повинні базуватись на науково обґрунтованих методах їх визначення. У статті наведено один із методів оптимізації енерговитрат, а саме побудову нейро-нечіткої системи керування режимами роботи електротехнологічного обладнання.

Ключові слова: *нейро-нечітка система керування, теплиця, оптимізація енерговитрат, режими роботи електротехнологічного обладнання, якість продукції*

Актуальність. Споруди закритого ґрунту характеризуються наявністю значних енергетичних потоків, що використовуються для забезпечення відповідної технології. Високі ціни на енергоносії (природний газ, електрична енергія) створюють умови для розроблення спеціальних систем, здатних зменшити, а краще мінімізувати енергетичні витрати. Зазначене пояснюється тим фактом, що наявні системи, як складові технології, реалізують найпростіші

стабілізаційні алгоритми, котрі не забезпечують високу енерго- та ресурсоефективність (не використовується інформація про стани біологічної складової об'єкта керування, результати прогнозування природних збурень, що впливає на продуктивність живого організму).

Тому створення ресурсоефективних алгоритмів керування енергетичними потоками в таких об'єктах із використанням апарату нейронних мереж та нечіткої логіки є актуальною науковою проблемою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Результати попередніх досліджень [1-5] дозволили зробити висновок, що додаткова інформація щодо прогнозних значень температури навколишнього середовища, сонячної радіації, інформація про стани біологічного наповнення дозволяє створити базу знань та використати її для формування керуючих впливів на біотехнічні об'єкти з метою мінімізації енергоспоживання, забезпечуючи при цьому виробництво продукції потрібних якості та обсягів.

Проте на обсяги споживання енергії впливають багато й інших факторів, таких наприклад як хмарність, сила та напрям вітру, інші погано-прогнозовані традиційними методами природні фактори, що непросто передбачити у відповідних традиційних математичних моделях. Вирішення зазначених проблем можливе шляхом використання сучасних інтелектуальних алгоритмів обробки інформації, що поступає від об'єкта керування, та застосування результатів для формування відповідних стратегій керування з метою максимізації прибутку за результатами виробництва.

Реалізація системи передбачає використання значної кількості обладнання, керуючу функцію для якого виконує комп'ютер з підключеними до нього контролерами. Контролери керують потоками інформації у двох напрямках: на комп'ютер та від комп'ютера. Інформацію на комп'ютер надсилають датчики технологічних параметрів, а інформація з комп'ютера надходить на виконавчі пристрої (вентилятори, нагрівачі, насоси тощо). Запропонована система із

застосуванням нейро-нечітких методів та програмного забезпечення на основі прогнозованих значень зовнішніх природних збурень та поточних параметрів технологічного процесу забезпечить підтримку прийняття рішень, контроль та моніторинг параметрів біотехнічного об'єкта.

Мета дослідження – підвищення енергоефективності роботи електротехнологічного обладнання у теплицях за рахунок використання нейро-нечіткої системи керування.

Матеріали і методи дослідження. Поняття нечіткого виводу займає центральне місце в нечіткій логіці і в теорії нечіткого управління. Говорячи про нечітку логіку в системах керування, можна дати наступне визначення системи нечіткого виводу.

Система нечіткого виводу – це процес отримання нечітких висновків про необхідний алгоритм керування об'єктом на основі нечітких умов і передумов, що представляють собою інформацію про поточний стан об'єкта.

База правил систем нечіткого виведення призначена для формального представлення емпіричних знань експертів в тій або іншій предметній області у формі нечітких продукційних правил.

Цей процес поєднує в собі всі основні концепції теорії нечітких множин: функції приналежності, лінгвістичні змінні, методи нечіткої імплікації і т. п. Розробка і застосування систем нечіткого виводу включає в себе ряд етапів (рис.1).

Таким чином, база нечітких продукційних правил системи нечіткого виводу – це система нечітких продукційних правил, що відображає знання експертів про методи керування об'єктом в різних ситуаціях, характер його функціонування в різних умовах тощо, тобто містить формалізовані людські знання.

Для вирішення задачі зниження витрат енергоресурсів запропоновано побудову нечіткої експертної системи для визначення ввімкнення груп двигунів

насосів реалізовувати залежно від значень зовнішньої температури, часу доби та заданої згідно технологічних вимог температури в приміщенні теплиці.

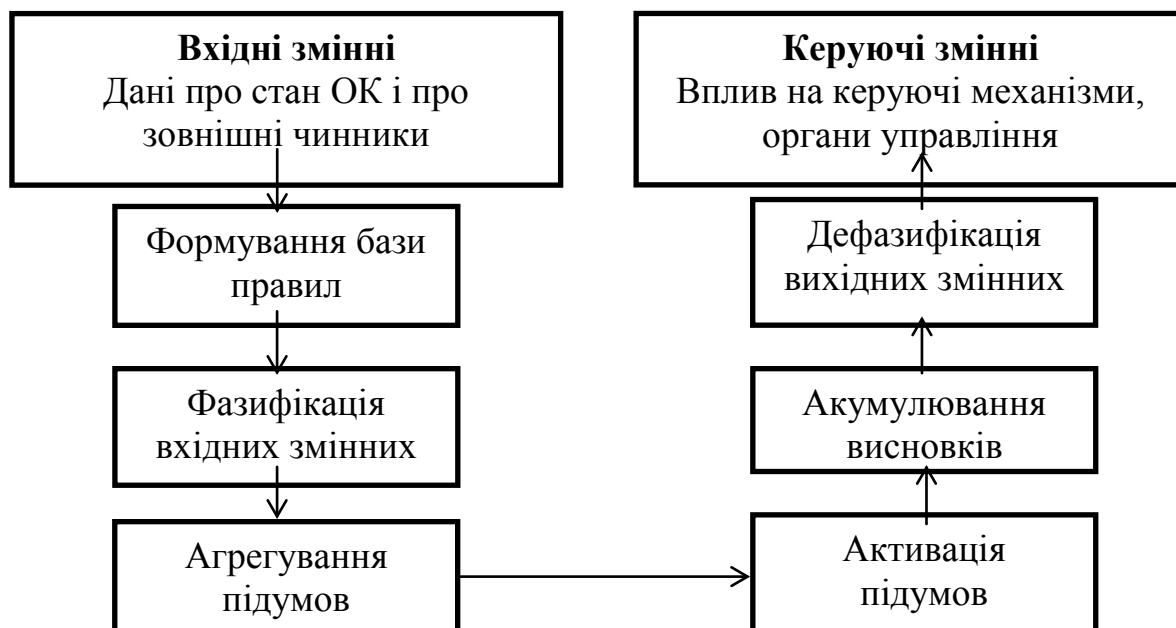


Рис.1. Діаграма процесу нечіткого виведення в нейро-нечіткій системі керування

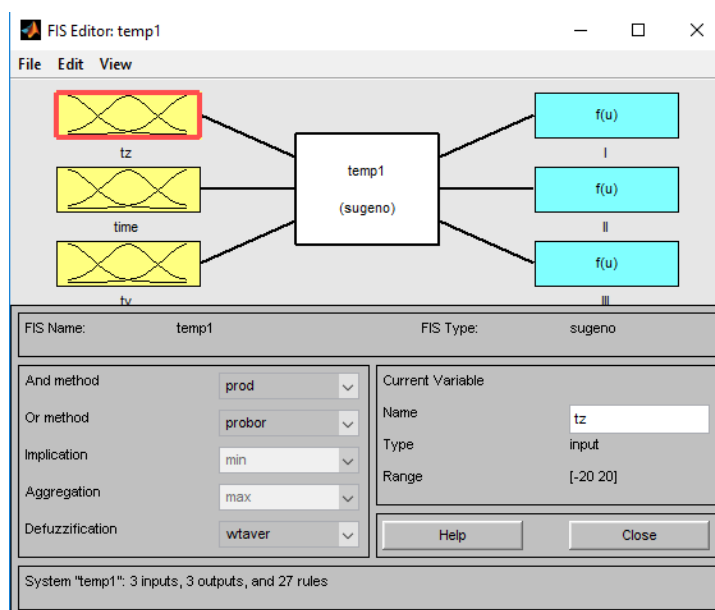


Рис.2. Вигляд вікна FIS-редактори після завдання структури системи

Система нечіткого виводу – це процес отримання нечітких висновків щодо керування об'єктом на основі нечітких умов і передумов (наприклад,

невизначеність впливу зовнішніх природних збурень), що також враховують інформацію про поточний стан об'єкта. Задаємо структуру системи передбачення (рис.2). На вхід подаємо три величини - значення температури зовнішньої (tz), час доби (time) та температури в середині теплиці (tv). На виході задаємо контури опалення – I – під шатровий обігрів, II – обігрів в зоні росту рослин, III – надгрунтовий обігрів.

Наступним кроком є завдання інтервалів функцій належностей змінних (рис.3).

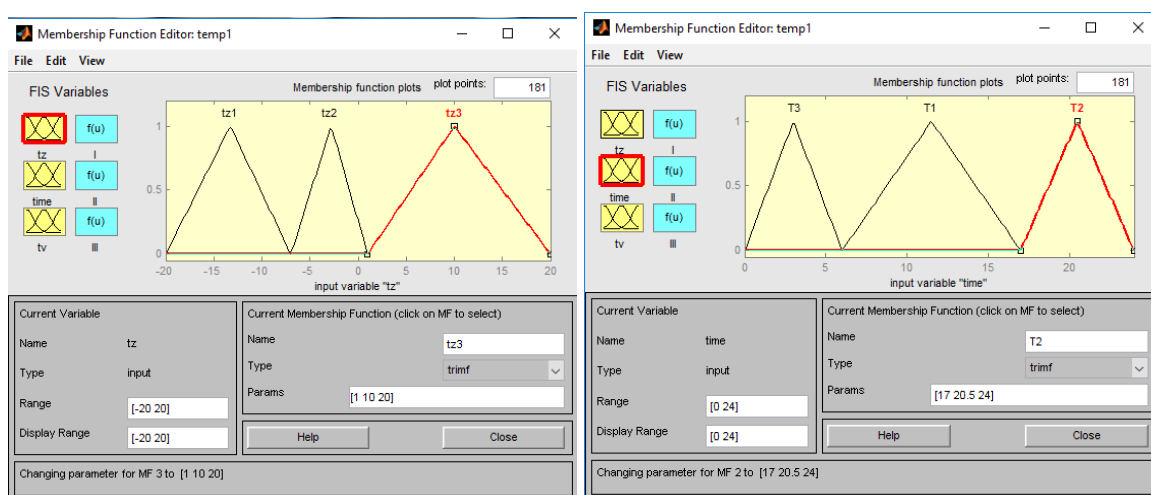


Рис.3. Вигляд завдання параметрів функції належності змінних зовнішньої температури та змінних часу доби

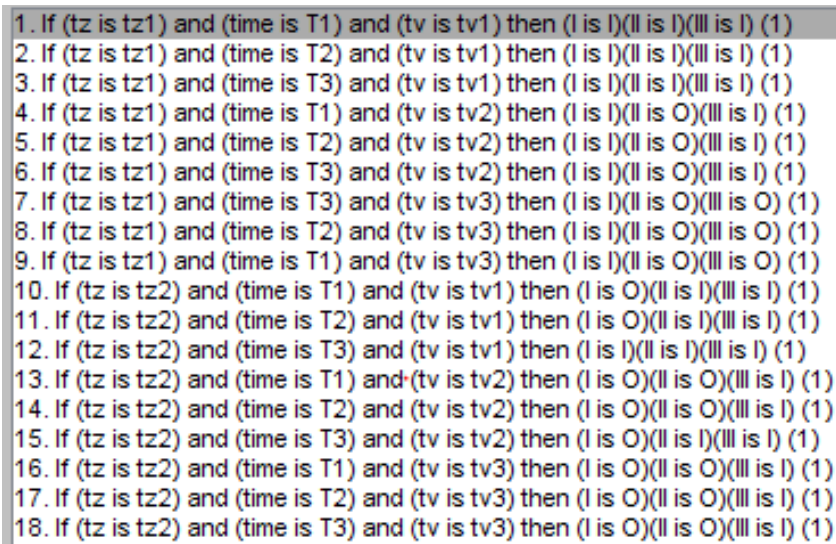
Приймаємо, що температура ззовні змінюється в межах від -20°C до $+20^{\circ}\text{C}$. Ділимо заданий інтервал на три блоки, виходячи з даних Гідрометцентру, що середнє значення температури взимку знаходиться в діапазоні від -7°C до $+1^{\circ}\text{C}$ отже, приймемо значення tz2 за норму, а tz1 і tz3 - вище і нижче норми відповідно.

Параметри функції належності змінної часу обираємо виходячи з поділу на погодинні навантаження на електромережу, згідно тарифів Київенерго. Отже, інтервал T1 – з 6.00 до 17.00 год., T2 – з 17.00 по 24 год., T3 – з 0.00 до 6.00 год.

Завдання параметрів функції належності температури внутрішньої виконуємо, виходячи з технологічних параметрів при вирощуванні томатів в теплиці. Тобто за норму (tv2) приймаємо значення +18-+25 °С, tv1 в межах – +10-+18°С, і tv3 в діапазоні значень +25-+30°С.

Для розробки програми прогнозування записуємо правила, за якими буде працювати система. Отже, при умові що температура ззовні відповідає одному з інтервалів, в певний час доби і при належності внутрішньої температури до одного з заданих інтервалів, виконується умова ввімкнення – І або вимкнення – О обраних контурів опалення.

Записуємо правила згідно яких будуть прийматися рішення (рис.4).



```
1. If (tz is tz1) and (time is T1) and (tv is tv1) then (I is I)(II is I)(III is I) (1)
2. If (tz is tz1) and (time is T2) and (tv is tv1) then (I is I)(II is I)(III is I) (1)
3. If (tz is tz1) and (time is T3) and (tv is tv1) then (I is I)(II is I)(III is I) (1)
4. If (tz is tz1) and (time is T1) and (tv is tv2) then (I is I)(II is O)(III is I) (1)
5. If (tz is tz1) and (time is T2) and (tv is tv2) then (I is I)(II is O)(III is I) (1)
6. If (tz is tz1) and (time is T3) and (tv is tv2) then (I is I)(II is O)(III is I) (1)
7. If (tz is tz1) and (time is T3) and (tv is tv3) then (I is I)(II is O)(III is O) (1)
8. If (tz is tz1) and (time is T2) and (tv is tv3) then (I is I)(II is O)(III is O) (1)
9. If (tz is tz1) and (time is T1) and (tv is tv3) then (I is I)(II is O)(III is O) (1)
10. If (tz is tz2) and (time is T1) and (tv is tv1) then (I is O)(II is I)(III is I) (1)
11. If (tz is tz2) and (time is T2) and (tv is tv1) then (I is O)(II is I)(III is I) (1)
12. If (tz is tz2) and (time is T3) and (tv is tv1) then (I is I)(II is I)(III is I) (1)
13. If (tz is tz2) and (time is T1) and (tv is tv2) then (I is O)(II is O)(III is I) (1)
14. If (tz is tz2) and (time is T2) and (tv is tv2) then (I is O)(II is O)(III is I) (1)
15. If (tz is tz2) and (time is T3) and (tv is tv2) then (I is O)(II is I)(III is I) (1)
16. If (tz is tz2) and (time is T1) and (tv is tv3) then (I is O)(II is O)(III is I) (1)
17. If (tz is tz2) and (time is T2) and (tv is tv3) then (I is O)(II is O)(III is I) (1)
18. If (tz is tz2) and (time is T3) and (tv is tv3) then (I is O)(II is O)(III is I) (1)
```

Рис.4. Вікно попередньо заданих правил

Результати досліджень та їх обговорення. Результат роботи системи відображається у вікні перегляду правил (рис.5). Змінюючи положення повзунка вхідних параметрів, отримуємо прогнозування ввімкнення відповідних контурів опалення.

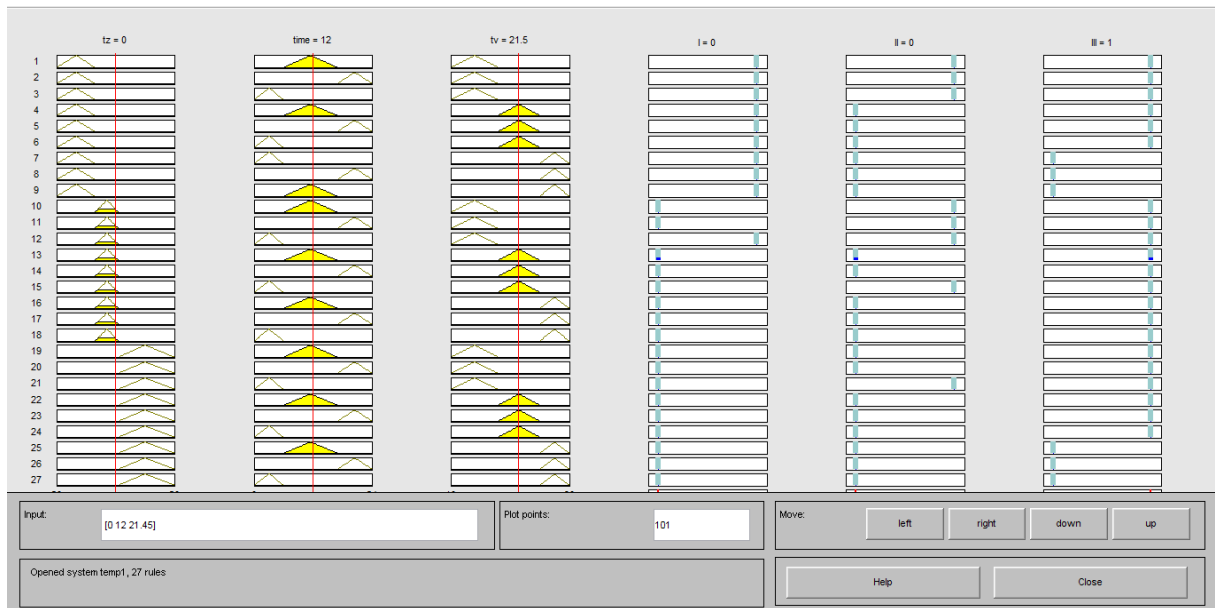


Рис.5. Вікно перегляду правил

Результати роботи експертної системи відображені на рис.6, при початкових умовах: температура ззовні нижче -7 град.С протягом всієї доби, необхідна температура в приміщені теплиці 20 град.С.

Тариф	Нічний	Найвище	Пік	Найвище	Пік	Найвище	
Вартість електроенергії згідно тарифу, грн/кВт	0,25	1,02	1,8	1,02	1,8	1,02	
Підокрівельний обігрів	+	+		+	+	+	
Основний (в зоні росту рослин)	+	+	+	+	+	+	
Рельсовий обігрів	+	+	+	+	+		Разом
Всього спожито,кВт	157,2	72,2	72,2	288,8	144,4	72,2	807
Спожито на загальну суму за період, грн	39,3	73,644	129,96	294,576	259,92	73,644	871,04

a

Тариф	Нічний	Напівнок	Пік	Напівнок	Пік	Напівнок	
Вартість електроенергії згідно тарифу, грн/кВт	0,25	1,02	1,8	1,02	1,8	1,02	
Підпокрівельний обігрів	+	+		+		+	
Основний (в зоні росту рослини)	+	+	+	+	+	+	
Рельсовий обігрів	+						
Всього спожито,кВт	216,6	52,4	36	209,6	72	52,4	Резом 639
Спожито на загальну суму за період, грн	54,15	53,44	64,8	213,8	129,6	53,4	569,2

б

Рис.6. Навантаження двигунів протягом доби:

a – без впровадження нейро-нечіткої системи; *б* – із використанням нейро-нечіткої системи

Висновки і перспективи. У результаті проведених досліджень нейро-нечіткої системи керування режимами роботи електротехнологічного обладнання в теплицях встановлено, що енергозатратність обладнання може бути оптимізована, тобто впровадження системи керування ввімкнення двигунами насосів дозволяє знизити витрати на електроенергію на 25-30 %.

Список використаних джерел

1. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Частина 1. Закритий ґрунт / Л. С. Гіль – Вінниця : Нова книга, 2008. – 364 с.
2. Кошкін Д. Л. Динамічна модель системи керування мікрокліматом теплиці / Д. Л. Кошкін, Д. В. Бабенко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2011. – Вип. 3 (60). – С. 160–164.
3. Лисенко В. П. Економічний критерій вибору стратегії керування біотехнологічними об'єктами / В. П. Лисенко // Біоресурси і природокористування. – 2014. – Т. 6, № 3/4. – С. 174–179.
4. Дудник А. О. Інформаційне та програмне забезпечення системи керування у теплиці з нейромережовим прогнозуванням зовнішніх збурень

(англ. мовою) // Науковий вісник НУБіП України. – К.: НУБіП. – 2015. - Вип. 224 – С. 46–51.

5. Lysenko V., Dudnyk A. "Automation of biotechnological objects". Proceedings of the XIIIth International Conference "TCSET'2016. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science", IEEE Xplore (Electronic ISBN: 978-6-1760-7807-4), pp. 44-47.

References

1. Gil', L.S. ed. (2008). Suchasni tehnologii ovochivnytstva zakrytogo i vidkrytogo gruntu. Chastyna 1. Zakrytyi grunt [Modern technologies of vegetable cultivation of closed and open ground. Part 1. Closed soil]. Vinnytsia, Nova knyga, 364.

2. Koshkin, D.L., Babenko, D.V. (2011). Dynamichna model' systemy keruvannya mikroklimatom teplytsi [Dynamic model of microclimate greenhouse control system]. Visnyk agrarnoi nauki Prychornomia. Vyp.3(60), 160-164.

3. Lysenko, V. P. (2014). Ekonomichnyi kriteriy vyboru strategii keruvannya biotekhnologichnymy ob'ektamy. [Economic criterion for choosing a control strategy for biotechnological objects]. Bioresursi i prirodokoristuvannya, 6 (3/4), 174-179.

4. Dudnyk, A. O. (2015). Information Providing And Software Of Control System In Greenhouse With Neural Network Predictions Of External Disturbances. Naukovii visnyk NUBiP Ukrainy, 224, 46-51.

5. Lysenko V., Dudnyk A. (2016). "Automation of biotechnological objects". Proceedings of the XIIIth International Conference "TCSET'2016. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science", IEEE Xplore (Electronic ISBN: 978-6-1760-7807-4), 44-47.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТАМИ В ТЕПЛИЦАХ

В. Ф. Лысенко, А. А. Дудник, И. Ю. Якименко

Аннотация. *Целью статьи является определение оптимальных (рациональных) режимов выращивания овощной продукции в тепличных комплексах, которые являются научно обоснованными на основе использования современных математических, алгоритмических, оптимизационных методов. Алгоритмы работы электротехнологического оборудования определяются на основании глобального критерия оптимизации, который, в свою очередь, учитывает локальные критерии минимизации ресурсных и энергетических затрат, максимизацию качества продукции и общей прибыли предприятия. Выгодным, с экономической точки зрения, является организация функционирования теплиц таким образом, чтобы ресурсоэффективность была на высшем уровне. Режимы выращивания, которые обеспечивают получение товарной продукции с учетом зависимости параметров технологического процесса, длительности технологического цикла, качества готовой продукции и*

т.п. от энергозатрат на достижение определенного эффекта, должны базироваться на научно обоснованных методах их определения. В статье приведен один из методов оптимизации энергозатрат, а именно построение нейро-нечеткой системы управления режимами работы электротехнологического оборудования.

Ключевые слова: *нейро-нечеткая система управления, теплица, оптимизация энергозатрат, режимы работы электротехнологического оборудования, качество продукции*

DESIGN PECULIARITIES OF NEURO-FUZZY CONTROL SYSTEM OF ENERGY CONSUMPTION IN GREENHOUSES

V. Lysenko, A. Dudnyk, I. Yakymenko

Abstract. *The purpose of the article is to determine the optimal (rational) regimes for the cultivation of vegetable products in greenhouse complexes, which are scientifically based on the use of modern mathematical, algorithmic, optimization methods. The algorithms of the operation of the electrotechnical equipment are determined on the basis of a global optimization criterion, which in turn takes into account local criteria for minimizing resource and energy costs, maximizing the quality of the product and the overall profit of the enterprise. An economically beneficial arrangement is to organize the operation of greenhouses in such a way that resource efficiency is at the highest level. Growing regimes that ensure the production of commodity products, taking into account the dependence of the parameters of the technological process, the length of the technological cycle, the quality of the finished product, etc. from energy costs to achieve a certain effect, should be based on scientifically based methods for their determination. The article presents one of the methods of energy efficiency optimization, namely, the construction of a neuro-fuzzy control system for the operation of electrotechnological equipment.*

Key words: *neuro-fuzzy control system, greenhouse, optimization of energy consumption, operating modes of electrotechnical equipment, quality of products*