

## ЕКОНОМІЧНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ

Лисенко В. П., Дудник А. О., Штепа В. М.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Здійснено порівняльний аналіз ефективності від впровадження розробленої системи керування з існуючими аналогами. Показано зменшення витрат природного газу на опалення в зимовий період.*

**Постановка проблеми.** Вирощування овочевої продукції у тепличних комбінатах України останнім часом має тенденцію до зменшення використання енергетичних ресурсів, проте підвищення цін на ці ресурси не дозволяє зупинитись на досягнутому. Зазначена проблема вимагає продовження пошуку таких способів енергозбереження, які б забезпечили енергоефективність виробництва, при цьому якість виробленої продукції повинна лишатись високою.

Недостатнє використання сучасних методів і засобів інтелектуального керування (методів прогнозування, бази знань, алгоритмів оптимізації вироблених керуючих рішень) стало причиною підвищення собівартості вирощеної продукції навіть у сучасних тепличних підприємствах, що працюють за голландськими технологіями.

Саме тому поставлено завдання синтезу системи керування із використанням сучасних методів інтелектуального управління та прогнозування зовнішніх збурень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тривалі дослідження та результати розробки системи керування мікрокліматом у теплиці показали можливість використання нейро-мережевого прогнозування для зовнішніх збурень, а також алгоритмів оптимізації технологічних параметрів з метою максимізації приросту овочів [1-4].

Традиційні системи керування, які працюють за алгоритмом стабілізації технологічних параметрів мікроклімату, мають ряд своїх недоліків, проте є найпоширенішими в теплицях України. Тому саме таких різновид систем керування обрано для порівняння із запропонованою системою.

**Мета досліджень.** Проаналізувати технологічну та економічну ефективність від впровадження системи керування з нейромережевим прогнозуванням збурень та оптимізацією приросту овочів у теплицях.

**Основні матеріали досліджень.** З метою дослідження ефективності розробленої системи керування проведено порівняльний аналіз існуючої системи керування, що працює за алгоритмом стабілізації технологічних параметрів мікроклімату, системи керування з нейромережевим прогнозуванням зовнішніх збурень та системи керування, що містить блок нейромережевого прогнозування і блок оптимізації приросту овочевої продукції. Синтез математичної моделі системи керування, що функціонує у досліджуваному біотехнічному об'єкті (ПАТ «Комбінат "Тепличний"») здійснено з використанням статистичних даних про залежність витрат природного газу на опалення теплиці від таких параметрів: зовнішньої та внутрішньої темпера-

тури повітря та інтенсивності сонячної радіації, тобто статичної характеристики об'єкта, яка описується поліноміальним рівнянням другого порядку (1):

$$P(T, T_1, R) = -6,213 \cdot 10^{-3} + 1,86 \cdot T + 5,92 \cdot T_1 + 0,038 \cdot R + 0,314 \cdot T \cdot T_1 - 3,257 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot R + 7,41 \cdot 10^{-4} \cdot T_1 \cdot R - 0,056 \cdot T^2 - 0,023 \cdot T_1^2 + 1,39 \cdot 10^{-5} \cdot R^2 \quad (1)$$

З метою визначення ефективності системи проведено імітаційне моделювання в середовищі Simulink пакету MATLAB, яке дозволило побудувати та дослідити різні конфігурації системи перед створенням експериментальної установки і впровадженням її у виробництво.

У табл.1 показані результати розрахунку витрат природного газу для систем керування різного типу: 1 – для системи керування, що функціонує у теплиці за алгоритмом стабілізації параметрів мікроклімату, 2 – системи керування, в якій використовується прогнозування зовнішніх збурень, а також для 3 – системи керування, в якій використовується як нейромережеве прогнозування зовнішніх природних збурень, так і оптимізація параметрів мікроклімату з метою максимізації приросту овочевої продукції.

Таблиця 1. Результати моделювання з використанням різних алгоритмів роботи системи керування

№ п/п	Зовнішні збурення		Змінні керування	Ефективність системи керування		
	Зовнішня температура повітря, °C	Інтенсивність сонячної радіації, Вт/м <sup>2</sup>		Температура повітря в теплиці, °C	Витрати прир. газу (1), м <sup>3</sup>	Витрати прир. газу (2), м <sup>3</sup>
1	3	500	18	6,26	5,6027	5,22084
2	6	400	19	7,104	6,32256	5,97446
3	7	600	20	4,926	4,37921	4,22158
4	5	700	21	1,454	3,21574	2,9681
5	4	350	22	6,464	5,80467	5,33926

На рис.1 чітко видно зменшення витрат природного газу при використанні нейромережевого прогнозування зовнішньої температури повітря та інтенсивності сонячної радіації за рахунок врахування цих параметрів при розрахунку кількості теплової енергії, що надходить в теплицю зовні. При використанні алгоритму оптимізації приросту рослин кількість природного газу також зменшується, що пояснюється використанням отриманого в результаті активного

експерименту рівняння залежності приросту від параметрів мікроклімату.

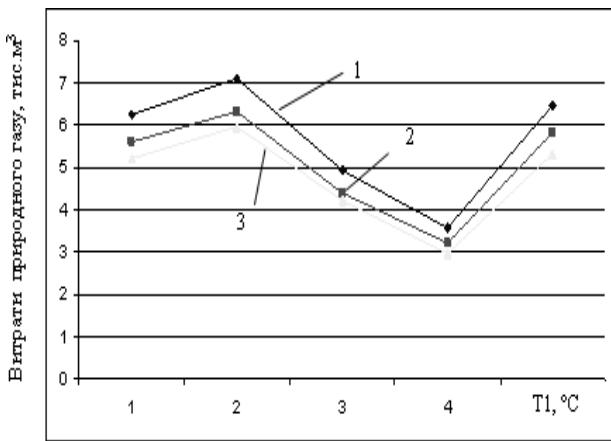


Рисунок 1 -. Залежність витрат природного газу від зовнішньої температури повітря

На рис.2 показані криві критеріїв ефективності для систем керування трьох типів (система стабілізації параметрів мікроклімату, система з блоком нейромережевого прогнозування і система з блоками прогнозування збурень та оптимізації приросту овочевої продукції). Так, безрозмірний критерій ефективності відповідно більшого значення показує ефективність використання природного газу, тобто чи ефективно використано енергетичний ресурс на опалення. При розрахунку критерію ефективності використано математичну модель, побудовану на основі статистичних даних, а також імітаційну модель запропонованої системи керування. Як видно з рисунку найкращі значення критерій ефективності має для системи керування, яка містить як блок прогнозування, так і блок оптимізації приросту.

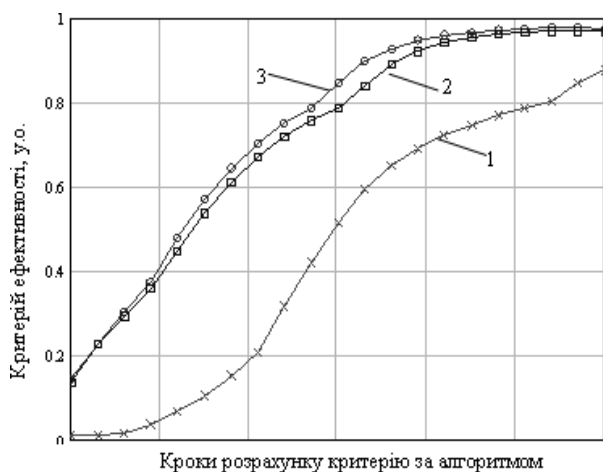


Рисунок 2 - Критерій ефективності системи керування (1- система стабілізації параметрів, 2 - система з прогнозуванням зовнішніх збурень, 3 – система керування з блоком нейромережевого прогнозування і блоком оптимізації)

Для оцінки доцільності впровадження розробленої системи керування необхідною умовою є техніко-економічне обґрунтування, яке повинно оцінюватися з різних точок зору.

Визнаними в світовій практиці основними показниками, що акумулюють вигоди від упровадження науково-технічних розробок та використовуються для оцінки економічної ефективності проектів, є:

чистий дисконтований дохід (прибуток);

індекс дохідності (прибутковості);

період окупності інвестицій у реалізацію проектів.

Величину ЧДП при постійній нормі дисконту ( $E$ ) визначають за формулою:

$$ЧДП = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} - K,$$

де  $R_t$  – результати, які досягаються на кроці  $t$ ;  $Z_t$  – витрати, які здійснюються на кроці  $t$  (без капітальних вкладень);  $T$  – тривалість розрахункового періоду;  $E$  – постійна норма дисконту;  $K$  – капітальні вкладення.

Результати, які досягаються у будь який період  $R_t$ , визначаються вартістю природного газу  $R_G$ , що був зекономлений.

Капітальні вкладення у даному випадку будуть тільки на першому етапі експлуатації:

$$K = B_{СК},$$

де  $B_{СК}$  – вартість системи керування мікрокліматом у теплиці.

Норма дисконту приймається постійною і рівною  $E = 0,18$ .

Індекс прибутковості, який є відношенням суми приведених ефектів до величини капітальних вкладень, розраховується за формулою:

$$ІП = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}.$$

Індекс прибутковості тісно пов'язаний з ЧДП, якщо ЧДП позитивний, то ІП більший за одиницю і навпаки. Якщо ІП більший за одиницю, проект ефективний, якщо ІП менший за одиницю – неефективний.

Внутрішня норма прибутковості  $E_{ВН}$  (ВНП) є нормою дисконту, при якій величина приведених ефектів дорівнює приведеним капітальним вкладенням.  $E_{ВН}$  визначається при розв'язанні рівняння:

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{ВН})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K}{(1 + E_{ВН})^t}.$$

Коли ВНП дорівнює або більше потрібної інвестору норми прибутку на капітал, інвестиції у даний інвестиційний проект виправдані. В іншому разі вони недоцільні.

Термін окупності – мінімальний часовий інтервал (від початку здійснення проекту), за межами якого інтегральний ефект стає і в подальшому залишається невід'ємним.

Для впровадження розробленої системи керування вихідні дані становлять:

Загальні капітальні вкладення 500,0 тис. грн. у тому числі в першому році реалізації проекту 300,4 тис. грн.

Дохід за весь період 16,0 млн. грн.

Ставка дисконтування 0,18.

Термін реалізації інноваційно-інвестиційного проекту 5 років.

Ціна одиниці продукції 30 грн.

Постійні витрати на виробництво продукції 8 грн.

Змінні витрати на виробництво одиниці продукції 15 грн.

У кожному наступному році збільшується ступінь дисконтування. Обчислення ЧДД у цьому разі приводять до даних кожного року реалізації проекту. Підсумувавши визначені дані, одержимо  $ЧДД_5 = 227$  тис. грн.

Індекс дохідності (рентабельності), є співвідношення чистого дисконтованого доходу та одноразових і капітальних витрат на використання нової технології, що визначає дисконтовану норму прибутку [5]. При сумі  $ЧДД_5$ , рівній 227 тис. грн., акціонерному капіталі в 500,0 тис. грн. індекс дохідності становитиме:

$$ID = \sum_{i=0} \frac{ЧДД_i}{K_i} = \frac{227,0}{500,0} = 0,454, \text{ чи } 45,4\%$$

Тобто рентабельність становитиме 45,4 %, а впровадження системи слід визнати прибутковим.

Період окупності інвестицій для впровадження розробленої системи керування – період, необхідний для повернення їх первісної суми за рахунок накопичених чистих потоків реальних грошей в результаті функціонування зазначеної системи керування. Витрати будуть окупленими приблизно за три роки:

$$T = \frac{500,0}{227,0} = 2,2 \text{ років}$$

Точка збитковості проекту визначається як відношення постійних поточних витрат на виробництво продукції до різниці між ціною та змінними витратами на одиницю продукції [5].

У цьому випадку це співвідношення має вигляд:

$$T_0 = \frac{8}{30-15} = 0,53 = 53\%$$

Точка беззбитковості знаходиться в межах 53% номінального обсягу виробництва, що підтверджує надійність проекту.

## Висновок

1. Досліджено роботу розробленої системи керування мікрокліматом у теплиці, встановлено технологічну і економічну ефективність запропонованої системи керування.

2. Впровадження розробленої системи керування забезпечує на площі 4 га чистий дисконтовий прибуток 227 тис. грн. Термін окупності складає 2,2 року, а індекс прибутковості у перший рік експлуатації 53% що підтверджує високу ефективність розробки.

## Список використаних джерел

1. Лисенко В.П. Нейромережеве прогнозування часових рядів температури навколишнього природного середовища / В.П.Лисенко, Н.А. Заєць, В.М. Штепа, А.О. Дудник // Біоресурси і природокористування. – К.:НААН. – 2011. – №3-4. – С.102-108.

2. Лисенко В.П. Оптимальне управління: стан та перспективи розвитку в тепличній галузі / В.П. Лисенко, А.О. Дудник // Науковий вісник НУБіП України. – К.:НУБіП. – 2011. – № 166/3. – С.104-112.

3.Лисенко В.П. Обґрунтування активного експерименту дослідження інтенсивності фотосинтезу у біотехнічних об'єктах рослинного типу (на прикладі томатів) / В.П. Лисенко, В.О. Мірошник, А.О. Дудник // Науковий вісник НУБіП України. – К.:НУБіП. – 2012. – № 174. – С.104-112.

4. Лисенко В.П. Факторний експеримент дослідження інтенсивності росту томатів та його результати / В.П. Лисенко, В.О. Мірошник, А.О. Дудник // Науковий вісник НУБіП України. – К.:НУБіП. – 2013. – № 174. – С.104-112.

5. Спільний наказ Міністерства економіки України та Міністерства фінансів України "Про затвердження Методики визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво" від 25.09.01 – № 218/446.

## Анотація

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ТЕПЛИЦЕ

Лысенко В. Ф., Дудник А. А, Штепа В. Н.

Осуществлен сравнительный анализ эффективности от внедрения разработанной системы управления с существующими аналогами. Показано уменьшение расхода природного газа на отопление в зимний период.

## Abstract

### ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL EFFICIENCY OF INTELLECTUAL CLIMATECONTROL SYSTEM IN THE GREENHOUSE

V. Lysenko, A. Dudnik, V. Shtepa

The comparative effectiveness analysis of the developed control system implementation with existing analogues was made. The reduction of natural gas consumption for heating in the winter was shown.