

The aim of the study is to develop a system of automatic watering of plants, which allows to take into account the needs of plants in humidity and suitable for use in production conditions.

The study found that the transpiration value can be determined by the empirical formula. The use of programmable irrigation in protected ground structures, depending on the parameters of the microclimate, allows to reduce energy consumption and increase adaptive predisposition of plants to perturbing factors.

Keywords: *irrigation, protected soil, programming, transpiration*

УДК 681.516.75: 631.234

АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦІ З УРАХУВАННЯМ ЇХ СТАНУ

В. П. ЛИСЕНКО, доктор технічних наук, професор
Т. І. ЛЕНДЄЛ, кандидат технічних наук, старший викладач

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

E-mail: taraslendel@rambler.ru

Анотація. *Створено інтелектуальний алгоритм формування стратегій керування процесом виробництва овочевої продукції у теплиці з урахуванням станів рослин. Наведено структури бази даних та бази знань, що використовуються для його реалізації в сучасних високотехнологічних теплицях.*

Запропонований алгоритм функціонує на основі інформації про стани рослин, параметри атмосфери в теплиці, показники фітостану, цінову політику на ринку, про вартість енергоносіїв та виробленої продукції, максимізуючи прибуток підприємства за допомогою формування стратегій керування електротехнічними комплексами, що супроводжують виробництво.

Ключові слова: *підсистема, алгоритм, керування процесом, вирощування, теплиця, рослина*

Актуальність. *Технології закритого ґрунту забезпечують споживачів рослинною продукцією впродовж календарного року, що робить їх привабливими у багатьох країнах світу. При цьому використовують спеціалізоване обладнання, здатне формувати в закритих приміщеннях найсприятливіші для рослин умови, що дає можливість отримувати високі врожаї. Водночас, навіть сучасні системи забезпечення процесу вирощування рослин, як правило, не відстежують*

© В. П. Лисенко, Т. І. Лендєл, 2018

їх стани як реакцію на дії різноманітних збурень та керуючих дій, що суттєво ускладнює накопичення знань про рослину та можливість прогнозувати її врожайність. У зв'язку з вищезазначеним, виникає потреба у розробці складової системи забезпечення виробництва рослинної продукції в спорудах закритого ґрунту, що оцінює особливості рослини для формування відповідних стратегій керування таким об'єктом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У спорудах закритого ґрунту основними факторами, що впливають на процес вирощування рослинної продукції є температура, вологість повітря, концентрація CO₂ в атмосфері теплиці, тривалість світлового дня, склад та інтенсивність світлового випромінювання. Стандартизовані технології формують певні вимоги до зазначених факторів, а їх утримання на визначених рівнях сприяє розвитку рослини та дає змогу отримати максимальну кількість продукції [1]. Реалізують ці задачі спеціалізовані системи автоматизації, проте всі вони на сьогодні функціонують без урахування інформації про стани рослин [2, 3]. Вирішення цієї проблеми пропонується шляхом використання інтелектуальних алгоритмів керування електротехнічними комплексами, що забезпечують відповідні технологічні параметри та режими.

Мета дослідження – розробити інтелектуальний алгоритм формування стратегій керування електротехнічним комплексом у теплиці з урахуванням станів біологічної складової об'єкта керування, параметрів мікроклімату та цінової політики на ринку енергоносіїв та виробленої продукції.

Матеріали і методи дослідження. За результатами досліджень, що проводилися в діючій теплиці та в камері штучного клімату, було побудовано математичну модель залежності якості томатів від дії технологічних параметрів. При цьому вхідними факторами були: температура рослин, температура і вологість повітря, газовий склад повітря, освітленість [5, 7]. Таку модель було використано для формування інтелектуального алгоритму керування електротехнічними комплексами в теплиці на основі застосування штучних нейронних мереж та методу Харрінгтона, що дало можливість максимізувати прибуток підприємства [4–7].

Результати досліджень та їх обговорення. Підтримання в теплиці параметрів вирощування рослинної продукції здійснюється відповідними системами автоматизації. При цьому, як за результатами власних досліджень, так і з літературних джерел встановлено, що основним затратним фактором впливу на розвиток і врожайність томатів є температура повітря в теплиці. Крім того, збільшення маси продукції не завжди призводить до отримання максимально можливого прибутку, оскільки суттєву роль при цьому відіграє якість виробленої продукції.

З огляду на зазначене вище, в інтелектуальному алгоритмі, що пропонується для керування процесом вирощування томатів, коли якість рослинної продукції використовується як зворотний зв'язок, за критерій оптимізації взято максимізацію прибутку виробництва [4, 5]. При цьому передбачено також використання фітотемпературного критерію [6].

Оскільки реалізація інтелектуального алгоритму потребувала наявності та взаємодії бази знань та бази даних, було сформовано вимоги до їх структури, узагальнений вигляд якої подано на рис.1.

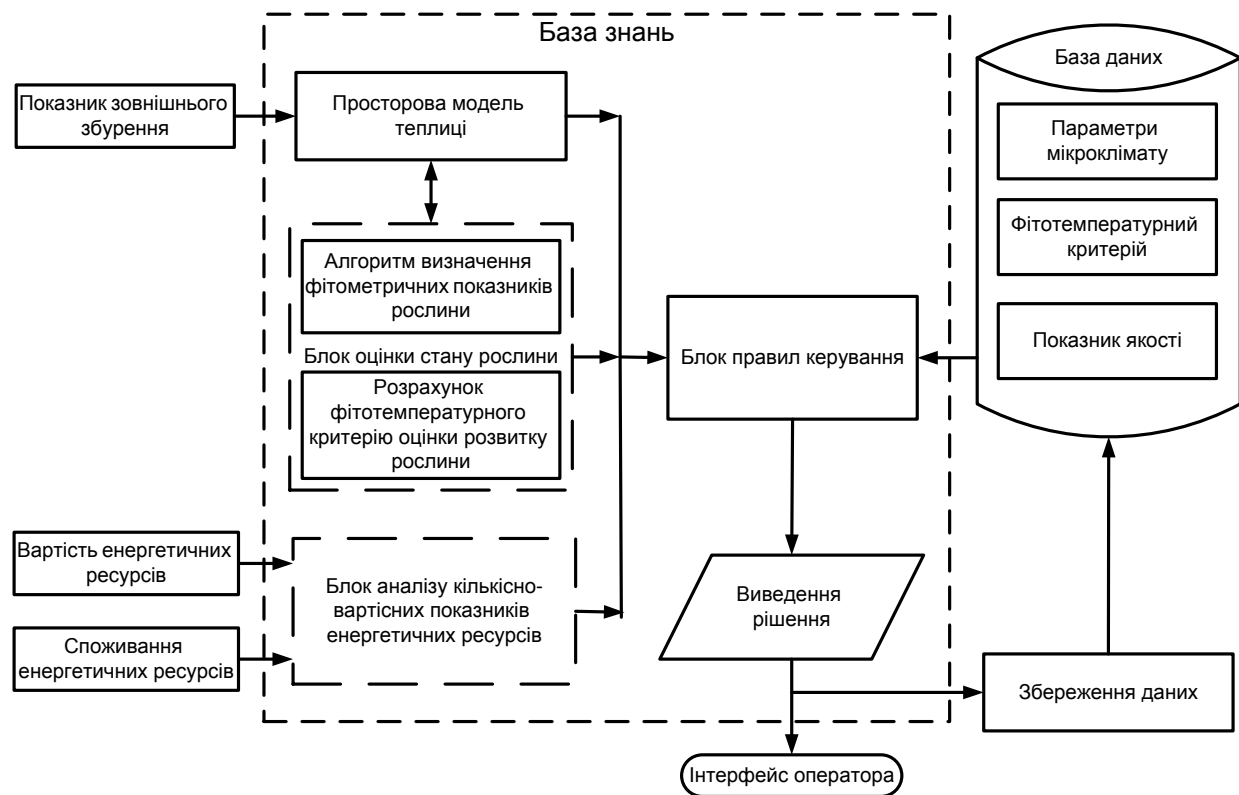


Рис. 1. Структура бази знань і бази даних інтелектуального алгоритму

Деталізацію змісту інтелектуального алгоритму керування електротехнічними комплексами теплиці при вирощуванні томатів подано на рис. 2.

Згідно з блок-схемою алгоритму керування електротехнічним комплексом теплиці, виконуються такі дії:

- вимірюються поточні значення температури рослини ($t_{\text{роsl.}}$), повітря ($t_{\text{пов.}}$), вологості повітря ($\phi_{\text{пов.}}$), зовнішнього повітря ($t_{\text{зовн.}}$), визначаються поточні витрати енергоресурсів (B) при вирощуванні томатів, оцінюються якість плодів (Y) за їх зображеннями, визначається поточний час вимірювань ($t_{\text{пот.}}$) та вводиться час закінчення вегетації ($t_{\text{кінц.}}$) з часом дискретизації (Δt) при вимірюванні;
- розраховуються середньостатистичні значення температур рослини та повітря;
- розраховується, з урахуванням часу вирощування томатів, діапазон допустимих температур повітря;

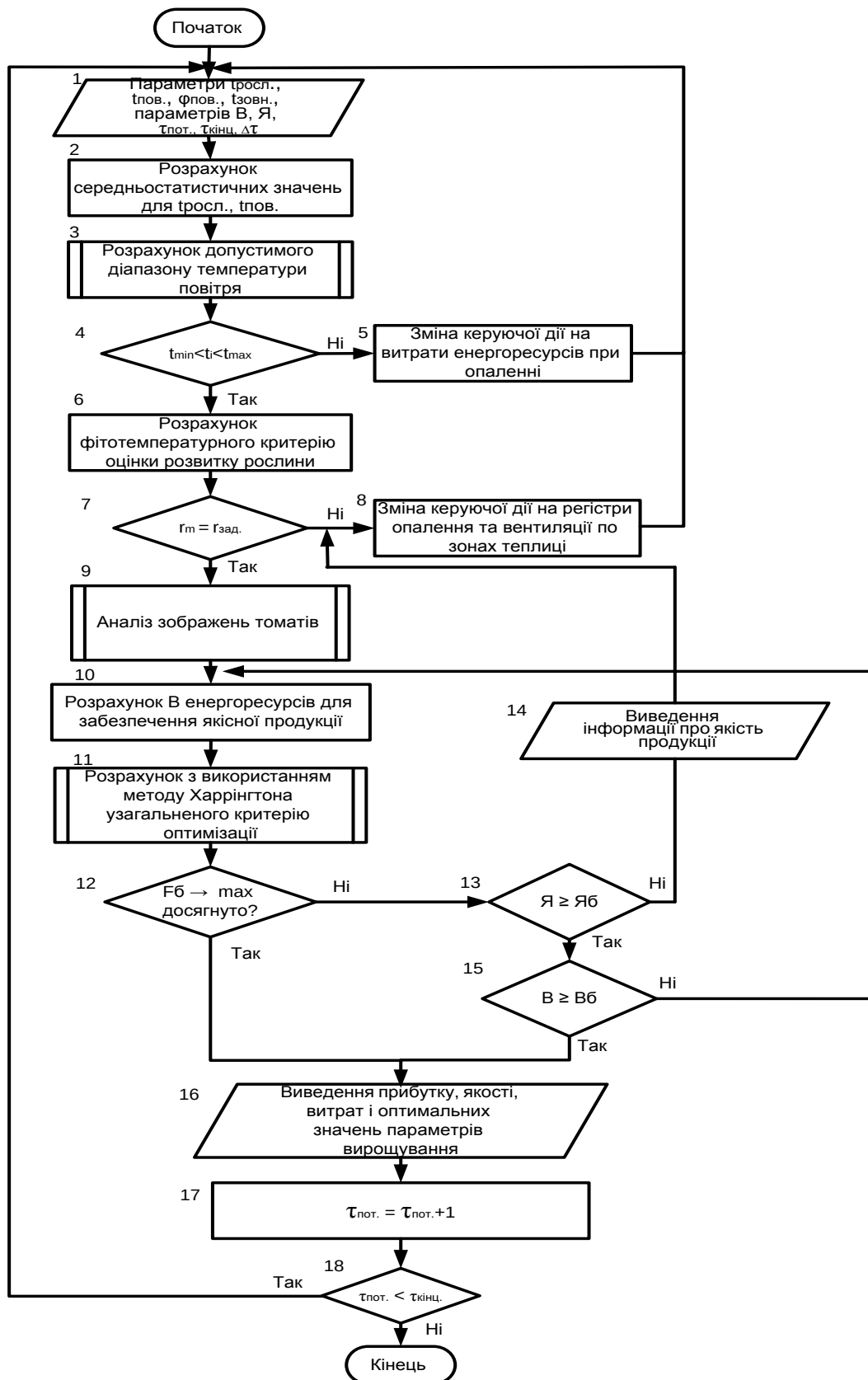


Рис. 2. Узагальнений інтелектуальний алгоритм функціонування системи керування електротехнічним комплексом

- перевіряється умова відповідності температури повітря в теплиці з визначеними межами температури,
- де t_i – поточне значення температури повітря;
- t_{max} , t_{min} – верхня та нижня межа температури повітря;
- корегується керуюча дія на систему теплозабезпечення за умов, якщо не виконуються умови блоку 4;
- розраховується фітотемпературний критерій рослини;
- перевіряється умова відповідності фітотемпературного критерію (t_m) з його заданим значенням ($t_{зад.}$);
- корегуються керуючі дії регістрів системи опалення та вентиляції за умов, що вимога блоку 7 не виконується (для вирівнювання температури за площею теплиці);
- аналізується зображення томатів із використанням вейвлет-перетворень та оцінюється показник їх якості на основі використання нейронних мереж;
- розраховуються витрати енергоресурсів для отримання якісної продукції;
- розраховується з використанням методу Харрінгтона узагальнений критерій оптимізації (F_b) [7];
- реалізується оптимізація, згідно з узагальненим критерієм оптимальності [7];
- перевіряється показник якості рослинної продукції, і якщо він менший від бажаного значення (Y_b), відбувається перехід до блока 8;
- виводиться оператору інформація щодо показника якості для прийняття рішення;
- перевіряється показник видатків, і якщо він не відповідає бажаному значенню (B_b), виконується перехід на блок 10;
- виводиться прибуток, показник якості, оптимальні значення параметрів вирощування овочевої продукції;
- визначення часу для наступних вимірювань;
- порівняння поточного часу вимірювань ($t_{пот.}$) у теплиці з часом закінчення вегетації ($t_{кінц.}$).

Висновки і перспективи. Розроблено інтелектуальний алгоритм керування електротехнічними комплексами, що супроводжують технологію вирощування томатів у сучасних спорудах закритого ґрунту, основу якого становить база даних та база знань із використанням нейронних мереж, де якість рослинної продукції є зворотним зв'язком.

Список літератури

1. Development of an automation system for greenhouse seedling production management using radio-frequency-identification and local remote sensing techniques / I.-Chang Yanga, Kuang-Wen Hsiehb, Chao-Yin Tsaic, Yu-I. Huangb, Yu-Liang Chenc, Suming Chen // Engineering in Agriculture, Environment and Food. – 2014. – Vol. 7, issue 1, February. – P. 52–58.
2. Лозинський А. О. Електромеханічні системи автоматизації технологічних об'єктів з інтелектуальним керуванням : автореф. дис. на здобуття

наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.09.03 "Електротехнічні комплекси та системи" / А. О. Лозинський ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів, 2004. – 41 с.

3. Беликов Ю. М. Автоматизация управления микроклиматом в тепличных комбинатах / Ю. М. Беликов // Техника в сельском хозяйстве. – 1984. – № 1. – С. 26–29.

4. Korobiichuk I., Lysenko V., Reshetiuk V., Lendiel T., Kamiński M. (2016, May). Energy-efficient electrotechnical complex of greenhouses with regard to quality of vegetable production. In International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016 (pp. 243–251). Springer, Cham.

5. Лисенко В. П. (2015). Моделі для формування оптимальних стратегій керування у спорудах закритого ґрунту / В. П. Лисенко, Т. І. Лендел // Вісник аграрної науки, (10), 45–48.

6. Лисенко В. П. (2013). Фітотемпературний критерій оцінки розвитку рослини / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел // Енергетика і автоматика, (3), 122–128.

7. Лисенко В. П. (2015). Оптимізація вирощування томатів в теплиці з використанням функції бажаності Харрінгтона / В. П. Лисенко, В. О. Мірошник, Т. І. Лендел // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 23 (23).

References

1. Development of an automation system for greenhouse seedling production management using radio-frequency-identification and local remote sensing techniques (2014). / I.-Chang Yanga, Kuang-Wen Hsiehb, Chao-Yin Tsaic, Yu-I. Huangb, Yu-Liang Chenc, Suming Chen // Engineering in Agriculture, Environment and Food, 7, 1, February. – P. 52–58.

2. Lozynskyi, A. O. (2004). Elektromekhanichni systemy avtomatyzatsii tekhnolohichnykh ob'ektiv z intelektualnym keruvanniam : avtoref. dys. na здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи / А. О. Лозинський ; Нats. un-t "Lviv. politehnika". Lviv, 41.

3. Belykov, Yu. M. (1984). Avtomatyzatsiya upravleniya mykroklymatom v teplychnykh kombynatakh / Yu. M. Belykov // Tekhnika v selskom khoziaistve. – 1, 26–29.

4. Korobiichuk, I., Lysenko, V., Reshetiuk, V., Lendiel, T., & Kamiński, M. (2016, May). Energy-efficient electrotechnical complex of greenhouses with regard to quality of vegetable production. In International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016 (pp. 243–251). Springer, Cham.

5. Lysenko, V. P., & Lendiel, T. I. (2015). Modeli dlia formuvannia optymalnykh stratehii keruvannia u sporudakh zakrytoho gruntu. Visnyk ahrarnoi nauky, (10), 45–48.

6. Lysenko, V. P., Bolbot, I. M., & Lendiel, T. I. (2013). Fitotemperaturnyi kryterii otsinky rozvytku roslyny. Enerhetyka i avtomatyka, (3), 122–128.

7. Lysenko, V. P., Miroshnyk, V. O., & Lendiel, T. I. (2015). Optymizatsiia vyroshchuvannia tomativ v teplytsi z vykorystanniam funktsii bazhanosti Kharrinhtona. Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh i biznes-protsesiv, 23 (23).

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ТЕПЛИЦЕ С УЧЕТОМ ИХ СОСТОЯНИЯ

**В. Ф. Лысенко,
Т. И. Лендел**

Аннотация. Создан интеллектуальный алгоритм формирования стратегий управления процессом производства овощной продукции в теплице с учетом состояния растений. Приведены структуры базы данных и базы знаний, используемых для его реализации в современных высокотехнологичных теплицах.

Предложенный алгоритм функционирует на основе информации о состоянии растений, параметров атмосферы в теплице, показателей фитосостояния, ценовой политики на рынке о стоимости энергоносителей и продукции, максимизируя прибыль предприятия путем формирования стратегий управления электротехническими комплексами, сопровождающими производство.

Ключевые слова: подсистема, алгоритм, управление процессом, выращивание, теплица, растение

ALGORITHM OF FORMATION OF CONTROL STRATEGIES ON THE PROCESS OF GROWTH OF PLANTS IN THE HEAT WITH THEIR CONSIDERATIONS

**V. Lysenko,
T. Lendiel**

Abstract. An intellectual algorithm for forming strategies for managing the process of production of vegetable products in the greenhouse, taking into account the plant condition, was created. The structures of the data base and the knowledge base used for its implementation in modern high-tech greenhouses are presented.

The proposed algorithm functions on the basis of information about the plant condition, the parameters of the atmosphere in the greenhouse, phytosanitary indicators, the price policy on the market for the cost of energy carriers and manufactured products, maximizing the profit of the enterprise through the formation of management strategies of the electrotechnical systems that accompany the production.

Keywords: subsystem, algorithm, process control, growing, greenhouse, plant