

УДК 631.2 : 658.2

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛИЦІ ЯК
ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ
РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА**

Н. А. Заєць, кандидат технічних наук, доцент

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 аналіз результатів проведення експериментально-статистичних досліджень теплиці як об'єкта керування та аналіз їх результатів. Внаслідок експериментального дослідження технологічного процесу вирощування овочевої продукції у теплицях виокремлено енергетичні потоки (електроенергії та природного газу), що безпосередньо зумовлюють підтримання заданих параметрів мікроклімату. Статистична обробка інформації дозволить довести нормальність розподілу дослідних даних й використовувати експериментальні результати в подальшому для побудови прогностичних нейромережевих моделей.

Ключові слова: *система керування, теплиця, ресурсоефективність, статистичне дослідження, експериментальна модель об'єкта*

Актуальність. Конкурентна боротьба між виробниками тепличної продукції потребує використання передових технологій, зниження собівартості продукції, економії енергоресурсів. Для цього при створенні систем керування слід переходити від автоматизації окремих технологічних процесів до автоматизації та роботизації виробництва в цілому. Окрім того, агропромисловий сектор характеризується наявністю біологічної складової, стани якої визначаються природними збуреннями, що носять випадковий характер. Високі ціни на енергоносії (природний газ, електрична енергія) створюють умови для розроблення спеціальних систем, здатних зменшити, а краще мінімізувати енергетичні витрати. Проте вирішення задачі підвищення ресурсоефективності виробництва неможливе без детального аналітичного й

експериментального дослідження зв'язків між продуктивністю овочів й енергетичними витратами на підтримання необхідних технологічних параметрів. Тому експериментально-статичні дослідження є необхідною складовою при розробленні ресурсоефективних режимів вирощування у теплицях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Обладнання теплиць складається з таких систем: обігріву ґрунту й повітря; зрошення; внесення рідких мінеральних добрив та позакореневих підживлень, подачі вуглекислого газу, вентиляції, зашторювання, систем для функціонування побутових приміщень. Система обігріву теплиці – одна із найважливіших, що забезпечує умови для вирощування рослин (рис. 1), складається зі 132 регістрів, кожний із яких виготовлюється із труб діаметром 50 мм, довжиною 150 м, і при її функціонуванні витрачається найбільша кількість енергії. Так, за результатами вимірювань встановлено, що для весняного періоду добове споживання газу для теплиці № 9 ПАТ «Комбінат «Тепличний» складає 6000 м³. До того ж електротехнічний комплекс такої теплиці протягом доби споживає близько 6000 кВт·год електроенергії. Це величезні обсяги енергії, що в значній мірі визначають собівартість продукції (доля енергетики у собівартості томатів у теплицях становить до 60 %).

Дані про температуру, вологість та інші фактори росту рослин у теплицях передаються датчиками на пульт керування, де зосереджено апаратуру керування автоматикою й контролю за її роботою.

Реалізація системи передбачає використання значної кількості обладнання, керуючу функцію для котрого виконує комп'ютер, до якого підключені контролери (рис.2). 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.

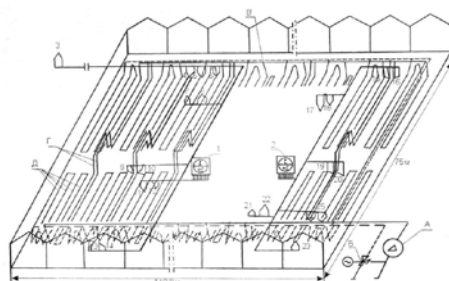


Рис. 1. Схема системи обігрівання блочної теплиці із вимірювальними приладами, що використовувались для дослідження:

А – мережевий насос; Б–В – магістральні трубо-змішувальний вентиль; труби прямої і зворотної води; Г – реєстри повітряного обігріву; Д – реєстри обігріву; 1 і 2 – багато точкові вимірювальні прилади (електронні потенціометри ЗПП-09); 3 – 25 давачі.

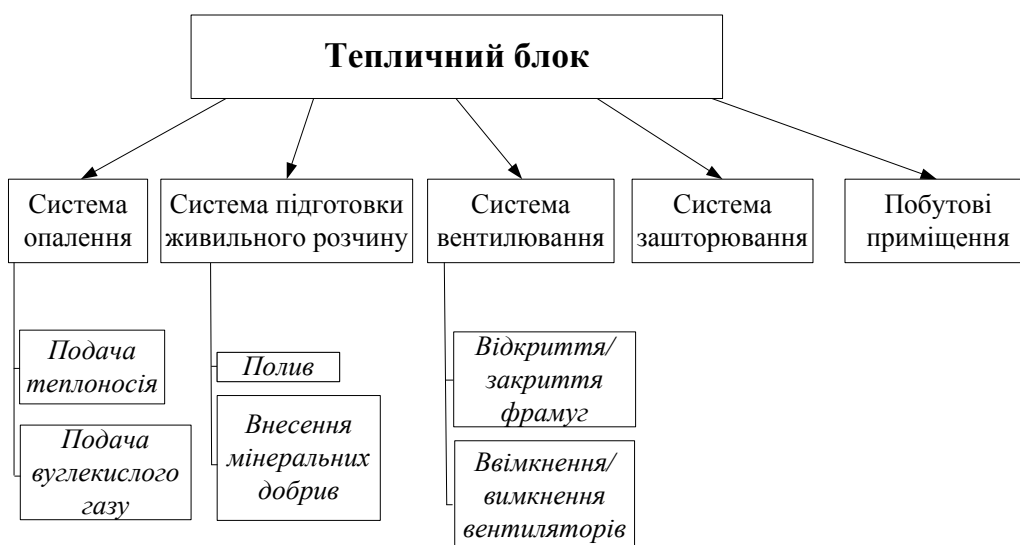


Рис. 2. Структура технологічного процесу вирощування у теплиці

Мета дослідження – підвищення ресурсоефективності роботи електротехнологічного обладнання у теплицях за рахунок попереднього експериментально-статистичного дослідження об'єкта керування.

Матеріали і методи дослідження. Опис технологічних об'єктів, процесів або технологічних систем може бути представлений у вигляді математичних рівнянь, таблиць і графіків, котрі відображають зв'язок між вхідними, вихідними параметрами і параметрами керування моделі об'єкта.

Температура повітря в розглянутій теплиці регулюється за рахунок зміни подачі гарячої води в опалювальну систему теплиці. У цьому випадку теплиця як об'єкт регулювання температури в якості регулюючого органу буде мати кран в магістралі подачі гарячої води від водогрійного котла до калорифера. При постійній температурі гарячої води, забезпечуваної САК водогрійного котла, відкриття крана призводить до збільшення руху гарячої води через опалювальну систему і збільшення кількості тепла, яке підводиться до теплиці і навпаки. Керуюча дія формується регулятором температури в виді повороту заслінки крана на кут α .

Основними збурюючими діями на об'єкт регулювання, які викликають зміну температури повітря в теплиці при постійному значенні керуючого впливу є атмосферні умови (температура, вологість, вітер, тощо).

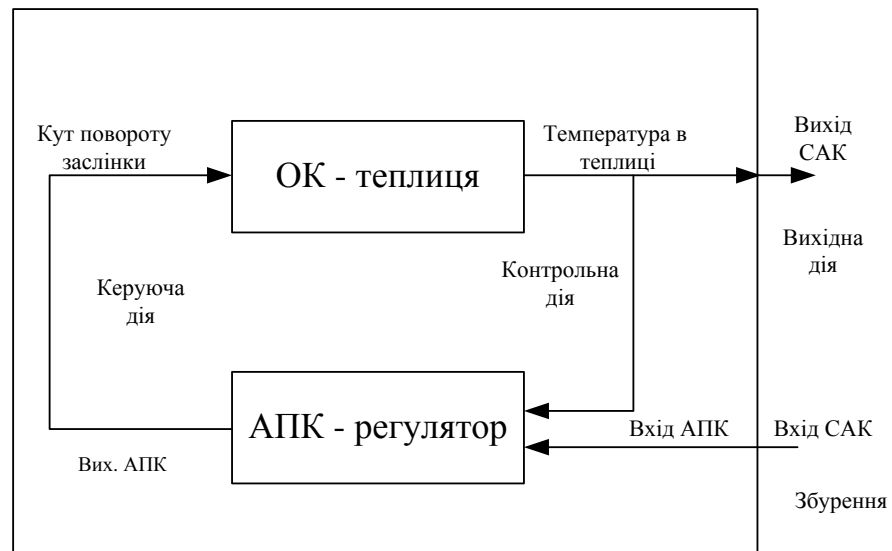


Рис. 3. Схема системи автоматичного керування

Керованою величиною цього об'єкта керування є температура повітря всередині теплиці.

Система повністю складається з елементарних технічних ланок і призначена для підтримання заданого технологічного процесу (рис.3). На систему в цілому і на її елементи впливають зовнішні фактори (збурення).

Результати досліджень та їх обговорення. Метод експериментальних досліджень для отримання модельних характеристик об'єкта передбачає наявність ймовірних залежностей між вхідними та вихідними параметрами об'єкта. Дослідження енергоємності об'єкта автоматизації, а саме витрат електроенергії та природного газу залежно від умов навколишнього середовища проведено на прикладі цеху № 9 за 2016 р.

Використання табличних даних передбачає необхідність вивчення деяких матеріалів статистики. Метод експериментально-аналітичних досліджень отримання статистичних моделей базується на використанні структури аналітичних моделей та визначенні коефіцієнтів таких моделей експериментальним шляхом. При проведенні експерименту залежність між вхідними і вихідними параметрами отримується у вигляді табличних даних і для визначення значень, які не належать до вузлів таблиці, необхідно використовувати методи теорії ймовірності і математичної статистики.

Використання програмного додатку StatSoft Statistica дає змогу проаналізувати отримані табличні дані, визначити частоти їх розподілу, кореляцію, отримати гістограми розподілу дослідних даних, тощо.

На першому етапі дослідження проводимо апроксимацію табличних даних в середовищі StatSoft Statistica за методом найменших квадратів (рис.4, 5).

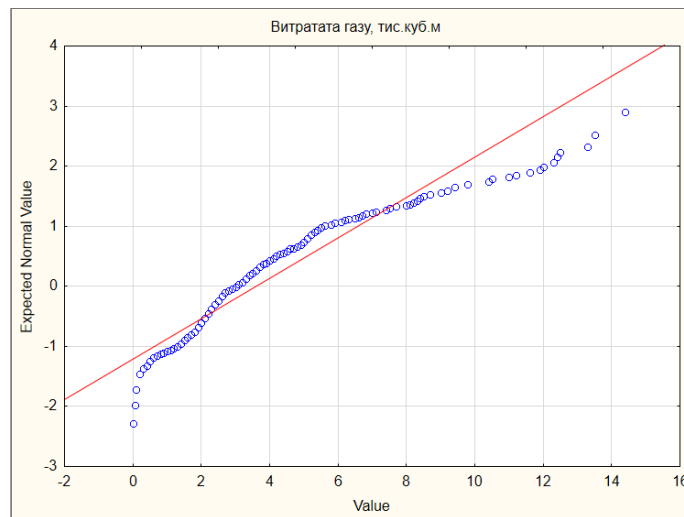


Рис.4. Графічне зображення апроксимації даних про витрату природного газу

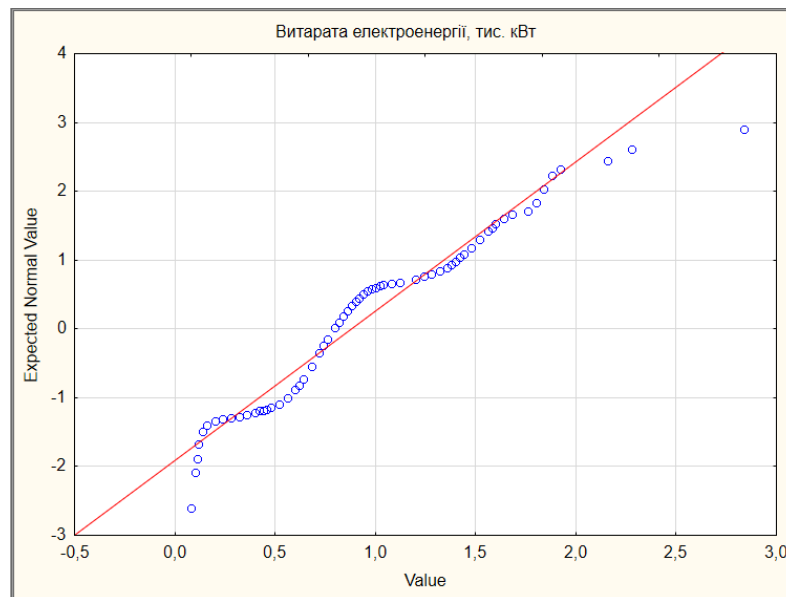


Рис.5. Графічне зображення апроксимації даних про витрату електроенергії

Для визначення характеру розподілу вхідних змінних визначимо частоту коливання їх значень (рис.6). Частота коливання – це абсолютні числа, які показують стільки раз в сукупності зустрічається дане вхідне значення параметру, де Valid – кількість випробувань; Mean – середнє значень вибірки; St. Dev. – стандартне відхилення, яке визначається як корінь квадратний із

дисперсії, і показує на скільки в середньому відхиляються індивідуальні значення досліджуваної величини від їх середнього значення.

Таблица частот: Var1 (stat_analiz.sta)						
K-S d=.02257, p<.01 ;Лиллиефорса p<.01						
Группа	Частота	Кумул. частота	Процент допуст.	Кумул. % допуст.	% всех наблюд.	Кумул. % от всех
-50,0000<x<=0,000000	0	0	0,00000	0,0000	0,00000	0,0000
0,000000<x<=50,00000	636	636	1,93897	1,9390	1,93891	1,9389
50,00000<x<=100,0000	13031	13667	39,72745	41,6664	39,72624	41,6651
100,0000<x<=150,0000	17202	30869	52,44352	94,1099	52,44192	94,1071
150,0000<x<=200,0000	1878	32747	5,72544	99,8354	5,72526	99,8323
200,0000<x<=250,0000	13	32760	0,03963	99,8750	0,03963	99,8720
250,0000<x<=300,0000	41	32801	0,12500	100,0000	0,12499	99,9970
Пропущ.	1	32802	0,00305		0,00305	100,0000

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet16)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Витрата електроенергії, тис. кВт	365	0,878493	0,0800	2,84000	0,443796
Витратата газу, тис.куб.м	365	3,610000	0,0000	14,40000	2,783007
Температура зовнішня	365	7,975726	-18,5000	23,40000	9,092149

Рис. 6. Розподіл дослідних даних в межах вибірки

Для перевірки нормальності розподілу застосовуємо візуальні методи. На основі даних таблиць будуємо криву розподілу даних (рис.7, 8), що показує форму кривої даних навколо середньоарифметичного значення.

Гістограма показує, що більшість даних знаходиться біля середнього значення – 3,6.

Згідно рис. 8 більшість даних знаходиться біля значення 0,9.

Криві в обох випадках є симетричними і мають форму дзвона та називаються кривими нормального розподілу даних або густини нормального розподілу.

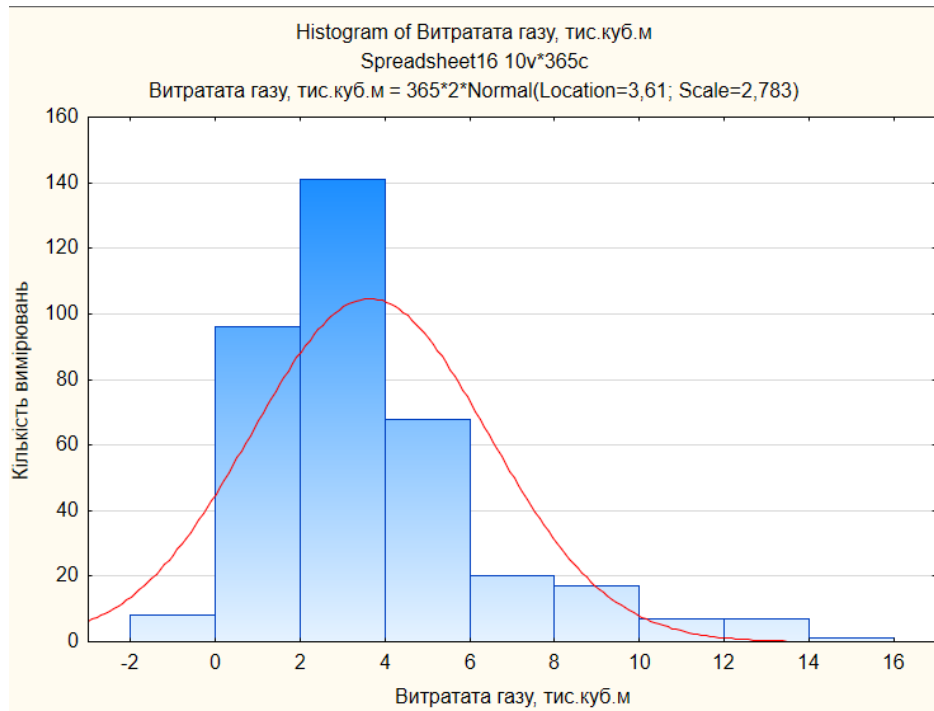


Рис. 7. Гістограма розподілу витрати газу

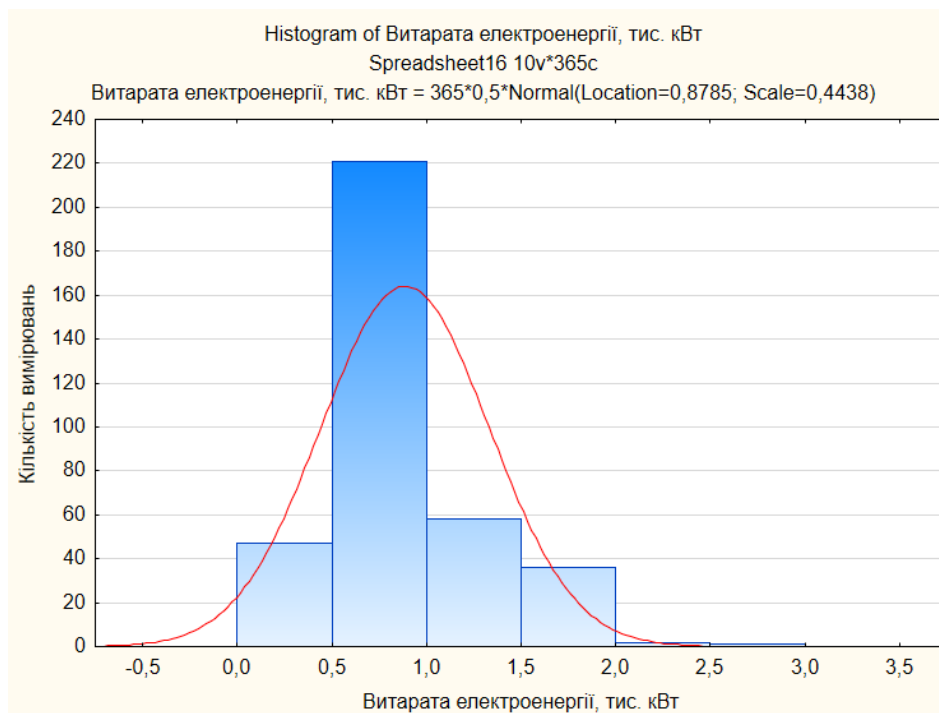


Рис.8. Гістограма розподілу витрати електроенергії

Будуємо графік щільності тримірного нормального розподілу витрати електроенергії та газу при даних температурах зовнішнього середовища та його перетин площиною, паралельній осям ХОУ (рис.9).

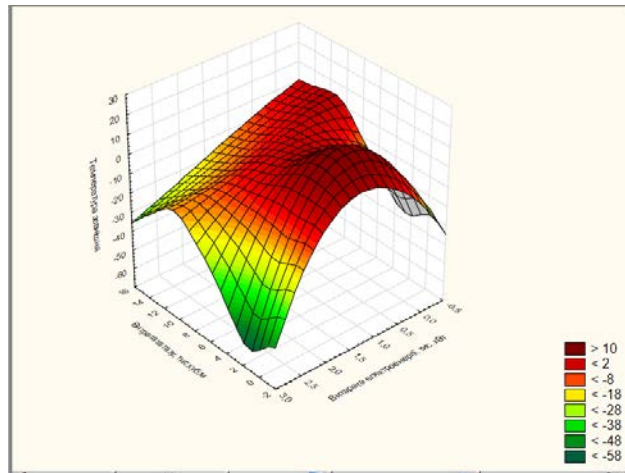


Рис. 9. Тривимірний нормальний розподіл табличних даних

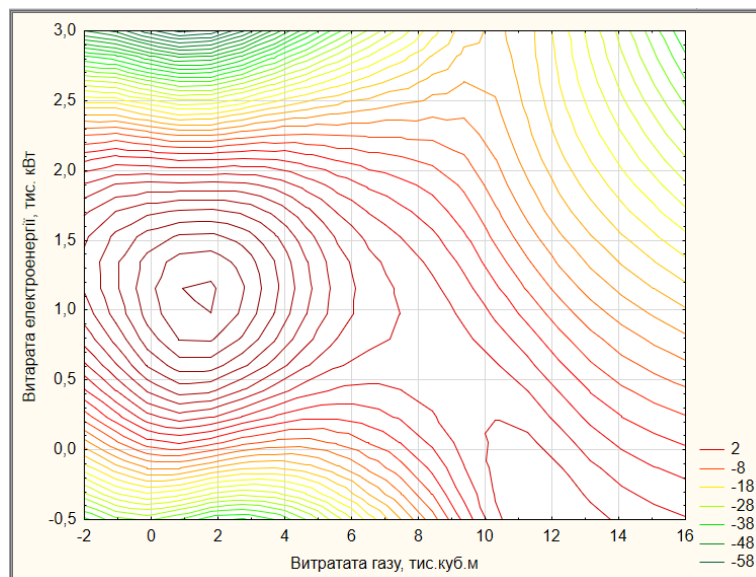


Рис.10. Зображення перетину тривимірного нормального розподілу

Ключовим поняттям, яке описує зв'язок між змінними, є кореляція, тобто залежність між змінними. Кореляція дає змогу визначити математичну залежність між параметрами моделі за дослідними даними, оцінити їх тісноту зв'язку завдяки коефіцієнту кореляції (рис.11).

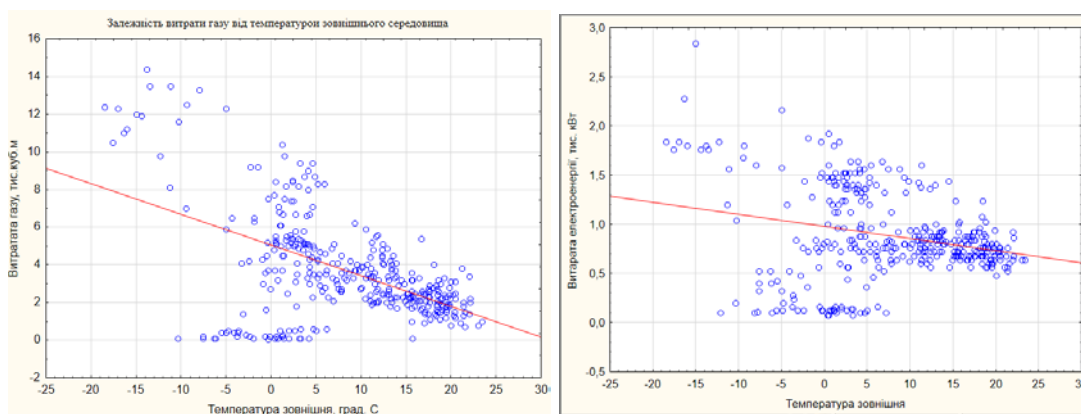


Рис. 11. Графічне зображення кореляційного зв'язку між витратою газу й електроенергії та температурою зовнішнього середовища

Як впливає з рис. 11, спостерігається від'ємна кореляція, величини є середньо корельованими, тобто спостерігається залежність витрати енергоресурсів від температури зовнішнього середовища, але існує ряд винятків, за технологічними вимогами.

Для візуальної оцінки міри центральної тенденції використаємо діаграму розмаху (рис. 12). У центрі прямокутника знаходиться медіана, верхня лінія відповідає максимальному значенню, а нижня – мінімальному. Верхня і нижня сторони прямокутника відповідають кватрилям.

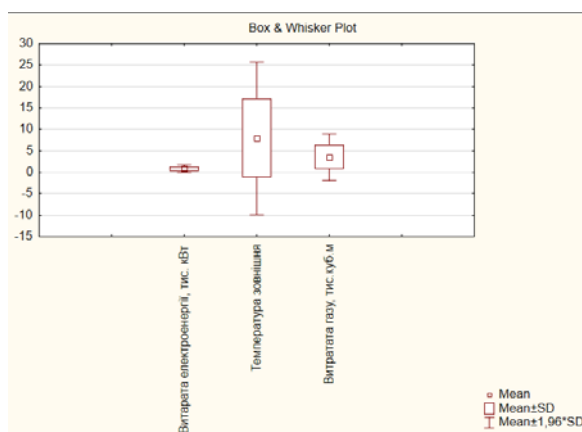


Рис. 12. Кватильний розподіл вибірки дослідних даних

На рис. 12 зображені ящики-вуса: в центрі розташована медіана, верхній вус відповідає максимальному значенню, нижній – мінімальному.

Висновки і перспективи. Отже, всі вхідні параметри, що описують параметри мікроклімату в теплиці й зовнішні збурення, розподілені за нормальним законом. Нормальний розподіл у нашому випадку важливий тим, що замість вибірки великого об'єму набору даних на вхід нейронної мережі прогнозування збурень й якості продукції можна подати деякі статистичні характеристики отриманої адитивної моделі, що повністю опишуть характер аналізованого зображення.

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. Lysenko V. Greenhouse Environment Control System With Neural Network Predictions of External Disturbances / V. Lysenko, V. Reshetyuk, V. Shtepa, A. Dudnyk // Contemporary aspects of production engineering : XXII International students scientific conference, 22–25 May 2013 : abstract. – Warsaw, 2013. – P. 40–52.
3. 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.
4. Системи інтелектуального управління опаленням об'єктів з обробкою даних від модулів датчиків реєстрації температури / П. Г. Охріменко, Н. А. Заєць, С. А. Шворов, В. М. Штепа // Системи обробки інформації: збірник наукових праць / редакційна колегія: Ю.В. Стасєв [та ін.]. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – Вип. 6 (122). – С. 63–67.

References

1. Lysenko, V. P. (2011). Neiromerzheve prognovuvannya chasovih riadiv temperaturi navkolishniogo prirodnogo seredovishcha [Neural network forecasting of time series of external temperature]. Bioresursy i pryrodokorystuvannya, 3-4, 102-108.
2. Lysenko, V., Reshetyuk, V., Shtepa, V., Dudnyk, A. (2013). Greenhouse Environment Control System With Neural Network Predictions of External Disturbances. Contemporary aspects of production engineering : XXII International students scientific conference, 22–25 May 2013 : abstract. – Warsaw, 40–52.
3. 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.

4. Okhrimenko, P. H., Zaets, N.A., Shvorov, S. A., Shtepa, V. M. (2014). Sistemi intelektualnogo upravlinnia opalenniam ob'ektiv z obrobkoiu danih vid moduliv datchikov reestracii temperaturi [Systems of intellectual control of heating of objects with data processing from modules of temperature sensors]. Sistemi obrobki informacii: zbirnik naukovih prats. Kharkiv: Kharkov Air Force University named after Ivan Kozhedub, 6 (122), 63–67.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛИЦЫ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Н. А. Заец, А. А. Дудник, И. Ю. Якименко

Аннотация. *Целью статьи является анализ результатов проведения экспериментально-статистических исследований теплицы как объекта управления и анализ их результатов. Вследствие экспериментального исследования технологического процесса выращивания овощной продукции в теплицах выделены энергетические потоки (электроэнергии и природного газа), которые непосредственно обуславливают поддержания заданных параметров микроклимата. Статистическая обработка информации позволит довести нормальность распределения исследовательских данных и использовать экспериментальные результаты в дальнейшем для построения прогностических нейросетевых моделей.*

Ключевые слова: *система управления, теплица, ресурсоэффективность, статистическое исследование, экспериментальная модель объекта*

EXPERIMENTAL AND STATISTICAL INVESTIGATION OF GREENHOUSE WITH THE AIM OF IMPROVING THE RESOURCE EFFICIENCY OF PRODUCTION

N. Zaets, A. Dudnyk, I. Yakymenko

Abstract. *The purpose of the article is to analyze the results of experimental and statistical studies of greenhouses as an object of management and analysis of their results. As a result of the experimental study of the technological process of growing vegetables in greenhouses, energy flows (electricity and natural gas) are isolated, which directly determine the maintenance of the specified microclimate parameters. Statistical processing of information will allow us to prove the normality of the distribution of experimental data and to use experimental results in the future for the construction of prognostic neural network models.*

Key words: *control system, greenhouse, resource efficiency, statistical research, experimental model of the object*