

## **ВІДГУК**

офіційного опонента дисертаційну роботу

**Болбота Ігора Михайловича**

### **«АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ З МОНІТОРИНГОМ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ»,**

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування»

#### ***1. Актуальність теми дисертаційного дослідження***

Тепличні комплекси впродовж календарного року постачають значну частку рослинної продукції на ринок продовольства України. Конкурентоздатність цієї продукції пов'язана з необхідністю пошуку балансу між витратами ресурсів на виробництво та її якістю. Дисертаційну роботу присвячено вирішенню важливої і актуальної науково-прикладної проблеми, а саме розроблення наукових основ створення енергоефективної системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах – тепличних комплексах, що функціонують в умовах невизначеності з моніторингом стану рослин та якості рослинної продукції. Напрямки дисертаційного дослідження Болбота І. М., а саме формалізація завдань керування складними організаційно-технічними об'єктами та комплексами, розроблення критеріїв оцінювання якості їхнього функціонування, моделювання об'єктів та систем керування, інформаційне та програмне забезпечення автоматизованих систем керування організаційно-технічними об'єктами та комплексами, системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні організаційно-технічними об'єктами і комплексами різного призначення відповідають паспорту спеціальності 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».

#### ***2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.***

Дисертаційна робота є частиною держбюджетних науково-дослідних робіт, що проводились у Національному університеті біоресурсів і

природокористування України відповідно до наукових тематик: «Математичне моделювання в агротехнологіях» (номер державної реєстрації 0101U000664); «Розробка робототехнічних систем для біотехнічних об'єктів» (номер державної реєстрації 0112U007168, 2012–2016 рр.); «Розробка інтелектуального роботизованого електротехнічного комплексу для моніторингу фітостану та повітря в спорудах закритого ґрунту» (номер державної реєстрації 0116U001589, 2016–2017 рр.); «Розроблення технології діагностики якості функціонування сільськогосподарських споживачів електричної енергії на основі використання ІР-технологій» (номер державної реєстрації 00493706 № 0119U100829, 2019–2020 рр.).

### ***3. Обґрунтованість наукових положень, викладених у дисертаційній роботі, ступінь їх новизни***

Проведений аналіз змісту дисертаційного дослідження Болбота І.М. дозволяє відзначити, що внаслідок проведення теоретичних та експериментальних досліджень здобувачем виконано усі поставлені завдання дослідження, а саме:

- проаналізовано сучасні системи автоматизації, що супроводжують технологію виробництва рослинної продукції в тепличних комплексах;
- досліджено особливості біотехнічного об'єкта – промислової теплиці, для вдосконалення математичної моделі впливу основних факторів життєзабезпечення рослин на їх стани;
- досліджено режими функціонування систем автоматизації процесів керування енергетичними потоками в промисловій теплиці та розробити нові критерії, враховуючи при цьому просторове розподілення фітокліматичних умов виробництва та якість рослинної продукції;
- обґрунтовано концепцію побудови системи автоматизації процесів енергоефективного керування енергетичними потоками під час виробництва рослинної продукції заданої якості в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах – промислових комбінатах;

- розроблено мобільний робот для моніторингу та оцінки станів рослин, якості рослинної продукції та параметрів атмосфери в просторі промислової теплиці;

- розроблено моделі та методи побудови енергоефективних систем автоматизації процесів керування енергетичними потоками під час виробництва рослинної продукції в просторово-розподіленому об'єкті – промисловій теплиці, що забезпечує задану якість рослинної продукції;

- реалізовано і проведено дослідно-промислові випробування енергоефективної системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками під час виробництва рослинної продукції в просторово-розподіленому об'єкті – промисловій теплиці, що забезпечує задану якість рослинної продукції.

#### ***4. Повнота висновків, сформульованих в дисертації.***

Висновки, що сформульовані автором дисертаційного дослідження, є науково обґрунтованими та базуються на детальному вивченні об'єкта керування, його особливостей, ретельному аналізі літературних даних, технологічному досвіді фахівців стосовно сучасних методів та засобів удосконалення біотехнічних процесів виробництва рослинної продукції в тепличних комплексах, результатах теоретичних та експериментальних досліджень самого автора.

#### ***5. Практична значущість роботи.***

Здобувачем Болботом І.М. розроблено енергоефективну систему автоматизації процесів керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах – тепличних комплексах, що функціонують в умовах невизначеності з моніторингом стану рослин та якості рослинної продукції та методологію її побудови з використанням системного аналізу, імітаційного і математичного моделювання, нейронних мереж, положення теорії автоматичного керування, експериментальних методів дослідження. Експериментальна перевірка теоретичних положень проводилася у виробничих

умовах і показала високу збіжність результатів. Система пройшла випробування в ПрАТ «Комбінат «Тепличний», що засвідчується відповідними документами. Її переваги над існуючими системами, що функціонують за принципом стабілізації технологічних параметрів вирощування, полягають у підвищенні виробництва якісної продукції в межах максимального свого значення за умов мінімізації енергетичних витрат як складової собівартості продукції.

#### ***6. Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.***

Дисертаційна робота Болбота І.М. викладена на 403 сторінках, містить п'ять розділів, висновки, списку використаних джерел з 295 найменувань і 19 додатків.

У першому розділі **«Сучасні технології виробництва рослинної продукції та системи автоматизації технологічних процесів у промислових теплицях»** показано сучасні напрямки дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених, проаналізовано особливості технології виробництва рослинної продукції в промислових теплицях, проведено аналіз функціонування існуючих систем керування технологічним процесом виробництва рослинної продукції в промислових теплицях, обґрунтовано потребу створення системи керування тепличними комплексами з моніторингом якості продукції

Другий розділ дисертації **«Математичні моделі біотехнічних об'єктів з просторово-розподіленими параметрами»** присвячено побудові математичних моделей, котрі відображають вплив основних факторів життєзабезпечення на основні показники розвитку рослин в біотехнічному об'єкті та призначені для якісного й кількісного опису росту і розвитку рослин, що перебувають у найтіснішій взаємодії з динамікою параметрів навколишнього середовища в промисловій теплиці, визначенню основних факторів життєзабезпечення рослини та їх оптимізації за допомогою генетичних алгоритмів, аналізу температурних станів повітря та рослин у теплиці, розробці адаптивного алгоритму уточнення параметрів математичної моделі, використанню вейвлет-перетворення для оцінки якості рослинної



продукції, використанню рівняння Нав'є-Стокса для розробки просторово-розподіленої математичної моделі промислової теплиці.

У третьому розділі дисертації **«Концепція побудови системи енергоефективного керування енергетичними потоками тепличних комплексів»** приведено структуру системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах – тепличних комплексах, фітометричний та фітотемпературний критерії, їх поєднаний зв'язок з енергоефективністю, що створило основу для розроблення концепції енергоефективної системи керування енергетичними потоками тепличних комплексів, проведено оцінку просторово-розподілених параметрів фітокліматичним показником життєзабезпечення рослин, для розроблення концепції функціонування системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками та моделювання використано математичний апарат нейронних мереж, розроблено архітектуру системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками тепличних комплексів із застосуванням нейромережевого аналізу та робототехнічного комплексу

У четвертому розділі дисертації **«Розроблення мобільного робота моніторингу фітостану та стану атмосфери в просторі промислової теплиці»** представлено матеріали щодо структури мобільного робота, його технічної реалізації, призначення, енергоефективних алгоритмів його переміщення. За результатами параметричного синтезу та методології оптимального проектування і використання мобільних роботів розроблено раціональний варіант структури мобільного робота, створена математична модель руху мобільного робота фітомоніторингу з врахуванням просторово-розподілених параметрів об'єкта, використано метод імовірнісних автоматів і стимулюючого навчання, розроблено систему і алгоритм керування інтелектуальним мобільним роботом для моніторингу фітостану та стану атмосфери в спорудах закритого ґрунту.

У п'ятому розділі **«Реалізація та промислове випробування системи автоматичного керування енергетичними потоками промислової теплиці»** приведено структуру автоматичної системи керування енергоефективними

потоками, основний алгоритм її функціонування, розроблено до вимог ергономіки інтерфейс користувача SCADA-систем та економічне обґрунтування її використання, викладено основні положення методу ексергоекономічної оптимізації структури енергетичної системи керування енергетичними потоками.

Робота є чітко структурованою у відповідності із завданням досліджень, завершеною. За результатами роботи Болбота І.М. опубліковано 57 друкованих праць, у яких викладено основний зміст виконаних досліджень, із них 1 монографія, 24 статті у наукових фахових виданнях України, 10 статей у міжнародних та наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 9 патентів України та 13 тез наукових доповідей. Основні положення роботи доповідалися на багатьох наукових міжнародних конференціях.

#### ***7. Ідентичність змісту автореферату та дисертаційної роботи.***

Побудова автореферату, його зміст, висновки, результати досліджень, аналіз літератури відображають дисертаційну роботу.

#### ***8. Зауваження по дисертації.***

1. У роботі вказується, що на якість розвитку рослин впливають багато факторів, зокрема вологість повітря та ґрунту, температура ґрунту, рівень рН та інше. Однак математичні моделі, представлені у п.2.2. враховують вплив тільки температури повітря та інтенсивність сонячної радіації. Крім того, не вказано для якого виду продукції і якого сорту отримані дані рівняння.
2. Робота містить зайву, добре відому інформацію (п. 2.1, 2.3, 2.8, 3.5, 4.3).
3. Судячи з рис 2.17 викликає сумніви адекватність математичної моделі (2.46).
4. На стор. 119 в абзаці, який передує формулі (2.46) є посилання на рівняння, представлене на рис. 2.17. Мабуть, це твердження помилкове, і мова йде про рівняння (1.46). Але тоді не зрозуміло, яким рівнянням

- описується залежність температури стебла від його діаметра – (2.46) чи (2.47)?
5. Моделі залежності основних показників якості розвитку рослин від факторів життєзабезпечення за формулами (2.4÷2.7) не співпадають з формулами (3.3÷3.6).
  6. Яким чином у формулі (3.2) визначаються вагові коефіцієнти? Як обґрунтовуються їх чисельні значення?
  7. Не зрозуміло, чому у формулі (3.11) враховуються тільки температури і не враховуються інші фактори, наприклад, вологість.
  8. У п.4.5 дисертації розв'язується задача мінімізації витрат енергії мобільним роботом. Видається сумнівною доцільність розв'язання цієї задачі з урахуванням загальних експлуатаційних витрат теплиці.

9. У п.5.3.1 вказується, що «...економічний прибуток визначається із використанням методу лінійного програмування», хоча насправді, як у подальшому зазначає автор, методом лінійного програмування визначається «...площа теплиці, для якої економічно доцільно використовувати МРФ».

### ***9. Загальний висновок щодо дисертації.***

Незважаючи на наведені зауваження дисертаційна робота «Автоматизація процесів курування тепличними комплексами з моніторингом якості продукції» є завершеною науковою працею, яка розв'язує актуальну науково-прикладну проблему підвищення техніко-економічної ефективності тепличних комплексів шляхом розроблення наукових основ створення енергоефективної системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками в простороворозподілених біотехнічних об'єктах, що функціонують в умовах невизначеності, з моніторингом стану рослин та якості рослинної продукції.

Дана дисертація відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами та доповненнями), а її автор – Болбот Ігор Михайлович заслуговує присудження наукового ступеня доктора

технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».

**Офіційний опонент:**

**Завідувач кафедри технічних та програмних засобів автоматизації  
Національного технічного університету  
України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»,  
доктор технічних наук, професор**

