

ВІДГУК
офіційного опонента
Осадчого Сергія Івановича
на дисертацію
Болбота Ігора Михайловича
**«АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЧНИМИ
КОМПЛЕКСАМИ З МОНІТОРИНГОМ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ»**
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування»

Актуальність теми. Останнім часом спостерігається суттєве зростання конкуренції на ринку рослинної продукції України. Одним з основних джерел вітчизняної овочевої продукції є тепличні комплекси, рівень ефективності виробництва яких визначає собівартість продукції та її конкурентоспроможність.

Основні обмеження ефективності вирощування рослинної продукції в тепличних комплексах виникають внаслідок дії декількох чинників. До їх складу належать невизначеності, які є наслідком впливу природних випадкових збурень, неповноти інформації про стани рослин, параметрів середовища навколо них та якості рослинної продукції, обмеженої інформації про взаємозв'язки між споживанням енергетичних ресурсів та станами рослин у фітокліматичних умовах їх розвитку, відсутності загальних технічних принципів побудови систем автоматизації керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах – тепличних комплексах

З огляду на це вважаю, що дисертація Болбота І.М., спрямована на розроблення наукових основ створення енергоефективної системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками в тепличних комплексах, що функціонують в умовах невизначеності з моніторингом стану рослин та якості рослинної продукції, є **актуальною науково-дослідною роботою.**

Дисертація Болбота І.М. пов'язана з виконанням наукових досліджень у відповідності до планів Міністерства освіти і науки України за темами: «Математичне моделювання в агротехнологіях»; «Розробка робототехнічних систем для біотехнічних об'єктів»; «Розробка інтелектуального роботизованого електротехнічного комплексу для моніторингу фітостану та повітря в спорудах закритого ґрунту»; «Розроблення технології діагностики якості функціонування сільськогосподарських споживачів електричної енергії на основі використання ІР-технологій», де автор брав участь у якості виконавця.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна.

Викладені в дисертації наукові положення, теоретичні та практичні результати мають належну ступінь обґрунтованості. Їх достовірність не викликає сумніву та підтверджена коректним використанням положень теорії автоматичного керування, математичної статистики, імітаційного і математичного моделювання, теорії системного аналізу, а також збігом виконаних автором дисертації теоретичних та експериментальних досліджень.

Наукова новизна результатів дослідження. До найбільш суттєвих нових наукових результатів, коректно отриманих в дисертації, слід віднести наступні: новий метод формування енергоефективних стратегій керування енергетичними потоками у промислових теплицях, які мінімізують енергетичні витрати на забезпечення технології вирощування в умовах дії зовнішніх природних збурень, неповної інформації про стани рослин та просторової розподіленості кліматичних умов; новий критерій ефективного використання енергетичних ресурсів, суть якого полягає у мінімізації різниці між відносними показниками фітокліматичного життєзабезпечення та фіторозвитку рослин, що зменшить енергетичні витрати, забезпечуючи задану якість рослин та продукції; вперше здійснене поєднання фітометричного та фітотемпературного критеріїв оцінки станів розвитку рослин та рослинної продукції в системі автоматизації процесів керування енергетичними потоками під час виробництва рослинної продукції для забезпечення заданої якості рослин та продукції з урахуванням фаз розвитку рослин; вперше на основі використання рівняння Нав'є-Стокса розроблено просторово-розподілену математичну модель промислової теплиці, що дає можливість оцінювати значення температури як основного технологічного параметра в просторі теплиці та використовувати ці результати для формування оптимального маршруту переміщення мобільного робота фіто моніторингу; новий метод безконтактного визначення фітометричних параметрів рослин на основі велет-перетворень; вдосконалена модель динаміки мобільного робота з приводом від двигунів постійного струму; вдосконалений метод просторового орієнтування мобільного робота за рахунок використання теорії ймовірнісних автоматів та стимулюючого навчання.

Важливість результатів дисертаційної роботи для науки і практики.

Обґрунтовані методи та моделі автоматизації процесів керування тепличними комплексами з моніторингом якості продукції забезпечують можливість отримання якісно нових проектних рішень з автоматизації процесу стабілізації багатовимірною рухомого динамічного об'єкту з нелінійними перехресними зв'язками в умовах дії збурень та завад, дозволяють здійснювати керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах, підвищують ефективність застосування таких об'єктів в умовах невизначеності.

Практична значущість роботи має декілька аспектів. По-перше за результатами параметричного синтезу та впровадження методології оптимального проектування і використання мобільних роботів розроблено раціональний варіант структури мобільного робота, який здійснює моніторинг фітостану та стану атмосфери, аналізує фітокліматичні дані й формує на цій основі рішення щодо оптимізації маршруту переміщення, планування

послідовності дій, розпізнавання образів та перешкод, що забезпечує виконання поставлених завдань за мінімальних вартісних і часових витрат.

По-друге обґрунтовано та сформульовано нову концепцію побудови системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками, що функціонує на основі використання результатів фітомоніторингу, які надходять від мобільного робота, та нейромережного аналізу.

Результати дисертаційної роботи Болбота І. М. впроваджено у ПрАТ «Комбінат «Тепличний», що засвідчується відповідними документами та використовуються під час підготовки фахівців зі спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Підготовлено рекомендації щодо розробки та використання мобільного робота в спорудах закритого ґрунту, які розглянуті та затверджені на технічній раді Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Повнота викладення основних результатів та висновків в опублікованих працях. Основні наукові результати дисертації достатньо повно висвітлені у 57 опублікованих роботах, у тому числі одній монографії, 24 статтях у наукових фахових виданнях, 10 у міжнародних та наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 9 патентах України та 13 матеріалах доповідей у збірниках наукових праць конференцій. Загальний обсяг друкованих праць за темою дисертації та повнота викладення в них наукових положень дисертації цілком відповідають вимогам, що ставляться МОН України.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.

Дисертаційна робота Болбота І.М. є завершеною, загальний обсяг складає 403 сторінки, та містить анотації українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел з 295 найменувань і 19 додатків. Отже, структура дисертаційної роботи Болбота І.М. відповідає основним вимогам та містить необхідні розділи.

У **вступі** переконливо обґрунтовано актуальність дисертації, детально на професійному рівні сформульовані мета та задачі роботи. Визначені її практична та наукова цінність, а також представлені відомості про апробацію матеріалів дисертації у фахових журналах та на наукових конференціях.

У першому розділі **«Сучасні технології виробництва рослинної продукції та системи автоматизації технологічних процесів у промислових теплицях»** проаналізовано особливості технології виробництва рослинної продукції в промислових теплицях, проведено аналіз функціонування існуючих систем керування технологічним процесом виробництва рослинної продукції в промислових теплицях.

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. Розроблено просторово-розподілену математичну модель промислової теплиці, розроблено на основі

математичного апарату вейвлет-перетворень метод безконтактного визначення фітометричних параметрів рослин, встановлено на основі використання генетичного алгоритму оптимальну кількість основних факторів життєзабезпечення рослин.

У третьому розділі дисертації **«Концепція побудови системи енергоефективного керування енергетичними потоками тепличних комплексів»** наведено 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, розроблено архітектуру системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками тепличних комплексів із застосуванням нейромережного аналізу та робототехнічного комплексу. Розроблено інтелектуальний метод формування енергоефективних стратегій керування енергетичними потоками в біотехнічних об'єктах – промислових теплицях, котрий відрізняється використанням нового критерію енергоефективності та нейромережного аналізу.

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.

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 інтерфейс користувача SCADA-систем та економічне обґрунтування її використання, викладено основні положення методу оптимізації структури енергетичної системи.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації. Ознайомлення з текстом автореферату дисертації дає підстави стверджувати, що він повністю відображає зміст, основні положення, результати і висновки дисертації.

Дискусійні положення та зауваження

Позитивно оцінюючи здобутки дисертанта, вважаю за необхідне зазначити наступні дискусійні положення та зауваження до поданої дисертації:

1. Оскільки в дисертації розглядається модель динаміки руху чотирьохколісного робота, то твердження автора про те, що така модель визначена вперше не витримує критики. Адже сьогодні відомі декілька моделей

динаміки таких пристроїв з урахуванням неголономних зв'язків, які, наприклад, представлені у роботах таких відомих українських вчених, як професори В.Б. Ларін та А.А. Тунік.

2. Підрозділ 1.2 має назву «Аналіз функціонування існуючих систем керування технологічним процесом виробництва рослинної продукції в промислових теплицях», але в цьому розділі відсутня постановка задачі аналізу, тому ускладнюється оцінка відповідності результатів аналізу проблемі розробки наукових основ створення системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах.

3. Незрозуміла наявність опису роботів для збирання врожаю перцю та огірків у дисертації, мета якої розроблення наукових основ створення системи автоматизації процесів керування енергетичними потоками в просторово-розподілених біотехнічних об'єктах.

4. Було б доцільно визначити загальну методика досліджень та описати її наприкінці першого розділу. В такому разі було б більш яскраво видно зв'язок між окремими задачами, загальною проблемою та метою дисертації.

5. Чому початкову температуру при моделюванні обрано такою, що дорівнює 10 градусів?

6. Було б доцільно здійснити опис рисунків 2.28, 2.29, на яких представлено розподіл температурного поля при відчинених та зачинених фрамугах, та визначити вплив такого поля на спосіб розв'язання поставленої проблеми.

7. Було б доцільно представити у явному вигляді функцію (3.1) та показати зв'язок фітометричного критерію Фм з показниками якості розвитку рослини в різних фазах. Це дозволило б оцінити коректність виразу (3.7).

8. У підрозділі 4.1 було б доцільно здійснити постановку задачі структурно-параметричного синтезу раціонального варіанта побудови мобільного робота. Це спростило б оцінку результатів, отриманих в цій частині дисертації. Наприклад, оцінити достатність опису роботи технічної системи двома параметрами та достатність оцінки якості цієї системи двома показниками.

Слід зазначити, що відмічені зауваження не ставлять під сумнів отримані наукові результати та не впливають на позитивну оцінку дисертації.

Висновок

Дисертація Болбота Ігора Михайловича є завершеною, логічно обґрунтованою науково-технічною роботою, що містить новий розв'язок актуальної науково-прикладної проблеми 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. Достовірність основних наукових положень і прикладних результатів роботи підтверджена результатами моделюванням, теоретично та документально.

Вважаю, що дисертація «Автоматизація процесів керування тепличними комплексами з моніторингом якості продукції» відповідає паспорту спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування (п.1, 3) та вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 (зі змінами) до докторських дисертацій, 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 автоматизації
виробничих процесів,
Центральноукраїнського національного
технічного університету,
доктор технічних наук, професор

 С. І. Осадчий

Підпис доктора технічних наук, професора Осадчого Сергія Івановича
засвідчую

Секретар Вченої ради
Центральноукраїнського національного
технічного університету
кандидат технічних наук, професор



Каліч В.М.