

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора **Волкова Віктора Едуардовича**

на дисертаційну роботу

**Чернової Ірини Степанівни**

### **«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ЕНТОМОФАГІВ»,**

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування»

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

Сучасний етап розвитку біотехнологій, зокрема, виробництво ентомофагів гарантованої якості для біологічного захисту рослин потребує використання технічних систем керування на базі комп'ютерно-інтегрованих інформаційних технологій, що обумовлено необхідністю підвищення ефективності виробництва в умовах невизначеності у станах біологічної складової об'єкта керування. Напрямки дисертаційного дослідження Чернової І.С., а саме, формалізація завдань керування складними організаційно-технічними об'єктами та комплексами; моделювання об'єктів та систем керування; інформаційне забезпечення автоматизованих систем керування; системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності відповідають паспорту спеціальності 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування». Згідно з Постановою Президії Національної академії наук України № 30 від 30.01.2019 р., інтелектуальні інформаційні технології та системи відносяться до основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень Національної академії наук України на 2019-2023 роки.

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

Дисертаційна робота є частиною держбюджетних науково-дослідних робіт Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» Національної академії



аграрних наук України: «Системне конструювання машин та агрегатів, адаптивних інформаційно-керуючих комплексів для ресурсозберігаючих біотехнологій» (номер державної реєстрації 0111U003728, 2011-2015 рр.); «Розробити автоматизовану систему контролю якості ентомологічних засобів захисту рослин при їх масовому розведенні» (номер державної реєстрації 0116U003721, 2016-2018 рр.); «Розробити інтелектуальну систему керування виробництвом ентомофагів» (номер державної реєстрації 0119U002144, 2019-2020 рр.).

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

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

- визначено основні підходи до забезпечення якості ентомологічної продукції, суттєві технологічні фактори, що забезпечують якість ентомологічної продукції, та фактори, які призводять до отримання некондиційної продукції; виконано кількісну оцінку значущості факторів;

- досліджено виробництво ентомофагів як об'єкт автоматизації, для чого розроблено математичну модель залежності процесу змінювання температури повітря боксу з комахами від керуючого впливу – теплоти нагрівника – у вигляді аперіодичної ланки та ланки чистого запізнювання; розроблено автоматизовану підсистему керування виробництвом ентомофагів зі SCADA програмою та проведено її експериментальні дослідження;

- вперше досліджено інформаційні потоки виробництва ентомофагів, для чого розроблено:

  - модель виробництва ентомофагів у вигляді орієнтованого графа;

  - структурно-параметричні комплекси оцінки якості ентомофагів бракон і трихограма;



інформаційну модель інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів;

експертні підсистеми нечіткого висновку типу Мамдані, регресійні моделі якості продукції, загальний алгоритм функціонування інтелектуальної системи;

- вперше розроблено метод керування для енергоефективного виробництва ентомофагів в умовах невизначеності, гібридну інтелектуальну підсистему керування температурою повітря боксу для вирощування комах; формалізовано слабо-структуровані завдання у виробництві ентомофагів та визначення якості ентомологічної продукції системою нечіткого висновку;

- розроблено інтелектуальну систему керування виробництвом ентомофага бракон та проведено оцінювання ефективності її упровадження за коефіцієнтом рентабельності основних засобів, коефіцієнтом економічної ефективності капітальних вкладень і терміном окупності системи.

#### ***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 ентомологічної продукції, результатах теоретичних та експериментальних досліджень самого автора.

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

Здобувачем Черновою І.С. розроблено інтелектуальну систему керування виробництвом ентомофагів та методологію її побудови з використанням системного аналізу, нечіткої логіки, нейронних мереж, когнітивного підходу, експериментальних досліджень в умовах лабораторного виробництва. Система пройшла випробування, її впроваджено в науково-дослідному відділі промислової ентомології Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка»



Національної академії аграрних наук та захищено патентами України. Розроблена система дозволяє:

з достатньою точністю формувати стратегії керування в умовах невизначеності;

формалізувати слабо-структуровані залежності;

скоротити витрати електроенергії в умовах збурень.

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

Дисертаційна робота Чернової І.С. викладена на 186 сторінках, містить дві ідентичні анотації (українською та англійською мовами), вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел (що складається зі 169 найменувань), трьох додатків.

У першому розділі дисертації **«Аналіз виробництва ентомофагів»** показано сучасні напрямки досліджень стосовно виробництва біологічних засобів захисту рослин як в працях вітчизняних, так і зарубіжних вчених; проведено аналіз технологічного процесу виробництва ентомофага бракон та його хазяїна млинової вогнівки; відзначено технологічні вимоги щодо забезпечення якості ентомологічної продукції; показано доцільність підтримання оптимального значення саме температури повітря в зоні розвитку комах; проведено апріорне ранжування технологічних факторів забезпечення якості продукції; розроблено методику оцінювання процесів ентомологічних виробництв; розроблено причинно-наслідкову діаграму аналізу факторів, що діють на процес отримання ентомопродукції гарантованої якості; проведено енергетичну характеристику виробництва ентомофагів.

Другий розділ дисертації **«Дослідження виробництва ентомофагів як об'єкта автоматизації»** присвячено параметричній характеристиці виробництва; визначенню динамічних властивостей боксу з комахами як об'єкта керування у процесі лабораторного виробництва млинової вогнівки (для чого розроблено структурну та параметричну моделі боксу, формалізовано тепловий баланс боксу, підготовлено математичну модель процесу змінювання температури боксу від теплоти нагрівника у вигляді аперіодичної ланки та ланки чистого запізнювання); експериментальним дослідженням процесів



виробництва млинової вогнівки за допомогою розробленої автоматизованої підсистеми зі SCADA програмою OWEN PROCESS MANAGER. Автором доведено доцільність розробки гібридної підсистеми керування температурою повітря боксу.

У третьому розділі дисертації **«Розробка інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів»** автором розкрито методологічні основи побудови інтелектуальної системи керування; розроблено метод керування для енергоефективного виробництва ентомофагів в умовах невизначеності.

Четвертий розділ дисертації **«Реалізація інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів»** присвячено дослідженню гібридної інтелектуальної підсистеми керування температурою повітря боксу з комахами в режимі реального часу; розробленню інформаційного забезпечення інтелектуальної системи у вигляді бази даних показників якості ентомокультур, параметрів техноценозу та інтелектуальної підсистеми підтримки прийняття рішень із використанням експертних підсистем нечіткого висновку, нечітких когнітивних карт, когнітивних моделей.

У п'ятому розділі **«Економічна оцінка ефективності впровадження інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофагів»** із використанням результатів експериментальних досліджень процесів вирощування гусениць млинової вогнівки при виробництві ентомофага бракон визначено основні показники виробничого впровадження інтелектуальної системи керування виробництвом ентомофага бракон та стратегії керування.

Робота є чітко структурованою у відповідності із завданням досліджень, завершеною. За результатами роботи Черновою І.С. опубліковано 32 наукові праці, з яких 4 – одноосібно, 2 патенти на корисну модель та 2 доповіді, які включені до зарубіжних наукометричних баз Scopus та Web of Science. Основні положення роботи доповідалися на багатьох наукових міжнародних конференціях та симпозіумах.



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

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

## **8. Зауваження по дисертації.**

1. Фраза «кожна з підсистем має вигляд об'єкта керування» (Розділ 1, стор. 29) є стилістично невдалою: система (об'єкт, процес) або розглядається як об'єкт керування з певною метою керування – тоді вона є об'єктом керування, або ні. Крім того, з цієї фрази складається помилкове враження, що в подальшому кожна підсистем на Рис. 1.1 (стор. 29) – а таких підсистем 11-ть – розглядається як окремий об'єкт керування, хоча, як можна побачити з тексту дисертації, це не так.

2. На Рис. 1.7 (Розділ 1, стор. 37) зображено залежність кількості заражених гусениць від температури повітря при різних значеннях відносної вологості. При цьому не зовсім зрозуміло, в якому напрямку зміна відносної вологості повітря впливає на кількість заражених гусениць: кількість заражених гусениць (як зображено на Рис. 1.7) при відносній вологості 80% більше ніж при відносній вологості 50%, але менше – хоча й незначно – ніж при відносній вологості 70%. Якщо це не є похибкою рисунку, то такий факт вимагає певних пояснень.

3. Занадто велику увагу в першому розділі приділено технологічним вимогам щодо забезпечення якості ентомологічної продукції. Підрозділ 1.2 з відповідною назвою займає 17-ть сторінок (тобто приблизно 12% основного тексту дисертаційної роботи), хоча, зважаючи на тему дослідження, не є настільки значущим.

4. В розділі 1 слід було б більше уваги приділити саме обґрунтуванню необхідності розробки інтелектуальної системи керування, що враховує дії збурень та стани біологічної складової продукції, тим більше, що це й є фінальним висновком до розділу (стор. 52).

5. Вимагає певних пояснень критерій ефективності інтелектуальної системи на нижньому рівні, що заданий формулою (3.1) (Розділ 3, стор. 77).



Незрозуміло, чому в якості такого критерію обрано мінімізацію помилки регулювання температури повітря боксу саме за модульним інтегральним критерієм. Більш природною виглядає мінімізація самої функції під знаком інтегралу, а не її середнього інтегрального значення.

6. При описі гібридної нейронної мережі прямого поширення сигналу (Розділ 4, стор. 85) слід було б більш детально пояснити, що мається на увазі під «використанням операція логічної кон'юнкції за методом алгебраїчного добутку» (стор. 87) та «реалізацією логічної диз'юнкції за методом алгебраїчної суми» (там же), бо такі операції (в нечіткій логіці) не є стандартними.

7. Вимагає пояснень той факт, що до складу підсистеми підтримки прийняття рішень входить розроблена експертна підсистема нечіткого виведення типу Мамдані (Розділ 4, стор. 108), а не іншого типу (алгоритми Цукамото, Ларсена, Сугено та інші; алгоритм Мамдані є одним з перших, що знайшов застосування в системах нечіткого виведення, але він не вважається найбільш ефективним).

8. Не досить вдало складено висновки до окремих розділів дисертаційної роботи, де автор акцентує увагу на тому, що було зроблено, а не на безпосередніх результатах наукових досліджень.

9. В роботі присутні (в незначній кількості) друкарські помилки та русизми. Наприклад вживається термін «підсистема нечіткого висновку» замість «підсистема нечіткого виводу» або «підсистема нечіткого виведення».

Зауваження, що зазначені, не зменшують науково-практичної цінності дисертаційного дослідження.

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

Дисертаційна робота Чернової Ірини Степанівни на тему «Інтелектуальна система керування виробництвом ентомофагів» є актуальною, логічно завершеною, науково обґрунтованою, самостійно виконаною. Робота повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів»,

затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., № 567 (зі змінами) до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування».

**Офіційний опонент:**  
**Професор кафедри**  
**теоретичної механіки**  
**Одеського національного**  
**університету імені І. І. Мечникова,**  
**доктор технічних наук, професор**



**В.Е. Волков**

Підпис Волкова В.Е. засвідчую:

31. III. 2020

