

Відгук

офіційного опонента д.т.н., с.н.с. Л.Й. Воробйова
на дисертаційну роботу Мідика Андрія-Володимира Володимировича
«Підсистеми температурного контролю кіберфізичних систем», подану на
здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15
«Автоматизація та приладобудування», за спеціальністю 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»

1. Актуальність теми дисертації. Сучасні розподілені кіберфізичні системи набувають широкого розповсюдження як у промисловості, наукових дослідженнях, так і у сільському господарстві. Впровадження сучасних інтелектуальних первинних перетворювачів фізичних величин, інформаційно-обчислюваних та інформаційно-вимірювальних технологій на основі апаратно-програмних засобів дозволяє підвищити точність вимірювання та регулювання параметрів, надійність передавання інформації надає можливість адміністрування розгалужених систем керування. Застосування таких систем у тепличному господарстві дозволяє підтримувати оптимальні кліматичні умови у теплиці, зменшити трудовитрати на вирощування овочевих культур і, як результат, підвищити врожайність готової продукції. Розвиток підсистем температурного контролю кіберфізичних систем є важливим напрямком вирішення вказаних задач, отже тема представленої дисертації А.-В. В. Мідика є актуальною.

2. Загальна характеристика структури та змісту дисертаційної роботи. Дисертація складається з загальної характеристики роботи вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку використаних джерел з 126 найменувань. Робота викладена на 138 сторінках, включаючи 24 рисунки та 9 таблиць.

У загальній характеристиці роботи обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі досліджень; наведено дані про зв'язок дисертації з науковими програмами, темами; визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів досліджень; наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів, публікації, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі наведено визначення кіберфізичних систем та області їх застосування, розглянуто їх особливості, проаналізовано

можливості систем. Більш поглиблено розглянуто кіберфізичні системи, що розвиваються у сільськогосподарському секторі. Показано збіжність методів і засобів регулювання технологічних процесів у сільському господарстві та переробній промисловості. Стисло розглянуто проміжне програмне забезпечення кіберфізичних систем, масштабування, переформатування та динаміка топології мереж. Показано, що смарт-сенсори та смарт-актуатори є базовими елементами для побудови кіберфізичних систем, а також розглянуто смарт-сенсори та їхні мережі, температурні смарт-сенсори, розподілена сенсорна мережа, інтеграція даних та веб-сенсори.

На підставі проведеного огляду встановлено, що для потреб сільського господарства України ефективною є реалізація температурних підсистем кібер-фізичних систем, які враховують досягнення ІТ-інженерії та приладобудування.

У другому розділі розглянуто низку методів вимірювання та контролю температури технологічних процесів у сільському господарстві, що включають вирощування і переробку сільськогосподарської продукції. Увага зосереджена на методах температурних вимірювань. Наведено методіку регулювання температури при тютюносушінні. Розглянуто роботу температурної підсистеми керування параметрів теплиці, у тому числі температури і вологості повітря, температури ґрунту і води для зволоження.

Температуру ґрунту запропоновано вимірювати безконтактно за допомогою пірометра або тепловізора. Для зменшення методичної похибки безконтактного вимірювання температури запропонований метод попереднього визначення коефіцієнта випромінювання досліджуваного об'єкту.

У третьому розділі розглянуто дослідження і розвиток різних видів кіберфізичних систем для сільськогосподарського виробництва, які по мірі складності включають кіберфізичну систему температурно-вологісного контролю теплиці, кіберфізичну систему для вирощування овочів з регулюванням тепло-вологісно-інсоляційного режиму, кіберфізичну систему для переробки сільськогосподарських продуктів. Розроблено схеми керування на основі вхідних та вихідних параметрів, моделі їх зв'язків, їх кореляцію з одночасною оцінкою якості отримуваних продуктів.

У четвертому розділі досліджено системи регулювання режимів роботи та керування роботою сільськогосподарського об'єкту, які були реалізовані у 3-х принципово різних варіантах виконання. Перший із варіантів реалізований на базі серійної продукції, включаючи смарт-сенсори, смарт-актуатори та програмовані ПД-регулятори. Другий варіант базувався на спеціально розробленій конструкції, головним елементом якої є апаратно-програмна платформа Arduino, до якої підключались ті самі сенсори та актуатори, що й у першому випадку, причому платформа запрограмована на спрощеній мові C++. Третій варіант реалізовано як віртуальний засіб регулювання. Його створено і реалізовано на основі апаратно-програмної платформи LabVIEW з блоком NI USB 6009, до якого під'єднано 4 цифрові сенсори температури/вологості та освітлення (інсоляції).

У висновках по дисертаційній роботі наведені основні результати проведених досліджень, а саме показано, що вирішено актуальне науково-прикладне завдання розроблення температурних підсистем кіберфізичних систем, як ефективних засобів автоматизації сільського, зокрема тепличного, господарства.

3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій та апробація роботи.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків дисертації забезпечена використанням відомих та перевірених законів і методів метрології та термометрії, радіаційного теплообміну та опрацювання результатів вимірювань, програмування й вимірювальної техніки.

Апробація основних наукових положень дисертації проведена на 12-ти міжнародних та всеукраїнських науково-технічних і науково-практичних конференціях та семінарах, що відповідають тематиці роботи.

4. Значущість роботи для науки і практики.

4.1 Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблено та досліджено кіберфізичні системи для потреб сільського господарства, де головна увага приділяється якості та ефективності вирощування продукції овочівництва шляхом оптимізації температурних, вологісних та інсоляційних режимів, що завдяки інтелектуалізації підсистем моніторингу та керування дає змогу оперативно коригувати режими вирощування.

2. Розроблено метод і засіб тепловізійного методу моніторингу температури, який дозволяє визначити невідомий коефіцієнт випромінювання об'єкту, для чого проводять вимірювання у два такти, за 2-х відмінних температур приймача засобу, а на третьому такті вводять визначену поправку і отримують дійсні значення температури з методичною похибкою, зменшеною в 2...3 рази.

3. На основі розгляду вимог до виробничого циклу того чи іншого сільськогосподарського продукту запропоновано методи і засоби керування об'єктами різного ступеню складності, а також показано, що при вирощуванні овочів у теплицях доцільно здійснювати регулювання температури повітря за допомогою засобів контактної термометрії, а ґрунту – засобів безконтактної термометрії.

4. На підставі результатів досліджень послідовно ускладнюваних сільськогосподарських об'єктів, що характеризуються значною кількістю чинників впливу, вдосконалено технологію вирощування і обробки сільськогосподарської продукції. Показано, що підвищення вимог до метрологічних аспектів автоматизації за рахунок залучення досконаліших засобів вимірювання і регулювання у кіберфізичних системах призводить до покращення якості сільськогосподарської продукції та продуктів її переробки.

5. Показано, що розвиток засобів вимірювання та програмних засобів віддаленого адміністрування кіберфізичними системами дає змогу враховувати територіально-природні відмінності у циклах розвитку тих самих сільськогосподарських культур для рознесених теплиць однакового типу, для чого на основі платформи Arduino з додатковим програмним забезпеченням розроблено прилад температурної підсистеми кіберфізичної системи тепличного виробництва.

4.2 Практичне значення одержаних результатів

Результати досліджень використано для моніторингу і керування, в тому числі віддаленого, об'єктами тепличного овочівництва.

Товариство з обмеженою відповідальністю «АГРО-ЛАН» використало результати при моніторингу і керуванні режимами вирощування сільськогосподарської продукції у тепличних комплексах на основі аналізу поточної ситуації в режимі реального часу.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі кафедри «Інформаційно-вимірювальні технології» Національного університету «Львівська політехніка» для підготовки фахівців за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

5. Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях.

Основні результати, отримані при виконанні дисертаційної роботи А.-В. В. Мідика достатньо повно опубліковані у 20-ти працях, у тому числі у 4-х статтях у фахових виданнях України, 2-х статтях у наукових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних, 1-й статті у науковому періодичному виданні іншої держави, що включене до міжнародної наукометричної бази даних.

6. Академічна доброчесність. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені результати роботи, не виявлено.

7. Зауваження до тексту дисертації

1. У першому розділі деякі фрази цитуються у машинному перекладі без ретельного редагування, що ускладнює їх читання, а іноді спотворює сенс, наприклад: на стор.26 – «Існуючі стандарти втрачають на кілька порядків свої ціннісні характеристики саме при передачі їх кінцевому споживачеві; це вважається нормальною метрологічною практикою, яку не можна вважати достатньою для подальшого розвитку КФС. »

2. На рис. 2.5 не розкриті позначення елементів схеми.

3. На стор. 78, наприкінці третього абзацу вказано «...чи конвективним чином – через опромінення». Якщо через опромінення, то це радіаційним (або інакше – променевим) теплообміном, а не конвективним.

4. На рис. 2.10 відсутня низка елементів, про які згадується в його описі (комутатор та інтегратор вимірюваного значення температури, ПК), а замість згаданого в описі ПД-регулятора за номером 2, у підписі до рисунку за цим номером позначений ґрунт теплиці.

5. На рис. 3.1 подана «Функціональна схема клімат-контролю в теплицях», але на схемі відсутні виконавчі механізми (актуатори, двигуни, нагрівники і т.і.), хоча в описі згадано, що плата Arduino UNO, дозволяє

керувати цими елементами. У такому вигляді це не схема клімат-контролю, а схема моніторингу.

6. На стор.89 вказано «У сенсорі вологості та температури HTU21 застосовано інтерфейсом I2C, що забезпечує похибку вимірювань температури $\pm 0,05$ °C.» Похибка вимірювань, зазвичай, мало залежить від типу інтерфейсу, мабуть мається на увазі дискретність даних, що передаються.

7. На стор.90 вказано «Вологість ґрунту вимірюється сенсором YL-69 із вбудованим резистором зі змінним опором. Ємнісний сенсор вологості ґрунту, на відміну від резистивних датчиків вологості, не схильний до корозії». То який же це сенсор – резистивний чи ємнісний?

8. На стор. 96 після опису досліджень нерівномірності розподілу параметрів по об'єму теплиці зазначено «Отримані дані попередніх вимірювань дають підстави віднести теплицю до математичних об'єктів з зосередженими параметрами». Це протирічить наведеним вище даним, з яких слідує, що температура вздовж теплиці змінюється на декілька градусів, а вологість більше ніж на 4%. В той же час, в попередніх розділах вказувалось, що кліматичні параметри у теплиці потрібно підтримувати з високою точністю в залежності від стадії розвитку рослинної продукції.

9. У розділі 3 згадано про моделювання динаміки теплових процесів за допомогою рівнянь теплового балансу. Однак, ні самі рівняння теплового балансу, ні їх дослідження або результати моделювання не наведені.

10. На стор.114 вказано «У пасивному будинку середній тепловий потік U для стін рівний $0,1$ Вт/м²К, тоді як для найкращого вікна $U = 0,6$ Вт/м²К [117]». Судячи з позначення, розмірності та значень наведених величин, U – це коефіцієнт теплопередавання огорожувальної конструкції, а не середній тепловий потік.

Наведені зауваження не змінюють загальне позитивне враження від дисертаційної роботи А.-В. В. Мідика.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна робота Мідика Андрія-Володимира Володимировича «Підсистеми температурного контролю кіберфізичних систем», є завершеним дослідженням, що містить отримані особисто здобувачем нові наукові результати, які вирішують важливу науково-прикладну задачу

розвитку температурних підсистем кіберфізичних систем, як ефективних засобів автоматизації сільського, зокрема тепличного, господарства та удосконалення методологічного й метрологічного забезпечення.

Сформульовані у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації повністю відображені у наукових статтях, опублікованих у фахових виданнях, та доповідалися на міжнародних та національних наукових конференціях.

Дисертаційна робота А.-В. В. Мідика відповідає спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка».

На підставі проведеного аналізу дисертаційної роботи Мідика Андрія-Володимира Володимировича «Підсистеми температурного контролю кіберфізичних систем» можна зробити висновок про те, що за актуальністю розв'язуваного завдання, отриманими науковими результатами і практичною цінністю роботи, вона відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» № 44 від 12 січня 2022 р. зі змінами згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022, а її автор, А.-В. В. Мідик, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка», з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Офіційний опонент
доктор технічних наук, с.н.с.,
провідний науковий співробітник Інституту
технічної теплофізики НАН України


Л.І. Воробйов



Підпис гр. *Воробйова Л.І.*
ЗАВІРЯЮ
29 08 2022
Зав. канц. опіцією *Літвиш*