

## ВІДГУК

офіційного опонента Кошового Миколи Дмитровича

на дисертаційну роботу

Григоренка Ігоря Володимировича

### «БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРНИХ ВПЛИВІВ»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовини

#### **Актуальність теми.**

Великої кількості проблем вимірювального контролю не існувало б, якщо одержання первинної експериментальної інформації про стан об'єкту не було пов'язано з апріорною невизначеністю його вихідних величин. Особливо, коли останню неможливо зменшити до нормованого рівня, оскільки складність об'єкта контролю (такого як інформаційно-вимірювальна система (ІВС)) або його динамічні властивості призводять до стохастичності зв'язку між вимірюваними вихідними величинами та рівнями факторного впливу. Таким чином, виникає проблема підвищення вірогідності контролю та діагностики в умовах, коли до мінімізованої традиційними методами невизначеності вимірювань додається набагато більша невизначеність вихідних величин. Об'єктами зі стохастичними параметрами є інформаційно-вимірювальні системи різного призначення. Створення у такому разі взірцевих об'єктів або детермінованих моделей контрольованих величин є неможливим, а застосування для підвищення вірогідності контролю існуючих структурно-алгоритмічних методів не має сенсу. Виникає задача підвищення вірогідності методів багатопараметричного контролю якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням впливу випадкових факторів. Через те актуальність дисертаційної роботи Григоренко І.В. сумніву не викликає. Більш того, виникла необхідність створення синтезу інформаційних процедур контролю та діагностики в умовах параметричної невизначеності за рахунок розробки

узагальненого методу контролю якості функціонування ІВС різного призначення.

Актуальність теми дисертаційної роботи підтверджується також тим, що вона виконана у рамках науково-дослідних робіт: «Метрологічне забезпечення ієрархічних систем управління якістю» (К 6101, ДР 0116U000881, МОН України), «Математичне моделювання приладів для вирішення задач контролю, діагностики, тестування та якості промислової продукції» (ініціативна К 6103) та у рамках творчої співпраці з АТ «Українські енергетичні машини» (м. Харків), ТОВ «Екопродукт 2017» (м. Харків), ТОВ «Управління виробничо-технічної комплектації та реалізації» (м. Харків).

#### **Оцінка обґрунтованості наукових положень дисертаційної роботи, їх достовірності та новизни.**

Наукові положення дисертаційної роботи мають теоретичне обґрунтування і базуються на використанні теорії інформації і математичної статистики, теорії тестового контролю, теорії нечіткої логіки. Здобувач коректно використовує і власні теоретичні розробки. Висновки і рекомендації логічно і послідовно розкривають принципову ефективність розроблених методів підвищення вірогідності багатопараметричного контролю якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням впливу випадкових факторів.

Проведені теоретичні дослідження використовують сучасний математичний апарат. Отримані результати пройшли перевірку шляхом впровадження технічних рішень у виробництво і навчальний процес, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Достовірність одержаних наукових результатів підтверджується практичним застосуванням розробленого узагальненого методу підвищення вірогідності багатопараметричного контролю якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням

впливу випадкових факторів на прикладах систем контролю параметрів технологічних процесів виготовлення карамельного сиропу і вареної ковбаси. Наукова розробка здобувача успішно використана під час створення нового пристрою для контролю лазерної системи виміру геометричних розмірів та якості поверхні виробів на підприємстві АТ «Українські енергетичні машини». Вагомість одержаних наукових результатів забезпечена єдиним підходом до розв'язання проблеми підвищення вірогідності, незважаючи на різну фізичну природу об'єктів контролю.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

– вперше розроблено узагальнений метод контролю якості функціонування ІВС різного призначення, який полягає в побудові моделі процесу контролю параметрів технологічних процесів у вигляді комплексного використання адитивних та мультиплікативних тестових впливів, математичної моделі, статистичного аналізу результатів, алгоритму нечіткої логіки, що дозволив виділити основні джерела факторного впливу, критичні етапи технологій виробництва з метою підвищення вірогідності контролю параметрів технологічних процесів;

– вперше розроблено модель перехресної класифікації, яка врахувала ефекти одночасної взаємодії п'яти факторів (нестабільність аналогової частини вимірювального каналу, вплив електромагнітних перешкод, похибка цифрового перетворення сигналу, шуми пристрою комутації сигналів, відхилення від встановленого температурного режиму роботи) на результат вимірювання одиничного показника контролю (сумарну відносну похибку каналу вимірювання ІВС), впровадження якої дало можливість встановити рівень факторного впливу параметрів контролю на показник контролю, оцінити кількість очікуваної вимірювальної інформації за показниками контролю та ранжирувати показники за зменшенням кількості інформації;

– вперше розроблено метод підвищення точності та вірогідності лазерних систем шляхом використання тестових методів контролю із

подальшою корекцією функцій перетворення, завдяки якому вдалося зменшити динамічну похибку вимірювання та підвищити вірогідність контролю.

– вперше розроблено реляційно-різницеву модель оператора динамічної корекції похибки лазерної системи контролю, яка надала можливість введення поправок на динамічну похибку вимірювання, які отримують із номінальної динамічної моделі вимірювального перетворювача для виміряного значення швидкості зміни вхідного сигналу, що підвищило точність вимірювань контролю.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковані у 73 наукових публікаціях, з них: 37 статей у періодичних виданнях, з яких 26 статей в наукових фахових виданнях України категорії Б, 10 у виданнях, внесених до наукометричних баз SCOPUS та/або Web of Science, 1 стаття у закордонному періодичному виданні, 34 у матеріалах апробаційного характеру, 2 патенти України на корисну модель.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Григоренка І. В. складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, 7 додатків.

У вступі чітко обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження, наукову новизну і практичну значущість одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, надано кількість публікацій за темою роботи.

У першому розділі представлено результати аналізу наукових праць вітчизняних та закордонних вчених за напрямком дослідження, що дозволило здобувачу визначити напрямок дослідження. Зазначено, що задачу розробки методів підвищення вірогідності методів багатопараметричного контролю

якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем як об'єкту зі стохастичними параметрами повністю не вирішено.

На початку другого розділу представлено метод контролю якості функціонування ІВС різного призначення. Представлено обґрунтування доцільності використання статистичних методів аналізу для побудови і дослідження моделі факторного впливу на якість роботи ІВС та розроблено математичну модель впливу п'яти факторів на результат виміру показника контролю (сумарну відносну похибку каналу вимірювання ІВС).

Третій розділ присвячено трьом прикладам використання комбінації методів статистичного аналізу для контролю якості роботи ІВС а саме: системи зважування автотранспорту, установки комплексної підготовки газу та штучної екосистеми.

У четвертому розділі представлено розроблений здобувачем пристрій контролю лазерної системи виміру геометричних розмірів та якості поверхні виробів для підвищення точності такої системи. Запропоновано реляційно-різницеву модель оператора динамічної корекції похибки лазерної системи контролю. Завдяки проведеному аналізу факторного впливу на роботу лазерної системи контролю якості поверхні деталей, здобувачем виділені основні фактори, що впливають на точність роботи системи та здійснено моделювання дії факторного впливу на точність лазерної системи контролю.

У п'ятому розділі здобувачем за допомогою графічного інтерфейсу користувача системи fuzzy logic визначено конкретні рівні параметрів технологічних процесів, що необхідні для якісного виробництва питного молока, вареної ковбаси, карамелі, крабових паличок, кефіру. Встановлено рівні параметрів, що необхідні для підтримки якості води у акваріумі штучної екосистеми.

У шостому розділі здобувачем запропоновано базовий алгоритм розрахунку невизначеностей результатів вимірювань, що отримані за допомогою ІВС різного призначення.

Встановлено рівень впливу зовнішніх факторів на результат

безконтактного теплового контролю біологічних об'єктів. Проведено кореляційний аналіз при оцінюванні невизначеності впливу зовнішніх факторів для двох прикладів використання ІВС, а саме: контроль процесу виготовлення губної помади і процес виготовлення карамельного сиропу.

У висновках наведено основні результати дисертаційної роботи.

У додатках здобувачем представлені: список публікацій здобувача за темою дисертації; експериментальні данні вимірювань параметрів технологічних процесів, таких як виготовлення карамельного сиропу і виготовлення вареної ковбаси; акти впровадження результатів дослідження у промисловість і у навчальний процес; результати вимірювань геометричних розмірів деталі типу вал, що отримані при використанні лазерної системи контролю; програмний продукт на мові JavaScript для розрахунку сумарної та розширеної невизначеності для корельованих та некорельованих даних.

Список використаних джерел досить повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації загальним обсягом 170 найменувань.

Матеріал дисертаційної роботи викладено чітко і ясно, що свідчить про високий рівень кваліфікації здобувача. Робота містить як ілюстративний матеріал, так і потрібні розрахунки, що забезпечує її наочність та переконливість.

Реферат правильно та ідентично відображає зміст дисертації та її основні положення. Оформлення дисертації відповідає вимогам МОН України.

**По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. До наукової новизни дисертаційної роботи не доцільно було включати удосконалений базовий алгоритм розрахунку невизначеності результатів вимірювань.

2. В розділі два розглянуто вимірювальне перетворення параметра контролю  $Q$  (відносна похибка вихідного сигналу) у значенні показника контролю  $E$  у вигляді лінійної регресійної моделі. Моделі нелінійної регресії не розглянуто.

3. У четвертому розділі для створення комп'ютерної моделі системи лазерного контролю із урахуванням одночасної дії двох факторних впливів доцільно було використовувати більш сучасний програмний продукт замість Electronic Workbench за для кращого графічного відображення та покращення функціональних можливостей моделювання.

4. У роботі не проведено розрахунків по визначенню періодичності проведення тестування лазерної системи контролю якості поверхні деталі у процесі експлуатації.

5. Хоча у дисертаційній роботі проведено гарний огляд літератури за напрямком дослідження, більш актуальне співставлення із світовими досягненнями могло б надати додатковий позитивний контекст.

6. На програмний продукт, що реалізує удосконалений базовий алгоритм розрахунку невизначеності результатів вимірювань, доцільно було отримати свідоцтво авторського права на твір (комп'ютерну програму).

7. Деякі рисунки у роботі виконані не у повній відповідності до існуючого правила оформлення графічного матеріалу.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

### **Висновок**

Дисертаційна робота Григоренка Ігоря Володимировича «Багатопараметричний контроль якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням факторних впливів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовини. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну проблему підвищення вірогідності методів багатопараметричного контролю якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення шляхом визначення та урахування факторного впливу на результат вимірювань показників.

Дисертація «Багатопараметричний контроль якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням факторних впливів» Григоренка І. В. виконана із дотриманням принципів академічної доброчесності, що підтверджено перевіркою програмним продуктом StrikePlagiarism.com. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а здобувач Григоренко Ігор Володимирович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовини.

Опонент

професор кафедри інтелектуальних  
вимірювальних систем та  
інженерії якості Національного  
аерокосмічного університету  
ім. М. Є. Жуковського «Харківський  
авіаційний інститут»,  
д.т.н., професор



Микола КОШОВИЙ

Підпис д.т.н., професора  
Кошового М. Д. засвідчую.

Вчений секретар

Національного

аерокосмічного університету  
ім. М. Є. Жуковського «Харківський  
авіаційний інститут».

к.т.н., доцент




Тетяна БОНДАРЄВА

19.11.2024