

Офіційного опонента доктора технічних наук, професора

**Жуковицького Ігоря Володимировича**

на дисертаційну роботу **Герасимова Володимира Володимировича**

"Інформаційна технологія вихорострумової дефектоскопії в умовах дії високоінтенсивних завад складної структури",

яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 — інформаційні технології

### **1 Актуальність теми дисертаційної роботи**

Вибір теми дисертаційної роботи обумовлений необхідністю підвищення ефективності неруйнівного контролю виробів і конструкцій машинобудування, авіакосмічного комплексу і транспортного господарства. Для дефектоскопії тріщин в металевих та електропровідних композитних матеріалах найбільш оптимальним є вихорострумний метод контролю. Дефектоскопія композитних матеріалів значно ускладнюється внаслідок неоднорідності їх структури, наявності складного, з різним ступенем стохастичності, рельєфу поверхні виробів. Сканування такої поверхні вихорострумними перетворювачами в ручному режимі супроводжується неконтрольованими змінами ефективного зазору, перекосами перетворювача. Безконтактне сканування поверхні виробів в автоматичному режимі у ряді випадків обмежується складною формою виробів, неідеальністю форми, биттями у вузлах обладнання для сканування. Тому, для автоматичної корекції впливу факторів і завад, які заважають, актуальною є розробка інформаційної технології дефектоскопії. Вирішення вказаної задачі дозволить підвищити якість дефектоскопія композитних матеріалів.

### **2 Наукова новизна дисертаційної роботи**

1. Вперше запропоновані спектральні, в базисах Фур'є і вейвлетів, методи ідентифікації сигналів дефектів в умовах дії квазідетермінованих завад (сигналів перекосів/відводів датчика відносно поверхні матеріалу), а також високоін-

тенсивного шуму, обумовленого значною шорсткістю поверхні матеріалу, з використанням запропонованих критеріїв.

2. Вперше з використанням запропонованих спектральних методів ідентифікації і теорії статистичних випробувань проведено імовірнісний аналіз процесу ідентифікації сигналів дефектів при різних значеннях імовірності помилкової тривоги і різних інтенсивностях шуму; проведено порівняння запропонованих спектральних методів ідентифікації за результатами імовірнісного аналізу; визначені імовірності виявлення та відокремлення сигналів поверхневих тріщин різних розмірів від сигналів квазідетермінованих завад в залежності від амплітуд сигналів та інтенсивності шуму.
3. Шляхом моделювання процесу сканування поверхні моношару з джгутів волокон армування у випадках, коли діаметри джгутів розподілені за гаусовим і рівномірними законами, визначено модель шуму, обумовленого шорсткістю поверхні композитних матеріалів.
4. На базі статистичної і кореляційної обробки інформації, одержаної при моделюванні процесу сканування дефектної поверхні матеріалу, удосконалено швидкодіючі комбіновані методи обробки, що є оптимальними за критерієм сигнал/шум для різних варіантів режимів сканування.
5. Вперше запропоновано інформаційну технологію, що поєднує розроблені методи обробки дефектоскопічної інформації як в часовій, так і в спектральній області і забезпечує імовірнісну оптимізацію процесу ідентифікації дефектів в умовах дії квазідетермінованих завад та високоінтенсивного шуму.
6. Набули подальший розвиток дослідження, щодо визначення характеру і форми завад, що спотворюють сигнал дефекту в процесі сканування поверхні виробу.

### **3 Практична цінність результатів дисертаційної роботи**

Одержані теоретичні і експериментальні результати можуть бути використані при розробці апаратури, відповідного програмного забезпечення, методик дефектоскопії та дефектометрії поверхневих тріщин у виробках машинобудування, авіакосмічного комплексу, транспортної промисловості. Використання

розробленої автором дисертації інформаційної технології в процесі дефектоскопії в реальному режимі часу дозволяє без зменшення продуктивності контролю підвищити імовірність виявлення поверхневих дефектів у виробках зі значною шорсткістю поверхні, неідеальністю форми, в умовах неконтрольованих відхилень від заданої траєкторії сканування.

Результати дослідження в частині методів і алгоритмів обробки сигналів впроваджено в діяльності підприємств ТОВ "НВП СКБ Неркон" та ТОВ "НВО Дніпротехтранс", в навчальному процесі кафедри електронних обчислювальних машин Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

#### **4 Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі**

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, в достатній мірі обґрунтовані і повністю витікають із проведених досліджень. Обґрунтування основних положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректністю теоретичного аналізу, зіставленням отриманих результатів з даними, що опубліковані в літературних джерелах, результатами моделювання, практичною реалізацією запропонованих методів і моделей.

#### **5 Достовірність результатів дисертаційної роботи**

Достовірність одержаних результатів підтверджується застосуванням сучасних методів дослідження (спектрального та імовірнісно-статистичного аналізу, теорії прийняття рішень, технології програмування); широким колом авторських публікацій; достатньою апробацією наукових положень на 7 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних, науково-технічних конференціях; практичним використанням окремих положень у виробництві та навчальному процесі.

#### **6 Повнота викладення результатів дисертаційної роботи**

За результатами роботи над темою дисертаційного дослідження опубліковано 27 наукових праць, у тому числі: 21 стаття у наукових та фахових ви-

даннях, 11 з яких цитуються у міжнародних наукометричних базах; 6 — у матеріалах конференцій. У цих публікаціях повністю розкривається зміст дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота написана грамотно, характеризується цілісністю та логічністю викладення матеріалу. Термінологія дисертаційної роботи є загальноновизнаною. Автореферат дисертації розкриває основні положення та висновки роботи, є ідентичним за структурою та змістом дисертації.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 198 сторінок, у тому числі 160 сторінок основного тексту. Робота містить 77 рисунків та 20 таблиць, 3 додатки. Список використаних джерел містить 161 найменування.

**У вступі** міститься обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, наукова новизна, практичне значення отриманих результатів й інші дані, що регламентовані вимогами МОН України до структури дисертаційної роботи.

**У першому розділі** проведено аналіз та оцінку сучасного стану інформаційних технологій неруйнівного контролю виробів та матеріалів, зокрема вихорострумової дефектоскопії композитних матеріалів. Розглянуто проблеми та труднощі, обумовлені особливостями технологічного процесу виготовлення таких матеріалів та складним рельєфом їх поверхні. Виконано огляд сучасних методів і засобів обробки сигналів дефектів. На основі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність розробки спеціалізованої інформаційної технології. Сформульовані висновки до першого розділу.

**У другому розділі** наведені результати дослідження впливу змін просторового розташування вихорострумового перетворювача відносно поверхні досліджуваного матеріалу на складові імпедансу датчика. Шляхом проведення обчислювальних експериментів вивчено вплив змін просторового розташування датчика на розподіл щільності наведеного в матеріалі вихорового струму, вплив на параметри і форму модуляційного імпульсу дефекту його геометричних розмірів, частоти зондуючого поля датчика і електричної провідності матеріалу. Проведено оцінку шуму, що виникає при скануванні шорсткої поверхні виробів

з композитних матеріалів, та форму завад, що виникають при динамічному безконтактному контролі металевих виробів. Сформульовані висновки до другого розділу.

**У третьому розділі** викладено результати розробки методів і алгоритмів цифрової фільтрації на основі статистичної і кореляційної обробки сигналів при скануванні в режимі реального часу. Запропоновано комбінаційні швидкодіючі алгоритми обробки сигналів перетворювачів. Сформульовані висновки до третього розділу.

**У четвертому розділі** детально викладено результати розробки методів ідентифікації сигналів дефектів в умовах дії високоінтенсивних завад з використанням спектральних перетворень в різних базисах. Запропоновано спектральну, в базисі Фур'є, ідентифікацію сигналів дефектів з використанням теорії статистичних випробувань. Описано імовірнісну дефектоскопію з використанням вейвлет-спектрів. Викладено результати порівняльного аналізу методів ідентифікації сигналів дефектів в базисах Фур'є і вейвлетів. Сформульовані висновки до четвертого розділу.

**У п'ятому розділі** запропоновано удосконалення спектрального, в базисі Фур'є, методу ідентифікації. Обґрунтовано вибір віконної функції, підтверджено оптимальність запропонованого критерію ідентифікації. Метод ідентифікації модифіковано додаванням ще одного критерію ідентифікації. Всі досліджені моделі сигналів, алгоритми та методи їх обробки об'єднано у інформаційну технологію вихорострумової дефектоскопії в умовах дії високоінтенсивних завад складної структури. Сформульовані висновки до п'ятого розділу.

**У загальних висновках** по дисертації відображені результати, одержані в процесі проведення дисертаційних досліджень.

## **7 Зауваження до дисертаційної роботи**

1. В багатьох формулах першого розділу (1.1 – 1.8) не всі змінні визначені, що затрудняє їх розуміння. Це стосується також деяких формул в інших розділах (2.2, 2.3, 2.19, 3.1, тощо).
2. В формулі (1.8) (стор.15) описка. Повинен бути подвійний інтеграл.
3. В ф. (2.4) (стор.41) доцільно було б навести розмірність сигналу  $f(t)$ .

4. Незрозуміло, як обчислювалась якість апроксимації (табл. А2, А3).
5. Не пояснено, чому обрані саме такі дані для моделювання (підрозділ 2.2, с. 48).
6. Твердження «...при зміні кроку сканування  $\Delta$  і діаметру джгутів волокон  $D$  основні риси діаграми, показаної на рис. 2.23. залишаються» вірно лише при окремих співвідношеннях цих величин (зокрема, при  $\Delta \ll D$ ).
7. Не доведено оптимальність критерію (3.18).
8. В підрозділі 3.3, присвяченому опису швидкодіючих алгоритмів обробки сигналів перетворювача, доцільно було б оцінити підвищення швидкості цих алгоритмів у порівнянні з тими, що описані в попередніх підрозділах.
9. На схемі технології НК (рис. 5.12, стор 156) інтерпретація результатів, на нашу думку, повинна впливати (корегувати) на окремі параметри процесу НК (наприклад, на вирішальні правила).
10. В роботі доцільно було б дати економічну оцінку запропонованій інформаційній технології.

Представлені зауваження не є принциповими та ніяким чином не піддають сумніву результати дослідження і не зменшують наукової та практичної цінності роботи.

## **8 Загальний висновок по дисертаційній роботі**

Дисертаційна робота Герасимова Володимира Володимировича "Інформаційна технологія вихорострумової дефектоскопії в умовах дії високоінтенсивних завад складної структури" за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 — інформаційні технології, є завершеною та самостійно виконаною науково-дослідною роботою, вирішує важливе наукове питання підвищення імовірності виявлення поверхневих дефектів у виробках зі значною шорсткістю поверхні, неідеальністю форми, в умовах неконтрольованих відхилень від заданої траєкторії сканування в процесі дефектоскопії в реальному режимі часу. Робота написана на достатньому науковому та професійному рівні. Наукова термінологія, що використовується, є загальноновизнаною. Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Публікації здобувача повною мірою відображають результати дисертаційних досліджень.

Дисертаційна робота відповідає діючим в Україні вимогам "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів



України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. та № 1159 від 20 грудня 2015 р., які висуваються до кандидатських дисертацій, а здобувач Герасимов Володимир Володимирович заслугоує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 — інформаційні технології.

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри електронних  
обчислювальних машин  
Дніпропетровського університету  
залізничного транспорту  
ім. академіка В. Лазаряна,  
доктор технічних наук, професор

