РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Созонова Станіслава Вікторовича

***«Удосконалення ультразвукового магнітострикційного методу контролю елементів енергетичного обладнання»*,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

Актуальність теми дослідження, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Актуальність дисертаційного дослідження Созонова Станіслава Вікторовича зумовлена необхідністю забезпечення безпечної експлуатації та надійного моніторингу технічного стану елементів енергетичного обладнання в умовах їхнього поступового старіння. Ультразвуковий неруйнівний контроль посідає провідне місце завдяки високій чутливості та мобільності, проте впровадження малоапертурних магнітострикційних перетворювачів тривалий час обмежувалося низьким співвідношенням сигнал/шум.

Автором запропоновано метод підвищення метрологічних характеристик перетворювачів та вдосконалення алгоритму опрацювання сигналів на основі дискретного перетворення Гільберта, що дозволило розширити аналітичні можливості контролю у критично важливих сферах безпеки промислової та цивільної інфраструктури.

Дослідження виконано у межах наукової тематики Інституту загальної енергетики НАН України, зокрема науково-дослідної роботи (№ 0123U100127) «Розвиток методів та засобів моніторингу стану довкілля об'єктів енергетики на базі бездротових сенсорних мереж», що підтверджує тісний зв'язок роботи з державними програмами розвитку високотехнологічної продукції.

Тематика дисертаційної роботи Созонова С. В., яка охоплює вирішення низки питань надійного виявлення дефектів у тонкостінних елементах та зварних з'єднаннях енергетичного обладнання за умов значних акустичних завад, є актуальною.

Новизна основних наукових положень, висновків і рекомендацій. У дисертаційній роботі Созонова С.В. сформульовано наукові положення, які мають вагоме теоретичне й практичне значення для розвитку інформаційно-вимірювальних технологій. До ключових результатів можна віднести:

1. *Удосконалено* математичну модель радіоімпульсних сигналів при застосуванні магнітострикційного перетворювача шляхом врахування геометричних параметрів

електричних котушок збудження. Це дозволило підвищити точність визначення їхніх часових затримок у вимірювальному тракті.

2. *Удосконалено* метод оцінювання амплітуди та затримки сигналів, як його основних інформативних параметрів, шляхом застосування дискретного перетворення Гільберта. Це дозволило визначити характер впливу скінченних розмірів котушки малоапертурних магнітострикційних перетворювачів на форму сигналу, що спричиняє деформацію обвідної та появу додаткової затримки відносно сигналу збудження.
3. Вдосконалено інформаційно-вимірювальну технологію магнітострикційного контролю за рахунок: удосконалення конструкції магнітострикційного перетворювача; використання методології визначення інформативних сигналів на основі дискретного перетворення Гілберта; використання концепції віртуальних інструментів, що в сукупності розширило функціональні можливості магнітострикційного методу неруйнівного контролю та автоматизувало процес опрацювання вимірювальної інформації та прийняття рішень.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонована в дисертації інформаційно-вимірювальна технологія базується на поєднанні методів математичного та комп'ютерного моделювання, цифрового опрацювання сигналів. Вона дозволяє не лише стабілізувати енергетичні характеристики вимірювального тракту, але й інтегрувати обчислювальні алгоритми безпосередньо в апаратно-програмні комплекси неруйнівного контролю, забезпечуючи високу точність виявлення дефектів та автоматизацію процесу прийняття рішень. Практичну цінність отриманих результатів підтверджено чотирма актами впровадження в навчальний процес та виробничу діяльність.

Ступінь обґрунтованості наукових положень. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Созонова С. В., забезпечується чіткою й логічною постановкою завдань дослідження, комплексним підходом до розв'язання науково-технічного завдання, а також поєднанням теоретичних методів із експериментальними випробуваннями. Достовірність теоретичних результатів підтверджується їхнім збігом із даними чисельного моделювання, а також верифікацією через експериментальні дослідження на тонкостінних зразках та зварних з'єднаннях. Отримані за допомогою розробленого апаратно-програмного комплексу експериментальні дані добре узгоджуються з результатами стандартизованого ДСТУ EN ISO 17636-2:2014 радіографічного контролю. Висновки дисертаційної роботи є повними, логічними, послідовними і повною мірою відображають її цілісність, наукову та практичну сутність.

Основні результати дисертації повністю відображені в 12 опублікованих наукових працях, серед яких 3 статті у фахових виданнях України категорії Б, 1 стаття у закордонному виданні, 2 публікації у виданнях, що проіндексовані у базі даних Scopus, 1 патент на винахід та 5 тез доповідей.

Апробація результатів на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях та публікації у провідних фахових виданнях категорії «Б» та тих, що індексуються в наукометричній базі Scopus, підкреслюють їх обґрунтованість та достовірність. Високий рівень обґрунтованості практичних результатів, підтверджених патентом України на винахід, свідчить, що здобувачем повністю досягнуто мету та вирішено поставлені науково-прикладні завдання.

Оцінка змісту і структури дисертації. Дисертаційна робота Созонова С. В. складається з анотацій (державною та англійською мовами), вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури, що налічує 116 найменувань, та 4 додатків; містить 11 таблиць та 64 рисунки, що свідчить про належне оформлення наукових результатів.

В анотації наведено узагальнений короткий виклад основного змісту дисертації, основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичного значення. Наводиться список публікацій здобувача темою за представленої роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами та темами, відмічено наукову новизну та практичну цінність отриманих у роботі результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію результатів роботи, обсяг і структуру дисертації.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячено комплексному аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку методів ультразвукового неруйнівного контролю на базі магнітострикційних ефектів. Автор описує фізичну природу явища магнітострикції, наводить систематизований огляд сучасних приладів, аналізує їхні сильні сторони та функціональні обмеження. Особливу увагу приділено порівнянню запропонованого підходу з п'єзоелектричними методами та обґрунтуванню доцільності використання малоапертурних перетворювачів для тонкостінних елементів енергетичного обладнання. На основі аналізу специфіки об'єктів контролю чітко сформульовано мету та завдання подальшого дослідження.

Другий розділ присвячено теоретичному обґрунтуванню та побудові математичних моделей сигналів малоапертурних магнітострикційних перетворювачів. Важливим досягненням є удосконалення методу оцінювання інформативних параметрів сигналів шляхом застосування дискретного перетворення Гільберта, що дозволяє ефективно зменшити вплив шумової складової на точність визначення амплітудних і часових характеристик сигналу.

Третій розділ присвячено апаратно-програмній реалізації системи ультразвукового магнітострикційного неруйнівного контролю. На платформі LabVIEW від фірми National Instruments автором розроблено структуру віртуального приладу, що демонструє прогресивний підхід до створення сучасних засобів контролю. Описано конструктивні особливості малоапертурних магнітострикційних перетворювачів, обґрунтовано вибір сплаву 49КФ для хвилевода та параметри двосекційної обмотки котушок збудження ультразвукового сигналу.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячено експериментальній перевірці ефективності розроблених алгоритмів проведення експериментальних досліджень ультразвукового контролю з використанням ММП. Апробацію проведено на тонкостінних зразках зі сталі та зварних з'єднаннях із локальними дефектами. Проведено співставлення результатів контролю зварних з'єднань різного ступеня обробки, отриманих із використанням запропонованого методу, із даними радіографічного контролю.

У *висновках* дисертаційної роботи наведено підсумки проведеного дослідження та сформульовано основні наукові й прикладні результати, які підтверджують досягнення поставленої мети.

У *додатках* подано лістінги програм моделювання процесу генерування сигналів ММП та оцінювання їх спектру, генерування сигналів ММП та оцінювання їх інформаційних параметрів, копії актів впровадження результатів дисертації та список публікацій здобувача.

Відомості про дотримання академічної доброчесності. За результатами аналізу змісту дисертації та опублікованих наукових праць не виявлено фактів академічного плагіату, некоректних запозичень чи інших порушень принципів академічної доброчесності. Робота містить результати власних досліджень, а використання ідей, результатів і текстів інших авторів супроводжується чіткими посиланнями на відповідні джерела. Ознак фабрикації або фальсифікації експериментальних даних у роботі немає. У дисертації дотримано вимоги наукової етики.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. В ході ознайомлення з матеріалами дисертаційного дослідження виникли деякі питання та зауваження:

1. У п.2.1 «Аналіз факторів впливу при неруйнівному ультразвуковому контролі з використанням ММП» наведено лише текстовий опис перелічених факторів впливу. Для повноти аналізу факторів впливу бажано було би навести рівняння вимірювального перетворення, з якого можна визначити ступінь впливу кожного з факторів.

2. У третьому розділі, присвяченому програмній реалізації в середовищі LabVIEW, бракує детального аналізу розроблених алгоритмів фільтрації, що є важливим для оцінювання можливості роботи системи у високошвидкісних автоматизованих лініях контролю.

3. У тексті дисертації зустрічаються окремі орфографічні помилки та описки (наприклад, «малоапературних» замість «малоапертурних», «розповсюджеггя» у змісті) тощо

Наведені зауваження жодним чином не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи та не зменшують її наукової цінності і практичного значення отриманих результатів.

Висновки щодо дисертаційної роботи. Дисертація Созонова Станіслава Вікторовича на тему «Удосконалення ультразвукового магнітострикційного методу контролю елементів енергетичного обладнання» є завершеною науковою працею, в якій розв'язано актуальне науково-прикладне завдання удосконалення ультразвукового контролю елементів енергетичного обладнання з використанням малоапертурних магнітострикційних перетворювачів. Одержані наукові положення, висновки та рекомендації характеризуються високим рівнем обґрунтованості, науковою новизною та мають істотне практичне значення для підвищення надійності та метрологічної точності систем неруйнівного контролю об'єктів енергетики. Дисертація відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Созонов Станіслав Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології».

Рецензент:

Старший науковий співробітник
відділу моніторингу і діагностики об’єктів
енергетики Інституту загальної
енергетики НАН України,
кандидат технічних наук, доцент Олександр ПОНОМАРЕНКО