

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації Созонова Станіслава Вікторовича
на тему «Удосконалення ультразвукового магнітострикційного методу
контролю елементів енергетичного обладнання»,
що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
за спеціальністю 175 – Інформаційно-вимірювальні технології**

Дисертаційну роботу Созонова Станіслава Вікторовича виконано у моніторингу і діагностики об'єктів енергетики Інституту загальної енергетики НАН України.

Наукові результати дисертації розглянуто на засіданні розширеного наукового семінару відділу моніторингу і діагностики об'єктів енергетики Інституту загальної енергетики НАН України (протокол № 9 від 24.06.2026).

Актуальність теми дослідження

Одним із перспективних напрямів розвитку ультразвукового неруйнівного контролю є дослідження магнітострикційних методів із застосуванням малоапертурних перетворювачів, а також розроблення на цій основі нових ефективних засобів діагностики та їх подальше впровадження у виробничу практику. Принципова відмінність цих методів від традиційних підходів, що базуються на використанні п'єзоелектричних перетворювачів, полягає в особливій технології застосування, яка не потребує спеціальної підготовки поверхні об'єктів контролю.

Пріоритетним напрямком подальших пошуків є створення методів та засобів контролю на базі саме малоапертурних перетворювачів. Використання малоапертурних магнітострикційних перетворювачів при проведенні ультразвукового контролю має ряд переваг, таких як можливість контролю об'єктів складної форми. Однак такі системи наразі мають порівняно низьку чутливість та недостатню енергетичну ефективність. Крім того, виникнення в об'єкті контролю великої кількості хвиль різних типів та значне різноманіття

видів дефектів створюють певні труднощі під час інтерпретації результатів. Це зумовлює необхідність проведення комплексних теоретичних і практичних досліджень, а також розроблення нових конструктивних та схемотехнічних рішень, спрямованих на вдосконалення практичних аспектів використання магнітострикційних ефектів у неруйнівному контролі.

Вагомий внесок в розроблення цього методу зробили вчені: В.П.Бабак, I.B. Богачев, Kim, Y. Y., & Kwon, Y. E, Chen, X., Cobb, A., Fisher, J., Vinogradov, S.; Se-Beom Oh, Yong-Moo Cheong, Deok-Hyun Lee and Kyung-Mo Kim, Ekreem, N.B., Olabi, A.G., Prescott, T., Hashmi M.S.J.

Мета та завдання дослідження

Метою дисертаційного дослідження є удосконалення ультразвукового магнітострикційного методу неруйнівного контролю за рахунок покращення метрологічних характеристик перетворювачів та опрацювання інформаційних сигналів.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі завдання:

1. Удосконалено математичну модель сигналів магнітострикційного перетворювача шляхом врахування геометричних розмірів електричних котушок для виявлення амплітудно-часових особливостей радіоімпульсних сигналів та підвищення точності вимірювання їх часових затримок у вимірювальному тракті;
2. Удосконалено метод оцінювання інформативних параметрів сигналів на основі дискретного перетворення Гільберта з урахуванням особливостей впливу магнітострикційного перетворення на форму імпульсу;
3. Удосконалено метод магнітострикційного неруйнівного контролю шляхом розвитку науково-практичних засад створення перетворювачів, впровадження методології опрацювання сигналів на основі дискретного перетворення Гільберта для розширення функціональних можливостей застосування;;

4. Розроблено апаратно-програмний модуль з реалізацією алгоритмів фільтрації, визначення інформаційних параметрів та архівації даних для автоматизації процесу діагностики;

5. Обґрунтовано конструктивні параметри магніострикційних перетворювачів, зокрема вибір матеріалу хвилеводу та конфігурацію обмотки котушок;

6. Удосконалено технологічні засади створення засобів магніострикційного контролю для стабілізації енергетичних характеристик та мінімізації втрат при формуванні імпульсів;

7. Проведено експериментальну перевірку ефективності магніострикційного методу контролю та здійснено порівняльний аналіз отриманих результатів із даними стандартизованих методів

Об'єкт дослідження – процес формування, поширення, перетворення сигналів та оцінювання їх інформаційних параметрів в магніострикційному методі неруйнівного контролю.

Предмет дослідження – апаратно-програмні засоби реалізації ультразвукового магніострикційного методу неруйнівного контролю

Наукова новизна отриманих результатів, що розроблені дисертантом особисто

У дисертаційній роботі Созонова Станіслава Вікторовича отримано нові науково обґрунтовані результати, які є рішенням науково-практичного завдання, що полягає в удосконаленні ультразвукового магніострикційного методу неруйнівного контролю шляхом покращення метрологічних характеристик перетворювачів та вдосконалення методів опрацювання інформаційних сигналів.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- отримала подальший розвиток математична модель сигналів магніострикційного перетворювача в частині врахування геометричних розмірів електричних котушок, що дозволило виявити амплітудно-часові

особливості радіоімпульсних сигналів та на цій основі підвищити точність вимірювання їх часових затримок при поширенні у вимірювальному тракті;

- дістав подальшого розвитку метод оцінювання інформативних параметрів сигналів амплітуди та затримки на основі дискретного перетворення Гільберта, встановлено особливість впливу кінцевих розмірів котушки ММП на форму ультразвукового сигналу, яке супроводжується деформацією обвідної та додатковою затримкою сигналу магнітострикційного перетворювача відносно сигналу збудження;

- дістав подальшого розвитку метод магнітострикційного неруйнівного контролю, що базується на вдосконаленні науково-практичних засад створення перетворювачів, впровадження методології визначення інформативних сигналів на основі дискретного перетворення Гільберта та застосуванні концепції віртуальних інструментів, це в сукупності розширило функціональні можливості та автоматизувало процес опрацювання вимірювальної інформації та прийняття рішень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Тематика та розділи цієї дисертаційної роботи входили до складу науково-дослідної роботи (№ 0123U100127) «Розвиток методів та засобів моніторингу стану довкілля об'єктів енергетики на базі бездротових сенсорних мереж» відповідно до тематичного плану науково-досліджень Інституту загальної енергетики НАН України.

Практична цінність отриманих результатів

Розроблено апаратно-програмний модуль у вигляді віртуального приладу, який включає алгоритм фільтрації, визначення інформаційних параметрів сигналу та архівації даних, що дає змогу автоматизувати процес збору і опрацювання даних та отримання результатів контролю.

Обґрунтовано конструктивні особливості малоапературних магнітострикційних перетворювачів, що дало змогу реалізувати режим

випромінювання та прийому ультразвукових коливань зі значним пригніченням шуму та збільшенням амплітуди корисного сигналу, що в сукупності підвищує відношення сигнал/шум.

Можливість використання ультразвукового магнітострикційного методу в задачах контролю зварних з'єднань елементів обладнання підтверджено шляхом зіставлення результатів експериментальних досліджень із такими, що отримані за допомогою стандартизованого радіографічного контролю згідно з ДСТУ EN ISO 17636-2:2014.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в ТОВ «НВФ ДІГНОСТИЧНІ ПРИЛАДИ» (акт від 02.02.26), ТОВ "САХАРА"(акт від 14.03.26), а також в навчальний процес кафедри інженерії енергосистем Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП України (акт від 20.01.26); кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (акт від 19.02.26).

Публікація результатів дисертації

Основні наукові результати, отримані в процесі виконання дисертаційного дослідження, оприлюднено в 12 наукових працях і апробовані на 5 міжнародних науково-практичних конференціях, що відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Серед яких 6 статей у закордонних і вітчизняних фахових виданнях, з яких 2 у виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus, 1 патент на винахід і 5 тез доповідей на міжнародних конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Бабак В.П., Богачев І.В., Декуша О.Л., Ковтун С.І., Куц Ю.В., Созонов С.В. (2025). Дослідження ультразвукового магнітострикційного методу ультразвукового контролю. Частина 1. Застосування магнітострикційних ефектів у системах вимірювання та неруйнівного контролю. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 3, с. 5-14.

- <https://doi.org/10.37434/tdnk2025.03.01> (фахове видання, категорія Б, ISSN 3041-2366)
2. Bohachev I., Kozyr O., Sozonov S. (2025). Reducing the influence of noise on the accuracy of ultrasonic pulse onset detection. *System Research in Energy*, 1 (81) <https://doi.org/10.15407/srenergy2025.01.085> (фахове видання, категорія Б, ISSN 2786-7102)
 3. Bohachev, I., Kozyr, O., Sozonov, S., Zaporozhets, A. (2025). Impulse Start Detection Algorithm to Automate Magnetostrictive Sensor Data Analysis for Quality Control Devices. In: Babak, V., Zaporozhets, A. (eds)/ In: *Systems, Decision and Control in Energy VII. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 595. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-90466-0_8 (Scopus, ISSN: 21984182)
 4. Ihor, B., Kozyr, O., Stanislav, S., Maryna, C. (2025). Virtual Device for Analysis of Measurement Data by Magnetostrictive Method. In: *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1659. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06832-3_20 (Scopus, ISSN: 23673370)
 5. Бабак В.П., Богачев І.В., Ковтун С.І., Созонов С.В., Хайдуrow В.В. Патент на винахід №129684, Україна, МПК (2022.01) G01H 11/04 (2006.01), G01H 5/00 (2006.01), G01N29/24 (2006.01), B06B1/08, G01N29/14 (2006.1) Малоапертурний магнітострикційний сенсор; заявл. 02.02.2023, опубл. 02.07.2025. Бюл. № 27/2025. (Патент на винахід)
 6. Bohachev I., Kovtun S., Kuts Y., Sozonov S., Khaidurov V. (2023). Enhanced phase method of signal detection for ultrasonic magnetostriction defectoscopy of power equipment. *System Research in Energy*, 2 (73), 72-82, <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.02.072> , (фахове видання, категорія Б, ISSN 2786-7102).
 7. Kovtun S., Bohachev I., Dekusha O., Kuts Y., Kozyr O., Sozonov S. (2025). Experimental research of the magnetostrictive method of ultrasonic nondestructive

testing. *International Journal NDT Days (NDT Days 2025)*, 8(2), 70-76.

(Закордонне фахове видання, ISSN: 2603-4018.)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Созонов С. В., Богачев І. В., Декуша О. Л., Куц Ю. В. Вдосконалення методу аналізу даних вимірювань примагнітострикційному неруйнівному контролю об'єктів енергетики. XXVI Міжнародна науково-практична конференція «Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті», м.Київ, 23 травня 2025р.
9. Созонов С. В., Ковтун С. В., Богачев І. В., Декуша О. Л., Куц Ю. В. Розвиток методу аналізу даних ультразвукового контролю на основі магнітострикційних ефектів. III Міжнародна науково-практична конференція «Цифрові технології в енергетиці і автоматичі», м. Київ, 06 червня 2025р.
10. Созонов С. В., Ковтун С. В., Богачев І. В., Декуша О. Л., Куц Ю. В. Дослідження магнітострикційного методу ультразвукового контролю, Міжнародний промисловий форум, м. Київ, 28 травня 2025р.
11. Богачев І.В., Козир О.В., Созонов С. В. (2024) Ультразвуковий контроль елементів енергетичного обладнання з використанням магнітострикційного ефекту. Збірка наукових праць “Теплова енергетика: шляхи реновації та розвитку” XX міжнародна науково-практична конференція, 159-162.
<http://www.ceti-nasu.org.ua/upload/iblock/a50/a5008dee54a49d3f206562a657d51f69.pdf>
12. Созонов С.В. (2023). Спосіб виявлення сигналів магнітострикційної дефектоскопії при контролі елементів енергетичного обладнання. Збірник праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 309-311 https://konfpbf.kpi.ua/new_imef_conf/wp-content/uploads/2025/01/Збірник-праць_EAIPП_2023_ПОЛЯ_v2.pdf

Особистий внесок здобувача

Дисертаційна робота є самостійно виконаним науковим дослідженням. Висновки та положення, викладені в роботі, отримані автором самостійно.

Основні наукові результати, отримані автором дисертації, наведено у наукових працях, поданих у списку публікацій.

У роботах, опублікованих у співавторстві, Созонову С.В. належить: удосконалення математичних моделей та алгоритмів опрацювання сигналів — розроблення уточненої моделі магнітострикційного перетворювача з урахуванням геометрії котушок, розробка алгоритмів детектування імпульсів та методів зниження впливу шумів на точність вимірювання затримок [2, 3, 6, 12];

розробка програмно-апаратних засобів та технологій контролю — обґрунтування структури та реалізація архітектури віртуального приладу для аналізу даних магнітострикційного контролю, розробка алгоритмів автоматизації діагностики в апаратно-програмних модулях [3, 4, 8];

удосконалення конструкцій магнітострикційних сенсорів — обґрунтування конструктивних параметрів та участь у створенні малоапертурного магнітострикційного сенсора з покращеними енергетичними характеристиками [1, 5];

проведення експериментальних досліджень та апробація методу — виконання експериментальних вимірювань, порівняльний аналіз результатів магнітострикційного методу з традиційними засобами УЗНК, верифікація ефективності розроблених засобів на об'єктах енергетики [7, 9, 10, 11].

Апробація результатів дисертації

Основні положення і результати дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на:

- XXVI Міжнародна науково-практична конференція «Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті» м. Київ, 23 травня 2025р.;
- III Міжнародна науково-практична конференція «Цифрові технології в енергетиці і автоматичі» м. Київ, 06 червня 2025р.;
- Міжнародний промисловий форум, м. Київ, 28 травня 2025р.;
- ТЕПЛОВА ЕНЕРГЕТИКА:ШЛЯХИ РЕНОВАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ XX Міжнародна науково-практична конференція м. Київ, 2024р.;

- XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні” 20-21 грудня 2023 р., м. Київ.

Відповідність принципам академічної доброчесності

Дисертаційна робота містить результати власних досліджень автора. Використання ідей, наукових результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У результаті обговорення представлених результатів дисертаційної роботи Созонова Станіслава Вікторовича «Удосконалення ультразвукового магнітострикційного методу контролю елементів енергетичного обладнання» можна вважати, що:

дисертаційна робота Созонова С.В. є кваліфікаційною науковою працею, виконаною ним особисто, в якій розв’язано науково-практичне завдання, що полягає в удосконаленні ультразвукового магнітострикційного методу неруйнівного контролю шляхом покращення метрологічних характеристик перетворювачів та вдосконалення методів опрацювання інформаційних сигналів. Основні положення та результати дослідження, викладені в тексті дисертації, отримано автором самостійно.

Дисертація Созонова С.В. містить наукову новизну, теоретичну й практичну цінність і відповідає вимогам пунктів 5–7 «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 від 12 січня 2022 року № 44. Фактів академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації у тексті дисертації та в опублікованих наукових працях не виявлено.

Созоновим С.В. за темою дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, з яких 7 висвітлюють основні наукові результати, і 5 наукових

праць засвідчують апробацію результатів на міжнародних наукових конференціях. Усі публікації відповідають вимогам пункту 8 вищезазначеного Порядку.

Рекомендувати дисертаційну роботу Созонова Станіслава Вікторовича «Удосконалення ультразвукового магнітострикційного методу контролю елементів енергетичного обладнання» до захисту з метою присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 175 – Інформаційно-вимірjuвальні технології.

Головуючий на засіданні розширеного семінару відділу моніторингу і діагностики об'єктів енергетики Інституту загальної енергетики НАН України

Заступник директора Інституту загальної енергетики НАН України з наукової роботи,
доктор технічних наук,
старший дослідник



 Світлана КОВТУН