

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Сазонов П.О.¹, Клименко С.В.²

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, аспірант, Україна

²Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,

к.т.н., доцент, Україна

Анотація. Ультразвуковий неруйнівний контроль (УЗК) є одним із найефективніших та найпоширеніших методів для виявлення внутрішніх дефектів у матеріалах і конструкціях різного призначення. УЗК застосовується для контролю якості складних технічних об'єктів (СТО), в тому числі й об'єктів підвищеної небезпеки, де навіть незначні дефекти можуть призвести до серйозних наслідків. Однак існуючі методи УЗК мають певні обмеження, зокрема, щодо точності оцінки дефектів. Це пов'язано з розбіжністю амплітуд сигналів, які відбиваються від різних відбивачів у контрольних зразках, що використовуються для налаштування апаратури. З метою підвищення точності проведених вимірювань були розроблені аналітичні моделі амплітуд сигналів від відбивачів. Ці моделі дозволяють удосконалити методологію УЗК, зокрема, завдяки впровадженню обґрунтованих поправок, що дозволяють усунути розбіжності амплітуд і покращити точність результатів контролю. Впровадження таких підходів сприяє підвищенню надійності та безпеки технічних об'єктів, а також зменшенню ризику виникнення аварійних ситуацій через непомічені дефекти.

Ключові слова: ультразвуковий контроль (УЗК), неруйнівний контроль (НК), складні технічні об'єкти (СТО), метод, зразок, сигнал, дефект, модель дефекту.

Складні технічні об'єкти – це багатокomпонентні системи, що поєднують високий рівень технологічної складності, інтеграцію різних механізмів та систем керування. До них належать інфраструктурні об'єкти, енергетичні установки, транспортні системи, а також авіаційна та космічна техніка. Їхня надійність і безпека залежать не лише від якості виготовлення окремих деталей, а й від ефективності взаємодії всіх компонентів, роботи систем моніторингу та управління. Застосування методів неруйнівного контролю постає єдиним засобом контролю якості елементів складних технічних об'єктів, який за визначенням здатний забезпечити належний рівень контролю, який не шкодить об'єкту контролю та не виводить його з ладу. Ультразвуковий неруйнівний контроль, завдяки перевагам у вигляді

відсутності шкоди оточуючому середовищу та оператору, швидкості проведення контролю, можливості протоколювання та автоматизації, можливості виявляти внутрішні дефекти, високої розподільчої здатності, можливості контролю малих та складних за формою об'єктів, все більшій доступності з розвитком технічного прогресу відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки складних технічних об'єктів (СТО). Він дозволяє виявляти потенційні дефекти на ранніх стадіях, запобігати аварійним ситуаціям і забезпечувати стабільну експлуатацію, здійснювати моніторинг розвитку дефектів у процесі експлуатації. Високотехнологічне виробництво потребує сучасних систем контролю, які гарантують високу якість продукції та довговічність інженерних конструкцій. Безпека інженерних об'єктів – це комплексний процес, що включає аналіз проектних рішень, контроль якості матеріалів, моніторинг стану конструкцій та застосування передових методів неруйнівного контролю. Наявність дефектів у матеріалах може призвести до значних економічних втрат та аварій. Особливу увагу приділяють критичним зонам, де можуть виникати тріщини, корозія або інші пошкодження, що впливають на міцність і стійкість конструкції [1-3].

Ультразвукові методи неруйнівного контролю дозволяють виявляти дефекти у внутрішній структурі матеріалів без їх руйнування, що робить ці методи незамінними у сучасному виробництві [1]. Завдяки швидкості проведення контролю, можливості автоматизації та електронного протоколювання результатів, ультразвукові методи контролю не лише виявляють приховані дефекти, а й дозволяють оцінити їхній розвиток у динаміці. Це дає змогу приймати вчасні інженерні рішення та запобігати небезпечним ситуаціям.

При застосуванні методів ультразвукового контролю найбільш розповсюдженими методами вимірювання розмірів дефектів є амплітудний метод та метод умовної протяжності. Амплітудний метод передбачає вимірювання розмірів дефекту на основі вимірювання амплітуди отриманого від дефекту сигналу. Метод умовної протяжності заснований на вимірюванні відстані, на яку переміщують п'єзоелектричний перетворювач за умов

наявності сигналу від дефекту певною амплітудою. Останній метод дає дуже неточні результати. Але й амплітудний метод можна назвати задовільним лише при застосуванні перетворювачів з фазованими апертурними решітками. Дійсно, при застосуванні ультразвукових дефектоскопів, які працюють з перетворювачами з фазованими апертурними решітками, наприклад з 16 п'єзоелементами на частоті 5 МГц, легко досягти границь похибки на рівні $\pm 0,1$ мм при вимірюванні дефекту розмірами від 2 до 6 мм діаметром на глибини від 20 до 100 мм у конструкційних сталях, алюмінії або пластику. Але ультразвукові дефектоскопи, які працюють з перетворювачами з фазованими апертурними решітками мають дуже розвинену логіку та наразі у кілька разів дорожчі ніж звичайні. Перетворювачі з фазованими апертурними решітками в десятки разів дорожче звичайних. І найголовніше - перетворювачі з фазованими апертурними решітками мають великий розмір і потребують у кілька разів більшу площу надійного акустичного контакту з об'єктом контролю. Всі ці недоліки обмежують використання у промисловості застосування ультразвукових дефектоскопів, які працюють з перетворювачами з фазованими апертурними решітками, не дивлячись на те що вони отримали дуже широке застосування у медицині. Мініатюрність об'єктів контролю у промисловості разом з ускладненим доступом до їх поверхні робить перспективи застосування ультразвукових дефектоскопів, які працюють з перетворювачами з фазованими апертурними решітками дуже обмеженими. Тому станом на зараз і у найближчій перспективі найчастіше застосовують і будуть застосовувати ультразвукові дефектоскопи зі звичайними сумісними або роздільно-сумісними п'єзоперетворювачами.

Проте при застосовуванні ультразвукових дефектоскопів зі звичайними сумісними або роздільно-сумісними п'єзоперетворювачами одним із основних недоліків амплітудного методу є розбіжності сигналів від ідентичних відбивачів навіть за високої точності виготовлення контрольних зразків [2]. Такі розбіжності можуть сягати 6 дБ і більше, що позначає похибку при вимірюванні розміру дефекту, яка сягає значень цього розміру. Застосування такої комбінації методів змушує виробників або «переребраковувати»

продукцію, що призводить до суттєвого підвищення її вартості, або миритися з нестабільною якістю продукції.

Висновки. Проведено аналіз сучасних методів ультразвукового неруйнівного контролю, типів імітаторів дефектів, які використовуються в калібрувальних і контрольних зразках: бокові свердлення, плоскодонні отвори, поверхневі пропили та умовно нескінченні поверхні.

На основі проведених досліджень аналітичних моделей амплітуд сигналів, запропоновано метод зменшення розбіжностей амплітуд сигналів від відбивачів у контрольних зразках УЗК за рахунок застосування поправок до фактичних амплітуд сигналів від цих відбивачів.

Застосування аналітичних моделей амплітуд сигналів та поправки до відтворюваної амплітуди сигналу від відбивача у контрольному зразку під час його калібрування значно підвищує ефективність УЗК.

ЛІТЕРАТУРА

1. ISO 9712:2021 Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel
2. ISO 5577:2017 Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Vocabulary
3. Josef Krautkrämer, Herbert Krautkrämer - Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Springer-Verlag, 2013, ISBN 3642529615 – 415-420 с.

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR ULTRASONIC NON-DESTRUCTIVE TESTING APPLICATION

Pavlo Sazonov , Svitlana Klymenko

Abstract. *Ultrasonic non-destructive testing (UT) is one of the most effective and widespread methods for detecting internal defects in materials and structures for various purposes. UT is used for quality control of complex technical objects (CTO), including high-risk objects, where even minor defects can lead to serious consequences. However, existing UT methods have certain limitations, in particular, regarding the accuracy of defect assessment. This is due to the discrepancy in the amplitudes of signals reflected from different reflectors in test blocks used for equipment adjustment. In order to increase the accuracy of the measurements, analytical models of the amplitudes of signals from reflectors were developed. These models allow improving the UT methodology, in particular, by introducing reasonable corrections that eliminate amplitude discrepancies and improve the accuracy of the UT results. The implementation*

of such approaches helps to increase the reliability and safety of technical facilities, as well as reduce the risk of emergencies due to unnoticed defects.

Keywords: *ultrasonic testing (UT), non-destructive testing (NDT), complex technical objects (CTO), method, test block, signal, defect, model of defect.*

REFERENCE

1. ISO 9712:2021 Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel
2. ISO 5577:2017 Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Vocabulary
3. Josef Krautkrämer, Herbert Krautkrämer - Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Springer-Verlag, 2013, ISBN 3642529615 – 415-420 c.