

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Романишина Ростислава Ігоровича

на тему «Розвиток ультразвукового методу діагностування пошкодженості металу на основі реєстрації зворотньо-розсіяного сигналу»,
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
зі спеціальності 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота присвячена актуальній тематиці – розробці методів і засобів експериментального оцінювання розсіяної пошкодженості конструкційних матеріалів в переддефектному стані на основі реєстрації зворотньо-розсіяного ультразвукового сигналу. Ультразвукові методи – найбільш поширені в неруйнівному контролі. Вони застосовуються, в першу чергу, для задач дефектоскопії виробів. Виникненню дефектів передують структурні зміни в матеріалі - виникнення пор, тріщин, їх розвиток, об'єднання аж до руйнування. Традиційними інформативними параметрами ультразвуку для діагностики матеріалів є швидкість поширення і загасання різних типів ультразвукових хвиль. Структурні зміни в матеріалі приводять до незначних змін швидкості поширення ультразвуку, які складають долі процента. Це вимагає прецизійного вимірювання швидкості ультразвуку, не гарантує належної. Крім того слід мати на увазі завади у вигляді «структурного шуму», вплив акустичного контакту. Водночас під час ультразвукової діагностики експлуатованих трубопроводів зауважено зростання в рази структурного шуму для пошкоджених ділянок. Тому природно вибрати для виявлення і оцінювання розсіяної пошкодженості в якості інформативного сигналу зворотньо-розсіяний ультразвуковий сигнал. Основною трудностю застосування цього сигналу для оцінювання розсіяної пошкодженості є вплив акустичного контакту. Тому практично всі лабораторні дослідження, зв'язані із зворотньо-розсіяним ультразвуковим сигналом, передбачали застосування іммерсійного методу для вводу-прийому ультразвуку в метал, що є нетехнологічним. Дисертант вирішив цю задачу - розробив метод обробки зворотньо-розсіяного сигналу на основі нормування зареєстрованого А-скану до «введеної» енергії, який дозволяє враховувати рівень зонduючого сигналу, вплив акустичного контакту,

підсилення приймального тракту, загасання вздовж шляху поширення сигналу і дозволяє отримати профіль перерізу зворотнього розсіювання вздовж шляху поширення сигналу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась у відповідності до науково-дослідних програм і тематичних планів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України. Дисертант впродовж 2004-2016 рр. був виконавцем ряду держбюджетних тем і проектів по програмі «Ресурс»: «Розробка ультразвукових методів визначення структурної неоднорідності матеріалів на основі реєстрації розсіяного сигналу», «Підвищення функціональних можливостей та розширення обсягів промислової перевірки на об'єктах АЕС портативного ультразвукового комп'ютерного томографа для оцінювання експлуатаційної деградації металу», «Розроблення інформаційних технологій підвищення просторової роздільної здатності ультразвукових методів визначення об'ємної неоднорідності стану металу» та ін.

Метою роботи є розробка методів та засобів оцінювання розсіяної пошкодженості в об'ємі конструкційних матеріалів на основі багатократної реєстрації і статистичної обробки зворотньо-розсіяного ультразвукового сигналу.

До основних **наукових результатів** роботи можна віднести наступні.

1. Дисертант запропонував новий підхід до оцінювання розсіяної пошкодженості матеріалів на основі багатократної реєстрації і статистичної обробки зворотньо-розсіяних сигналів. Встановлено, що із зростанням розсіяної пошкодженості зростає дисперсія зворотньо-розсіяного сигналу. Розроблено два підходи до оцінювання пошкодженості матеріалів. Один підхід базується на багатократній реєстрації зворотньо-розсіяних сигналів, обчисленні дисперсій, побудові гістограм розподілу дисперсій та оцінюванню на основі цього пошкодженості матеріалу. Інший підхід базується на томографічній реконструкції просторового розподілу перерізу зворотнього розсіювання, на основі чого оцінюється розсіяна пошкодженість.

2. Розроблено метод обробки зворотньо-розсіяного сигналу, який базується на нормуванні зареєстрованого сигналу у вигляді А-скану до «введеної» енергії, враховує рівень зондуючого сигналу, вплив акустичного контакту, підсилення

приймального тракту, загасання в процесі поширення сигналів і дозволяє отримати профіль перерізу зворотнього розсіювання вздовж шляху поширення сигналу. Профіль перерізу зворотнього розсіювання є набором сферичних проекцій для томографічної реконструкції розсіювальної здатності матеріалу.

3. Запропоновано безсітковий підхід до томографічної реконструкції за криволінійними проекціями і для об'єктів з криволінійними межами та розроблено метод томографічної реконструкції на основі перерізу зворотнього розсіювання, який є набором сферичних проекцій по радіусу. Метод апробований на складно структурованих об'єктах (зі зварними з'єднаннями). Реконструкція розсіювальної здатності металу зі зварним з'єднанням дозволяє оцінити якість зварного з'єднання (рівномірність вздовж шва і симетричність поперек шва) неруйнівним методом і на основі цього оптимізувати зварювальні технології.

4. Для оцінювання розсіяної пошкодженості в об'ємі матеріалу запропоновано параметр SNR, який розраховується за томографічними зображення розсіювальної здатності матеріалу. Із зростанням пошкодженості параметр SNR зменшується. Такий підхід добре корелює із зростанням розкиду характеристик матеріалу при пошкодженості.

5. Розроблено метод картографуванням адгезійної міцності покриття на основі сканування поверхні об'єкту контролю, ультразвукового зондування, реєстрації зворотньо-розсіяного сигналу, визначення місць відшарувань та пониженої адгезійної міцності.

6. Розроблений метод оцінювання розсіяної пошкодженості апробований на зразках з водневою пошкодженістю. Показано, що зі зростанням тиску наводнення зростає дисперсія зворотньо-розсіяного сигналу, а також її розкид при багатократній реєстрації. На основі сканування поверхні зразка, ультразвукового зондування і реєстрації зворотньо-розсіяних сигналів можна досліджувати нерівномірність наводнювання як по поверхні зразка, так і по товщині. У випадку деформації зразка шляхом розтягу і подальшого наводнювання зареєстроване значне зростання зворотньо-розсіяного сигналу у відповідності до деформації.

Практична цінність результатів забезпечується простотою реалізації, використанням стандартних прямих п'єзоперетворювачів та методик реєстрації А-сканів.

Розроблені технології реалізовані у вигляді алгоритмічно-програмного забезпечення ультразвукового комп'ютерного томографа UST5M апробовані в рамках впровадження результатів із зацікавленими організаціями, що свідчить про практичну цінність роботи.

Практичну цінність має ультразвукова технологія картографування адгезійної міцності багатошарового покриття, оцінювання пошкодженості по товщині трубопровода, а також визначення розміру включень в об'єктах контролю, про що свідчать акти впровадження результатів роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень та їх достовірність.

Отримані результати є обґрунтованими і достовірними. Достовірність отриманих результатів забезпечується строгою постановкою задач, коректністю їх розв'язання, експериментальною апробацією, узгодженням з окремими результатами, відомими з літератури в часткових випадках, а також із закономірностями еволюції металів в процесі деградації і зворотнім розсіюванням ультразвуку в деградованому металі.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях. За результатами дисертації в авторефераті представлено 18 наукових праць, серед яких 6 статей у виданнях, що входять до наукометричної бази даних Scopus та один патент на корисну модель.

Структура і зміст дисертації. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 206 стор., 88 рисунків та додатки на 5 стор., в яких приведені акти впровадження результатів роботи.

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, зв'язок з науковими програмами та темами, зокрема, з цільовою програмою "Ресурс", наведено загальну характеристику роботи, мету та основні завдання, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, відомості про особистий внесок, апробацію результатів роботи та публікації.

У **першому розділі** розглянуті сучасні концепції еволюції металу в процесі експлуатації, описані сучасні технічні засоби і методи ультразвукової

діагностики на основі реєстрації зворотньо-розсіяного сигналу, лабораторні дослідження пор, включень (оксидів, сульфідів), розміру зерна. В цьому розділі розглянуті моделі розсіюючого середовища, математичні підходи до опису процесу розсіювання ультразвуку. Запропоновано новий підхід до оцінювання розсіяної пошкодженості на основі сканування поверхні об'єкту контролю прямим п'єзоперетворювачем, ультразвукового зондування, реєстрації і обробки зворотньо-розсіяного сигналу, побудови просторового розподілу розсіювальної здатності і оцінювання розсіяної пошкодженості в об'ємі металу.

В другому розділі викладені результати моделювання та розробки методів обробки зворотньо-розсіяного сигналу. На основі аналізу акустичного тракту розроблена модель зареєстрованого сигналу і метод його обробки, який враховує рівень зондуючого сигналу, вплив акустичного контакту, загасання сигналу в процесі поширення. На основі проведених досліджень розроблені та експериментально апробовані ультразвукові технології картографування адгезійної міцності багат шарового покриття, оцінювання стану металу при різних статичних навантаженнях та наводненні.

Третій розділ присвячений розробці інформаційних технологій ультразвукової комп'ютерної томографії. Викладено безсітковий підхід до томографічної реконструкції для об'єктів з криволінійними межами та за криволінійними проекціями, метод томографічної реконструкції перерізу зворотнього розсіювання ультразвуку на основі реєстрації зворотньо-розсіяного сигналу та підхід до оцінювання пошкодженості матеріалу на основі неупорядкованості томографічних зображень перерізу зворотнього розсіювання.

В четвертому розділі описано розроблене алгоритмічно-програмне забезпечення ультразвукового комп'ютерного томографа UST5M, викладені результати експериментальної апробації розроблених ультразвукових томографічних технологій діагностики складно структурованих об'єктів (зі зварними з'єднаннями), пошкодженості сталей в об'ємі товстостінних трубопроводів на основі томографічних зображень просторового розподілу розсіювальної здатності структури металу.

У загальних висновках представлені основні результати роботи.

Зміст автореферату та основних положень дисертації є ідентичними.

Проте є низка зауважень по дисертації та автореферату, зокрема:

1. Дисертант запропонував новий метод усунення впливу акустичного контакту і загасання сигналу в процесі поширення на основі нормування до «введеної» енергії (розділ 2). Варто було би порівняти точність та похибку запропонованого методу із відомими.

2. Бажано уточнити яка ширина робочої ділянки досліджених зразків (рис. 2.13).

5. Не до кінця зрозуміло, як автор отримує параметр розсіяної пошкодженості (наприклад відносну зміну площі із-за виникнення пор – по Работнову - Качанову) на основі перерізу зворотнього розсіювання. А також бажано записати умову граничної пошкодженості для введеного параметру (формула 3.24).

4. В роботі запропоновано метод оцінювання адгезійної міцності багат шарового покриття (ст. 98 – 105). Яким чином метод враховує товщину покриття, чи необхідно мати еталонний зразок для тарування, щоб перевірити достовірність одержаних результатів?

5. Дисертант ввів новий параметр для оцінювання розсіяної пошкодженості за невпорядкованістю томографічних зображень розсіювальної здатності. Проте бажано уточнити що автор розуміє під розсіяною пошкодженістю і коли вона стає локалізовано та чи буде працювати метод за умови часткової коалесценції розпорошених дефектів.

6. В дисертації є численні недоліки оформлення:

- сторінки вказані в змісті не завжди відповідають розділам дисертації;
- обсяг оглядового розділу є дещо завищений (займає 51 сторінку із 206);
- розмірності величин на стор. 35, 36, 42, 88, 101, 122, 131, 132, 136 та 181 подані з відхиленням від чинних норм;
- на ст. 70 термін «добра відповідність» чисельно не предствалено;
- опис рис. 2.7. є неповним;
- термін «кондиційний зразок» на ст. 84 є нетиповим;
- на рис. 2.10 не позначено аналізований параметр;
- відсутня розмірність габаритів виробу із зварним з'єднанням на стор. 116 та товстолистового виробу ст. 121;

- огляд статистичних підходів поданий на стор. 139-141 бажано було б розмістити в розділі 1;
- на рис. 4.2. не вказано розмірності осей та аналізованого параметру;
- опис параметра SNR на ст. 178 не відповідає рис. 4.21.

Загальні висновки: Не зважаючи на виявлені зауваження робота справляє позитивне враження. Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що дисертаційна робота Романишина Ростислава Ігоровича «Розвиток ультразвукового методу діагностування пошкодженості металу на основі реєстрації зворотньо-розсіяного сигналу» є завершеною науковою працею, в якій отримані нові, науково обґрунтовані та практично важливі результати в галузі діагностики матеріалів та конструкцій, що вирішують науково-технічну задачу оцінювання розсіяної пошкодженості металу в переддефектному стані неруйнівними методами.

Основні результати дисертації відповідають вимогам паспорту наукової спеціальності 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій. Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо кандидатських дисертацій, а її автор Романишин Ростислав Ігорович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

доцент кафедри технології і обладнання
зварювального виробництва
Тернопільського національного технічного
університету імені І. Пулюя,
кандидат технічних наук, доцент


І.Б. Окіпний

Підпис Окіпного І.Б. засвідчую:

Ректор ТНТУ імені І. Пулюя

Ясній П.В.

