

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мельник Наталії Петрівни

“Розвиток методу магнетопружної акустичної емісії для діагностування стану тривалоексплуатованих феромагнетних елементів конструкцій”, подану на

здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю

05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій

Актуальність теми. Проблема технічного діагностування стану тривалоексплуатованих виробів і металевих конструкцій, зокрема обладнання теплоелектростанцій, трубопровідного транспорту, машинобудування, які вичерпали свій проектний ресурс і потребують заміни, стає дедалі актуальнішою для усунення ризиків раптового руйнування та забезпечення їхньої безаварійної роботи.

З метою виявлення та запобігання пошкоджень застосовують руйнівні та неруйнівні методи контролю, з поміж яких для проведення діагностування елементів конструкцій та виробів, виготовлених з феромагнетних матеріалів, вигідно вирізняється метод магнетопружної акустичної емісії (МАЕ). Він поєднує два фізичні принципи: перемагнетнення зовнішнім магнетним полем і реєстрацію пружних хвиль, які виникають під час стрибкоподібного переміщення 90° -них доменних стінок у феромагнетиках. Переваги цього методу полягають у відсутності потреби прикладання додаткового навантаження, а також необхідності зупинки роботи чи зміни робочого режиму елемента, який підлягає контролю.

Тому аналіз механізму генерування сигналу МАЕ, вибір, обґрунтування його статистичної моделі та створення на цій основі нової методики діагностування стану феромагнетних елементів конструкцій є актуальною науково-технічною задачею, на розв’язання якої і спрямована дисертаційна робота Мельник Н. П.

За науковим спрямуванням дослідження за темою дисертації виконувалися в держбюджетних наукових темах відділу акустичних методів технічної діагностики Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України в 2013–2019 роках.

Загальна характеристика роботи. Дисертаційна робота містить анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел (295 найменувань) і три додатки. Загальний обсяг дисертації складає 200 сторінок, а основний текст – 131 сторінку. Робота також містить 64 рисунки та 6 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми досліджень, визначено їхню мету та задачі, показано зв’язок із науковими програмами, планами, темами, висвітлено наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів. Визначено особистий внесок здобувача в публікаціях та рівень апробації результатів дисертації.

У **першому розділі** проведено огляд сучасних методів діагностування стану тривалоексплуатованих елементів конструкцій, які виготовлені з феромагнетних матеріалів, проаналізовано проблеми оцінки їхнього стану, розкрито руйнівний вплив природніх умов, дії робочого середовища, механічних чинників тощо.

Відзначено особливості методу МАЕ, як перспективного методу неруйнівного контролю для проведення діагностування стану таких об'єктів. На основі проведеного аналізу сформульовано основні завдання, які необхідно було розв'язати під час виконання дисертаційної роботи.

У **другому розділі** проаналізовано механізм генерування сигналу МАЕ, що дало змогу встановити взаємозв'язок між його параметрами, параметрами стрибка 90°-ної доменної стінки та характеристиками досліджуваного феромагнетного матеріалу, виокремити характерні ознаки МАЕ: випадковість появи в часі окремих подій (стрибків доменних стінок); обмеженість у часі; випадковість розміру стрибка.

У **третьому розділі** розвинуто модель сигналу МАЕ у статистичній моделі випадкового імпульсного потоку. Виокремлені імпульсні, часові та спектральні характеристики імпульсного сигналу на виході первинного п'єзоелектричного перетворювача. Запропоновано та обґрунтовано інформативні параметри сигналу МАЕ, алгоритми їхнього оцінювання та здійснено експериментальну верифікацію. Виявлено високу чутливість цих параметрів до структурних змін феромагнетного матеріалу, впливу фізико-хімічних і механічних чинників, параметрів перемагнечувального поля.

Грунтуючись на результатах проведених досліджень, зроблено висновок, що для забезпечення порівнювальності результатів діагностування об'єктів з феромагнетних матеріалів методом МАЕ необхідно забезпечити постійність значення амплітуди струму перемагнечення чи індукції перемагнечувального поля та їхню незалежність від умов перемагнечення. З цією метою розроблено систему автоматичної стабілізації амплітуди струму перемагнечення та автоматичної стабілізації амплітуди індукції поля перемагнечення.

Четвертий розділ дисертації присвячений розробленню методики діагностування напруженого стану феромагнетних матеріалів на основі запропонованих інформативних параметрів сигналу МАЕ. Крім того, здійснено її експериментальну апробацію на тривалоексплуатованих трубних сталях, що дало можливість виявляти зони залишкових напружень і на практиці забезпечити похибку діагностування не більше 11%.

Основні наукові результати роботи та їхня новизна. До нових наукових результатів, отриманих в роботі, можна віднести:

- аналіз механізму генерування МАЕ, що дало змогу пов'язати параметри сигналу з характеристиками досліджуваного феромагнетного матеріалу та виокремити його характерні ознаки: випадковість появи у часі окремих подій; обмеженість у часі; випадковість амплітуди;

- розвиток імпульсної моделі зареєстрованого сигналу на основі аналізу механізму генерування МАЕ, яка враховує його характерні ознаки і дає змогу додатково використовувати статистичні характеристики;

- обґрунтування інформативних параметрів сигналу МАЕ та алгоритми їхнього оцінювання, на підставі чого вперше встановлено, що амплітуда імпульсів сигналу МАЕ розподілена за експоненційним законом. Це дозволяє використати його параметр як інформативний при діагностуванні феромагнетних об'єктів;

- встановлено вплив умов перемагнечення на зміну параметрів сигналів

МАЕ. Це дало змогу розробити структури засобів та алгоритми стабілізації амплітуди струму перемагнення та індукції перемагнечувального поля, що оптимізує процедуру реєстрації сигналу та забезпечує порівнюваність результатів діагностування;

- розроблено нову прикладну методіку діагностування напруженого стану феромагнетних матеріалів за параметром загасання експоненційного закону розподілу амплітуд сигналу МАЕ та здійснено її експериментальну апробацію на тривалоексплуатованих трубних сталях, що дозволяє точніше оцінювати залишкові напруження в елементі конструкцій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Для вирішення поставлених у дисертаційній роботі задач використано такі методи досліджень: деякі факти теорії магнетизму та числові методи розв'язування диференціальних рівнянь для аналізу механізму генерування магнетопружної акустичної емісії, методи теорії ймовірностей та випадкових процесів – для побудови математичної моделі сигналів у вигляді випадкового імпульсного потоку; математичної статистики – для отримання оцінок інформативних параметрів сигналів та аналізу їхньої достовірності; металографічного аналізу структури – для дослідження мікроструктури феромагнетика, технічної діагностики для розроблення методіки діагностування стану феромагнетного матеріалу, що забезпечує обґрунтованість і вірогідність наукових положень і висновків дисертації.

Повнота відображення результатів дисертації в фахових виданнях. За матеріалами дисертації опубліковано один стандарт організації України, 26 статей у фахових журналах, збірниках наукових праць і матеріалах конференцій. Серед них 3 публікації у виданнях, що входять в наукометричну базу Scopus та 7 у фахових виданнях України. За матеріалами дисертації зроблено доповіді на 18 міжнародних та вітчизняних наукових конференціях і симпозіумах.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертації.

1. В роботі розглядається вплив фізико-хімічних та механічних властивостей феромагнетних магнетом'яких матеріалів на параметри магнетопружної акустичної емісії (різний відсотковий вміст вуглецю у матеріалі, термічна обробка, дія корозійно-агресивного та воденьвмісного середовища, напружений стан). Вплив кожного чинника аналізується окремо. Цікаво було б дослідити одночасний вплив декількох цих чинників на параметри магнетопружної акустичної емісії.

2. При проведенні експериментальних досліджень не аргументовано вибір частоти перемагнення 9 Гц.

3. У роботі не порівняно ефективність запропонованої прикладної методіки оцінювання напруженого стану феромагнетних матеріалів із іншими відомими методиками.

4. У роботі містяться деякі термінологічні хиби, зокрема «застосування навантаження» замість «прикладання навантаження» (ст. 20, 23), «непередбачуваного руйнування» замість «передчасного руйнування» (ст. 29).

5. У роботі є мовні огріхи та русизми, зокрема вживаються слова «їх» замість «їхні» (ст. 26,27,28, 29 та ін.), «гарантується» замість «забезпечується» (ст. 27),

«включає» замість «містить» (ст. 27), «наведено» замість «подано» (ст. 32, 35), «зазначених» замість «цих» (ст. 33), «строк» замість «термін» (ст. 28), «приділяється» замість «надається» (ст. 28), «в кінцевому випадку» замість «насамкінець» (ст. 28), «привести» замість «призвести» (ст. 30, 36), «скорочується час» замість «зменшується час» (ст. 30), «при дії» замість «за дії» (ст. 30), «плавки» замість «виплавляння» (ст. 31), «в цілому» замість «загалом» (ст. 32), «базується» замість «ґрунтується» (ст. 34), «відносять» замість «належить» (ст. 34), «судять про» замість «оцінюють» (ст. 36), «націлені» замість «спрямовані» (ст. 36), «викличе» замість «спричинить» (ст. 40).

Подані зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальні висновки. Дисертаційна робота Мельник Н. П. з урахуванням актуальності вирішених у роботі завдань, наукової новизни отриманих результатів і можливості їхнього практичного використання є закінченим науковим дослідженням, що містить раніше не захищені наукові факти та практичні результати у галузі діагностики матеріалів і конструкцій.

Наукові результати роботи пройшли належну апробацію. Вони достатньо повно опубліковані у фахових виданнях. Кількість публікацій відповідає вимогам до кандидатських дисертацій.

За змістом, обсягом та структурою дисертаційна робота Мельник Н. П. “Розвиток методу магнетопружної акустичної емісії для діагностування стану тривалоексплуатованих феромагнетних елементів конструкцій”, яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, відповідає вимогам ДАК МОН України і відповідає паспорту спеціальності 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій, а її автор Мельник Наталія Петрівна цілком заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:
доцент кафедри екологічної безпеки
та природоохоронної діяльності
Національного університету
“Львівська політехніка”,
кандидат технічних наук, доцент

О.Н. Кузь

