

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мокрого Олега Мирославовича

«Методологічні засади діагностування матеріалів і елементів конструкцій за розподілом швидкості поверхневих акустичних хвиль»
зі спеціальності 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій

1. Актуальність. Збільшення швидкодії та точності діагностичних систем зумовлюють необхідність розроблення нових інноваційних підходів до контролю накопичення дефектів у матеріалах. Це насамперед стосується оцінювання стану їх поверхні, які є фактично «сенсором» стану внутрішніх шарів, оскільки зерна поверхневого шару мають можливість деформуватися за мінімальної закачаної в матеріал енергії.

Встановлення взаємозв'язків між значеннями переміщень і деформацій поверхні, локальними змінами просторового розподілу її мікрорельєфу, оціненими за зміною швидкості поверхневих (релеєвських) акустичних хвиль (ПАХ) з одного боку, та параметрами і критеріями деформування та руйнування конструкційних матеріалів з – іншого, має важливе значення для прогнозування конструкційної міцності і ресурсу різноманітних виробів та елементів конструкцій. Особливо актуальними є застосування таких підходів до транспортних систем (авіаційного, залізничного, трубопровідного транспорту) та ємностей, що експлуатуються під тиском.

Тому дисертаційна робота *Мокрого О.М.*, в якій запропоновано низку методів і технологій які забезпечують можливість визначення розподілу швидкості ПАХ на поверхні матеріалів і конструкцій та діагностувати їх технічний стан, є актуальною.

Метою роботи є розв'язання науково-технічної проблеми технічної діагностики – створення завадостійких методів, з високою роздільною здатністю для визначення розподілу швидкості ПАХ в об'єктах контролю і кількісного оцінювання їх стану, а також виявлення критично деградованих ділянок матеріалу.

Для досягнення мети дисертантом запропоновано низку нових наукових рішень, зокрема, розроблено:

- методики прийому акустичних хвиль з метою підвищення їх завадостійкості до фонових вібрацій і дрейфів;
- методики визначення швидкості ПАХ з високою роздільною здатністю із використанням лазерних методів відображення акустичних полів;

- методики зменшення впливу температурно-просторових чинників на вимірювання швидкості акустичних хвиль (температурної нестабільності первинного перетворювача, а також форми поверхні об'єкту контролю);

- методики визначення розподілу швидкості ПАХ зі змінним кроком вимірювання, за яких похибка вимірювання швидкості, переважно, визначається похибкою визначення часу проходження акустичної хвилі, а відповідний вплив похибки вимірювання зміщення перетворювача є незначним;

- запропоновано спосіб вибору кроку вимірювань для об'єктів контролю із неоднорідним розподілом властивостей та методику його реалізації на основі характеристик досліджуваного об'єкта і параметрів вимірювальної системи;

- методики вимірювання швидкості акустичних хвиль в об'єкті контролю до виробничих умов його експлуатування.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана у рамках низки бюджетних наукових тем, в яких дисертант був виконавцем, або керівником. Ці теми безпосередньо стосуються об'єкту та предмету досліджень дисертанта.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна.

Основні результати і загальні висновки дисертації одержано на основі фізичних експериментів, в яких з допомогою розроблених методів оцінювали розподіл швидкості ПАХ у матеріалах, підданих пластичній деформації та наводнюванню. Основні положення дисертації висновки і рекомендації обґрунтовано із залученням математичних методів теорії імовірності, статистичних методів обробки й аналізу результатів експериментальних досліджень.

4. Найважливішим науковим результатом роботи вважаю новий метод визначення швидкості акустичних хвиль на основі використання неперервного опорного сигналу з частотою збудження акустичної хвилі та порівняння часу її проходження в досліджуваному об'єкті контролю та зразку. Він дає змогу використовувати неспеціалізовані стандартні вимірювальні прилади для визначення часу затримки проходження акустичного сигналу.

5. Важливим науковим результатом є методи зменшення похибок визначення швидкості поверхневих акустичних хвиль, спричинених зміною температури перетворювача, а також наявністю заглибин на поверхні об'єкту

контролю. Запропоновано рекомендації, які дозволяють уникнути/мінімізувати вплив таких похибок.

6. Значимість для науки результатів, отриманих автором.

Створено нові методи визначення швидкості ПАХ, у яких високу точність поєднано з високою роздільною здатністю, а також методики оптимізації точності та розділення для максимально повного відображення властивостей матеріалу, і збагачують теорію та методологію діагностики матеріалів та конструкцій.

7. Значимість для практики результатів, одержаних автором.

Практична значимість результатів роботи полягає у створенні нових методів автоматизованого діагностування стану поверхонь матеріалів та конструкцій, які забезпечують визначення розподілу швидкості ПАХ в об'єктах контролю для оцінювання їх реального стану.

Наукові та практичні результати виконаних досліджень використані в промисловості, зокрема у виробничому структурному підрозділі «Локомотивне депо Львів-Захід» регіональної філії «Львівська залізниця» для оцінювання стану резервуарів електровозів та рам візків локомотивів та інших промислових підприємствах.

9. Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційної роботи в повному обсязі висвітлено в опублікованих наукових працях автора та апробовано на численних міжнародних науково-технічних конференціях. Зміст автореферату і опублікованих наукових робіт повністю розкривають суть роботи, висновки і рекомендації є важливими для науки і інженерної практики. Матеріал викладено логічно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену мету. Запозичень та плагіату немає.

9. Мова та стиль дисертації.

Дисертація написана на достатньо високому науково-методологічному рівні, легко сприймається. В матеріалах докторської дисертації автор не використовував матеріали своєї кандидатської дисертації. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.02.10 – Діагностика матеріалів і конструкцій.

10. Зауваження до дисертації.

Є низка зауважень по *автореферату та дисертаційній роботі*, зокрема:

1. З автореферату та з дисертації не зрозуміло чи робота проходила апробацію в цілому, на наукових семінарах, інформацію про це не подано.
2. Автором, у 2 та 3 розділах запропоновано кілька нових методів

реєстрації акустичних хвиль та зменшення впливу температури перетворювача та нерівностей поверхні об'єкту контролю (у лабораторних та промислових умовах) на визначення швидкості ПАХ, слід було б оцінити як пропоновані заходи впливають на точність та достовірність оцінювання технічного стану конструкції? Це б дозволило окреслити межі їх застосування та показало б місце пропонованих автором підходів у середовищі відомих.

3. Для акустичних методів діагностики важливим є стан поверхні об'єкту контролю, проте в дисертаційній роботі не вказано, яка необхідна якість обробки поверхні для вимірювань швидкості з допомогою безконтактних лазерних методів, а також з використанням контактних п'єзоелектричних перетворювачів.

4. В розділі 3 розглянуто питання систематичних та сумарних похибок. Проте було б доцільно дізнатись значення абсолютної та відносної похибок методу? Як знизити похибки вимірювань під час застосування методу? Як визначити його точність для різних матеріалів, в околі зварних швів, тощо?

5. Не до кінця зрозумілі деякі фізико-механічні передумови та аспекти застосування ПАХ:

- чи можна застосовувати цей метод для оцінювання поточного стану конструкцій (магістральних газопроводів, посудин, що працюють під тиском, металоконструкцій), за відсутності даних про початковий стан металу?

- відомо, що металоконструкції можуть мати значні градієнти поверхневої структури та механічних властивостей, оскільки виготовлені з прокату різних партій. Що у такому випадку є «непошкодженим матеріалом», для даного методу?

6. В розділі 5 «Дослідження стану матеріалу...» автором докладно обґрунтовано застосування ПАХ для оцінювання пошкодженості, проте слід уточнити:

- чи можна за даними ПАХ оцінити стан матеріалу, з урахуванням стадійності накопичення пошкоджень, наприклад, стан передруйнування, щоб запобігти непрогнозованому руйнуванню конструкції? Як враховувати зміну напружено-деформованого стану конструкцій за наявності галтелей, виточок та інших локальних концентраторів напружень?

- чи можна метод використовувати лише для дефектоскопії чи і для дефектометрії? Що є еталоном для перевірки дієвості пропонованого підходу? Що є «граничним станом матеріалу» для даного методу? Чи буде дієвим метод за наявності коротких та довгих тріщин?

7. Відомо, що в матеріалах тривало експлуатованих конструкцій можуть відбуватися не лише типові, а й особливі структурно-механічні перетворення, наприклад, за динамічних незрівноважених процесів. Крім того відомо, що певні види навантаження (наприклад втома, повзучість) передбачають накопичення пошкоджень на мікрорівні, коли немає поліморфних перетворень, а відбувається зміна дислокаційної структури в межах зерен та їх конгломератів, тому слід уточнити, як оцінити межу чутливості методу за різних типів навантаження?

Висновок

Дисертаційна робота «Методологічні засади діагностування матеріалів і елементів конструкцій за розподілом швидкості поверхневих акустичних хвиль», є завершеною науковою працею, в якій розв'язано важливу наукову проблему - створення завадостійких методів, що відрізняються від існуючих високою та адаптованою до характеристик об'єкту контролю роздільною здатністю та засобів визначення розподілу швидкості поверхневих акустичних хвиль в тривало експлуатованих конструкціях, для кількісного оцінювання їх стану, а також виявлення критично деградованих ділянок.

Дисертаційна робота *Мокрого Олега Мирославовича* за актуальністю проблеми і науковим рівнем вирішення основних завдань відповідає чинним вимогам що ставляться до докторських дисертацій, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.02.10 – Діагностика матеріалів і конструкцій.

Офіційний опонент,
Проректор з наукової роботи
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя,
доктор технічних наук, професор



П.О. Марущак

Підпис **Марущака П.О.** засвідчую:
Учений секретар ГНТУ імені Івана Пулюя

Г.М. Крамар

