

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 620.179.16

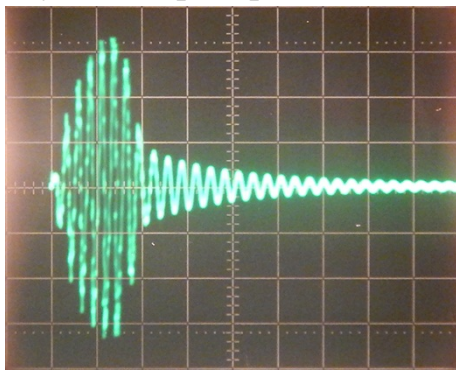
СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕРТВОЙ ЗОНЫ ПРИ КОНТРОЛЕ
МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ С ТОЛСТЫМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ
ПОКРЫТИЯМИ ЭМА МЕТОДОМ

Сучков Г.М., Десятниченко А.В.

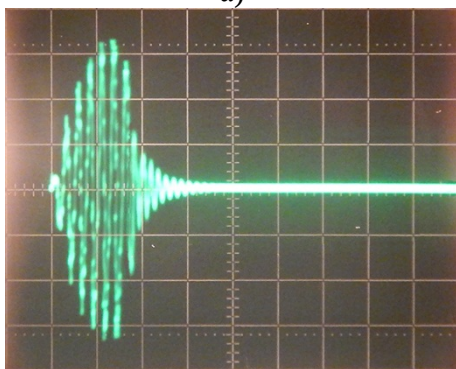
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина*

E-mail: o.desyatnichenko@gmail.com

При контроле ЭМА методом металлоизделий с толстыми диэлектрическими покрытиями, при большом зазоре между датчиком и объектом контроля, часто имеют место влияния резонансных свойств датчика. Это связано с тем, что катушка преобразователя, элементы согласования и выходная обмотка



а)



б)

Рис. 1. Сигнал на датчике при зазоре 10 мм без использования (а) и с использованием (б) активного подавления; развертка по горизонтали 2 мкс/дел, по вертикали 500 В/дел.

Минимальная длина зондирующей последовательности определяется

трансформатора усилителя зондирующего сигнала образуют резонансный контур, добротность которого возрастает с увеличением зазора. Повышение добротности положительно сказывается на амплитуде сигнала, однако имеет некоторые отрицательные моменты. В первую очередь это плавное нарастание амплитуды сигнала, что вынуждает использовать длинные зондирующие последовательности для достижения на передающей обмотке датчика амплитуды необходимого уровня (рис 1 а). Помимо влияния на скорость нарастания, резонансные свойства датчика также влияют на скорость затухания свободных колебаний, которые наблюдаются по окончании зондирующей последовательности. Такое «удлинение» зондирующей последовательности негативно сказывается на точности измерений и ограничивает минимальную контролируемую толщину. Очевидно, что для снижения мертвой зоны следует снижать обе ее составляющие – длительность зондирующей последовательности и длительность свободных колебаний.

требованиями по уровню амплитуды на датчике, поэтому следует снижать влияния свободных колебаний. Для этого было предложено использовать блок активного подавления, суть работы которо заключается в электронном подавлении накапливаемой в датчике энергии по окончании зондирующей последовательности. Результат работы этого блока показан на рис. 1 б.

Ключевые слова: ЭМА преобразователь, мертвая зона, блок подавления.

УДК 620.179.14

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЕМКОСТНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

¹⁾Петрищев О.Н., ²⁾Ноздрачева Е.Л., ²⁾Сучков Г. М., ²⁾Куличенко В.В.

¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина, ²⁾Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

E-mail: suchkov_gm@mail.ru, nozdrachova_katy@mail.ru, petrishev@ukr.net,
Kulichenko.Viacheslav@gmail.com

В настоящее время, исследования в направлении бесконтактного ультразвукового неразрушающего контроля ведутся достаточно давно [1], но емкостной способ не нашел широкого применения. По нашему мнению такое положение обусловлено недостаточностью как теоретических, так и экспериментальных исследований ЕС.

Получены экспериментальные зависимости, качественно подтверждающие теоретические исследования [2], которые показали, что основным влияющим фактором, определяющим возбуждаемое ультразвуковое поле, является плотность зарядов в поверхностном слое металла (а, следовательно, мощность и диаграмму направленности возбуждаемого ультразвукового поля). Также установлено, что основными факторами возбуждения являются не только поляризующее напряжение; емкость преобразователя (диэлектрическая проницаемость); размер преобразователя; величина зазора между преобразователем и изделием, но и размеры и геометрия электрода емкостного преобразователя (ЕП).

Авторами было теоретически и экспериментально показано, что плотность зарядов на поверхности электропроводного материала под электродом ЕП небольшого диаметра, определяющая напряжения в поверхностном слое металла, не является постоянной величиной и распределяются неравномерно, концентрируясь ближе к его кромке. При уменьшении диаметра ЕП распределение зарядов в поверхностном слое металла становится более неравномерным (в относительных размерах).

Для выполнения исследований влияния геометрических параметров ЕП на возбуждение и прием ультразвуковых импульсов был разработан стенд и изготовлены новые блоки стенда: генератор коротких высоковольтных

однополярних імпульсов; широкополосний малошумящий предварительный усилитель; малоразмерный частично демпфированный приемный пьезопреобразователь.

Литература

1. Буденков Г.А., Гуревич С.Ю. Современное состояние бесконтактных методов и средств ультразвукового контроля. Обзор // Дефектоскопия. – 1983. – №5. – С. 5–33
2. О возбуждении ультразвуковых волн в металлах емкостным преобразователем. Часть 1/ Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Ноздрачева Е.Л., Романюк М.И. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – Киев. – 2015 – № 1.

Ключевые слова: емкостной метод, электрическое поле, ультразвуковой контроль.

УДК 519.24

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ФАЗОМАНІПУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ В ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ТРАКТАХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ТОВЩИНОМІРІВ

¹⁾Ю.В. Куц, ¹⁾О.В. Монченко, ²⁾Ю.А. Олійник, ³⁾Р.М.Галаган

¹⁾Національний авіаційний університет, , м. Київ, Україна, ²⁾ НДТ Системз енд Сервісез Україна, , м. Київ, Україна, ³⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

E-mail: monchenko_olena@ukr.net, oliylik.y@gmail.com, psnk@kpi.ua

Для визначення товщини об'єкта контролю (ОК) з високою точністю необхідно визначити часову затримку τ донного сигналу з мінімальними похибками. З урахуванням швидкості c проходження ультразвукової хвилі в двох напрямках між поверхнями ОК, товщина h останнього визначається виразом: $h = c\tau/2$.

Було запропоновано новий прецизійний спосіб вимірювання τ . Його суть полягає у формуванні акустичного зондуючого сигналу, введенні його в ОК, прийманні сигналу після його поширення в ОК, визначенні фазових характеристик (ФХ) зондуючого і відбитого сигналів, обчисленні товщини об'єкту за часом затримки сигналу та відомою швидкістю поширення сигналу, який відрізняється тим, що для формування акустичного зондуючого сигналу використовують фазоманіпульований радіоімпульсний сигнал, а затримка поширення сигналу вимірюється як різниця часових положень стрибків ФХ зондуючого та відбитого сигналів. Практична реалізація даного способу передбачає додаткові дослідження, спрямовані на аналіз особливостей поширення фазоманіпульованих сигналів в електроакустичних трактах ультразвукових товщиномірів.

Для уточнення меж практичної реалізації запропонованого способу було проведено перевірку здатності різних типів п'єзоелектричних перетворювачів (ПЕП) до передачі фазоманіпульованих сигналів. У складі експериментальної установки використовувались такі типи ПЕП: суміщений п'єзоелектричний

перетворювач з ЦТС-19, частота 5,0 МГц, діаметр п'єзопластини 24 мм (вузькосмуговий П211-5-П20 SN:41) та суміщений п'єзоелектричний перетворювач на базі композитної п'єзокераміки, частота 5,0 МГц, діаметр п'єзопластини 12,5 мм (широкосмуговий Panametrics C309-SU SN:7122891).

З проведених експериментальних досліджень можна зробити такі висновки: 1) можлива передача стрибків ФХ зондуючого сигналу після його поширення в електроакустичному тракті; 2) можливе використання вузькосмугових ПЕП для передачі/прийому фазоманіпульованих сигналів в електроакустичному тракті товщиноміра.

Ключові слова: ультразвукова товщинометрія, фазова характеристика сигналу, п'єзоелектричний перетворювач.

УДК 534.647 (043.2)

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ РОЗЛАДКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ РУХОМОГО СКЛАДУ

¹⁾ Єременко В.С., ¹⁾ Шегедін П.А., ²⁾Павленко Ж.А.

¹⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

E-mail: nau_307@ukr.net, psnk@kpi.ua

Зі збільшенням експлуатаційної швидкості існуючих об'єктів рухомого складу та впровадженням нових швидкісних потягів, перед випробувальними лабораторіями постає потреба зміни та адаптації до нових умов методів та засобів діагностики. Перш за все, необхідно здійснювати випробування тягово-рухомого складу (ТРС) у відповідності до міжнародних стандартів, якими регламентовано вимоги до процесу реєстрації первинних даних та подальшої обробки інформаційних сигналів. Однак не завжди існує можливість чітко визначити та врахувати всі необхідні умови для коректного розрахунку параметрів ТРС.

Важливим фактором при визначенні характеристик рухомого складу на основі інформаційних сигналів динамічних випробувань є якість отриманих даних, їх однорідність та відповідність чітко визначеним ділянкам колії та режимам руху досліджуваного об'єкту. Таким чином, постає потреба в здійсненні попередньої обробки вимірювальних даних для виявлення аномальної (стрибкоподібної) зміни властивостей сигналу – розладки. Авторами розроблено програмне забезпечення в середовищі LabVIEW, що реалізує пошук розладки алгоритмами Ш'юхарта, кумулятивних сум та алгоритмом, який базується на ранговому критерії перевірки однорідності – Лемана-Розенблата. Особливу увагу приділено останньому, адже саме алгоритм Лемана-Розенблата дозволяє автоматично розраховувати значення статистики та не потребує переналаштування алгоритму в залежності від вхідних даних, адже критерій не

вимагає оцінювання функції щільності розподілу ймовірностей досліджуваних вибірок або наявності апріорної інформації щодо неї.

Налаштування алгоритмів здійснено на програмно-синтезованих сигналах з заданими моментами розладки. Було відмічено, що для застосування алгоритмів Ш'юхарта та кумулятивних сум необхідно здійснювати попередню фільтрацію вхідних даних. В свою чергу алгоритм Лемана-Розенבלата краще працює на не фільтрованих даних, що зменшує часові затрати на обробку експериментальних даних.

Розроблене авторами програмне забезпечення обробки даних вібродіагностики тягово-рухомого складу дозволяє здійснювати аналіз даних випробувань ТРС на наявність розладки у вихідному сигналі, дозволяє відібрати для розрахунку діагностичних параметрів ТРС тільки реалізації, що відповідають вимогам стаціонарності процесу. Обробка даних із секцій з локальною стаціонарністю забезпечує точність і однозначність результату вібродіагностики залізничного транспорту.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, вібродіагностика, вимірювання, тягово-рухомий склад, розладка.

УДК 620.179.16

АКУСТИЧНИЙ НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ФАЗ ВИСОКОГО ТИСКУ ВУГЛЕЦЮ ТА НІТРИДУ БОРУ

¹⁾Безимянний Ю.Г., ²⁾Бужанська І.І., ²⁾Волкогон В.М., ²⁾Колесников А.М., ²⁾Аврамчук С.К.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна, ²⁾Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України,
м. Київ, Україна

E-mail: vmvolkogon@ipms.kiev.ua, semafor@ukr.net, bezimyni@i.com.ua,

При створенні нових матеріалів на основі сучасних порошкових технологій виникає необхідність відпрацювання особливостей технологічного процесу за допомогою методів неруйнівного контролю, серед яких акустичні методи є достатньо інформативними і дозволяють зіставляти різні варіанти нових матеріалів за критерієм пружності. При цьому забезпечення якісних результатів дослідження для матеріалів із складною структурою вимагає врахування її особливостей.

Композити на основі фаз високого тиску вуглецю та нітриду бору є перспективними матеріалами, які можуть бути ефективно застосовані в якості інструменту при обробці широкої гами як сталей і сплавів, так і нерудних матеріалів. Особливості їх структури полягають у тому, що в спеченому композиті спостерігаються фрагментовані прошарки як перехідна зона до деформованої області зерна алмазу. На рівні мікроструктури таких зразків є наявність зростків зерен в яких, а також в їх оточенні, ідентифікується вуглець. Наявність границь спряження та міжфазних прошарків свідчить про виникнення твердого розчину вуглецю в сфалеритному нітриді бору, що

забезпечує композиту твердість вище $H_v \approx 80 \text{ ГПа}$ та вказує на широкі можливості застосування в якості інструменту.

Дослідження проводили на зразках, отриманих в результаті спікання при різних температурах (1500-1800 °С) та тривалості під тиском 80 кбар нітриду бору й алмазного порошку динамічного та статичного синтезу з розмірами 4-10 та 40-150 нм. Зразки мали вигляд таблеток діаметром 7-9 та висотою 2,5-2,9 мм.

Визначення характеристик пружності (модуля Юнга, модуля зсуву, коефіцієнта Пуасона) проводили за результатами вимірювання швидкостей поширення поздовжніх та поперечних пружних хвиль, параметри збудження яких вибирали з урахуванням розмірів елементів структури та зразків. Досліджувані матеріали вважали квазіізотропними.

Аналіз результатів експерименту показав, що отримані характеристики пружності чутливі до складу матеріалу (алмаз динамічного чи статичного синтезу) та особливостей технологічного процесу (температури, тривалості спікання). Тому акустичні методи можуть бути ефективно використані для відпрацювання технології створення композитів на основі фаз високого тиску вуглецю та нітриду бору.

Ключові слова: неруйнівний контроль, характеристики пружності, композиційний матеріал, порошкова металургія, пружна хвиля, нітрид бору.

УДК 620.179.14

МАГНІТНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ДЕФЕКТІВ НА БАЗІ ЛІНІЙКИ МАГНІТОРЕЗИСТОРІВ

Баженов В.Г., Худецький М.В., Грузін С.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: vqbazhenov@gmail.com

В неруйнівному контролі є багатий клас задач де найбільш ефективним методом контролю є магнітний метод. Але як відомо реалізація даного методу потребує значних часових витрат. Завдяки досягненням мікроелектроніки і появі унікальних мініатюрних магніторезисторів і мікроконтролерів з'явилась можливість створення компактної високочутливої магнітної системи контролю в вигляді матриці магніторезисторів закріплених на гнучкому неферомагнітному матеріалі так, щоб вона щільно облягала об'єкт контролю. Реалізація такого методу з використанням матриці магніторезисторів дозволяє механічне сканування об'єкту контролю замінити електронним опитуванням за допомогою мікроконтролера сигналів магніторезисторів.

Авторами був виготовлений, макет системи контролю на базі лінійної матриці магніторезисторів (див на рисунку). Було розроблено програмне забезпечення для і візуалізації результатів системи контролю на ПК.



Випробування системи при контролі бокових рам вагонних візків підтвердило її високу ефективність.

Ключеві слова: магнітний метод, матриця магніторезисторів, електронне сканування, мікроконтролер.

УДК 620.179.16

АКУСТИЧНИЙ НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ БАГАТОКОМПОНЕТНОГО СПЛАВУ НА ОСНОВІ НІОБІЮ

¹⁾Безимяний Ю.Г., ²⁾Бродніковський М.П., ²⁾Козирацький Є.О., ²⁾Талько О.В.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, ²⁾Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України, м. Київ, Україна

E-mail: bezimyni@i.com.ua, nbrodник@gmail.com, evgeniy_k@ukr.net

Багатокомпонентним високоентропійним сплавам останнім часом приділяють значну увагу завдяки їх високій міцності, зносо- та корозійній стійкості. Особливостями їх кристалізації є мала кількість фаз при схильності до ліквідації по хімічному складу. В ІПМ НАН України створено багатокомпонентний жаростійкий та жароміцний сплав на основі системи Nb-Cr-Ti-Zr-Al. Для отримання великого злитку такого сплаву був використаний метод сплавлення аргонодуговою плавкою окремих заготовок. При цьому існує ймовірність непролаву та появи пор литва. В роботі були поставлені завдання: за допомогою неруйнівних акустичних методів дослідити властивості та якість злитку – з подальшим визначенням його придатності для виготовлення виробів. Можлива наявність дефектів різного характеру передбачає відповідну адаптацію методів досліджень та їх параметрів для вирішення вказаних завдань. При цьому враховували, що отримання інтегральних характеристик матеріалу вимагає використання пружної хвилі довжиною на порядок більшої за неоднорідності структури, виявлення угруповань дрібних дефектів дає найкращі результати при довжині хвилі одного порядку з розмірами дефектів, а виявлення окремого дефекту потребує довжину хвилі меншою за його розмір.

Зразок досліджуваного сплаву представляв собою прямокутний паралелепіпед розмірами 80*17,4*14,5 мм, що дозволило прозвучувати його у різних напрямках, застосовуючи поздовжні, поперечні та стрижневі пружні хвилі з використанням імпульсного та резонансного методів визначення

характеристик пружності матеріалу. Було встановлено, що при вимірюваннях на частотах менше 5 МГц дефекти структури не впливають на точність оцінювання характеристик пружності, розкиду значень швидкості поширення пружної хвилі за довжиною зразка не виявлено. Аналіз результатів вимірювань показав, що розбіжності в оцінюванні модуля пружності між двома методами не перевищують 5%, а сам матеріал можна вважати квазіоднорідним та квазіізотропним, що дозволяє характеризувати його двома модулями пружності, наприклад модулем Юнга та модулем зсуву, які й були визначені.

В результаті використання частоти 10 МГц при луна-імпульсному прозвучуванні досліджуваного зразка матеріалу в усіх напрямках у сплаві були виявлені розрізнені неоднорідності розміром від 0,1 до 0,5 мм, які можуть бути порами чи лікваціями.

Ключові слова: неруйнівний контроль, модуль пружності, резонансний метод, швидкість поширення пружної хвилі, ніобій, багатокомпонентний сплав.

УДК 621.179

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ НАПРУЖЕНЬ В УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ТЕНЗОМЕТРІЇ

Лігоміна С.М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: ligomina@ukr.net

Для оцінки стану поверхневих напружень використовуються вимірювання швидкості ультразвукової поверхневої хвилі Релея. Просторова роздільна здатність визначення напружень залежить від просторової роздільної здатності визначення змін швидкості, яка в свою чергу залежить від вимірювальної бази, тобто відстані між випромінювачем та приймачем. Відстань між випромінювачем та приймачем залежить від тривалості імпульсу збудження та тривалості перехідних процесів в випромінювачі.

При використанні електромагнітно-акустичних перетворювачів (ЕМАП), проблема ще більш ускладнюється, оскільки для збільшення чутливості ЕМАП працюють у резонансному режимі. Окрім того, потужний імпульс збудження навіть при використанні екранування створює в приймачеві заваду набагато більшу корисного сигналу. Збільшити роздільну здатність можливо при використанні декількох приймачів, розташованих на певній відстані один від іншого. Але і в даному випадку значно зменшити її доволі складно, особливо при використанні низьких частот, оскільки розміри приймачів визначаються довжиною хвилі і при роботі приймачів у резонансному режимі не можуть бути менше декількох довжин хвиль.

Для вирішення даної проблеми пропонується зменшувати крок сканування та виконувати відновлення значень розподілу швидкості використовуючи

методи обчислювальної томографії. Запропоновані вирази для визначення значень швидкості використовуючи значення декількох послідовних вимірювань. Обґрунтовані вимоги до вибору кроку сканування.

Отримано вирази та побудовано залежності похибки вимірювань напружень з урахуванням вищеназваних чинників, та запропоновано методи її зменшення.

Ключові слова: ультразвукова тензометрія, просторова роздільна здатність, похибка вимірювань напружень.

УДК 620.179.16

АКУСТИЧНИЙ НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ УДАРСТІЙКИХ КОМПОЗИТИВ

¹⁾Безимяний Ю.Г., ²⁾Висоцький А.М., ²⁾Комаров К.А., ²⁾Мазна О.В.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

²⁾Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України,
м. Київ, Україна

E-mail: bezimyni@i.com.ua, driver5@ukr.net, ko17kon@gmail.com

Перспективними для використання в засобах захисту від дії високоенергетичних динамічних навантажень є комбіновані матеріали з шарів кераміки та полімерних композитів. Склад, структура, розміри та форма складових кераміко-полімерних комбінованих матеріалів, певна послідовність шарів та прошарків, адгезійні властивості на їх границях та інші фактори в значній мірі впливають на механізми трансформації кінетичної енергії ударника. Найбільш достовірну інформацію щодо захисних властивостей таких матеріалів надають балістичні випробування, під час яких руйнують певну кількість зразків виробів.

Швидкість поширення пружної хвилі фізично пов'язана з пружністю матеріалу, а коефіцієнт згасання пружної хвилі відображає його поглинаючу здатність. Метою даної роботи було дослідження можливості використання цих акустичних характеристик матеріалу для визначення ефективного модуля пружності та дисипативних властивостей (згасання й коефіцієнта згасання пружної хвилі, нормального коефіцієнта звукопоглинання) комбінованих кераміко-полімерних захисних композитів та їх складових за результатами неруйнівного контролю.

Досліджені зразки композитів на основі реакційноспеченого карбїду кремнію у поєднанні з різними комбінаціями підпорів зі склопластику з епоксидною, поліуретановою, градієнтною матрицею та використанням сотових структур. Ультразвукові виміри проводили методом порівняння радіоімпульсів з дискретною затримкою на частоті 1 МГц у напрямку, нормальному до товщини зразка. Нормальний коефіцієнт звукопоглинання вимірювали за стандартною методикою в акустичному інтерферометрі.

Результати акустичних вимірювань дали змогу порівняти між собою дисипативні властивості досліджених зразків і дати рекомендації для виготовлення ефективних ударостійких композитів. Ці результати корелюють з результатами балістичних випробувань комбінованих захисних матеріалів.

Використання методів акустичного неруйнівного контролю ударостійких композиційних матеріалів є доцільними для вибору властивостей шарів комбінованих кераміко-полімерних матеріалів і оптимізації структури захисних елементів.

Ключові слова: ударостійкість, швидкість поширення пружної хвилі, коефіцієнт згасання пружної хвилі, коефіцієнт нормального звукопоглинання, композиційні матеріали.

УДК 681.518.5

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ШУМОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Красильников А.И.

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев, Украина

E-mail: tangorov@voliacable.com

Основными источниками информации в пассивных системах технической и медицинской диагностики являются шумовые сигналы, возникающие в результате естественного функционирования исследуемых физических или технических объектов. К таким сигналам относятся, в частности, тепловые, электрические и магнитные шумы; аэродинамический и гидродинамический шумы в потоках газа и жидкости; акустико-эмиссионные сигналы; трибомеханические и виброакустические шумы; шумы дыхания, сердца, суставов и др.

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показал, что шумовые сигналы, как правило, являются негауссовскими случайными процессами и часто имеют равномерную спектральную плотность. Это ограничивает возможности систем шумовой диагностики, основанных на наиболее распространенных в настоящее время методах – корреляционного и спектрального анализа. Таким образом, для дальнейшего развития шумовой диагностики возникает необходимость применения негауссовских моделей шумовых сигналов и исследования возможных диагностических характеристик.

Систематизация основных математических моделей шумовых сигналов показала, что наиболее общей моделью таких сигналов, отражающей физику их возникновения, в настоящее время являются линейные случайные процессы. Исследования вероятностных характеристик линейных случайных процессов показали, что перспективными направлениями шумовой диагностики являются методы, основанные на использовании в качестве диагностических характеристик кумулянтных функций и законов распределения шумовых сигналов.

Для нахождения функции распределения негауссовских шумовых сигналов в общем случае необходимо использование приближенных методов. Широкие возможности для анализа законов распределений шумовых сигналов имеют смеси распределений и методы ортогональных разложений плотности вероятностей, которые в настоящее время используются мало. Перспективным является исследование пуассоновских спектров, позволяющих находить законы распределения, как шумовых сигналов, так и их линейных преобразований.

Использование модели линейных случайных процессов и их вероятностных характеристик в качестве диагностических параметров может расширить возможности систем шумовой диагностики и перспективы их применения.

Ключевые слова: шумовая диагностика, негауссовские модели шумовых сигналов, линейные случайные процессы, кумулянтные функции, смеси распределений, пуассоновские спектральные функции.

УДК 621.179.14

МНОГОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ВИХРОСТРУМОВИЙ ДЕФЕКТОСКОП НА БАЗІ DDS СИНТЕЗАТОРІВ ЧАСТОТИ

Баженов В.Г., Гльойник К.А.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: vgbazhenov@gmail.com

Вихрострумівий метод контролю є дуже поширеним методом неруйнівного контролю виробів особливо в авіації на залізничному транспорті, в енергетиці. В залежності від виду контролюємого дефекту, або стану структури виробу інформативний параметр перетворюють в значення амплітуди сигналу, фазового зсуву сигналу або в значення амплітуди і фазового зсуву сигналу одночасно. Традиційно вищезазначене в значній мірі визначало структуру побудови вихрострумівового дефектоскопу.

Відомий також метод перетворення інформативного параметра в зміну спектра вихідного сигналу (метод вищих гармонік) . Але через складності реалізації даний метод недостатньо досліджений та обмежений в використанні.

Використання цифрових методів побудови приладів, а також сучасних мікросхем DDS синтезаторів частоти керованих мікроконтролером дозволило створити унікальний багатофункціональний дефектоскоп з найпростішою структурою без використання цифрових сигнальних процесорів з можливістю визначення не тільки амплітуди інформаційного сигналу, але і фазового зсуву цього сигналу, завдяки можливості управління мікроконтролером початковою фазою синтезатора частоти.

Причому зміна алгоритму роботи такого дефектоскопа дозволяє реалізувати також і метод вищих гармонік за рахунок можливості створювати синтезаторами частоти когерентні сигнали кратної частоти вхідного (на вході перетворювача) і

опорного кратної частоти (на вході синхронного детектора) , що дозволяє визначати не тільки амплітуду вищих гармонік які можуть з’явитися, але і їх початкову фазу.

Розроблений прилад є компактним з низьким споживанням енергії з можливістю накопичення результатів контролю для подальшого стикування з ПК, що актуально при проведенні контролю в важкодоступних місцях.

Ключеві слова: вихрострумний дефектоскоп, синтезатори частоти, мікроконтролер, визначення амплітуди, фазового зсуву, метод вищих гармонік.

УДК 621.391 : 519.218

ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ ДИСКРЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ НА ОСНОВЕ КУМУЛЯНТНОГО АНАЛИЗА

Гармаш О.В.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

E-mail: oks.garmash@gmail.com

Пассивные методы неразрушающего контроля, к которым относится метод акустической эмиссии (АЭ), широко применяются для надежной эксплуатации различных технических систем и объектов. Основными причинами возникновения акустической эмиссии являются пластическая деформация и рост трещин, которые возникают вследствие термодинамических, гидродинамических и других физических явлений. Анализ известных методов и систем акустоэмиссионной диагностики и контроля показал, что в их основе лежит измерение дифференциальных параметров сигналов акустической эмиссии (длительность, амплитуда, число импульсов и т.д.). Основным недостатком использования дифференциальных параметров является применение пороговых устройств, что снижает чувствительность и достоверность акустоэмиссионной диагностики.

На основе анализа известных методов и систем АЭ диагностики в работе принята общая модель сигналов АЭ в виде:

$$\xi(t) = \xi_n(t) + \xi_d(t), \quad (1)$$

где $\xi_n(t)$, $\xi_d(t)$ – сигналы непрерывной и дискретной АЭ соответственно, т.е. задача обнаружения сигналов дискретной АЭ (полезного сигнала) рассматривается на фоне непрерывной АЭ (помехи).

Исследования показали, что перспективным для описания сигналов акустической эмиссии является кумулянтный анализ, который является достаточно простым, но эффективным методом исследования сигналов акустической эмиссии, позволяющим обнаруживать появление на ранних стадиях дискретной эмиссии.

Получены числовые значения кумулянтов смеси, дискретной и непрерывной

АЭ, анализ которых показал, что кумулянты смеси уже при соотношении сигнал/помеха равном единице не менее чем в два раза больше соответствующих кумулянтов сигналов непрерывной акустической эмиссии, что позволило сформулировать решающее правило обнаружения сигналов дискретной акустической эмиссии на фоне непрерывной.

Таким образом, кумулянты сигнала (1), которые обладают свойством аддитивности, могут быть использованы как информативные параметры при обнаружении дискретной акустической эмиссии на фоне непрерывной, или на фоне других помех. Полученные результаты кумулянтного анализа позволяют проводить безпороговую обработку сигналов акустической эмиссии.

Ключевые слова: дискретная акустическая эмиссия, непрерывная акустическая эмиссия, информативные параметры, кумулянтный анализ.

УДК 621.179

УЛЬТРАЗВУКОВА ТЕНЗОМЕТРИЧНА СИСТЕМА З ФАЗОВАНОЮ ГРАТКОЮ

Лігоміна С.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

м. Київ, Україна

E-mail: ligomina@ukr.net

Створення ультразвукових тензометричних систем вимагає значних коштів та часу. Спростити процес розробки таких систем та зменшити його вартість можливо використавши нестандартні підходи та готові рішення.

Недоліком існуючих систем ультразвукової тензиметрії є використання в них стандартних електромагнітно-акустичних перетворювачів, які мають низький коефіцієнт прямого перетворення. Підвищити коефіцієнт можливо за рахунок збільшення струму збудження випромінювача.

Для збільшення ефективності випромінювача доцільно використати фазовану ґратку. Принцип її роботи передбачає по чергове підключення частин випромінювача, що приводить до значного збільшення струму збудження.

Розроблена ультразвукова тензометрична система, структурна схема якої представлена на рис.1, складається з електромагнітно-акустичного перетворювача, генератора імпульсів, групи ключів, ґратки випромінювачів, приймача, попереднього підсилювача, підсилювача та АЦП.

Для забезпечення високошвидкісного обміну даними (а також їх подальшого перетворення) між ПК і системою застосовують готове рішення аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з вбудованим USB інтерфейсом - NI USB-5132 фірми National Instruments. Для керування АЦП та подальшої обробки сигналу, проведення обчислень та представлення результатів використовується пакет LabView, що також значно спрощує процес створення програмного забезпечення такої системи.

Запронований підхід дозволяє зробити розроблювані системи більш гнучкими та універсальними, зменшити час розробки та вартість.

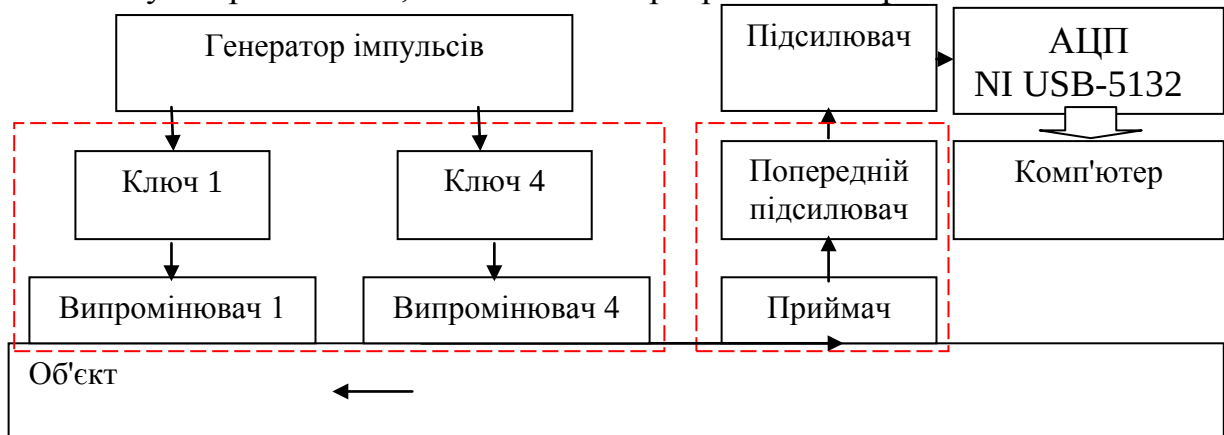


Рисунок 1. Структурна схема системи

Ключові слова: ультразвукова тензометрія, вимірювальна система, електромагнітно-акустичний перетворювач, фазована ґратка.

УДК 681.5.08

АКУСТИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Берегун В.С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: viktorberegун@i.ua

Забезпечення експлуатаційної надійності теплоенергетичного обладнання [1, 2] здійснюється з використанням систем діагностики, що дозволяють отримувати інформацію про стан елементів обладнання шляхом аналізу значень діагностичних параметрів.

Основними об'єктами діагностування в теплоенергетиці є котли, парові та газові турбіни, газопоршневі двигуни, електрогенератори, насоси, компресори, трубопроводи та ін.

Серед систем функціональної діагностики значне місце посідають акустичні системи, які здійснюють вимірювання та аналіз параметрів акустичних сигналів, що формуються елементами теплоенергетичного обладнання в процесі їх функціонування. Акустичні сигнали проявляються у вигляді акустичного шуму, вузькосмугових багаточастотних або широкосмугових вібрацій. Акустична система для діагностики елементів теплоенергетичного обладнання являє собою систему збору, реєстрації та обробки акустичних сигналів. Дана система реалізована у вигляді лабораторного стенду та призначена для перетворення досліджуваного фізичного процесу в електричну напругу, подальшого його перетворення в цифровий сигнал, збереження на жорсткому диску комп'ютера та

статистичної обробки для отримання інформативних характеристик досліджуваного процесу: числових характеристик (моментів, кумулянтів, кумулянтних коефіцієнтів до шостого порядку), щільностей імовірності, спектральних щільностей, кореляційних функцій. Апаратна частина містить трикомпонентні акустичні перетворювачі, підсилювачі, фільтр, комп'ютер з вбудованим або зовнішнім АЦП. Розрахунок імовірнісних характеристик здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Проведено дослідження апаратної частини лабораторного стенду, а саме виміряна напруга власних шумів, що дало змогу розрахувати його динамічні діапазони для гармонічних та шумових сигналів; проведено дослідження чутливостей трикомпонентних перетворювачів при різних видах збудження вібрації в досліджуваному зразку.

Програмне забезпечення перевірено при використанні для тестових сигналів – ритмічних та флуктуаційних, що підтвердило його придатність для діагностування.

Перелік посилань

1. Красильников А.И. Модели шумовых сигналов в системах диагностики теплоэнергетического оборудования. – К.: Институт технической теплофизики НАН Украины, 2014. – 112 с.
2. Інформаційне забезпечення моніторингу об'єктів теплоенергетики: Монографія / В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Берегун та ін.; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака. – К.: Інститут технічної теплофізики, 2015. – 512 с.

Ключові слова: теплоенергетика, діагностика, акустичні сигнали та перетворювачі, імовірнісні характеристики, лабораторний стенд, вібрація.

УДК 621.643.03: 620.179.18

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАПОЛНЕНИЯ ПОДМУФТОВОГО ПРОСТРАНСТВА САМОТВЕРДЕЮЩИМ ВЕЩЕСТВОМ

Тымчик Г.С., Подолян А.А.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

E-mail: a.podolian@i.ua

Подмуфтовое пространство муфт, как правило, имеет сложную форму с непостоянным проходным сечением. Внутренние подкладные кольца, технологические установочные кольца и валики продольных, кольцевых и спиральных сварных швов являются препятствием для движения самотвердеющего вещества. При высокой скорости заполнения подмуфтового пространства, это может привести к неравномерному заполнению полости и вероятному появлению в подмуфтовом слое воздушных пузырей. В случае неравномерного заполнения подмуфтового пространства, предписывается остановить процесс подачи самотвердеющего вещества до выравнивания верхней поверхности вещества. При этом контроль заполнения проводится

только на завершающем этапе заполнения муфты через дренажные отверстия в верхней части оболочки некоторых видов муфт с помощью специальных щупов, аналогичных широко известным щупам контроля уровня масла в автомобилях. Другим руководящим документом РД-75.180.00-КТН-164-06 (Технология проведения работ по композитно-муфтовому ремонту магистральных трубопроводов) контроль заполнения предписывается проводить с помощью технологических отверстий по всей площади оболочки муфты. Используемые методы контроля трудоёмки и не гарантирует формирования однородного подмуфтового слоя и имеют ограниченное применение при установке некоторых видов муфт с большой глубиной подмуфтового пространства. Контроль заполнения в муфтах сложной формы и малой глубиной подмуфтового пространства не предусматривается, а предписывается ограничение минимального времени заполнения всего объёма, что приводит к необоснованному затягиванию ремонтных работ. При этом требования справедливы только для одного вида компаунда.

Оперативный контроль заполнения подмуфтового пространства методами неразрушающего контроля позволяет минимизировать время проведения работ и повысить качество подмуфтового слоя, в связи с чем является важным атрибутом технологической цепочки муфтового ремонта трубопроводов, позволяющим минимизировать время. Оперативное выявление неравномерного заполнения подмуфтового пространства позволяет оптимизировать процесс закачки самотвердеющего вещества.

Ключевые слова: муфта, неразрушающий, контроль, диагностика, ремонт, газопровод, трубопровод, труба, давление, газ, нефть.

УДК 620.179

ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ АМПЛІТУДНО- ФАЗОВИЙ МЕТОД НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Баженов В.Г., Івіцька Д.К., Грузін С.В., Овчарук С.А.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: vgbazhenov@gmail.com

Відомий є «Електростатичний метод неруйнівного контролю» (патент України №107893 С2 від 25.02.2015), який включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі опорного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукованого заряду за допомогою других вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювального сигналів з подальшим скануванням, обробкою та візуалізацією результатів на екрані. Сканування об'єкта контролю відбувається по двох осях.

Недоліками такого способу є недостатня інформаційність (вірогідність) контролю, крім того, результат вимірювання залежить не тільки від фазового

зсуву, але й від амплітуди вимірювального сигналу, а при великих кутах між опорним та вимірювальним сигналом різко знижується чутливість.

Авторами пропонується спосіб в якому вимірювальний сигнал визначають як різницю вихідних сигналів двох пар вимірювальних електродів, причому опорний сигнал є ортогональним, а перемноження вимірювального сигналу з двома складовими ортогонального опорного сигналу (див. рис. 1)

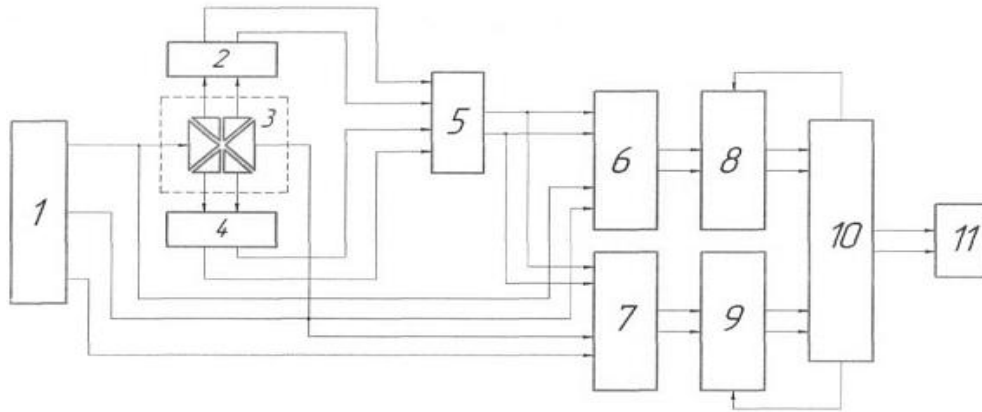


Рис. 1

Запропонований електростатичний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю з використанням ортогональних опорних сигналів та цифровою обробкою сигналів, дозволяє реєструвати з великою точністю зміну не тільки фазового зсуву вимірювального сигналу (який при ортогональній обробці, як відомо, не буде залежати від зміни амплітуди вимірювального сигналу), але і зміну амплітуди вимірювального сигналу.

Ключеві слова: електростатичний спосіб НК, амплітуда, фаза, ортогональні опорні сигнали.

УДК 620.179.16

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ В МНОГОФАЗНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛАХ

Галаган Р.М., Павленко Ж.А., Богдан Г.А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина

E-mail: psnk@kpi.ua

Одним из наиболее используемых методов исследования физико-механических характеристик многофазных порошковых материалов является ультразвуковой метод неразрушающего контроля (УМНК). Который позволяет вести сплошной контроль технологических параметров изделий в пределах одной или различных партии, их внутренней структуры и состояния. Основными информационными параметрами, при использовании УМНК

являются скорость распространения и затухание упругой волны в контролируемом объекте.

Относительное изменение скорости распространения ультразвуковой волны, обусловленное технологическими характеристиками объекта контроля, может составлять несколько процентов в пределах различных партий образцов; при этом по всему объему отдельного изделия вариации скорости не превышают 1%. Так как, физико-механические характеристики многофазных материалов связаны корреляционными зависимостями с исследуемыми параметрами акустической волны, то необходимо обеспечить высокую точность их измерений, что позволит повысить достоверность прогнозирования получения наперед заданных рабочих параметров порошковых материалов.

Это ставит задачу по разработке методики измерения скорости прохождения ультразвуковой волны, которая позволит:

- обеспечить заданную точность, надежность и повторяемость измерения;
- применять статистические методы обработки данных для повышения достоверности контроля.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- провести анализ факторов, влияющих на погрешность измерения скорости распространения упругой волны, их природу и влияние на конечный результат;
- разработать способы минимизации влияния отдельных факторов на результат контроля;
- дать рекомендации по метрологическому обеспечению аппаратуры контроля;
- разработать оперативную методику акустического контроля, которая позволит по фактическому состоянию исследуемого объекта, дать характеристику по локальным изменениям структуры материала в процессе его изготовления.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, точность измерений.

УДК 621.179

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ФАЗИ НА ЙМОВІРНІСТЬ ПОЯВИ НЕОДНОЗНАЧНОСТІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БАГАТОШКАЛЬНИХ МЕТОДІВ

Лігоміна С.М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: ligomina@ukr.net

Фазові методи вимірювання знайшли широке застосування в практиці неруйнівного контролю.

У випадках перевищення діапазону однозначного вимірювання фазового зсуву виникає проблема неоднозначності фазових вимірювань, що в свою чергу вимагає застосування методів усунення неоднозначності фазових вимірювань.

Серед існуючих методів, одними з найбільш придатних до застосування на практиці є багатошкальний метод. В даному методі застосовуються допоміжні вимірювання на різних частотах(шкалах),

Існуючі вирази для оптимального визначення кількості повних фазових циклів отримані за припущення, що похибки вимірювання фазових зсувів на різних частотах є незалежними та розподілені по нормальному закону.

При проведенні реальних вимірювань фазового зсуву дискретним ортогональним методом з’ясувалось, що закон розподілу похибки вимірювань відрізнявся від нормального. Для оцінки впливу закону похибки вимірювань фази на ймовірність появи неоднозначності з урахуванням впливу кількості шкал, відношень масштабних коефіцієнтів шкал було використано комп’ютерне моделювання методом Монте-Карло.

Для моделювання в середовищі Matlab застосовувались випадковим чином сформовані значення похибки вимірювань, закон розподілу яких відповідав визначеному попередньо експериментальним шляхом, які додавались до значень фазового зсуву на різних шкалах. До отриманих значень застосовувались багатошкальні методи визначення кількості повних фазових циклів та визначалась ймовірність появи неоднозначності.

В результаті моделювання були отримані вирази та побудовано залежності ймовірності появи неоднозначності з урахуванням вищеназваних чинників та запропоновано методи зменшення похибки.

Окрім того, було сформульовано вимоги до вибору кількості шкал та відношень масштабних коефіцієнтів шкал з урахуванням впливу похибки вимірювання фази.

Ключові слова: фазометрія, похибка вимірювань, закон розподілу, багатошкальні методи усунення неоднозначності/

УДК 681.518.5

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ УТЕЧКИ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДАХ

Полобюк Т.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев, Украина

E-mail: polobyuk@gmail.com

Среди методов и систем диагностики герметичности широкие возможности для обнаружения течи в трубопроводе без вывода его из эксплуатации имеет метод акустического контактного течеискания, который основан на анализе акустических колебаний, генерируемых течью в окружающей ее среде. Акустические сигналы утечки жидкости в трубопроводе в основном обусловлены шумами турбулентности и кавитации, и вблизи источника имеют флуктуационный характер. В современных системах акустического контактного течеискания для обнаружения утечек

жидкості використовуються кореляційно-спектральні методи. Для отримання більш повної інформації про діагностичні сигнали пропонується в якості інформативних характеристик додатково використовувати моментні та кумулянтні функції вищих порядків, що дозволить підвищити чутливість діагностичних систем та достовірність постановки діагнозу. Метою роботи є дослідження статистичних характеристик акустичного сигналу утечки рідини в трубопроводі.

В якості моделі акустичних сигналів утечки прийняті лінійні випадкові процеси. На основі кумулянтного аналізу акустичного сигналу утечки виявлені особливості зміни його закону розподілу в залежності від параметрів моделі.

Для статистичного аналізу сигналів утечки рідини розроблена установка для фізичного моделювання витоків в трубопроводі, яка дозволяє досліджувати акустичні процеси, що виникають на ділянці трубопроводу, в стоячій воді під тиском до 0,8 МПа, при відсутності та наявності витоків робочої речовини, з різними діаметрами течії. Аналіз експериментальних даних виконувався з використанням мобільної системи для збору, реєстрації та статистичної обробки акустичних сигналів, що складається з акселерометрів, підсилювача, фільтра, модуля введення-виведення аналогових та дискретних сигналів, ноутбука. В результаті експериментів отримані записи акустичного сигналу витоків рідини та шумів вимірювального тракту при тиску в трубі 0,2...0,6 МПа, без та з наявністю фільтра в вимірювальному тракту. Довжина оброблюваної запису становила 3 с, частота дискретизації – 350 кГц. В програмній середовищі MatLab отримані оцінки кореляційної та спектральної функцій, кумулянтів та кумулянтних коефіцієнтів сигналів витоків рідини та шумів вимірювального тракту.

Ключові слова: діагностика трубопроводів, акустичні сигнали витоків рідини, статистичні характеристики, кумулянтний аналіз.

УДК 620.93

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТРУБОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Попович О.В., Жовтуля Л.Я., Карнаш О.М.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,
Україна*

E-mail: olya.popovuch@gmail.com

Експлуатація трубопроводних систем пов'язана з великою кількістю ризиків, що можуть призвести до аварійних ситуацій різного масштабу – від незначних пошкоджень до серйозних аварій з ураженням людей та завданню шкоди навколишньому середовищу. Ситуація з ризиками в нафтогазовій галузі продовжує погіршуватись і потребує розвитку в управлінні ризиками.

Аналіз статистичних даних аварійних ситуацій на трубопроводах дає чітку картину причин їх виникнення, основні з яких: механічні пошкодження – 48,4%, дефекти конструкцій/матеріалів – 16,7%, корозія – 16,1%, геодинамічні процеси 7,4%, понаднормативний термін експлуатації та інші – 11,4% [1]. На даний час розроблено велику кількість методів неруйнівного контролю та систем виявлення витоків, котрі дають показники двох груп: «запізнілі» та «випереджувальні», що, у загальному, дає можливість підсилити систему управління ризиками.

Аналіз відомих методів та засобів показав, що немає універсального методу, який би давав достовірну інформацію про ризики. Ефективність кожного методу значно варіюється в залежності від завдання та умов виконання. Через ці недоліки виникає ймовірність не виявити причину, що може призвести до аварії.

Для прогнозування аварійних ситуацій та виявлення зон з підвищеним рівнем потенційної небезпеки виникає необхідність у новому комплексному підході, що буде враховувати специфіку прокладання і експлуатації трубопроводів, дані їх моніторингу та діагностики, інші характеристики трубопроводу, а також зможе дати достовірну оцінку ризиків.

На основі проведеного аналізу розробок та досягнень в даній галузі розроблено нову методику оцінки ризиків за багатьма параметрами. Перевагою методики є використання засобів ГІС-технологій, що дають змогу обробляти дані за розробленим алгоритмом та проводити просторовий аналіз. Візуальне відображення результатів із просторовою прив'язкою значно покращить процес управління ризиками та є незамінним при прийнятті управлінських рішень. Також розробка буде корисною при проектуванні шляхів нових трубопроводів з мінімальним рівнем ризику.

Перелік посилань

1. Gas pipeline incidents. 8-th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (1970-2010). Режим доступу: (http://www.egig.nl/downloads/8th_report_EGIG.pdf).

Ключові слова: трубопровідні мережі, ГІС-технології, аварії, причини виникнення, методи, оцінка ризиків, методика.

УДК 620.192

НОВИЙ ПІДХІД ДО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Попович О.В., Жовтуля Л.Я.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

м. Івано-Франківськ, Україна

E-mail: olya.porovuch@gmail.com

Спрацювання більшої частини обладнання та машин у вітчизняній промисловості перевищує 60% і за останні 15-20 років це устаткування не оновлювалося. В основному такий стан речей пов'язаний з двома проблемами: технічного та організаційного характеру, що вимагають прийняття рішень щодо

питань управління експлуатаційним терміном їх надійного та безпечного використання шляхом визначення фактичного технічного стану і встановлення нових термінів експлуатації.

Одним з основних напрямів забезпечення безпечної експлуатації обладнання є застосування, при оцінюванні їх фактичного стану, різних методів неруйнівного контролю (НК), більшість яких в даний час зазнають швидких змін, викликаних поєднанням технологічних, нормативних та економічних чинників. Виникає необхідність в розробленні технологій, що дадуть змогу зменшити час контролю, підвищити чутливість контролю, зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище та отримати максимальну інформацію про виявлений дефект. Завдяки стрімкому розвитку комп'ютерних технологій, за останні кілька десятиліть прогресу, ультразвукові методи контролю (УЗМК) досягли значного прогресу завдяки можливості заміни простих механічних систем автоматичними сканерами з комп'ютерною обробкою даних.

Однією з передових технологій, що дозволяють вивести УЗМК на новий рівень якості, є використання технічних засобів, що дозволяють реалізувати роботу з фазованими решітками (ФР) [1]. Використання технології ФР дає можливість керувати акустичним променем відповідно до геометрії досліджуваного об'єкта за рахунок зміни кута падіння, кута нахилу чи фокусування звукового поля. Ультразвукові ФР - це відносно новий метод генерації та отримання ультразвуку. Контроль з допомогою ФР - це спеціалізований тип ультразвукового контролю, який використовує складні багатоелементні перетворювачі і потужне програмне забезпечення, щоб скерувати ультразвуковий пучок через об'єкт контролю та отримати деталізовані зображення внутрішньої структури.

Перелік посилань

1) Popovych O. Signal Processing Approach for Defect Classification Detected Using Ultrasonic Phased Array/ Popovych O., Karpash M.// Proceedings of 11th European Conference of Non-Destructive Testing, Prague, 6-10 October 2014, CD-ROM.

Ключові слова: неруйнівний контроль, надійна експлуатація, металоконструкції, технологія фазованих решіток.

УДК 534.86

ІНДУКТИВНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЕФОРМАЦІЇ

Яровий С.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: SerhiySV@ukr.net

В даній роботі приведені шляхи розвитку методів обробки сигналів диференційного індуктивного перетворювача деформації на основі двох виконаних на феритових осердях котушок індуктивностей з замкнутими

магнітними потоками через феритові приклеєні до поверхні об’єкт контролю вставки, відстань між якими становить базу вимірювання.

З метою досягнення високої роздільної здатності вимірювання деформації індуктивності котушок включені до складу паралельних резонансних контурів, що дало можливість використовувати для кінцевого вимірювання різницю амплітуд вихідних сигналів цих контурів, їх фазовий зсув. Найбільшої простоти апаратного вирішення при побудові каналу вимірювання деформації досягнуто використанням, як вихідний параметр вимірювального перетворювача – частоти коливань, для чого на основі згаданих резонансних контурів відтворені два ідентичних генератори на польових транзисторах (рис.1).

Різниця частот сигналів f_1 , f_2 на виходах генераторів визначає величину і знак деформації:

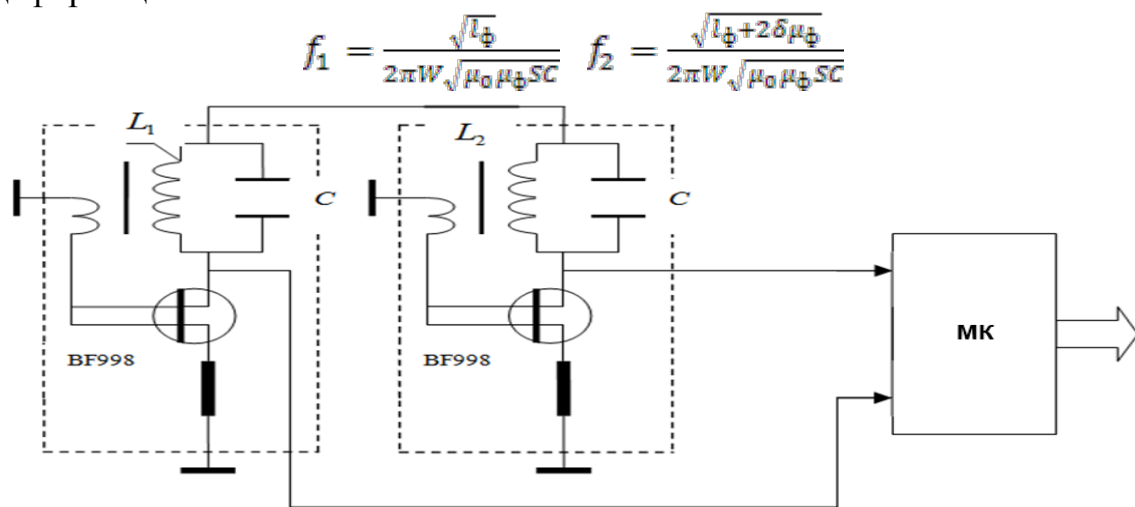


Рис.1. Схема частотного перетворення деформації.

Аналітичні дослідження описаного в даній роботі індуктивного диференційного вимірювального перетворювача деформації підтвердили його високу роздільну здатність і незалежність результатів вимірювання від зміни температури навколишнього середовища в широких межах. Оцінена точність вимірювання становить не гірше за 0,1%.

Ключові слова: деформація, індуктивність, резонанс, фазовий зсув, частота.

УДК 620.179.14

МОДУЛЬ ОДНОКАНАЛЬНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА С ІНТЕРФЕЙСОМ USB

Слободчук А.Ю., Глоба С.Н., Хомяк Ю.В.

Національний технічний університет «Харківський потітехнічний інститут»,
г.Харьков, Україна

E-mail: slobodchuk_ay@mail.ru, sngloba@mail.ru, homyak-yv@mail.ru

Стремительное развитие микроэлектроники привело к появлению на рынке недорогих и высокопроизводительных микроконтроллеров. Одним из

таким является микроконтроллер STM32F030F4P6, который был применен при создании модуля одноканального вихретокового дефектоскопа. На рис. 1 представлена структурная схема одноканального вихретокового дефектоскопа.

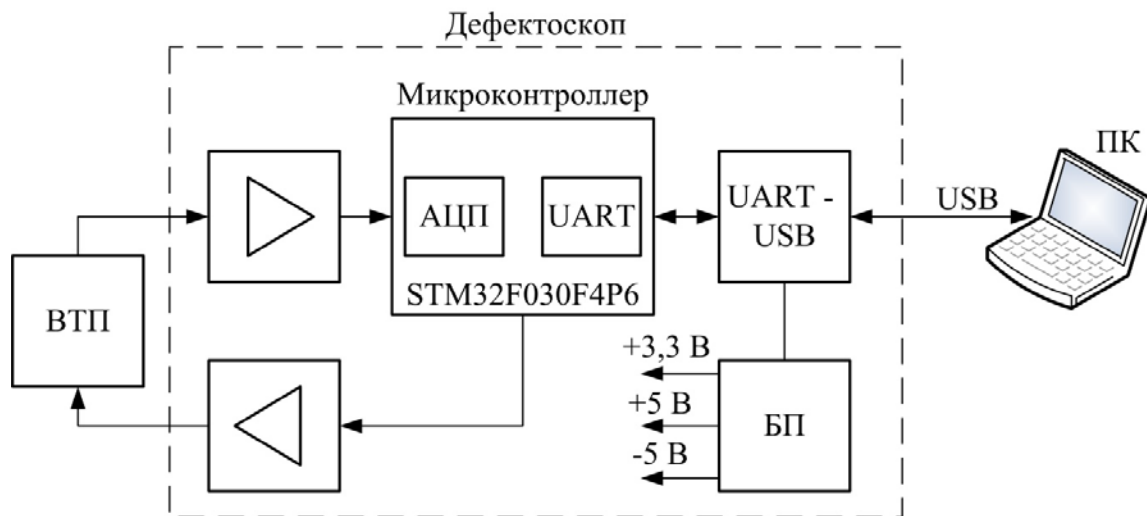


Рис.1. Структурная схема одноканального вихретокового дефектоскопа

Примененный микроконтроллер обладает быстродействующим АЦП, что позволяет применять его в вихретоковой дефектоскопии. Микроконтроллер генерирует возбуждающий импульс для вихретокового преобразователя (ВТП) синхронно с запросом компьютерной программы. Так как сигнал с измерительной обмотки ВТП имеет относительно слабую амплитуду, он усиливается ОУ и далее поступает в периферийный блок 12-ти битного АЦП микроконтроллера, где оцифровывается и передается с помощью преобразователя UART-USB на ПК. На ПК в среде LabView написана программа по обработке оцифрованного сигнала и вывода информации о состоянии объекта контроля дефектоскописту.

Были проведены испытания данного метода обработки сигнала и получены результаты, которые свидетельствуют о дальнейшей перспективности развития данного одноканального вихретокового дефектоскопа с интерфейсом USB.

Ключевые слова: вихретоковый НК, микроконтроллеры, LabView.

УДК 620.179.14

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ДІАГРАМ ПУАНКАРЕ

Лисенко Ю.Ю.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна*

E-mail: j.lysenko@kpi.ua

Довільний процес, який визначено сукупністю його значень в певний момент часу чи відомою функцією, яка описує зміну початкового значення з плином часу може бути представлений в якості динамічної системи (ДС).

описуються зазвичай за допомогою диференціальних рівнянь, дискретних відображень, графів тощо. Обґрунтування одного із способів опису визначається конкретним видом математичної моделі відповідної ДС.

Застосування методів цифрової обробки інформації в аналізі сигналів вихрострумowego контролю (ВСНК) також приводить до дискретного представлення даних, а у випадку сканування об'єкту контролю (ОК) систему «Вихрострумowego перетворювача - ОК» можна розглядати як ДС. Експрес аналіз такої системи можна виконати за допомогою діаграми Пуанкаре. Для її побудови вихідними даними слугує сигнал вихрострумowego перетворювача (ВСП), представлений вибітками $u(n, \overline{P}_{ок}, \overline{P}_о)$, $n = \overline{1, N}$. У випадку використання диференційного перетворювача аналізу підлягає диференційний сигнал:

$$\Delta u(n, \overline{P}_о) = u(n, \overline{P}_{ок}, \overline{P}_о) - u(n, \overline{P}_{ок}),$$

де $u(n, \overline{P}_{ок})$ - вихідна напруга ВСП з бездефектної ділянки ОК, $\overline{P}_{ок}$ - вектор параметрів ОК, $u(n, \overline{P}_{ок}, \overline{P}_о)$ - вихідна напруга ВСП з дефектної ділянки ОК, $\overline{P}_о$ - вектор параметрів дефекта. Діаграму Пуанкаре утворюють точки $(\Delta u(n, \overline{P}_о), \Delta u(n+1, \overline{P}_о))$. В залежності від $\overline{P}_о$ ці точки утворюють криві різної конфігурації, за видом яких можна робити висновки про дефектну ділянку ОК.

На рис.1 та 2 представлено, як приклад, діаграми Пуанкаре сигналів ВСНК в імпульсному режимі. Як видно, діаграми мають вигляд спіралей Архімеда, та різний нахил основної осі еліпса для ОК з різних матеріалів.

Ключові слова: вихрострумовой контроль, діаграма Пуанкаре, графічний образ.

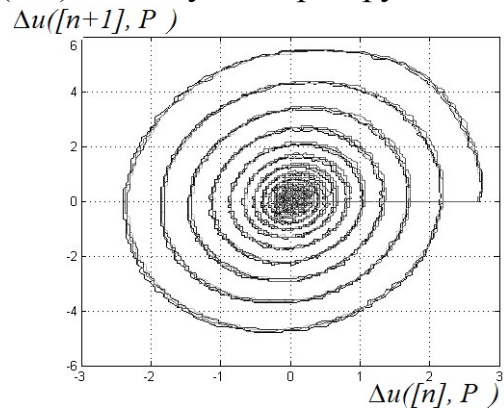


Рис.1. Діаграма Пуанкаре (ОК з алюмінію)

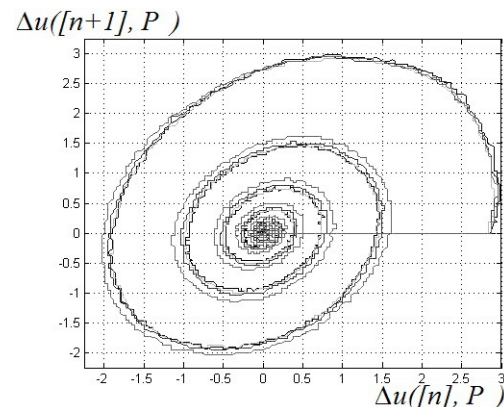


Рис.2. Діаграма Пуанкаре (ОК зі сталі)

УДК 621.19.14

МЕТОД ПРЕЦИЗИЙНОЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТОВЩИНОМЕТРІЇ НА ОСНОВІ КОГЕРЕНТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ

Маєвський С.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна

E-mail: smayevskyy@ukr.net

В основі вирішення проблеми підвищення точності вимірювання товщини елементів конструкцій та визначення швидкості в них ультразвукових коливань

лежить принцип прецизійного вимірювання фазового зсуву ультразвукових коливань. Необхідна точність 0,01% вимірювання часової затримки коливань частоти f реалізована завдяки визначенню накопиченого ними фазового зсуву θ^0 , який в подальшому називатимемо кумулятивним:

$$\tau = \frac{\theta^0}{360^0 f} = \frac{N 360^0 + \psi^0}{360^0 f}, \quad (1)$$

де ψ^0 - вимірний фазовий зсув сигналу

N - число цілих фазових циклів 360^0 в значенні кумулятивного фазового зсуву, яке визначається за результатами вимірювань фаз ψ^0, γ^0 ультразвукових сигналів двох близьких частот f та $f + \Delta f$, де Δf вибрано з умови приросту фазового зсуву не більше 360^0 :

$$N = \left[\frac{\{\gamma - 180^0 [\operatorname{sgn}(\gamma^0 - \varphi^0) - 1]\} f - \varphi^0 (f + \Delta f)}{360^0 \Delta f} \right]^+ \quad (2)$$

Ультразвукові коливання повздовжньої моди генеруються перетворювачем з широкою діаграмою направленості – центральною частиною концентрично розділеного дискового п'єзоелектричного перетворювача на дві однакові за площею частини з відстанню між ними B – базою вимірювання, Прийняті цими частинами перетворювача луносигнали проходять в матеріалі плоскопаралельного об'єкту дещо різний шлях відбиваючись від дна під різними кутами, що є причиною появи додаткових та ще й різних за значеннями приростів їх фаз і як результат – зміни часових затримок прийнятих луносигналів:

$$\Delta \tau_1 = \frac{1}{2f}; \quad \Delta \tau_2 = \frac{\{180^0 - 2[\arctg(B/2H)]^0\}}{360^0 f} \quad (3)$$

При цьому товщина об'єкту контролю становить:

$$H = \frac{\tau_{1k} B}{2\sqrt{\tau_{2k}^2 - \tau_{1k}^2}}$$

де τ_{1k}, τ_{2k} - скореговані на величину $\Delta \tau_1, \Delta \tau_2$ значення часових затримок луносигналів прийнятих центральною і периферійною частинами перетворювача.

Ключові слова: ультразвукова товщинометрія, точність.

УДК 620.179.16

ФРИКЦІЙНІ ШУМИ ПРИ ІМПЕДАНСНОМУ КОНТРОЛІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹⁾Суслов Е.Ф., ²⁾Водзик Д.П., ²⁾Дугін О.Л.

¹⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

E-mail: nau_307@ukr.net, psnk@kpi.ua, vodzik.92@mail.ru

Одним з найбільш розповсюджених методів неруйнівного контролю конструкцій з композиційних матеріалів є імпульсний імпедансний метод. Він

дозволяє виявляти дефекти типу розшарувань та непростеї в стільникових панелях із вуглепластовою обшивкою, багатошарових панелях із пінопластовим заповнювачем тощо. Для даного методу контролю характерним є особливий вид акустичних завад, які називаються фрикційними шумами (ФШ). Збільшення швидкості сканування об'єкту контролю (ОК) призводить до збільшення рівня ФШ [1], та зміни статистичних характеристик інформативних параметрів (ІП) за якими відбувається прийняття діагностичних рішень. При даному типі контролю прийняття рішення про наявність дефекту відбувається на основі порівняння значення ІП з заданим пороговим рівнем, який визначається шляхом порівняння показів дефектоскопа отриманих з дефектної та бездефектної областей виробу. Таким чином актуальною є задача оцінки статистичних характеристик ІП для вибору значення порогового рівня та оптимальної швидкості пересування, що дозволяє швидко провести контроль при низькому рівні помилкових сповіщень про наявність дефекту.

Для визначення статистичних характеристик амплітуди сигналу перетворююча, що являє собою найбільш поширений ІП, були проведені експериментальні дослідження при різній швидкості сканування. Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Статистичні характеристики амплітуди сигналу при різних значеннях швидкості сканування

Швидкість, см/сек	0	1,5	3	>10
Мат. сподівання, В	0,14	0,15	0,16	0,20
СКВ, В	$4,06 \cdot 10^{-3}$	$2,17 \cdot 10^{-2}$	$2,23 \cdot 10^{-2}$	$4,78 \cdot 10^{-2}$

Як видно з таблиці, підвищення швидкості веде до збільшення СКВ та зсуву значення математичного сподівання вибраного інформативного параметру. Це може свідчити про необхідність проведення процедури налаштування порогу при різних швидкостях сканування та необхідності застосування статистичних процедур визначення порогового рівня.

Ключові слова: імпедансний контроль, фрикційний шум, композитний матеріал.

УДК 621

ПОБУДОВА ВИРІШАЛЬНИХ ПРАВИЛ НА ОСНОВІ РОЗДІЛЯЮЧИХ ГІПЕРПЛОЩИН ПРИ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ КОМПОЗИТІВ

¹⁾Левченко І.В., ¹⁾Єременко В.С., ²⁾Серий К.М.

¹⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

E-mail: naui_307@ukr.net, iralev@bk.ru, psnk@kpi.ua

Однією з найважливіших задач при здійсненні неруйнівного контролю задачою є класифікація дефекту, якщо такий існує. Для її вирішення застосовується теорія розпізнавання образів.

Одним з найбільш вживаних методів розпізнавання є метод розділення в просторі ознак. Принцип роботи цих методів полягає в групуванні точок, які відображають однаковий стан, в одній області простору ознак.

В якості прикладу використано дані, що були отримані при контролі композиційних матеріалів методом низькошвидкісного удару. Було досліджено стільникові панелі з зоною, що не має ушкоджень, а також зоною, якій були нанесено ушкодження, що відповідають 4-м ступіням ударних ушкоджень. Практично ж вирішення поставлених задач зводиться до вибору найбільш інформативних параметрів, аналізу їх законів розподілу і побудови вирішального правила.

Метод побудови розділяючої гіперплощини в просторі ознак дозволяє використовувати відразу декілька інформативних параметрів, що значно підвищує якість вирішуючого правила.

Спочатку було визначено які саме інформативні параметри будуть використовуватися, по розподілах яких можна лінійно відділити зону бездефекту і з дефектами і визначити, які з цих параметрів найбільш інформативні та яка їх оптимальна кількість для побудови вирішального правила. Щодо розподілів інформативних параметрів розкладу сигналів із зон з дефектами – то цього не можна сказати, тому потрібно будувати розділяючі гіперплощини між усіма парами можливих дефектів і будувати відповідний алгоритм прийняття рішення, до якого виду дефекту належить досліджуваний сигнал. Для перевірки якості вирішального правила будувалися гіперплощини по першій половині вибірки, а по другій половині вибірки перевірялися, як вона розпізнається за допомогою побудованої гіперплощини

Для пошуку вирішення другої задачі, а саме визначення виду дефекту, коли уже відомо, що досліджуваний сигнал відповідає дефектній області, побудовані розділяючі гіперплощини між інформаційними ознаками, що відповідають кожному типу дефектів. Як показали дослідження, для побудови кожної з гіперплощин потрібна різна кількість інформативних параметрів.

Ключові слова: неруйнівний контроль, розпізнавання образів, гіперплощина.

УДК 620.179.1 (043.2)

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОГО ГРАММЕТРИЧНОГО ПРИЛАДУ У ВІЗУАЛЬНО-ОПТИЧНОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

*Редько О.О., Мокійчук В.М., Суслов Є.Ф.
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна
E-mail: nau_307@ukr.net*

Візуально-оптичний метод неруйнівного контролю використовується в дефектоскопії із використанням мікроскопів, та повинен забезпечувати похибку не більше 1 %. Цей метод заснований на отриманні первинної інформації про об'єкт контролю (ОК) шляхом візуального огляду або за допомогою оптичних приладів і засобів вимірювань. До останніх відносяться і цифрові фотограмметричні прилади – прилади для вимірювання по фотовідбиткам в цифровому вигляді з метою визначення розміру і положення об'єктів і їх розпізнавання.

При вимірюванні геометричних параметрів оптичними методами необхідно виконати наступні дії: отримати зображення ОК або її частини, що включає в себе вимірюваний геометричний параметр (ГП); провести обробку зображення таким чином, щоб виділити характерні точки об'єкта, за якими можна оцінити вимірюваний ГП; провести розрахунок кількісного значення фізичної величини необхідного ГП по зображенню; провести корекцію результату з урахуванням різних видів спотворень оптичної частини фотограмметричного приладу. Основними джерелами похибок є спотворення оптичної частини приладу, пов'язані з дифракцією світла, аберацією об'єктива, дисторсією, а також дискретизацією зображення і шумами фотоприймальної матриці.

Основна складова похибки, викликана спотворенням оптичної частини приладу, пов'язаним з нечіткістю меж і спотворенням геометричної форми об'єкта вимірювання [1]. В роботі [2] було експериментально доведено вплив на результат вимірювання фокусної відстані об'єктиву та відстані до ОК.

Цифрові фотограмметричні прилади застосовуються не лише в НК, а й при контролі якості продукції на виробництві, так як дозволяють швидко приймати рішення про відповідність ГП ОК та його частин нормам без зупинки конвеєру.

Перелік посилань

1. Редько О.О. Застосування цифрового мікроскопу на основі ПЗС-матриці в якості засобу вимірювальної техніки при контролі геометричних параметрів // Матер. IV-ої МНПК «Фіз.-технол. пробл. радіотех. пристойв., засобів телеком., нано- та мікроелектроніки» 23-25 жов. 2014 р. – Чернівці: «Місто», 2014 – С. 131.
2. Сакакушев Б.Б. Первые шаги для построения бюджета неопределенности при фотограмметрических измерениях в машиностроении/ Б.Б. Сакакушев, Г.К. Георгиев, И.С. Железаров // Системи обробки інформації, зб. наук. праць. – Вип. № 2 (127) – Харків: Вид-во ХУПС, 2015. – С. 54-56.

Ключові слова: фотограмметричний метод вимірювань, візуально-оптичний неруйнівний контроль, цифровий мікроскоп.

УДК 621.317 (043.2)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ ІМПЕДАНСНОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

¹Єременко В.С., ¹Сунетчієва С.Р., ²Павленко Ж.О.

¹Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, ²Національний технічний

Інформаційні параметри, що використовуються при імпульсному імпедансному контролі композиційних матеріалів в більшості випадків не розподілені за нормальним законом розподілу. Оскільки в інформаційних сигналах присутня випадкова складова, то інформацію про сигнал несе його закон розподілу, тому відповідно постає задача їх апроксимації, а ідентифікація дефекту відбувається шляхом визначення відповідного квантилю на перетині апроксимацій законів розподілу з бездефектної та дефектної зон. Тому, якщо проводити апроксимацію законів розподілу за допомогою нормального закону розподілу, то достовірність контролю зменшується за рахунок похибок визначення квантилів законів розподілу.

Досліджено використання апроксимацій законів розподілу за допомогою кривих Грама-Шарльє та Пірсона. Використання кривих Грама-Шарльє обмежено, оскільки при великих значеннях третього та четвертого моментів функція набуває від’ємних значень. Таку задачу можна вирішити за допомогою кривих Пірсона, оскільки вони не мають таких обмежень.

Приведені результати дослідження відносної похибки оцінювання квантилів при різних законах розподілу (різних коефіцієнтах асиметрії) інформативних параметрів (табл.1).

Таблиця 1.

Рівень квантиля	Значення квантилів			Відносна похибка оцінювання, %	
	Умовно істинне	Апроксимація нормальним законом	Апроксимація кривими Пірсона	Нормальний закон розподілу	Криві Пірсона
$Sk=-1.2$					
0.05	0.91	0.6	1.0	75.82	9.89
0.1	2.12	2.55	2.5	20.28	17.93
0.9	8.25	8.94	8.3	8.36	0.6
0.95	8.47	9.8	8.75	15.7	3.3
$Sk=1.2$					
0.05	-2.46	-3.83	-2.63	55.69	6.91
0.1	-2.22	-2.91	-2.15	31.08	3.15
0.9	4.05	3.56	4.2	12.09	3.7
0.95	5.77	4.47	7.0	22.53	21.31

Як видно з таблиці, для квантилів рівнів 0.05 відносна похибка може досягати 55% - 75% , що є суттєвим при визначенні бракувального порогу для вирішального правила контролю.

Ключові слова: неруйнівний контроль, композиційні матеріали, апроксимація законів розподілу, вірогідність контролю.

УДК 620.192 (004.942)

ВДОСКОНАЛЕННЯ ФАЗОВОГО МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ЛУНА-СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ

Дергунов О.В.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

E-mail: dergunov.av@gmail.com

Розвиток технологій виготовлення нових конструкційних матеріалів вимагає постійного вдосконалення методів контролю їх стану. Одним з широко вживаних видів неруйнівного контролю є ультразвуковий контроль (УЗК). Важливим напрямом удосконалення УЗК є підвищення відношення сигнал/шум, за якого можливе виявлення сигналів контролю (СК). Відомий фазовий метод виявлення імпульсних сигналів УЗК з гармонічною несучою та гаусовою обвідною, згідно якого, інформативною ознакою вважають кругову статистичну характеристику – вибірккову результуючу довжину вектора r , $r \in [0, 1)$. Останню отримують в результаті ковзного сканування прямокутним вікном апертурою M_r різниці фазової характеристики (ФХ) сигналу контролю та ФХ гармонічного сигналу. На виділених вікном M_r ділянках аналізу за наявності луна-сигналу з гармонічною несучою частотою f значення r збільшуються, а за наявності лише шумової компоненти значення r зменшуються.

Результати експериментальних досліджень свідчать про можливість виявлення луна-імпульсів в суміші сигналу із гаусовим шумом за відношення сигнал/шум $\geq 0,3$. Умови проведення експерименту: частота дискретизації $f_0 = 50$ МГц, частота несучої $f_n = 1$ МГц, апертура вікна $M_r = 350$ відліків, кількість періодів несучої в імпульсі = 6. Для вдосконалення фазового методу обрано наступний алгоритм. Накопичують вибірку сигналів – до 30 реалізацій, отриманих за відсутності переміщень датчика відносно об'єкта контролю. Застосовують до отриманих реалізацій емпіричну модову декомпозицію (перший етап перетворення Гільберта-Хуанга) – розкладають реалізації на циклічні компоненти із подальшим відсіюванням шумових складових та відновленням сигналів контролю. До відновлених сигналів застосовують відомий фазовий метод. Отримані 30 реалізацій статистики r усереднюють. До усередненої r статистики застосовують адаптивну медіанну фільтрацію.

В доповіді показано, що результуюча r -статистика дозволяє визначати луна-імпульси за відношення вхідний сигнал/шум $\geq 0,1$ (за зазначених умов проведення експерименту). Застосування в модифікованому методі процедури емпіричної модової декомпозиції дозволяє підвищити ефективність виявлення

луна-імпульсів в порівнянні з усередненням r -статистик в півтора-два рази (для відношень сигнал/шум $< 0,5$). Забезпечення працездатності модифікованого фазового методу за малих відношень сигнал/шум на вході фазового виявляча дозволить виявляти менші за розмірами дефекти та збільшити глибину виявлення таких дефектів.

Ключові слова: ультразвуковий контроль, фазовий метод, емпірична модова декомпозиція.

УДК 534.08

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ FDTD ДЛЯ АНАЛІЗУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ В СТРУКТУРНО НЕЛІНІЙНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Лісовець С.М., Ківа І.Л.

*Київський національний університет технологій та дизайну,
м. Київ, Україна*

E-mail: ser_lis@voliacable.com, kiwa.igor@yandex.ru

Розглядається чисельний метод Finite-Difference Time-Domain (FDTD) для випадку одновимірного розповсюдження акустичної хвилі, який є дуже поширеним і полягає в застосуванні двохшарової схеми обчислень. Причому згідно з методом FDTD механічна напруга σ і коливальна швидкість v в акустичній хвилі розраховуються по черзі (спочатку σ , потім v , тоді знову σ і так далі) згідно із рівномірними просторовими і часовими координатними сітками. Розрахунок зміни Δv коливальної швидкості v передбачає застосування другого закону Ньютона для суцільного середовища, який після заміни диференціалів їх приростами має вигляд

$$\rho \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta x} + F,$$

де ρ – щільність середовища; F – сторонні сили, які впливають на середовище (наприклад, короткий акустичний імпульс або пакет акустичних коливань).

Розрахунок зміни $\Delta \sigma$ механічної напруги σ передбачає застосування моделі Кельвіна-Фойгта для в'язкопружного середовища, яка також після заміни диференціалів їх приростами має вигляд

$$\Delta \sigma = C \frac{\Delta v}{\Delta x} \Delta t + \eta \frac{\Delta v \Delta v}{\Delta x},$$

де C – пружність; η – динамічна в'язкість.

Відмінність застосування запропонованого методу FDTD полягає в тому, що робилася спроба розрахувати розповсюдження акустичної хвилі не через однорідні середовища (ці розв'язки вже відомі), а через середовища, які утримують певні дефекти. Наприклад, наявність в середовищі розшарувань або зон корозії моделюється тим, що змінюються такі параметри середовища, як його щільність ρ , пружність C і динамічна в'язкість η . Також дуже суттєвою

перевагою методу FDTD є те, що досить легко моделювати наявність в середовищі різних за кількістю і видами дефектів, наприклад, різних за розмірами зон корозії та різних за наповненнями тріщин.

При моделюванні для розрахунків наступних значень σ і ν застосовувалися інтерполяційні формули, що дозволяли зменшити просторовий Δx і часовий Δt кроки (зменшуючи тим самим необхідний об'єм пам'яті), але водночас збільшували необхідний об'єм обчислень.

Для програмної реалізації методу FDTD застосовувалася мова програмування C# і середовище розробки Visual Studio 2012.

Ключові слова: механічна напруга, коливальна швидкість, двошарова схема обчислень, структурно нелінійне середовище.

УДК 621.64

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ НА ОБСТЕЖЕННЯ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ФАЗОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ

Цих В.С., Яворський А.В., Ващишак С.П.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

м. Івано-Франківськ, Україна

E-mail: tv.vitalik@gmail.com

При обстеженні підземних трубопроводів на наявність дефектів ізоляційного покриття важливу роль відіграє інформація щодо параметрів ґрунту, який оточує досліджувану комунікацію. Досить часто, особливо на території складних технологічних об'єктів, можна зустріти ділянки трубопроводів, які пролягають не тільки під одним видом ґрунту, але і під різними покриттями – асфальтом, щебенем і т. ін. Окрім того, параметри самого ґрунту можуть дуже сильно відрізнятися (вологий чи сухий пісок, суглинок).

Враховуючи те, що на території складних технологічних об'єктів присутня велика кількість ділянок з різними типами ґрунту та покриттів, виникає необхідність пошуку оптимальної технології контролю ізоляції підземних трубопроводів у таких умовах.

Для цього слід передбачити врахування додаткового параметру в теоретичних залежностях, які відображають зміни інформативного параметру при обстеженні ізоляційного покриття підземних трубопроводів.

На основі проведених раніше досліджень [1] отримана теоретична залежність для визначення зсуву фази вимірювального сигналу у випадку наявності різних ґрунтових покриттів для бездефектних ділянок трубопроводів:

$$\varphi = 2\pi f \sqrt{\frac{R_C(L_P + L_{S1} + L_{S2})C_C}{Z_i + R_0 + R_C + R_S}},$$

де Z_i – вхідний опір генератора, який задається його технічними характеристиками, Ом; R_0 – опір розтіканню струмів у ґрунт з досліджуваного трубопроводу, Ом/м; R_c – погонний опір ізоляційного покриття, Ом/м; R_s – погонний опір оточуючого ґрунтового середовища, Ом/м; L_p – погонна індуктивність трубопроводу, Гн/м; L_{s1} – внутрішня індуктивність ґрунту як провідника, який оточує досліджуваний трубопровід, Гн/м; L_{s2} – зовнішня індуктивність трубопроводу, Гн/м; C_c – ємність ізоляційного покриття, Ф; f – робоча частота, Гц; φ – зсув фази вихідного сигналу відносно вхідного, рад.

Після врахування впливу ґрунту можна проводити обстеження підземного трубопроводу на наявність дефектів ізоляційного покриття. Такий контроль проводиться на основі оцінювання змін зсуву фази по довжині трубопроводу.

Перелік посилань

1. Цих В.С. Розроблення методу та засобу контролю дефектів ізоляції підземних трубопроводів : дис. канд. тех. наук: 05.11.13 / Цих Віталій Сергійович. – Івано-Франківськ, 2014. – 155 с.

Ключові слова: підземний трубопровід, ґрунт, контроль, метод, параметр.

УДК 620.179.17

АНАЛІЗ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ТА МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ

Ястребов А.О., Галаган Р.М.,

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: psnk@kpi.ua

При проведенні моніторингу технічного стану металевих конструкцій однією з актуальних проблем є своєчасне виявлення дефектів різної природи, зокрема найбільш небезпечних дефектів, що розвиваються. Для виявлення дефектів на ранній стадії розвитку здебільшого застосовують акустико-емісійний метод контролю. Даний метод є дистанційним та не вимагає сканування поверхні об'єкта контролю (ОК). Але, окрім фіксації зростання самого дефекту, важливою задачею є визначення його положення в деякій системі координат. Точність визначення координат джерела акустичної емісії (АЕ) залежить від багатьох параметрів, зокрема від точності позиціонування датчиків та точності фіксації моменту появи сигналу від дефекту.

В роботі було проведено дослідження по зменшенню похибки за рахунок знаходження оптимального методу визначення часової затримки. На основі математичного пакету NI LabVIEW розроблено програму порівняння точності методів: порогового, знаходження центру тяжіння (ваги) імпульсу та кореляційного. Програма може працювати як з реальними оцифрованими сигналами, так і з модельованими сигналами.

Програму можна поділити на три блоки: моделювання сигналу АЕ, робоча панель результатів та налаштування параметрів кожного методу. За допомогою блока моделювання сигналу АЕ користувач генерує модель сигналу. В даній вкладці задається амплітуда сигналу та часові затримки. Далі ведеться розрахунок координат місцезнаходження джерела акустичної емісії за допомогою методу тріангуляції та по заданим часовим затримкам. Також програма враховує загасання сигналу в матеріалі та визначає відносну амплітуду. На робочій панелі результатів зображена таблиця похибок, за якою користувач визначає найбільш точний метод розрахунку часових затримок при заданих параметрах. Координати знаходження джерела акустичної емісії по кожному з методів зображено на графіку.

За допомогою відповідних елементів керування можна змінювати налаштування методів знаходження часових затримок, зокрема у вкладці «пороговий метод» змінним параметром є крива згасання в матеріалі ОК. У вкладці «метод знаходження центру тяжіння імпульсу» можна змінювати кількість вибірок для знаходження центру тяжіння сигналу. У вкладці «кореляційний метод» можна вказувати кількість імпульсів для порівняння.

Розроблена програма дозволяє визначити оптимальний метод знаходження часових затримок з урахуванням впливу завад різної природи та амплітуди, що дозволить дати рекомендації по зменшенню похибки визначення координат джерела АЕ.

Ключові слова: акустична емісія, координати, часова затримка, похибка.