

СЕКЦІЯ 7
НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА

УДК 658.562

УЛЬТРАЗВУКОВІ ФОКУСУЮЧІ КОНЦЕНТРАТОРИ В ПРИСТРОЯХ
ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ
ХВИЛЬ В ОБ'ЄКТАХ З НЕ ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

Василенко О.С., Цапенко В.К., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Харків, Україна

Вимірювання швидкості розповсюдження акустичних хвиль у об'єктах дає можливість виявляти зміни структури матеріалу, які відбуваються унаслідок деструктизації при стомленні матеріалу.

Використовуючи сучасні вимірювачі швидкості розповсюдження акустичних хвиль можна контролювати лише ті об'єкти, що мають плоско-паралельні поверхні доступу, оскільки використовують площинні акустичні перетворювачі. При роботі з такими перетворювачами не слід очікувати адекватності отриманих результатів, оскільки лунометод тут не прийнятний, а порушення співвідношення між випромінювачем та приймачем при тіньовому методі призведе до появи значної похибки. У даному випадку необхідно використати акустичні концентратори у якості випромінювача та приймача. Такі концентратори мають малу площу контакту, що є вигідним при роботі з криволінійними поверхнями. Крім того вони мають широку діаграму направленості, завдяки чому незалежно від співвідношення випромінювача та приймача хвиля доходить до приймача по найкоротшому шляху.

Пропонуються концентратори на основі фазового фокусування [1], у яких між звукопроводом-концентратором та площинним перетворювачем встановлено акустичну лінзу, фазовий фокус якої знаходиться у контактній площадці концентратору. Це дозволяє забезпечити високу крутизну передачі ударного фронту акустичної хвилі в об'єкт контролю.

Якщо до ультразвукового штангенциркуля [2] пристосувати систему двох перетворювачів такого типу замість площинних [3], то можна за один прийом вимірювання визначити швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в матеріалі з не плоскопаралельними поверхнями.

Ключові слова:

Література

1. Патент України на корисну модель №47248. Ультразвуковий концентратор/ Галаган Р.М., Цапенко В.К., Протасов А.Г., Василенко О.С. – Опубл. 25.01.2010, Бюл. №2.
2. Патент України на корисну модель №30824. Ультразвуковий штангенциркуль/ Галаган Р.М., Цапенко В.К., Протасов А.Г. – Опубл. 11.03.2008, Бюл. №5.

3. Патент України на корисну модель №45907. Спосіб ультразвукового контролю об'єктів/ Галаган Р.М., Цапенко В.К., Протасов А.Г. – Опубл. 25.11.2009, Бюл. №22.

УДК 620.179.14

МАКЕТ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНОГО ТОВЩИНОМІРУ

Сучков Г.М., Десятніченко О.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Розроблено макет електромагнітно-акустичного (ЕМА) товщиноміру для проведення дослідів та налагодження алгоритмів обробки даних. Макет дозволяє проводити вимірювання як класичним, так і безеталонним методами. Структурна схема макету показана на рис. 1.

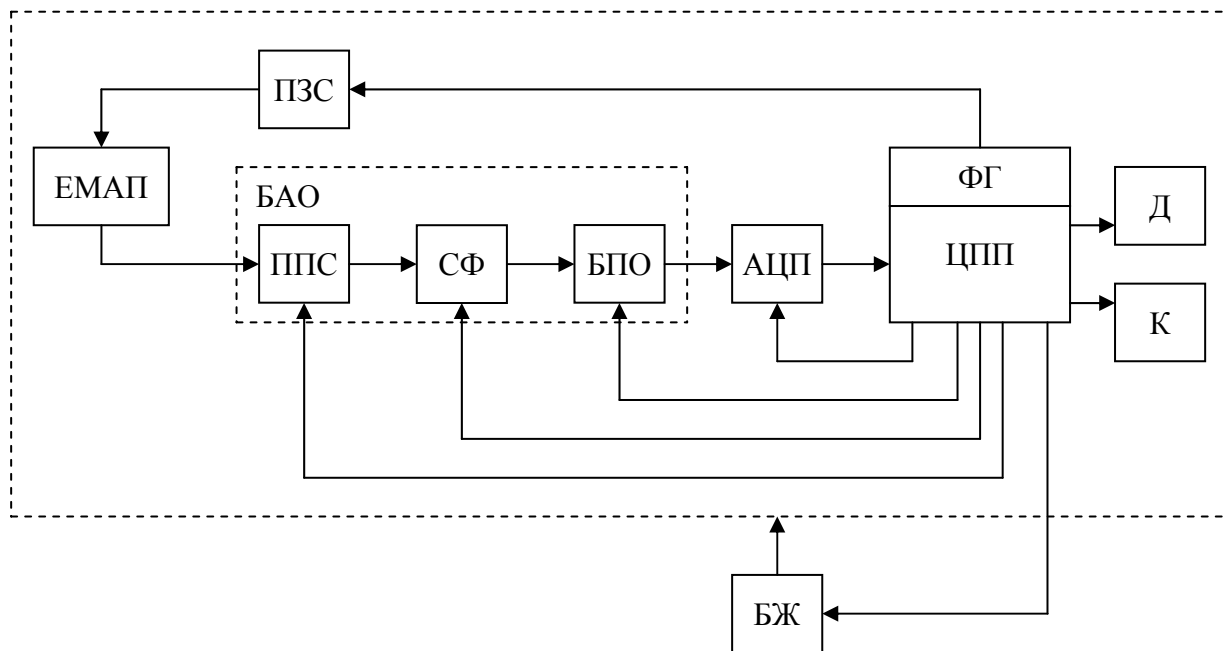


Рис. 1. Структурна схема макету ЕМА товщиноміру

Основним керуючим елементом є центральний процесорний пристрій (ЦПП), до якого під'єднано дисплей (Д) та клавіатуру (К). На базі цього ЦПП програмно реалізований функціональний генератор (ФГ) зондуючого сигналу, вихід якого з'єднано з підсилювачем зондуючого сигналу (ПЗС), до якого під'єднано ЕМА перетворювач (ЕМАП). Сигнал з ЕМАП надходить до підсилювача прийнятого сигналу (ППС), смугового фільтру (СФ) та блоку попередньої обробки (БПО). Параметри кожного з цих блоків корегуються ЦПП, а разом ці блоки створюють блок аналогової обробки (БАО). Після обробки сигнал потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), який перетворює аналоговий сигнал в цифровий і передає в ЦПП, де данні обробляються та виводяться на дисплей. Живлення усіх елементів забезпечує блок живлення (БЖ), який також має лінію керування до ЦПП для забезпечення економного спожив-

вання. Проведенні випробування макету показали надійність його роботи, дозволили провести практичні досліди алгоритмів обробки даних та обчислення товщини при безеталонному вимірюванні

Ключові слова: ЕМА товщиномір, ЕМА перетворювач, безеталонний метод вимірювання.

УДК 620.179.14

ЛУНА-ДИФРАКЦІЙНИЙ МЕТОД, ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ТРУБ

Ноздрачова К.Л., Сучков Г.М., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Проведені дослідження контролю труб за допомогою нового луна-дифракційного методу. Суть методу заключається в тому, що у довгомірному виробі похилим перетворювачем (як контактним так і безконтактним) під кутом до поверхні вздовж утворюючої в одному напрямку збуджують ультразвукові об'ємні імпульси, які за рахунок перевідбиття від границь виробу формують пакет поздовжніх, зсувних і поверхневих хвиль, які при наявності дефекту дифрагують на його кінцях і поверхні та формують пакет з поздовжніх, зсувних і поверхневих хвиль, який розповсюджується у зворотному напрямку і приймаються перетворювачем.

На основі розробленого методу розроблена технологія контролю, яка дозволяє виявляти дефекти в довгомірних виробках та їх приблизне місцезнаходження без сканування по всій поверхні виробу, як це описано у ГОСТ 21120, а лише з 2-3 установок датчика на поверхню. Більш детальніший аналіз дефекту можна провести за допомогою ефектів дифракції, та аналізу пакетів сигналів від дефекту. Тому метод є доповнюючим до традиційного, який необхідний для визначення еквівалентних розмірів дефекту після його виявлення.

Експерименти проводилися на сталевих трубах: 1) довжиною $l = 890$ мм, товщина стінки $h = 10$ мм, внутрішній діаметр $d = 55$ мм; 2) довжиною $l = 250$ мм, товщина стінки $h = 4$ мм, внутрішній діаметр $d = 50$ мм; 3) довжиною $l = 255$ мм товщиною стінки $h = 4$ мм, внутрішнім діаметром $d = 35$ мм 2) труба з різьбою, довжина різьби $l_p = 70$ мм, довжина всієї труби $l = 815$ мм, товщина стінки труби $h = 10$ мм, внутрішній діаметр $d = 55$ мм. Контроль проводили двома п'єзоелектричними перетворювачами (випромінювачем та приймачем) П121-2,5-50 °- 002 з кутом введення УЗК 50° та основною частотою заповнення імпульсу 2,5 МГц. Також проводили контроль труби з неіржавіючої сталі довжиною $l = 395$ мм, товщина стінки труби $h = 4$ мм, внутрішній діаметр $d = 50$ мм перетворювачами П121-1,8-40 -002 з кутом введення УЗК 40° та частотою заповнення імпульсу 1,8 МГц.

Аналіз виконаних досліджень дозволив встановити, що в тілі труби, як і в раніше досліджених стрижнях, формується хвильовий пакет різнонаправлених

променів. Це дозволяє отримати відбитий дифрагований пакет, який несе інформацію про наявність дефектів в тілі стінки труби. При цьому виявляються як поперечні, так і поздовжні дефекти.

Таким чином, експериментально доказано, що розроблений метод контролю прийнятний для контролю якості труб з високою продуктивністю та виявляемостю дефектів.

Ключові слова: луна-дифракційний метод, дифракція, об'ємні хвилі, ультразвукові коливання (УЗК).

УДК 620.179.14

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВОДУ

Тюпа І.В., Левченко В.Г., Ананьїна М.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Зварне з'єднання з точки зору контролю якості вихрострумівими методами є досить складним об'єктом, оскільки інформація, що знімається із ВСП дефектоскопа, характеризується нелінійною складною залежністю від ряду факторів, включаючи в тому числі й сигнал від дефекту. Отже, завдання виявлення порушень суцільності ставляться до числа принципово багатопараметрових. При побудові приладів звичайно прагнуть застабілізувати ряд факторів, що роблять істотний вплив на вихідний сигнал ВСП, а також створити певну систему компенсації частини сигналу ВСП, що з'являється внаслідок зміни неконтрольованих параметрів. В попередніх роботах авторів отримані залежності магнітних і електричних властивостей зварювального з'єднання, які виконані по технології електродугової та газової зварки. Метою даною роботи було отримання сигналу ВСП на високій частоті зондуючого електромагнітного поля для оцінки специфічної геометрії об'єкту, для подальшого урахування цього параметру при прийнятті рішення по результатам контролю. На рис. 1 показані графічні залежності отриманих сигналів.

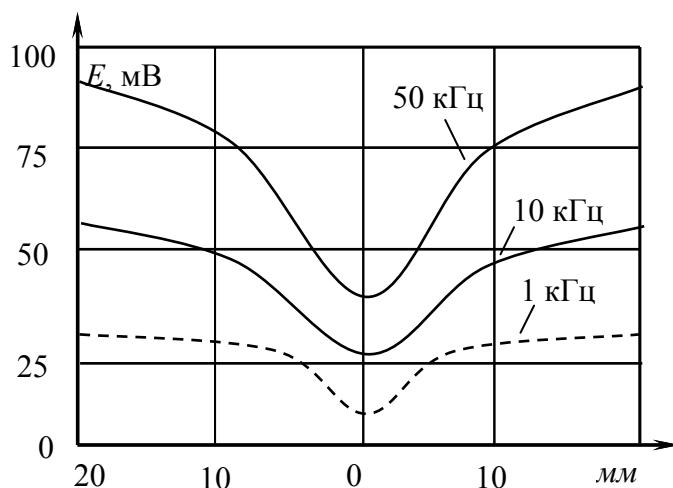


Рис. 1. Графіки залежності вихідного сигналу ВСП

Варто зазначити, що вимірювальний сигнал повторює геометрію зварного з'єднання з точністю до навпаки, що суперечить попереднім теоретичним розрахункам. Для узгодження результатів слід більш детально дослідити магнітні і електричні властивості поверхневого шару зварного з'єднання і коло шовної зони.

Ключові слова: зварювальне з'єднання, вихрострумний метод, вихідний сигнал ВСП, геометрія зварного з'єднання.

УДК 620.179.14

РОЗРАХУНОК СИГНАЛУ ВСП ВІД ПОВЕРХНЕВОГО ДЕФЕКТУ МЕТОДОМ З'В'ЯЗАНИХ КОНТУРІВ

*Тюпа І.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна*

У системах вихрострумової дефектоскопії в основі ухвалення рішення за результатами контролю є зіставлення вихідного сигналу вихрострумового перетворювача дефектоскопа від дефекту з сигналом від каліброваного зразка. При цьому, вочевидь, викликає чималу проблему складання бібліотеки експериментальних сигналів ВТП при різних розмірах дефектів, різних властивостях об'єкту контролю (специфічні геометричні розміри, магнітні і електричні властивості), частотний діапазон і напруженості електромагнітного поля. Гарним інструментом при вирішенні подібних завдань є використання сучасних засобів моделювання і розрахунку електромагнітних систем. Представляється перспективним в засобах вихрострумового неруйнівного контролю впровадженні систем оцінки вірогідності і ухвалення рішень на основі теоретичних і експериментальних даних. Використовувані при сучасних чисельних розрахунках електромагнітних полів в об'єктах (метод кінцевих елементів) та (метод граничних або просторових інтегральних рівнянь) досить ефективні з точки зору точності розрахунку вихідного сигналу ВТП, але проблемні з точки зору швидкості і потреб розрахункових ресурсів, що ускладнює інтегрування цих процедур у мікропроцесорних дефектоскопах.

Як показано в попередніх роботах автора досить ефективним є розрахунок сигналу ВСП методом зв'язаних контурів. Заміна обтікання дефекту індукованим вихровим струмом у вигляді переривання силової лінії на дефекті приводить до простішої системи лінійних алгебраїчних рівнянь, але дає досить помірну розбіжність (невизначеність) результатів на феромагнетику.

З метою уточнення моделі взаємодії вихрового струму дефекту з вимірювальною обмоткою ВТП пропонується описувати траєкторію обтікання вихрового струму дефекту кінцевих розмірів по аналогії з безциркулярним обтіканням рідини перешкоди у вигляді циліндричного об'єкту. Застосування конформних перетворень дає можливість отримати досить прості вирази

траєкторії вихрового струму для будь якої геометрії дефекту. Маючи простий аналітичний вираз для траєкторії вихрового струму, не складно знайти активний опір, індуктивність і взаєміндуктивність між елементарними вихровими струмами в об'єкті контролю і вимірювальною обмоткою вихрострумівого перетворювача. Даний підхід дозволяє інтегрувати обчислювальні операції у вихрострумівий дефектоскоп для оцінки розміру і типу дефекту на основі отриманих експериментальних даних і очікуваного сигналу ВСП від типового дефекту на основі попереднього розрахунку.

Ключові слова: вихрострумівий метод, поверхневий дефект, зв'язані контури, контур вихрового струму.

УДК 620.179.14

КОНТРОЛЬ ГЛИБИНИ ПОВЕРХНЕВО ЗМІЦНЕНИХ ШАРІВ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ВИХРОСТРУМОВИМ МЕТОДОМ

Тищенко А.А., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Одними з найважливіших задач неруйнівного контролю в цілому і вихрострумівого зокрема є задачі структуроскопії. Це сортування матеріалів за марками, оцінка ступеня їх хімічної чистоти, оцінка глибини і якості зміцнення поверхневих шарів, а також контроль якості термічної і хіміко-термічної обробок деталей, стану поверхневих шарів після механічної обробки, виявлення залишкової механічної напруги і т.п.

Оскільки необхідний комплекс експлуатаційних характеристик і ресурс виробів закладається на стадії їх виробництва, то надзвичайно важливим є контроль якості заготовок і визначення глибини поверхнево зміцнених шарів.

Саме контроль механічних властивостей на стадії виготовлення повинен бути першочерговим в реалізації комплексної програми діагностики об'єктів в процесі їх експлуатації, оскільки тільки в цьому випадку можна зафіксувати тенденцію зміни тих параметрів, від яких залежить залишковий ресурс.

Теоретичною основою вихрострумівогої структуроскопії є наявність кореляційних зв'язків між електромагнітними (μ_r – відносна магнітна проникність, σ – питома електрична провідність) характеристиками металів і їх хімічним складом або структурним станом. Тому на підставі змін електромагнітних характеристик можливо контролювати структуру, однорідність хімічного складу, механічні властивості матеріалу та ін.

Для надійного неруйнівного контролю доцільно застосовувати безконтактний двопараметровий (μ_r та σ) вихрострумівий метод контролю поверхневого зміцнення металевих виробів, який дозволяє вирішити задачу підвищення достовірності контролю фізико-механічних параметрів поверхневих шарів електропровідних матеріалів та виробів.

Вихрострумний метод безконтактного контролю зміцненого шару металевих циліндричних виробів включає збудження у виробі вихрових струмів змінним магнітним полем. Виріб розміщують у змінне магнітне поле, спрямоване поздовжньо до виробу, яке збуджує поперечні вихрові струми, вимірюють внесену електрорушійну силу $E_{вн}$ та її фазу $\varphi_{вн}$, за якими визначають універсальний узагальнений параметр x , а за ним визначають μ_r та σ .

Технічним результатом є те, що даний спосіб простий в реалізації, значно підвищує надійність контролю, за рахунок спільного визначення двох параметрів, скорочує час контролю і дає можливість проводити автоматизований процес контролю зміцнення виробів.

Ключові слова: поверхнєве зміцнення, вихрострумний метод, відносна магнітна проникність, питома електрична провідність.

УДК 620.179.16

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЄМНІСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Сучков Г.М., Глоба С.М., Глебова Л.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Ультразвуковий метод неруйнівного контролю матеріалів і виробів по різних оцінках досягає 70 % в загальному обсязі контрольованої продукції. Однак, застосування контактних методів ультразвукового контролю для виробів із забрудненою поверхнею, уражених корозією, з покриттями призводить до значних технологічних труднощів.

Для уникнення вище згаданих недоліків перспективними є збудження і прийом ультразвукових коливань за допомогою конденсаторного способу. При цьому, однією з обкладинок є сам об'єкт контролю, а іншою – електропровідна плівка з ізолюючою прокладкою прямокутної або круглої форми. Ультразвукові коливання в матеріалі об'єкту контролю визиваються подачею на ємнісний перетворювач (ЄП) постійної поляризуючої напруги U_0 та напруги високої частоти з амплітудою U_0 .

Модульований ультразвуковими коливаннями високочастотний електричний сигнал ЄП можна розрахувати за допомогою виразу:

$$U_{\approx} = \frac{A_{\approx} c_0}{d_0 c_n} U_0, \quad (1)$$

де d_0 та c_0 – зазор та статична ємність робочого конденсатора, c_n – сумарна паразитна ємність, U_0 – поляризуюча напруга, A_{\approx} – зсув в ультразвуковій хвилі,

$$A_{\approx} = \frac{1}{\rho V} \left[\frac{U_0 U_0}{d^2 \omega} e^{i\omega t} + \frac{U_0^2}{4d^2 \omega} e^{2i\omega t} \right], \quad (2)$$

де ρ – щільність матеріалу електроду, t – час, $t' = t - z/c$, ω – частота електричного

сигналу, V – швидкість поздовжньої пружної хвилі.

Основним недоліком ємнісного способу прийому ультразвукового сигналу є низька чутливість, яка в 10^4 менше, ніж класичного способу. З формули (1) видно, що підвищити чутливість завдяки збільшенню постійної поляризуючої напруги U_0 неможливо через пробой ізоляції вже при значенні $U_0=1$ кВ. Аналогічно, зменшення величини діелектричного прошарку призводить до тих же результатів. На перший погляд, підвищити чутливість можливо завдяки збільшенню ємності ЄП C_0 , за рахунок застосування в якості діелектричного прошарку матеріалів з високою діелектричною проникністю $\epsilon \geq 1000$ (сополімери, оксиди титану). Але проведені розрахункові дослідження показали, що реактивний опір системи збільшується на величину порядку 10^3 , що потребує використання спеціальних потужних генераторів високочастотних сигналів. Збільшення чутливості можливо за рахунок підвищення амплітуди зондуючого високочастотного сигналу.

Ключові слова: ультразвуковий метод, ємнісний перетворювач, діелектричний прошарок, пробой ізоляції

УДК 620.179.14

РОЗВИТОК МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ ВИХОРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З МЕТАЛЕВИМ ЗРАЗКОМ ЩО МІСТИТЬ ПОВЕРХНЕВУ ТРІЩИНУ

Хомяк Ю.В., Сучков Г.М., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Визначення залежностей сигналів вихорострумowego перетворювача (ВСП) від параметрів дефектів суцільності в контрольованих виробах є одним з важливих завдань дефектоскопії в цілому і вихорострумовой дефектоскопії зокрема.

Для оцінки взаємодії ВСП з об'єктом, який має поверхневу тріщину, існують розрахункові методи і моделі. Зазначені моделі застосовуються в основному для плоскопаралельних випадків з круговими обмотками ВСП і мають складний обчислювальний апарат як при аналітичних (якщо можливо), так і чисельних розрахунках.

У роботах відомих авторів пов'язаних з побудовою магнітного поля дефекту (тріщини) показана можливість розгляду дефекту як системи струмів що протікають по його гранях, так звана «струмова модель дефекту». Таке уявлення дозволяє спростити розрахунок поля дефекту та сигналів ВСП.

Для опису взаємодії тріщини з ВСП, які мають нестандартні обмотки пропонується застосовувати підхід, заснований на представленні поверхневої тріщини у вигляді тонкого провідника із струмом і знаходженні взаємних індуктивностей обмоток ВСП з цим провідником. Слід зазначити, що такий підхід можливий для ВСП, в яких взаємодія з самим об'єктом контролю мінімальна або скомпенсована (наприклад, диференціальні ВСП), а тріщина представляється

нескінченно тонкою.

Даний підхід був реалізований стосовно ВСП, який розроблено авторами. При побудові моделі вважалось, що обмотки вихорострумowego перетворювача нескінченно тонкі, тріщина уявляє собою відрізок провідника, а електромагнітні параметри об'єкта контролю не впливають на сигнал вимірювальної обмотки ВСП. Отримана модель дозволила розрахувати залежності сигналів досліджуваного ВСП від взаємного розташування його обмоток і поверхневої тріщини сталевого зразка. Були отримані залежності сигналів ВСП від кута між обмотками й тріщиною і від відстані ВСП до дефекту. Були проведені якісні порівняння результатів розрахунків з використанням даної моделі і експериментальних даних.

Дана модель дозволяє знаходити залежності сигналів ВСП при заданих параметрах його обмоток і тріщини та їхнього взаємного розташування. Доцільно використовувати такий підхід для рішення задач пов'язаних з ВСП, що мають лінійні ділянки обмоток.

Ключові слова: дефектоскопія, вихорострумовой перетворювач, контроль, модель, взаємна індуктивність.

УДК 697.34

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Ващишак І.Р., Карпаш О.М., Науково-виробнича фірма «Зонд», м. Івано-Франківськ, Україна

Найчастіше пошкодження підземних теплових мереж відбувається внаслідок їх зовнішньої корозії, що виникає через пошкодження ізоляції та контакт металу труб з ґрунтовою водою. Величина теплових втрат підземних теплових мереж через це зростає в декілька разів. Зовнішня корозія підземних теплопроводів може наступити також внаслідок дії блукаючих струмів, що створюються потужними промисловими джерелами постійного струму.

В зв'язку з цим, актуальним є питання створення ефективної методики неруйнівного контролю підземних теплових мереж, що дозволить зекономити час і кошти на проведення ремонтів та закупівлю енергоносіїв.

Сучасні методики контролю базуються на використанні безконтактних та контактних приладів, за допомогою яких досліджуються теплові поля теплових мереж на поверхні ґрунту. Інші методики передбачають вимірювання акустичних полів. Такі дослідження дають хороші результати у випадках, коли аварія вже наступила. Однак, спрогнозувати настання аварії за допомогою існуючих методик важко. Це пояснюється впливом на теплові та акустичні поля багатьох факторів (сонячного світла, снігу, дощу, ґрунтових вод, шуму транспорту) і малим перепадом температур у місцях майбутніх пошкоджень.

Нами пропонується методика контролю підземних теплових мереж на основі вимірювання теплових та електромагнітних полів. Теоретично необхідно провести математичне моделювання розподілу температури вздовж контрольованого теплопроводу з врахуванням шарів ізоляції та ґрунту. Також, необхідно визначити теоретичні втрати тепла за певний період часу без порушення ізоляції трубопроводів та з можливими її порушеннями. Потім потрібно виміряти температуру та витрату теплоносія на початку і в кінці ділянки контролю та провести моделювання з реальними даними. Якщо теоретичні і практичні дані суттєво не відрізняються, можна стверджувати, що теплопроводи та їхня ізоляція знаходяться в задовільному стані. Коли ж різниця між даними $>20\%$, то необхідно теоретично визначити вид пошкодження та практично його знайти за допомогою пірометра чи тепловізора.

Електромагнітні поля вимірюються так. На теплопровід подається сигнал з генератора, проходження якого контролюється приймачем з поверхні ґрунту. Справний теплопровід має бути повністю ізольований від ґрунту і струм через нього не протікатиме. При наявності контакту металу теплопроводу з ґрунтом струм матиме певне значення, пропорційне розміру пошкодження.

Застосування даної методики контролю дасть змогу постійно отримувати дані про реальний стан теплопроводів та зміну їх властивостей.

Ключові слова: неруйнівний контроль, методика, теплопровід, тепломережа.

УДК 528:621.315

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕНЬ ПІДЗЕМНИХ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Стрілецький Ю.Й., Костів Б.В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Важливою причиною відмов та аварій в системі магістральних газопроводів є зміна просторового положення трубопроводів відносно проектного. Ці відхилення створюють надлишкові механічні напруження в стінках труби. Рівень напружень стінок магістрального трубопроводу визначає його технічний стан і залишковий ресурс. Виявити переміщення можна на основі результатів постійного моніторингу положення осі трубопроводу.

Методику побудови просторової моделі трубопроводу за вимірами на поверхні ґрунту наведено в [1]. Однак трубопровід занурений в ґрунт і необхідно враховувати глибину його залягання для отримання точних результатів. Товщину шару ґрунту над трубопроводом вимірюють відомими методами, а для вимірювання вертикального зміщення самого трасошукача у координатах вимірювальної системи доцільно скористатися оптичною системою, яка складається із системи розгортки лазерного променя, та декількох оптичних давачів. Система розгортки коливає промінь лазера відносно середнього положення по верти-

калі (рис). Промінь утворює на опорі із оптичними давачами світлову пляму із змінною інтенсивністю .

Керуючи кутом розгортки так, щоб він змінювався за випадковим законом, формують інтенсивність освітлення оптичних давачів, яка відповідатиме нормальному закону розподілу.

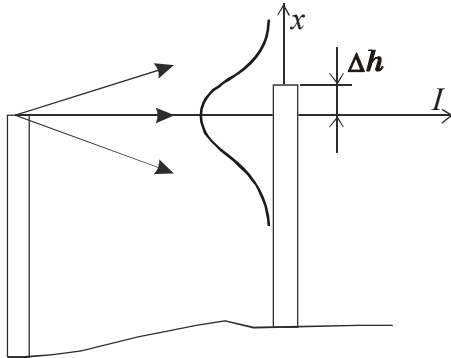


Рис. Робота системи вертикальної розгортки

За допомогою трьох давачів, встановлених на віддалі Δ один від одного, визначається інтенсивність світлового опромінення в трьох точках по вертикалі, відповідно I_1, I_2, I_3 . Зміщення визначається за формулою:

$$\Delta h = -\frac{1}{2} \ln(I_1/I_3) \frac{\Delta}{2 \ln(I_2/I_1) + \ln(I_1/I_3)}.$$

У поєднанні із вимірювачем глибини залягання трубопроводу запропонована система вимірювання дає можливість побудувати просторову модель трубопроводу і проводити оперативний контроль положення осі підземних

трубопроводів. Своєчасне виявлення зміни положення трубопроводу дає можливість попередити аварійну ситуацію, пов'язану із виникненням надлишкових напружень в стінках трубопроводу.

Ключові слова: глибина залягання, вертикальне зміщення, оптична система.

Література:

1. Стрілецький Ю. Моніторинг положення осі трубопроводу// Методи та прилади контролю якості. – 2008. – №21. – С. 48-51.

УДК 681.325

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИМІРЮВАНЬ СТІМКОЇ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ СИСТЕМОЮ КОНТРОЛЮ ЗАРОДЖЕННЯ МІКРОТРИЩИН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЇЇ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Габльовська Н.Я., Кононенко М.А., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Дослідження динамічних характеристик систем контролю з інформативним параметром, який змінюється дуже швидко є складною науково-практичною задачею. В розробленій системі контролю зародження та розвитку мікротріщин в металевих конструкціях інформативним параметром процесу зародження є стрімка зміна температури на поверхні об'єкта контролю. Дане явище пояснюється швидкоплинними енергетичними перетвореннями в структурі металу. Для підтвердження можливості вимірювання стрімкої зміни температури на поверхні напружено-деформованої металевої конструкції необхідно дослідити динамічні характеристики розробленої системи, передавальну функцію якої

можна описати як добуток передавальних функцій всіх складових елементів даної системи:

$$G(p) = G_e(p) \cdot G_d(p) \cdot G_n(p) \cdot G_n(p) \cdot G_{АПД}(p), \quad (1)$$

а зміну вихідного параметру системи в залежності від зміни вхідного параметру описати у наступному вигляді:

$$Y(p) = X(p) \cdot G(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{1}{1+0,01p} \cdot \frac{1}{1+0,005p} \cdot \left(\frac{k \cdot \frac{1}{1+p \cdot 10^{-3}}}{1 + \frac{R_1}{R_2} \cdot k \cdot \frac{1}{1+p \cdot 10^{-3}}} \right)^2 \cdot e^{-0,02p}. \quad (2)$$

За допомогою ітераційного обчислення визначено час $t=0,058$ с, протягом якого вихідна величина відтворює вхідну величину з похибкою, що не перевищує 1%. У процесі проведення експериментальних досліджень з аналізу динамічних характеристик системи було змодельовано періодичну зміну температури поверхні з певною частотою шляхом торкання давача до поверхні нагрітого металу (до 50°C) на короткий проміжок часу. Частота такого торкання змінювалась від 2 до 4 торкань на секунду.

Одержані результати досліджень підтверджують теоретично встановлені динамічні характеристики системи і можливість застосування її для оцінки швидкоплинних температурних змін на поверхні металевих конструкцій, які виникають при зародженні і розвитку мікротріщин в тілі таких конструкцій.

Ключові слова: система контролю, динамічні характеристики, передавальна функція.

УДК 620.179

ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ КОНТРОЛІ ПОРЦЕЛЯНОВИХ ІЗОЛЯТОРІВ

¹⁾Галаган Р.М., ²⁾Єременко В.С., ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна; ²⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Одним з методів неруйнівного контролю порцелянових високовольтних ізоляторів є ультразвукова структуроскопія, що базується на визначенні швидкості розповсюдження ультразвукових коливань (УЗК) в об'єкті контролю.

Необхідність у використанні статистичних методів обробки даних виникає тому, що із-за впливу значної кількості факторів при виробництві порцелянових ізоляторів майже немає можливості використовувати еталонні зразки. За допомогою статистичної обробки отриманих ультразвуковими методами даних можна обґрунтувати вибір бракувальних критеріїв (БК) по швидкості розповсюдження УЗК, які на сьогодні визначаються руйнівним методом фуksiнової проби під тиском. Для кожної партії виготовлених певним заводом ізоляторів необ-

хідно визначати свої БК.

Оптимальні вирішальні правила класифікації вимірювань та знаходження аномалій можуть бути реалізовані, якщо будуть відомі умовні закони розподілу вимірних інформативних параметрів. Необхідно перевірити, чи підкоряється закон розподілу вимірної величини (швидкості УЗК) нормальному закону розподілу, чи ні. Це важливо зробити, щоб надалі визначитись, які статистичні критерії використовувати для обробки даних: параметричні, якщо закон розподілу нормальний, або непараметричні – в іншому випадку.

Для зменшення затрат часу при визначенні БК партії ізоляторів доводиться використовувати невеликі за об'ємом вибірки даних по окремим ізоляторам (до 100 вимірювань). В такому випадку для перевірки закону розподілу отриманих даних на відхилення від нормального закону використовують, наприклад: модифіковані критерії χ^2 , Колмогорова-Смірнова, критерії Епса-Палі, Шапіро-Уїлка, д'Агостіно-Пірсона та ін. Далі необхідно перевірити отримані дані на аномальність певного результату вимірювання. Якщо закон розподілу випадкової величини нормальний, то для перевірки на викид використовують критерії Граббса, Райта, Шовене, Ірвіна, Діксона. В іншому випадку необхідно скористатись, наприклад, критерієм Граббса спільно з робастними методами обробки, або критерієм Дарлінга.

Використання вищенаведених критеріїв дає змогу вибрати та обґрунтувати БК по швидкості розповсюдження УЗК в порцелянових ізоляторах.

Ключові слова: ультразвук, статистика, закон розподілу, статистичний критерій

УДК 620.179

УЛЬТРАЗВУКОВА СИСТЕМА НА БАЗІ LABVIEW ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ В ОБ'ЄКТАХ ТА МАТЕРІАЛАХ

Галаган Р.М., Грузін С.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

В процесі експлуатації під дією навантаження та зовнішніх чинників матеріал, з якого виготовлені робочі вузли технологічного устаткування, змінює свої фізико-механічні характеристики як то: пружні (модуль нормальної пружності, модуль зсуву, коефіцієнт Пуассона), міцнісні (міцність на розтяг-стиснення, згин, кручення, зріз), технологічні (щільність, пластичність, вміст окремих компонентів), структурні (анізотропія, аморфність), розміри, форму і т.п. Тому періодично устаткування підлягає технічному обслуговуванню з використанням методів неруйнівного контролю, що передбачає виявлення деталей вузлів та блоків, які вже вичерпали свій робочий ресурс.

Для контролю фізико-механічних властивостей матеріалів широке застосування знаходять акустичні (ультразвукові) методи. Контроль фізико-

механічних властивостей акустичними методами базується на аналітичних або кореляційних зв'язках вимірюваних акустичних параметрів з властивостями матеріалу, що визначаються. Наприклад, всі три пружних константи матеріалу (модуль Юнга, модуль зсуву, коефіцієнт Пуассона) однозначно визначаються по вимірним значенням швидкостей розповсюдження поздовжньої та поперечної хвиль, наприклад:

$$C_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

де $C_{\text{пр}}$ – швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль, E – модуль Юнга, ν — коефіцієнт Пуассона: ρ — густина матеріалу.

Створено макет пристрою, який дозволяє в режимі «реального» часу передавати оцифровані сигнали неруйнівного контролю в комп'ютер (ноутбук) через порт USB. Для обробки отриманих даних використовується пакет прикладних програм NI LabView, за допомогою якого створено спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати кореляційну обробку прийнятих сигналів. При такому підході підвищилась точність визначення часових інтервалів (через які перераховується швидкість ультразвуку в контрольованому об'єкті) між прийнятими сигналами при невеликих співвідношеннях сигнал/завада.

Ключові слова: ультразвук, фізико-механічні характеристики, комп'ютер.

УДК 620.179.16

РАСШИРЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МНОГОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА

¹⁾Богдан Г.А., ²⁾Талько О.В. ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина; ²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

Исследование физико-механических свойств многофазных материалов представляет большой научный и практический интерес. Это обусловлено тем, что они предназначены для целевого формирования набора характеристик, обеспечивающего им практическое применение для решения конкретной задачи. Новые материалы со сложным строением предполагают более высокие требования к методам исследования их структуры и физико-механических свойств. Чем сложнее материал, тем больше параметров необходимо для описания его состояния.

Распространение высокочастотных упругих волн в твердых телах характеризуется затуханием и скоростью распространения этих волн в исследуемом материале. По результатам измерения скорости и затухания мы можем рассчитать физико-механические свойства композита.

В работе исследована возможность характеристики свойств многофазных композитов с помощью комплексного модуля упругости:

$$\bar{E} = E + jE_1$$

Действительная часть этого комплексного выражения представляет собой модуль упругости, который находится в фазе с гармонически изменяющейся деформацией, тогда как мнимая часть – это модуль потерь, сдвинутый по фазе на 90° относительно деформации. Можно выразить действительную и мнимую часть комплексного модуля упругости в зависимости от фазовой скорости и коэффициента затухания:

$$E = \frac{V^2 \cdot \rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}{(1 - \mu)}; \quad E_1 = \frac{2 \cdot \rho \cdot V^3 \cdot \alpha}{\omega},$$

где V – фазовая скорость распространения ультразвуковой волны, ρ – плотность объекта контроля, ω – круговая частота, μ – коэффициент Пуассона, α – коэффициент затухания, определяющийся в многофазном материале различными механизмами потерь.

Как видно из формул, комплексный модуль упругости позволяет более широко отобразить свойства многофазного материала.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, структура, многофазные материалы, упругая волна, продольные колебания, поперечные колебания, скорость распространения, коэффициент затухания, упругость.

УДК 620.179.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ Порошковых материалов

¹⁾Адаменко В.А., ²⁾Безьянная К.Ю., ²⁾Комаров К.А., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина;

²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины
г. Киев, Украина

Один из видов проявления нелинейности в малоинтенсивных акустических полях связан с взаимодействием упругих колебаний с неоднородностями материалов (поликомпонентность, пористость, дефектность и др.). Количественный и качественный характер неоднородностей материала – факторы, характеризующие его свойства и особенности. Подобные факторы необходимо определять и контролировать при изготовлении и эксплуатации материала. Перспективными с этой точки зрения являются методы нелинейной акустодиагностики, основанные на знании особенностей формирования акустических полей в структурно неоднородных материалах.

Проблемой использования нелинейных методов в неразрушающем контроле является подавление спектральных составляющих сигнала, генерируемых при

зондировании материала, которые находятся в области анализа принимаемой информации и маскируют её. Эти составляющие для типичных сигналов акустодиагностики показаны на рис.

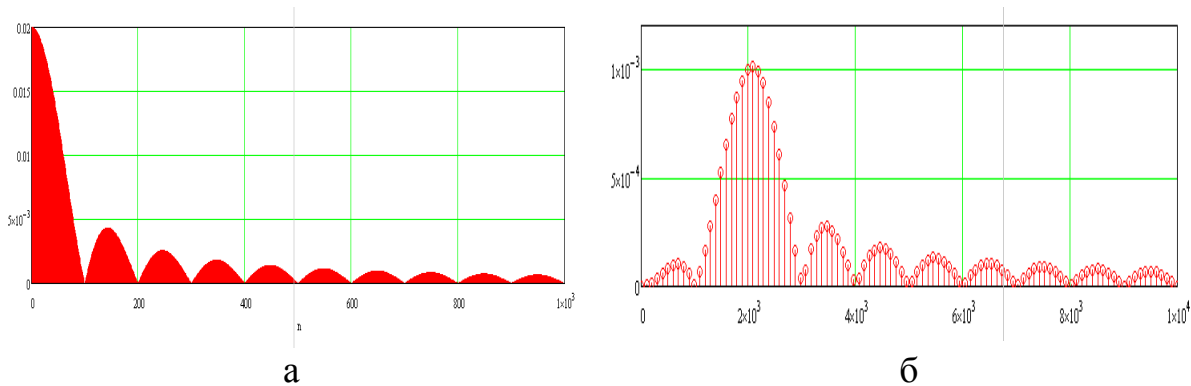


Рис. Примеры спектров видео- (а) и радиоимпульса (б)

Для решения этой проблемы предложен и экспериментально обоснован метод нелинейной акустодиагностики, основанный на использовании амплитудной характеристики монохроматических упругих колебаний.

В результате работы предложены методики выявления, локализации и оценки степени структурной неоднородности порошковых материалов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустодиагностика, структура, многофазные материалы, нелинейность.

УДК 620.179.16

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА С ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ АЛМАЗНОГО КОМПОЗИТА

¹⁾Безьянный Ю.Г., ²⁾Высоцкий А.Н., ¹⁾Иванюк Н.А., ²⁾Истомина Т.И., ²⁾Колесников А.Н.,
¹⁾Степанчук И.В., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина; ²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

Спеченные материалы на основе металлической матрицы с алмазными наполнителями используются как инструменты для обработки или буры и поэтому имеют широкое распространение в технике. Свойства таких материалов имеют больший, по сравнению с традиционными материалами, разброс вследствие разнообразия исходных составляющих, возможных вариаций технологических режимов при изготовлении и сложности структуры. Поэтому состояние материала необходимо контролировать как при его изготовлении так и в процессе использования инструмента. Контроль физико-механических свойств алмазных композитов можно проводить по результатам измерений скорости ультразвука, если установлена корреляция между ними.

В работе исследованы зависимости от плотности материала скорости ультразвука, предела прочности на изгиб, ударной вязкости, твёрдости. Две из полученных зависимостей представлены на рис.

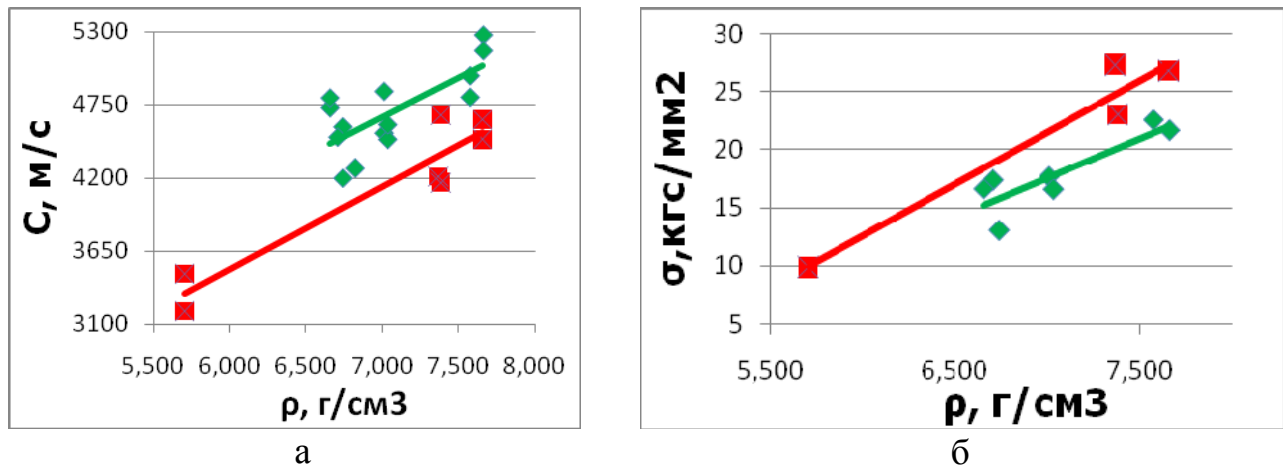


Рис. Зависимости скорости ультразвука (а) и предела прочности на изгиб (б) от плотности материала

Полученные результаты указывают на возможность оценки исследованных физико-механических свойств материала по результатам измерения скорости ультразвука.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, алмазный композит, упругая волна, скорость ультразвука, прочность, твёрдость, ударная вязкость.

УДК 620.179.16

ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА АЭ ПРИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ НА ВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ НАГРУЖЕНИЯ

¹⁾Безымянный Ю.Г., ²⁾Галаненко Д.В., ³⁾Козирацкий Е.А., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина; ²⁾НПФ "Промприлад", г.Киев, Украина; ³⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины г. Киев, Украина

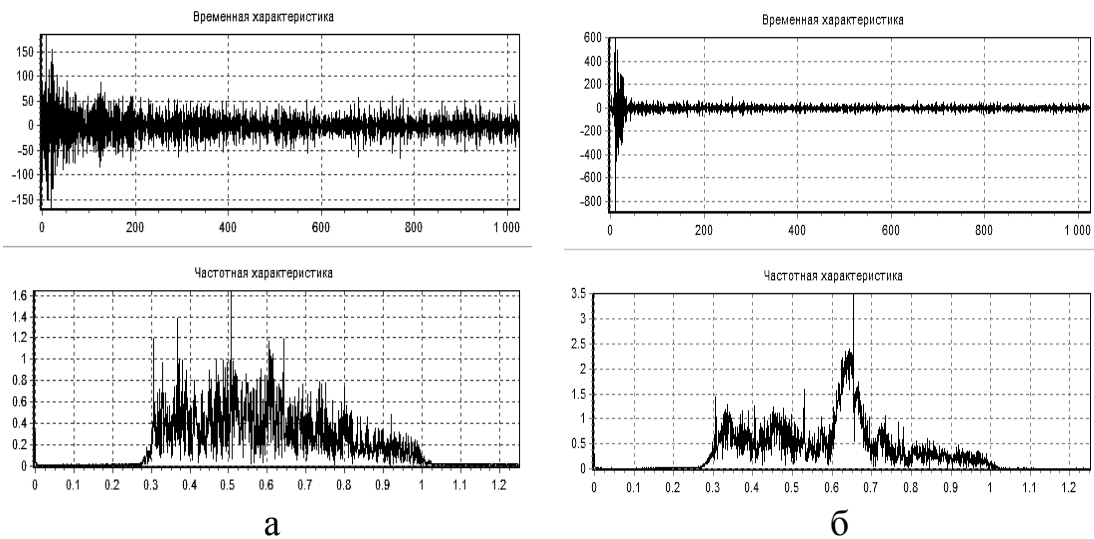
Метод АЭ широко используется для исследования и контроля материалов в процессе малоциклового усталости. Основной недостаток метода – слабая помехоустойчивость – ограничивает его использование при испытании материалов на высоких частотах нагружения, особенно при больших уровнях циклической нагрузки. Использование метода АЭ на больших испытательных базах могло бы обеспечить получение информации о кинетике накопления усталостного повреждения в материале на ранних стадиях его развития, что очень важно в плане понимания процесса усталости материалов, а также для прогнозирования и диагностики его поведения при эксплуатации.

В настоящей работе сформулированы основные принципы, обеспечиваю-

шире использование метода АЭ при усталостных испытаниях материалов на высоких частотах нагружения.

Разработка принципов базировалась на анализе помеховой ситуации, которая формируется при работе высокочастотных испытательных машин в производственных условиях при формировании мощных акустических полей в материалах с различными свойствами.

Временные и частотные характеристики шумов испытательной машины при меньшем (а) и большем (б) уровнях нагрузки показаны на рис.



Ключевые слова: неразрушающий контроль, метод АЭ, многоцикловая усталость, циклическое нагружение, помехоустойчивость.

УДК 620.179.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ МЕДИ С ВОЛЬФРАМОВЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

¹⁾Безымянный Ю.Г., ²⁾Епифанцева Т.А., ²⁾Козирацкий Е.А., ¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина;
²⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАНУ, г. Киев, Украина

Пористые композиты на основе медного порошка широко применяются в различных областях промышленности, в частности для электрокатодного оборудования. Процесс изготовления таких материалов требует контроля их структурных параметров. Основные характеристики, такие как размеры частиц, пористость, качество контактов, можно контролировать ультразвуковыми методами. Для этого нужно установить связь искомого свойства со скоростью ультразвука в материале.

В работе исследовалась корреляция скорости ультразвука с размерами и

процентним содержанием вольфрамовых включений в порошковой меди. Пористость исследуемых образцов материала изменялась в диапазоне 7 – 24 %; размеры частиц меди -50 и +50 мкм, частиц вольфрама – 15, 28 и 100 мкм, массовый объем включений составлял 20 и 50 %. Скорость ультразвука измерялась методом сквозного прозвучивания для трёх групп смесей в двух направлениях: в направлении прессования (см. зависимости 4,5,6 на рис.) и перпендикулярно направлению прессования (1,2,3).

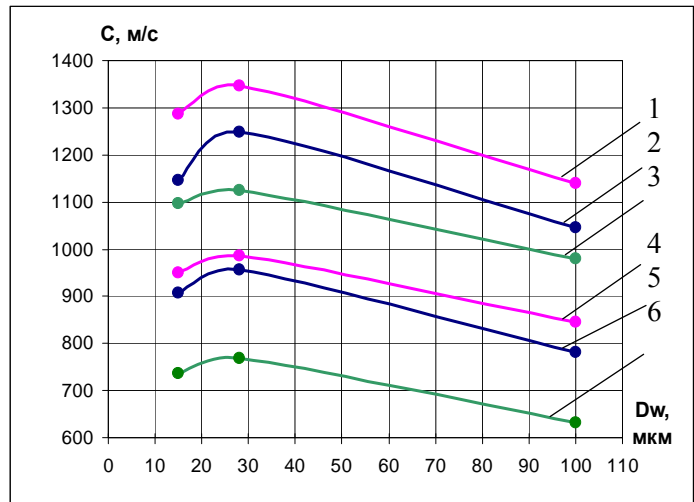


Рис. Залежності швидкості ультразвука від розміра вольфрамових включень для трьох груп образців

В результаті роботи виявлена кореляція ефективної швидкості ультразвука со структурними параметрами неспечених пресовок на основі медного порошка, а именно – с процентним содержанием и размерами вольфрамовых включений. Полученный результат позволяет рекомендовать использование скорости ультразвука для контроля свойств гетерогенных пресовок из порошковых материалов на основе пластичной матрицы и твердых включений.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустические методы, скорость ультразвука, порошковый материал, медь, включения.

УДК 620.179.14

ВИХРОСТРУМОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТОЧЕЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Горкунов Б.М., Горбашова Г.Г., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Точкове зварювання застосовують переважно при з'єднанні листових деталей. Деталі, що зварюються, збирають внахлест, стискають між двома мідними електродами і пропускають електричний струм (від зварювального трансформатора). При протіканні струму виділяється теплота в деталях і електродах. У зв'язку з тим, що найбільший електричний опір має контакт між деталями, а електроди, як правило, охолоджуються водою і відводять теплоту з поверхні деталей, тому відбувається інтенсивний нагрів металу тільки в місці контакту. Тут метал розплавляється і з'являється рідке ядро, яке твердне після виключення зварювального струму, утворюючи зварну точку. У разі наявності литого ядра електропровідність в зоні останнього зменшується в порівнянні з електропровідністю основного металу. За наявності дефектів типу «злипання» або недо-

вара електропровідність литого ядра приблизно дорівнює електропровідності основного металу.

На чутливість електромагнітного методу значний вплив має зазор між датчиком і поверхнею контролюваного виробу, а також їх взаємне розташування, форма і розміри. Із збільшенням зазору різко падає чутливість методу. Структурна неоднорідність істотно знижує чутливість методу до виявлення дефектів. Цим методом вдається виявити поверхневі і підповерхневі тріщини глибина яких 0,1 – 0,2 мм і протяжністю більше 1 мм, розташовані на глибині 1 мм.

Розглянемо модель вихрострумowego перетворювача (ВСП) накладного типу з наступними параметрами: радіус витка намагнічу вальної обмотки $R_1=2,5$ мм, виконаний з міді ($\rho=1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м), діаметр дроту $d=0,1$ мм, відстань від площини зразка до витка $z=1$ мм. Припустимо, що діаметр зварювальної точки $d_T=5$ мм. Глибина зварювальної точки при якісному зварюванні не повинна перевищувати 20% від товщини зварювального матеріалу. Тому розглянемо три випадки, коли $h=0,1$ мм – недовар; $h=0,2$ мм – норма; $h=0,5$ мм – прожог. Для прикладу візьмемо матеріал мідь М2 ($\rho=1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м). Під час точкового зварювання зразок в місці зварювання нагрівається і стискається електродами, відповідно в цьому місці зміниться структура матеріалу з якого він виготовлений і питомий електричний опір. Розглянемо зміну $Z_{екв}$ при збільшенні ρ на 5% і 10% у місці зварювання для двох матеріалів, глибина зварювальної точки $h=0,2$ мм. Зразок з міді М2 $\rho=1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Збільшимо ρ на 5% і 10%, одержимо $\rho=1,85 \cdot 10^{-8}$ Ом·м і $\rho=1,95 \cdot 10^{-8}$ Ом·м відповідно. Для вимірювань складових опор перетворювача застосовується схема мосту змінного струму по Максвеллу, яка дозволяє проводити точні вимірювання $Z_{екв}$ ($L_{екв}$ та $R_{екв}$).

Ключові слова: точкове зварювальне з'єднання, вихрострумний метод, немагнітні матеріали, активний опір, індуктивність

УДК 620.179.14

ОДНОРОДНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ ТЕЛ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ В МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Гальченко В.Я., Воробьева Т.В., Воробьев М.А., Луганский государственный медицинский университет, м. Луганск, Украина

В настоящее время широкое распространение получила операция намагничивания в разомкнутой магнитной цепи, которая является неотъемлемой частью таких процессов как магнитная дефектоскопия, коэрцитиметрия и др. Теоретические основы этих процессов предполагают однородное распределение намагниченности по всему объему исследуемого образца. На практике однородное намагничивание осуществляют с использованием источников однородного поля. Однако, известно, что в разомкнутой цепи при однородном внешнем поле однородно намагничиваются только тела эллип-

соидальной формы. Для тел любой другой формы их геометрия и размеры существенным образом сказываются на распределении намагниченности, искажая однородный характер внешнего поля. Целью данной работы является повышение степени однородности намагничивания исследуемых образцов для улучшения метрологических характеристик методов магнитного контроля. Повышение степени однородности намагничивания возможно с использованием намагничивающих устройств, генерирующих неоднородное внешнее поле соответствующей конфигурации с учетом формы и размеров объекта контроля. Таким образом, решение поставленной задачи состоит из двух этапов: расчета конфигурации неоднородного внешнего поля, которое обеспечивало бы практически однородное намагничивание объекта, с последующим синтезом магнитной системы, генерирующей поле требуемой конфигурации. Требуемую конфигурацию внешнего поля можно определить в результате моделирования взаимодействия намагничивающего поля с исследуемым объектом. В вычислительных экспериментах для таких расчетов было использовано программное обеспечение [1], основой которого является метод пространственных интегральных уравнений. Проектирование магнитной системы с заданной конфигурацией поля сводится к решению задачи многокритериальной дискретно-непрерывной оптимизации с ограничениями, которая решалась методом структурно-параметрического синтеза [2].

Ключевые слова: магнитная дефектоскопия, однородное намагничивание, синтез магнитных систем с заданным распределением поля.

Литература

1. Гальченко В.Я., Остапуценко Д.Л. Численный анализ пространственной конфигурации магнитных полей объектов сложной геометрической формы с учетом нелинейных характеристик веществ // Информационные технологии. – 2008. – № 8. – С. 43-49.
2. Гальченко В.Я., Воробьев М.А. Использование генетических алгоритмов в структурном синтезе источников магнитных полей с заданными свойствами // Информационные технологии. – 2003. – № 7. – С. 7-12.

УДК 620.179.14:621.318.3

ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ИСТОЧНИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ НАМАГНИЧИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

*Гальченко В.Я., Якимов А.Н., Луганский государственный медицинский университет,
г. Луганск, Украина*

Во многих устройствах неразрушающего магнитного контроля (НК) необходимо обеспечить высокую однородность магнитного поля в рабочем объеме, поскольку это, зачастую, оказывает положительное влияние на выявляемость дефектов сплошности в контролируемом объекте.

Целью данного исследования является разработка программного обеспечения (ПО), позволяющего осуществить поиск оптимальных конструктивных параметров электромагнита для создания однородного магнитного поля в его рабочем объеме. Полусные наконечники электромагнита представляются в виде набора прямоугольных выступов. Искомими параметрами являются величины этих выступов, диапазоны изменения которых ограничены размерами полюсов и рабочим объемом намагничивающей системы. Материал полюсных наконечников находится в состоянии близком к насыщению и его намагниченность можно считать постоянной и направленной вдоль оси системы.

Решение поставленной задачи сводится к оптимизации целевой функции, учитывающей степень однородности поля в объеме и его абсолютную величину в центре магнитной системы. Так как функция цели является многоэкстремальной и овражной, то для решения оптимизационной задачи требуются применение специальных методов поиска глобального оптимума.

Для решения поставленной задачи используется разработанный авторами гибридный эволюционный алгоритм мультиагентной роевой оптимизации PSO и генетического алгоритма с вещественными хромосомами, позволяющий обеспечить более высокую эффективность поиска глобального оптимума, чем каждый из этих подходов в отдельности [1]. На основе данного алгоритма разработано специализированное ПО, обеспечивающее поиск решения за минимальное количество вычислений целевой функции.

Предложенный подход является эффективным инструментом проектирования устройств, создающих высокооднородные магнитные поля в заданном объеме и применяющихся в НК.

Ключевые слова: неразрушающий магнитный контроль, устройство намагничивания, оптимальный синтез, глобальная оптимизация роем частиц.

Литература

- J. Kennedy, R. Eberhart. Particle Swarm Optimization. // Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks (Perth, Australia), IEEE Service Center, Piscataway, NJ. 5(3). – 1995. – PP. 1942-1948.

УДК 621.643.03: 620.179.18

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАТЕГОРИЙНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

*Тымчик Г.С., Подолян А.А., Национальний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, г. Київ, Україна*

Для перевода магистрального газопровода в более высокую категорию возникает необходимость замены используемой трубы на трубу, обладающую более высокой несущей способностью. Это связано с большими финансовыми затратами и обязательной остановкой транспорта газа. Вместе с тем, прочность трубы может быть повышена до заданного уровня без остановки газопровода

путём монтажа на трубопроводе вдоль всего ремонтируемого участка замкнутой металлической оболочки, заполненной под давлением самотвердеющей массой. От правильности монтажа оболочки зависит эффективность, надёжность и долговечность усиливаемого трубопровода.

Оболочка составляется из установленных шаговым методом на тонких технологических кольцах герметичных муфт. На торцах оболочки монтируются камеры, формирующие уплотнители. Общее подмуфтовое пространство так же разделяется с помощью аналогичных уплотнителей.

Для обеспечения надёжного монтажа, большое значение имеет качество сварки элементов конструкции, так как разгерметизация подмуфтового пространства в процессе запрессовки самотвердеющего вещества не позволит обеспечить требуемую степень разгрузки ремонтируемой трубы. Наряду с известными методами контроля (рентгеноскопия, ультразвуковая дефектоскопия), перед запрессовкой самотвердеющей массы предлагается проводить гидравлических испытаний подмуфтового пространства. Для проведения испытаний удобно использовать жидкость, применяемую для обработки поверхности трубы и муфты с целью увеличения адгезии к самотвердеющему веществу. При этом гидравлические испытания могут быть совмещены с процедурой подготовки внутренней поверхности муфты к запрессовке самотвердеющего вещества. Для упрощения поиска места разгерметизации подмуфтового пространства, в используемую жидкость могут быть введены вещества, обладающие специальными свойствами. Например, хладагент или краситель.

При проведении работ на действующем газопроводе, давление запрессовки самотвердеющей массы должно быть равно половине давления внутри трубы на момент проведения работ, что обеспечивает постоянство распределения нагрузки между трубой и оболочкой.

При отсутствии достоверной информации о давлении внутри трубопровода на момент проведения работ, требуется оперативный контроль кольцевых механических напряжений в стенках трубы и муфты во время запрессовки самотвердеющей массы в подмуфтовое пространство.

УДК 620.192.46

СУЧАСНІ МЕТОДИ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТОМОГРАФІЇ В НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Бедзір А.О. Лютак З.П., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Особливого розвитку в неруйнівному контролі набули ультразвукові методи контролю. Перевагою їх є висока інформативність, економічність, простота використання. Серед ультразвукових приладів найбільшого поширення набули дефектоскопи. Основним недоліком типових ультразвукових дефектоскопів є

інтерпретація результатів оператором за амплітудою і координатах одиничного луно-сигналу (А-скану), який отримується на екрані приладу. Розробка систем, які дають можливість візуалізувати дефект для кращого сприйняття оператором є дуже актуальною.

З розвитком нових технологій та обчислювальної техніки на ринку промислових дефектоскопів почали з'являтися ультразвукові прилади, які дозволяють отримати 2D зображення перерізу об'єкту контролю. Такі прилади дістали назву ультразвукових томографів за схожість принципу дії і отримуваного зображення з рентгенівськими та магнітно-резонансними томографами. Враховуючи їхню дороговизну, вони не набули масового поширення і використовуються для діагностики відповідальних вузлів.

Ультразвукові томографи, які зараз представлені на ринку використовують два принципово різні підходи щодо отримання інформації про дефект.

В першому типі приладів в якості первинного перетворювача використовують фазовані антенні решітки, які представляють собою набір п'єзоелементів конструктивно об'єднаних в одному корпусі. За рахунок спільної роботи цих перетворювачів вдається керувати інтегральним променем решітки.

Робота другого типу приладів базується на використанні кількох (як правило двох) п'єзодатчиків, які переміщуються по поверхні об'єкту контролю прозву чують його з різних сторін і за допомогою спеціальних алгоритмів будують томографічне зображення перерізу контрольованого об'єкту.

За точністю визначення геометричних параметрів дефектів акустичні томографи поступаються стандартним дефектоскопам, але вони дають змогу значно підвищити продуктивність і спростити процес контролю. Тому актуальним є вдосконалення методів акустичної томографії для підвищення точності і зниження собівартості приладів.

Ключові слова: ультразвук, акустична томографія, фазована антенна решітка, п'єзодатчики.

УДК 621.391

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ОРТОГОНАЛІЗОВАНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНО-ЧАСОВОЇ ШУМОВОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Дідковський Р.М., Гузнін С.С., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Постановка задачі

Існує величезний попит на бездротові мережеві пристрої моніторингу різного роду параметрів з можливістю працювати автономно на одному заряді батареї протягом років. Ця проблема може бути вирішена за допомогою використання пристроями передачі інформації стаціонарного шумового процесу у якості несучої. Дані системи прості у виконанні та роблять можливою передачу

даних в смузі частот, яку займають традиційні системи зв'язку за рахунок широкопasmової природи сигналу. Проте клас систем, які використовують кореляційно-часову шумову модуляцію для введення інформаційного сигналу у шумовий, мають внутрішню помилку системи, що негативно позначається на завадостійкості. Слід розробити та дослідити спосіб введення інформаційного сигналу у шумовий, який би зменшував рівень власної помилки системи та збільшував завадостійкість.

Вирішення задачі.

Для вирішення даного завдання було запропоновано ортогоналізовану кореляційно-часову шумову модуляцію. Структурну схему передавача з даним видом модуляції приведено нижче.

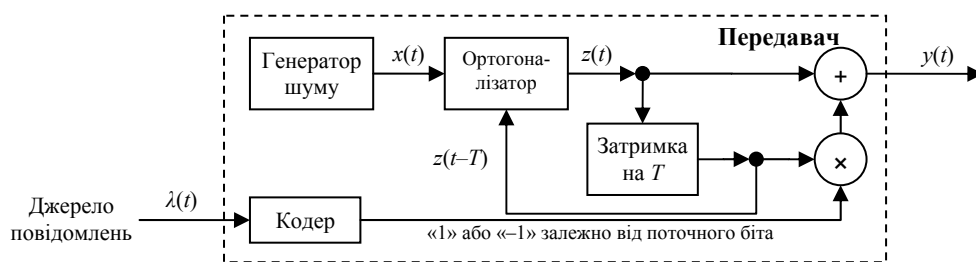


Рис. 1. Структурна схема передавача з кореляційно-часовою шумовою модуляцією

За рахунок використання на стороні передавача пристрою ортогоналізації, який працює на основі алгоритму Грамма-Шмідта, вдається позбутися власної помилки системи. Результати дослідження завадостійкості систем з КЧШМ та ОКЧШМ, при в двічі більшій швидкості передачі даних, наведені нижче.

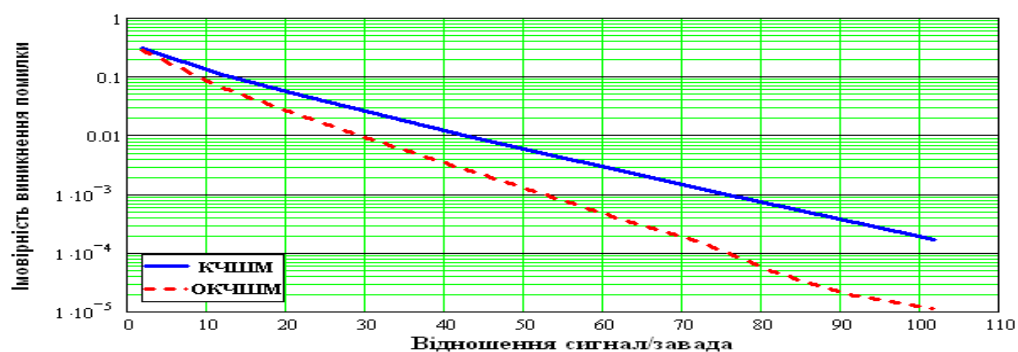


Рис. 2. Залежність імовірності виникнення помилки від відношення сигнал/завада

З отриманих даних видно, що з ростом відношення сигнал/завада росте й завадостійкість системи на основі ОКЧШМ відносно до системи з КЧШМ.

Ключові слова: шумовий процес, модуляція, завадостійкість системи.

УДК 620.179.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ МОД КОЛЕБАНИЙ
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Красковский А.П., Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина

Акустическая чувствительность и разрешающая способность ультразвуковых дефектоскопов-томографов (УЗДТ) с электронным сканированием в значительной мере зависит от чувствительности и пространственно-временных характеристик, входящих в их состав, фазированных антенных решеток (ФАР) пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП).

При создании реальных ФАР ПЭП возникают различного рода побочные ("паразитные") эффекты: инерционность колебаний пьезоэлементов, действие побочных мод колебаний пьезоэлементов, взаимная связь между пьезоэлементами, неидентичность пьезоэлементов, неточность их пространственного положения и другие, которые обусловлены конструктивно-технологическими факторами проектирования и изготовления ФАР ПЭП. Эти эффекты оказывают существенное негативное влияние на чувствительность и пространственно-временные характеристики ФАР ПЭП, что в свою очередь, в процессе ультразвукового контроля приводит к снижению, соответственно, акустической чувствительности и разрешающей способности УЗДТ и, следовательно, к частичной или полной потере достоверной информации о величине, характере и местоположении дефектов.

Основными проблемами становятся, как правило, побочные моды колебаний, взаимная связь между пьезоэлементами и их инерционность колебаний.

В данной работе наибольшее внимание уделено исследованию влияния побочных мод колебаний пьезоэлектрических преобразовательных элементов, в частности: моды колебаний "масса - пружина", определяемой состоянием колебательной системы "пьезоэлемент - демпфер" и поперечной моды колебаний, на пространственно-временные характеристики ФАР.

Кроме того, рассмотрены методы подавления вышеуказанных побочных мод колебаний за счет применения новых конструктивно-технологических решений, с целью повышения разрешающей способности ФАР ПЭП.

Для оценки эффективности методов были разработаны и изготовлены на единой технологической основе 24 варианта ФАР ПЭП с рабочей частотой 2,5 МГц, содержащих пьезоэлементы различной геометрической формы. Приведены сравнительные данные результатов теоретических и экспериментальных исследований разработанных ФАР ПЭП.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефектоскопия, томография, ультразвуковые преобразователи, пьезоэлектрические решетки.

УДК 621. 129

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ СТЕПЕНІ ВТОМИ МАТЕРІАЛІВ

Маєвський С.М., Карявка А.В., Національний технічний університету країни «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Під поняттям «втома» сталевих матеріалів розуміють деградацію внутрішньої структури матеріалу на кристалічному рівні внаслідок знакозмінних довготривалих навантажень. небезпечним є те, що ріст густини мікротріщин приводить до їх об'єднання та утворення дефектів внутрішньої структури матеріалу у вигляді тріщин. Ріст цих тріщин виводить їх на поверхню матеріалу, що значно прискорює руйнацію матеріалу.

Радіаційний, магнітний, вихрострумний та акустичний методи неруйнівного контролю та засоби, що їх реалізують, націлені на виявлення результатів втоми сталевих матеріалів: тріщин в середовищі матеріалу та на його поверхні. Лише акустоемісійний метод неруйнівного контролю здатен виявляти процес руйнації структури металу на кристалічному рівні. Проте цього недостатньо, щоб оцінити ступінь втоми матеріалу.

Оцінка ступеня втоми сталевих феромагнітних матеріалів можлива лише двома відомими методами. Перший з цих методів – метод оцінки втоми феромагнітного матеріалу за величиною коерцитивної сили, яка здатна збільшуватися з ростом втоми матеріалу. Коерцитивну силу матеріалу вимірюють, як від'ємну напруженість магнітного поля у ланцюзі магнітопроводу та ділянки контрольованого матеріалу при нульовій індукції магнітного поля намагнічуючої котушки. Величина зростання коерцитивної сили свідчить про ступінь втоми матеріалу.

Інший метод, що є предметом нашого подальшого розвитку, більш універсальний щодо типу матеріалу і оснований на вимірюванні величини зменшення фазової швидкості розповсюдження високочастотних (50 МГц) ультразвукових коливань у контрольованому матеріалі. певним недоліком такого методу є необхідність вимірювань незначних змін швидкості ультразвуку, що вимагає високої (0,01 %) точності вимірювання.

Для визначення ультразвукової швидкості необхідно визначити два параметра: шлях розповсюдження коливань та їх часову затримку. Обидва вимірювання з зазначеною точністю є проблемними. Вимірювання часової затримки виконується фазовим методом шляхом визначення кумулятивного фазового зсуву інформативного ультразвукового сигналу на довжині шляху розповсюдження ультразвуку. При цьому вимірюється кумулятивне значення фазового зсуву з одночасним автоматичним визначенням кількості фазових циклів у значенні цього кумулятивного фазового зсуву. Для випадку неможливості прецизійного вимірювання довжини шляху розповсюдження коливань засобами лінійних вимірювань запропоновано спосіб визначення цієї довжини за результатами вимі-

рювання фазових зсувів коливань за двома близькими траєкторіями розповсюдження.

Ключові слова:

УДК 620.179.14

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

*Лисенко Ю.Ю., Куц Ю.В., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Методи вихрострумowego неруйнівного контролю (ВСК) широко застосовуються для контролю електропровідних матеріалів та виробів з них завдяки своїй високій інформативності, залежності результатів контролю від багатьох параметрів як об'єкта контролю (ОК), так і режимів контролю та параметрів системи ОК - вихрострумовой перетворювач (ВСП). Це створює певні складності при аналізі результатів та їх інтерпретації. Саме тому ефективність застосування методів ВСК суттєво залежить не тільки від типів датчиків, режимів контролю, але й від методів опрацювання результатів контролю. Однією з можливостей перевірити ефективність методів обробки сигналів ВСК є проведення комп'ютерного моделювання задач ВСК.

У доповіді розглянуто методику проведення комп'ютерних експериментів з сигналами ВСК на прикладі задачі контролю параметрів деталей циліндричної форми. Поставлена задача вирішувалась поетапно. Перший етап – для заданих фізико-механічних параметрів ОК та режимів контролю (μ , R , γ , f , U_0) обчислювались параметри внесених сигналів ВСП ($U(t)$, $\varphi(t)$) і відбувалось формування вибірок внесених гармонічних сигналів $U[j]$, $j \in [0; J]$ у часовій області. На другому етапі виконувався аналіз характеристик отриманого сигналу за допомогою дискретного перетворення Гільберта. Отримання Гільберт образу сигналу $U_H(t)$ дозволило визначити амплітудну і фазову характеристики сигналів (АХС та ФХС):

$$U(t) = \sqrt{u^2(t) + u_H(t)}, \quad \Phi(t) = \arctg \frac{u_H(t)}{u(t)} + L(u_H, u),$$

де $L(u_H, u)$ - ступінчаста функція, яка забезпечує розгортання фазової характеристики в часовому інтервалі. Для зменшення методичних похибок визначення АХС та ФХС було вибрано час моделювання кратним періоду сигналу. Крім того, на етапі моделювання визначалась функціональна залежність між параметрами сигналу і параметрами ОК - $f_U(R, \mu^*, \gamma)$, $f_\varphi(R, \mu^*, \gamma)$. За допомогою використання обернених функцій $f_U^{-1}(R, \mu^*, \gamma)$, $f_\varphi^{-1}(R, \mu^*, \gamma)$ визначались оцінки па-

раметрів ОК – $R^{\wedge}, \gamma^{\wedge}, \mu^{\wedge*}$. На третьому етапі виконувалось порівняння вихідних та отриманих даних, а також похибка їх визначення.

Розроблена методика та моделююча програма дозволяють виконувати комп'ютерні експерименти для різних співвідношень сигнал-завада в режимі отримання цифрових сигналів, обирати і оцінювати ефективність використання особливостей компенсації не інформативних складових. Отримана методика і програма можуть використовуватись як в навчальному процесі, так і в засобах ВСНК у вигляді окремих програмних модулів.

Ключові слова: вихрострумний контроль, перетворення Гільберта, амплітуда та фазова характеристики сигналу.

УДК 620.179.16

СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

¹ Еременко В.С., ¹Переєденк А.В., ²Павленко Ж.А., ¹Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина; ²Национальний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г. Киев, Украина

В последние годы возросла доля композиционных материалов в авиационной промышленности по отношению к другим конструкционным материалам. Необходимо отметить, что композит имеет широкую номенклатуру возможных дефектов. Поэтому разработка классификатора состояния изделий из композиционных материалов для своевременного выявления и устранения повреждений является важной и актуальной задачей.

Целью работы является построение системы классификации технического состояния объектов с применением искусственных нейронных сетей. Такой подход повышает достоверность контроля, позволяет уменьшить влияние случайных факторов на результаты контроля, а также выполнять неразрушающий контроль в условиях ограниченной начальной информации про объект контроля.

В качестве экспериментальных данных для исследования были использованы данные, полученные при проведении контроля образцов композиционных материалов методом низкоскоростного удара. Диагностируемый образец обладал пятью характерными зонами – бездефектная и четыре зоны с разной степенью поврежденности. В качестве информативных параметров для анализа использовались амплитуда и длительность импульса принятого сигнала. Для проведения классификации технического состояния экспериментальных образцов была создана нейронная сеть типа «Многослойный персептрон» (МП), которая позволяет проводить нелинейное разграничение диагностических признаков. Сеть состоит из трех слоев нейронов с сигмоидальной функцией активации, обучение сети выполнялось по алгоритму обратного распространения ошибки.

Достовірність класифікації стану виробів з композиційних матеріалів за допомогою описаної нейронної мережі представлено на рис. 1. Опис архітектури МП наведено в форматі $XX|YY|ZZ$, де XX і YY – кількість нейронів в першому і другому шарі відповідно, ZZ – кількість нейронів в вихідному шарі.

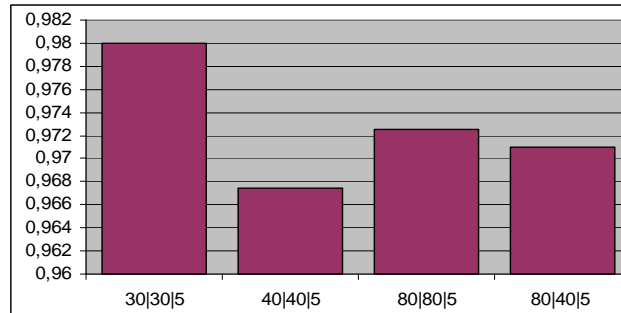


Рис. 1. Достовірність класифікації багатоварштовим перцептронем

Можно отметить, что достоверность классификации с применением МП составляет 98% и является допустимым для решения поставленных задач диагностики сотовых панелей из композиционных материалов.

Ключевые слова: многослойный перцептрон, функция активации, композиционные материалы.

УДК 621.179

БЕЗКОНТАКТНА УЛЬТРАЗВУКОВА ТЕНЗОМЕТРИЧНА СИСТЕМА

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

При виготовленні деталей, конструкцій та їх експлуатації, виникають поверхневі залишкові напруження (ЗПН). Проблема визначення ЗПН є дуже актуальною, оскільки наявність ЗПН є критичною для початку внутрішніх тріщин та їх росту. Існує також значний вплив ЗПН на розвиток підповерхневих тріщин.

Для контролю ЗПН використовуються різні методи, з яких найбільш перспективним є ультразвуковий метод. В ньому для оцінки залишкових напружень використовують зміну під дією напружень часу розповсюдження (ЧР) хвиль Релея між розташованими на фіксованій відстані випромінювачем та приймачем.

Для зменшення похибок вимірювання ЗПН потрібно зменшити похибку вимірювання ЧР, що можливо за рахунок застосування безконтактних електромагнітно-акустичних перетворювачів та імпульсно-фазового методу вимірювання часової затримки.

Для проведення вимірювань було створено інформаційно-вимірювальну систему (рис.1), яка реалізує цифровий метод вимірювання повного фазового зсуву радіоімпульсного сигналу з використанням багатоскальних методів усу-

нення неоднозначності фазових вимірювань, що дозволяє значно підвищити точність вимірювань.

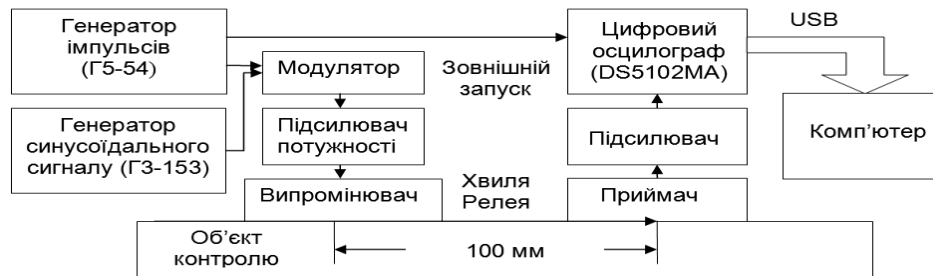


Рис. 1. Структурна схема системи

Приймач та випромінювач хвиль Релея було виготовлено під керівництвом автора. На вхід випромінювача подавався радіоімпульс з частотою 1 МГц та тривалістю 4 періоди. Сигнал з приймача підсилювався та поступав на вхід осцилографа, який оцифровував сигнал з частотою 100 МГц та записував його в пам'ять. Для збільшення відношення сигнал-шум використовувалось осереднення 128 вибірок сигналу. Після усереднення сигнал поступав в комп'ютер. Подальша обробка отриманого сигналу проводилась в середовищі Matlab. По результатам вимірювань розраховувались значення ЗПН.

Результати експерименту підтвердили зменшення похибки вимірювань ЗПН, що підтверджує перспективність подальших розробок у даному напрямку.

Ключові слова: поверхневі залишкові напруження, ультразвукова тензометрія, інформаційно-вимірювальні системи

УДК 621.124.19

МЕТОД И ПРИБОР ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭХО-АМПЛИТУДНОЙ ДЕФЕКТОМЕТРИИ С ПОМОЩЬЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ АРД-ДИАГРАММЫ

Давиденко В.Ф., Баженов В.Г., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Проведен анализ трудностей реализации эхо-амплитудной дефектометрии (ЭАД) с помощью АРД-диаграмм на ультразвуковых дефектоскопах общего назначения, который выявил необходимость проведения следующих дополнительных исследований и разработок:

1. Физико-математического моделирования поля эхо-канала для повышения эффективности АРД-диаграмм, обеспечивающих точность измерения размеров эквивалентных отражателей и универсальность учёта условий ЭАД;

2. Укрупнения, повышения информативности и обеспечения безразмерности трёх основных переменных ЭАД: дальности и размера эквивалентного от-

ражателя, а також базовою відносительною амплитудою ехо-сигнала;

3. Преобразования системи настройки и измерения амплитуды эхо-сигналов с относительной на абсолютную основу, предусматривающую введение базового опорного сигнала, учитывающего все особенности акустического тракта преобразователя, прибора и объекта контроля, а также эквивалентного отражателя;

4. Введения широкодиапазонной логарифмической шкалы амплитуды эхо-сигналов с квантованием цифрового дисплея пикселями с постоянной ценой шага в отрицательных децибелах от постоянного нуля базового опорного сигнала;

5. Ведения широкодиапазонной безразмерной шкалы дальности, учитывающей коэффициент затухания звука в объекте контроля, а также структурные части поля эхо-канала, облегчающей их выделение и отображение;

6. Выявления главных сравниваемых элементов эхо-амплитудной дефектометрии в виде измеренной базовой относительной амплитуды реального эхо-сигнала и вычисленной базовой относительной амплитуды эхо-сигнала от гипотетического эквивалентного отражателя;

7. Синтезирования из вышеуказанных элементов ЭАД целостной системы измерения размеров эквивалентных отражателей с помощью универсальной АРД-диаграммы, прилагаемой к ультразвуковым дефектоскопам общего назначения или к их существенно упрощённым аналогам;

8. Настройки ЭАД с помощью имеющегося парка образцов с эквивалентными отражателями известных размеров, измерений неизвестных отражателей в автоматическом режиме с высокими точностью и производительностью.

Ключевые слова: ультразвуковая эхо-амплитудная дефектометрия, эквивалентный отражатель, базовая относительная амплитуда эхо-сигнала, эхо-канал.

УДК 621.317

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ

*Каламєєць Т.П., Київський національний університет технологій і дизайну,
м. Київ, Україна*

Для вимірювання діелектричних характеристик різноманітних матеріалів при односторонньому доступі до об'єкту контролю використовується автогенераторний вимірювач діелектричної проникності. Але нестабільність чутливості перетворення ємності датчиків в частоту автогенератора, а також вплив нестійкості геометричних розмірів ємнісних датчиків і їх неідентичність не дозволяють забезпечити високу точність вимірювання діелектричної проникності. Запропонований авторами автогенераторний вимірювач дозволяє забезпечити пропорційну залежність між показами індикатора і діелектричною проникністю

вимірюваного об'єкта незалежно від параметрів ємнісних датчиків і нестабільності чутливості автогенераторного частотного перетворення, що підвищує точність вимірювання діелектричної проникності.

На діелектричній підложці розташовані з одної сторони опорний ємнісний датчик, з іншої сторони вимірювальний ємнісний датчик. Датчики по чергово підключаються в RC часозадавальний ланцюг високочастотного автогенератора через комутатори, які керуються вихідною напругою несиметричного мультивібратора. В один такт вимірювання напруга, що виробляється високочастотним генератором, утворює змінне електричне поле, яке за допомогою електродів вимірювального датчика зондує контрольований матеріал. В протилежному положенні контактів комутаторів опорний датчик підключається до схеми автогенератора. На вхід змішувача подаються коливання високочастотного генератора з датчиками і високочастотного генератора частоту коливань якого обираємо з певних умов, при чому обидва автогенератори є однотипними. Коливання різницевої частоти по чергово перетворюються в прямокутні напруги із яких формуються короткі імпульси, частота слідування яких визначається відповідно різницевиими частотами. В результаті синхронної періодичної роботи комутаторів подальше перетворення сигналів приводить до того, що показники індикатора пропорційні тільки діелектричній проникності об'єкта, що контролюється. В рівняння вимірювального перетворення не входять геометричні розміри накладних ємнісних датчиків, параметри діелектричної підложки, чутливість високочастотних автогенераторів і початкові частоти цих автогенераторів. Не впливають на результат перетворення і нестабільність елементів вимірювальної схеми. Що дозволяє досягнути суттєвого підвищення точності вимірювання діелектричної проникності в широкому діапазоні змін факторів, що впливають, в тому числі і температури.

Ключові слова: автогенераторний перетворювач, ємнісний датчик, діелектрична проникність.

УДК 615.47:616-073

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ

Заболотна Н.І., Олійниченко Б.П., Шолота В.В., Вінницький національний технічний університет, ТОВ «Медівін», м. Вінниця, Україна

Молочна залоза (МЗ) – зручний об'єкт для дослідження неінвазивними методами, а низька концентрація гемоглобіну (10-20 мкМ) визначає такі коефіцієнти поглинання у ближньому ІЧ-діапазоні оптичного випромінювання, які обумовлюють велику глибину оптичного проникнення і оптичного пропускання через всю МЗ. Пухлинні процеси мають набагато більші коефіцієнти поглинан-

ня та дещо більші коефіцієнти розсіювання, що є інформативними параметрами для проведення діагностичних досліджень.

Перші клінічні дослідження по просвічуванню МЗ проведені в 1929 році Катлером. Метод, оснований на просвічуванні МЗ неперервним випромінюванням видимого та ближнього ІЧ-діапазону, було удосконалено в 70-80-х роках і призвело до формування двох напрямків : діафанографії та світлосканування. Їх недоліками є: низька загальна інформативність у порівнянні з рентгенологічними методами, необхідність проведення дослідження у темному приміщенні.

Застосування методик з розділенням у часі для формування зображень дало новий інструмент для оптичної мамографії, у рамках якого розроблено нові підходи: імпульсний (тіньовий метод зі стробуванням, метод дифузної томографії, метод оберненого проєкціювання та метод з розділенням за глибиною), фазово-модуляційний (частотний підхід).

Фазово-модуляційний метод у порівнянні з імпульсним є більш простішим і надійнішим з точки зору інтерпретації результатів, а також має більшу завадостійкість. Дослідні зразки оптичних мамографів розробили компанії Siemens AG, Medical Engineering, час сканування МЗ склав 2-3 хвилини, було покращено контрастність в двовимірному зображенні. Чутливість метода склала 72%, специфічність-52% від клінічної вибірки 131 пацієнта. Проте потенціал оптичної мамографії поширюється далі цих можливостей.

Авторами пропонується : збільшення глибини зондування за рахунок застосування поляризаційно-чутливої оптики у формувальному оптичному каналі мамографа; підвищення інформативності за рахунок обрахування декількох показників та визначення компонентного складу біотканини МЗ (розподілу концентрацій дезокси-, окси-, загального гемоглобіну, насичення крові киснем); проведення дослідження у реальному часі та підвищення просторової здатності та контрасту зображення за рахунок процедур післяоброблення, реалізованих за принципами око-процесорного оброблення.

Ключові слова: оптичний мамограф, імпульсний метод, фазово-модуляційний метод, око-процесорне оброблення.

УДК 534.08

ВПЛИВ ВІДНОСНОЇ ПРУЖНОСТІ ДЕФЕКТІВ НА ПАРАМЕТРИ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ В МІКРОНЕОДНОРІДНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

*Лісовець С. М., Київський національний університет технологій і дизайну,
м. Київ, Україна*

Розглянуто можливість діагностики мікронеоднорідних середовищ, до яких відносяться, зокрема, деякі полікристалічні метали (мідь, цинк, свинець) та гірські породи (вапняк, мармур, граніт), поздовжніми акустичними хвилями. Діагностика базується на тому, що в таких мікронеоднорідних середовищах спосте-

рігається явище амплітудно-залежного внутрішнього тертя (АЗВТ). Тому внаслідок структурної нелінійності акустичних характеристик можна спостерігати різні акустичні ефекти, зокрема, нелінійні втрати, зсув резонансних частот або генерацію вищих гармонік. Особливістю нелінійної акустичної діагностики є те, що кожне мікронеоднорідне середовище треба розглядати та досліджувати індивідуально. Наприклад, в результаті отжигу полікристалічного металу змінюється розмір його зерен, а в результаті заповнення гірських порід водою змінюються характеристики їх тріщин, що суттєво впливає на параметри АЗВТ.

Теорія хвильових процесів в мікронеоднорідних середовищах досить розвинена [Назаров В.Е., Радостин А.В. Волновые процессы в микронеоднородных упругих средах с гистерезисной нелинейностью и релаксацией // Акустический журнал.— 2005.— Т. 51.— № 2.— С. 280-285]. В теорії показано, що основний вклад в нелінійні ефекти вносить співвідношення між модулями пружності матеріалу-основи (жорсткий елемент) та дефекту (м'який елемент), причому нелінійні ефекти можуть спостерігатися навіть при зовсім невеликій інтенсивності акустичних хвиль. В результаті моделювання рівнянь стану кількох різних мікронеоднорідних середовищ було отримано, що на декремент затухання та зміну швидкості поздовжніх акустичних хвиль (на основній частоті) крім всіх інших параметрів впливає функція розподілення дефектів по відносним пружностям, а на високих частотах ще й по частотам релаксацій.

Тому, наприклад, збільшення загальної кількості дислокаційних петель в полікристалічних металах або розміру тріщин в гірських породах приводить до зміни функції розподілення дефектів по відносним пружностям, а звідси й до зміни декременту затухання та швидкості поздовжніх акустичних хвиль. Так як рівень нелінійних ефектів є доволі невеликим, то пропонується ряд методів вимірювання, які дозволяють зменшити в кілька раз вплив нелінійності самого акусто-електронного тракту прийому/випромінювання акустичних хвиль, одночасно з цим підвищивши в кілька раз роздільну здатність і поріг чутливості вимірювального приладу.

Ключові слова: мікронеоднорідне середовище, відносна пружність дефектів, релаксаційна частота, матеріал-основа, рівняння стану.

УДК 681.518.3:681.2.088

ВІБРОМЕТР З ІНТЕГРОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ У ВІДПОВІДНОСТІ З ISO GUM

Шантур А.С., Шантур С.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Віброметр з інтегрованою системою подання результату вимірювання (ІСПРВ) призначений для вирішення задач збору вимірювальної інформації з метою своєчасного прогнозування та діагностики несправностей машин та ме-

ханізмів. Розроблена структура віброметра з ІСПРВ забезпечує проведення оцінки якості та подання результату вимірювання у відповідності з документом ISO GUM, за яким кількісною оцінкою якості результату вимірювання є невизначеність

$$\text{стандартна } X = \tilde{x}; u_X = \tilde{\sigma}, \text{ або розширена } X = \tilde{x} \pm U_X, P,$$

де X – вимірювана величина, \tilde{x} – оцінка вимірюваної величини, $\tilde{\sigma}$ – оцінка середньоквадратичного відхилення вимірюваної величини, u_X – стандартна невизначеність, $U_X = k \cdot u_X$ – розширена невизначеність, k – коефіцієнт покриття, P – рівень довіри.

Віброметр працює в режимі реального часу і виконує операцію вимірювання в три етапи: підготовка вимірювань, вимірювання та подання результату вимірювання.

На першому етапі визначається статистика похибки вимірювання тестової величини, оскільки кожний сеанс вимірювання є унікальний внаслідок зміни метрологічних характеристик віброметра в часі та впливу параметрів навколишнього середовища в момент вимірювання. На цьому етапі виконується наступна послідовність дій: отримання залежності оцінки середньоквадратичного відхилення $\tilde{\sigma}$ (стандартної невизначеності u) вимірюваної величини V від оцінки її математичного очікування \tilde{v} ; обчислення оцінки коефіцієнтів асиметрії $\tilde{\gamma}_1$ і ексцесу $\tilde{\gamma}_2$ розподілу імовірності вимірюваної величини V ; апроксимація розподілу імовірності вимірюваної величини V спеціальною функцією – рядом Еджворта; знаходження коефіцієнти покриття k_1 і k_2 для обчислення розширеної невизначеності U . На другому етапі виконується безпосереднє вимірювання величини V відомими методами. На третьому етапі подається результат вимірювання: розраховується стандартна невизначеність u (виходячи з залежності $\tilde{v}(\tilde{\sigma})$); розраховується розширена невизначеність для заданої довірчої імовірності P (виходячи зі значення u і коефіцієнтів покриття k_1 і k_2); результат вимірювання подається на індикаторі віброметра.

Ключові слова: вимірювання параметрів вібрації, апроксимація розподілу імовірності, ряд Еджворта, невизначеність вимірювання, віброметр.

УДК 681.518.3:681.2.088:004.67

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИ СТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА РОТОРНОЙ МАШИНЫ

Шантырь С.В., Шантырь А.С., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Экспериментальные исследования показывают, что основные структурные составляющие вибросигнала образуют ограниченное множество вида

$$\{S_l(P_m)\}_L = \{S_p(F_{rot}), S_i(P_{des}), S_j(P_{steam}), S_k(P_{load}), \chi\}_L,$$

где $S_p(F_{rot})$ - структуры, связанные с частотой вращения ротора; $S_i(P_{des})$ - структуры, связанные с собственными параметрами элементов конструкции; $S_j(P_{steam})$ - структуры, связанные с параметрами рабочего вещества (пара); $S_k(P_{load})$ - структуры, связанные с параметрами нагрузки; χ - нерегулярная составляющая (виброшум); L - общее число сигнальных структур.

На произвольном отрезке времени вибросигнал представляет совокупность основных структур, возбуждаемых со случайной амплитудой и в случайной последовательности

$$v(t) = \sum_l \sum_k A_k^l S_l(t - t_k^l, P_m) + \chi(t), \quad (1)$$

где A_k^l - случайный множитель; t_k^l - случайный момент времени возбуждения l -ой структуры. Выделив совокупности, образованные каждой структурной составляющей, вибросигнал (1) можно представить в виде $v(t) = \sum_l S_l(t) + \chi(t)$.

Из установленного соответствия между спектральными и временными характеристиками для каждой l -ой совокупности структурных составляющих вибросигнала показано, что каждой структурной составляющей вибросигнала соответствует спектральная структура в виде произведения спектра парциальной структуры $G_k(\omega) = \int_{T_l} S_l(t, P_m) e^{-j\omega t} dt$ и обобщенного спектра случайной последовательности $\{A_k^l, t_k^l\}$, $G_l(\omega) = \sum_k A_k^l e^{-j\omega t_k^l}$. Причем, первый сомножитель зависит от времени существования структурной составляющей T_l , а второй – от временного интервала наблюдения вибросигнала T_H ($T_H \gg T_l$).

Исследование автокорреляционной функции обобщенного спектра $G_l(\omega)$ в частотной области показывает, что с увеличением числа элементов составляющих реализацию вибросигнала K_l , ширина главного лепестка автокорреляционной функции спектра уменьшается. Таким образом, увеличение числа элементов в парциальной структуре приводит к повышению изрезанности спектра, совершенно не зависящей от самой парциальной структуры. Откуда следует, что объем реализации должен быть согласован с длительностью структурной составляющей вибросигнала T_l .

В работе экспериментально показано, что при цифровой обработке бесконечной реализации случайной последовательности априорно известной сигнальной конструкции ограниченной длительности, ее классификационные признаки исчезают.

Теоретически доказано, что для восстановления классификационного признака в спектре сигнала необходимо ограничить объем выборки до величины, соизмеримой с длительностью сигнальной конструкции.

Разработана модель анализатора вибросигнала и получены результаты численного моделирования, подтверждающие справедливость доказанного положения применительно к вибросигналу роторной машины.

Ключевые слова: классификационный признак, вибросигнал, структурный анализ, сигнальная конструкция, численное моделирование, цифровая обработка сигнала, роторная машина.

Литература:

1. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
3. Применение методов корреляционного анализа к спектральным характеристикам сигналов для исследования связи их свойств во временной и частотной областях / Шантырь С.В., Шантырь А.С. // Научно-технический журнал «Техніка і технології АПК», - 2009. - №3. - С. 28-30.

УДК 621.14.179

**ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ В
ЗЕМНІЙ КОРИ**

Баженів В.Г., Худецький М.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

Сучасний розвиток електроніки і мікроелектроніки дає нові можливості для побудови унікальної високочутливої апаратури для вирішення такої актуальної задачі як пошук нових і оцінка виявлених уже запасів корисних копалин, а, особливо, покладів нафти та газу.

Особливий інтерес проявляє розробка альтернативної апаратури, яка дає можливість проведення такого контролю прямим безконтактним способом, використовуючи електромагнітні хвилі, так як пошукове буріння свердловин на порівняно великих глибинах потребує значних матеріальних і часових затрат.

У представлений роботі розглядаються й аналізуються особливості побудови пристроїв, які базуються на вимірюванні амплітуди і фази електромагнітної хвилі, обумовленої неоднорідністю земної кори, що досліджується.

Показано, що ефективно використання сучасних мікроконтролерів і синтезаторів частоти дозволяє створювати високоточні мобільні вимірювачі амплітудної та фазової складових напруженості електричного та магнітного полів для контролю структури земної кори.

Ключові слова: апаратура, електромагнітна хвиля, амплітуда, фаза, напруженість, мікроконтролери, синтезатор частоти.