

СЕКЦІЯ 7

**НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА
ДІАГНОСТИКА, ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ ГАЛУЗИ**

УДК 620.179.14

**МЕТОДЫ БЕСКОНТАКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
НАПРЯЖЕНИЙ И ВЕСА ГРУЗОВ**

Горкунов Б. М., Львов С. Г., Салиба Абдель Нур

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

E-mail: gorkunov@kpi.kharkov.ua, lsg@kpi.kharkov.ua, abdel.nour.saliba@gmail.com

Предложены три метода (амплитудный, фазовый и переменного-частотный) для измерения механических напряжений, возникающих в цилиндрических изделиях. Суть амплитудного и фазового методов состоит в том, что измеряют амплитуду E или фазу φ трансформаторного электромагнитного преобразователя (ЭМП) с цилиндрическим изделием. Механические напряжения σ_m при использовании этих методов можно определить как:

$$\sigma_m = \pm M \left(\frac{x^2(K)}{x_0^2(K)} - 1 \right); \quad \sigma_m = \pm M \left(\frac{x^2(\varphi)}{x_0^2(\varphi)} - 1 \right), \quad (1)$$

где знаки " + " и " - " соответствуют растяжению и сжатию изделия; M – размерный коэффициент; $x(K)$, $x(\varphi)$ – зависимости x от модуля ЭДС K и φ при нагруженном изделии; $x_0(K)$, $x_0(\varphi)$ – те же функции, но без нагружения; $x = a \sqrt{\mu_0 \mu_r \sigma \omega}$ – обобщенный параметр.

Переменного-частотный метод состоит в том, что сначала в отсутствие нагружения устанавливают значение частоты f_0 поля, соответствующее максимальной чувствительности. При этом фиксируют амплитуду E или фазу φ ЭДС ЭМП. Затем при каждом фиксированном механическом нагружении образца изменяют частоту f_n поля до тех пор, пока амплитуда (фаза) ЭДС станет равной прежней амплитуде (фазе) ЭДС при отсутствии усилия. Формула для определения σ_m переменного-частотным методом имеет вид:

$$\sigma_m = \pm M \left(\frac{x^2(f)}{x_0^2(f)} - 1 \right). \quad (2)$$

Формулы (1) - (2) позволили определить разрешающие способности устройств, реализующих данные методы. К примеру, разрешающая способность ЭМП при использовании амплитудного, фазового и переменного-частотного методов составляют 6,6 мВ/(кГ/мм²); 0,304 град/(кГ/мм²) и 25 Гц/(кГ/мм²) соответственно. Отсюда следует, что переменного-частотный метод позволяет получить максимальную чувствительность к механическому

напряженню.

Значительными практическими приложениями этих методов являются определение реальных и допустимых значений σ_m изделий и создание новых типов весоизмерительных подвесных автоматизированных устройств.

Ключевые слова: электромагнитный преобразователь, механические напряжения, амплитудный, фазовый и переменного-частотный методы.

UDC 535.317

IMAGE QUALITY THERMOSTABILIZATION OF THE INFRARED DIOPTRIC LENSES

Muraviov O. V.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
E-mail: stals98@ukr.net*

Operating requirements for infrared (IR) devices often include provision of the working temperature range ± 50 °C, because the most significant environmental factor that influences to image quality of IR technique is the temperature field change. This leads to the emergence of thermal defocusing in the optical system – change of the back focal length size, and image thermal aberrations. As a result, there is a significant reduction of the resolution and deterioration of lenses main characteristics. Consequently thermal stabilization of lens image quality at the environmental temperature changes is an important and actual problem that needs to be solved at the design stage of IR device.

The question of thermal stabilization can be solved by applying active, semi-active and passive methods. Main advantages of passive optical athermalization are high reliability, absence of any moving parts and need of manual adjustment, minimization of weight and size properties and simplicity of design. Perspectives of this direction development are also caused by constant expansion of the optical materials list for IR spectral range [1].

The synthesis of an athermalized dioptric objective is based on optical materials combinations with different signs of the thermo-optical constant [2]. During thermal stabilization it is possible to minimize image aberrations and to choose optimal material of the supporting structure for lenses at the same time. Proposed method allows to synthesize athermalized IR objectives, which include two or three lenses, using only two different optical materials [3].

Temperature fluctuations of the environment during the infrared technique operation significantly affect to its characteristics, such as quality and informativeness of the image, so at the design stage of high-precision and sensitive devices it is expediently to carry out an athermalization of the optical system.

Keywords: athermalization, image quality thermostabilization, dioptric objective, optical system.

References

- [1] V. M. Tyagur, O. K. Kucherenko and A. V. Murav'ev, “Passive optical athermalization of an IR three-lens achromat”, *Journal of Optical Technology*, vol. 81 (4), pp. 199-203, 2014.
- [2] О. К. Кучеренко, О. В. Муравйов, Д. О. Остапенко, “Вплив температури на абераційні властивості ІЧ-об’єктивів”, *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*, № 1, с. 99-105, 2013..
- [3] О. К. Кучеренко, А. В. Муравьев, “Методы пассивной атермализации и ахроматизации двухкомпонентных оптических систем”, *Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування*, вип. №43, с. 46–53, 2012.

УДК 620.179

ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Богдан Г. А.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина
E-mail: bogdangalya@gmail.com*

Для достоверного определения физико-механических характеристик (ФМХ) порошковых материалов (ПМ) по результатам ультразвукового неразрушающего контроля необходимо оценить влияние различных факторов на результат измерения информационного сигнала. А также, по возможности минимизировать или исключить те из них, которые оказывают существенное влияние на формирование суммарной погрешности измерения.

Как показали исследования, приведенные в литературе [1, 2], при проведении ультразвуковой структуроскопии ПМ необходимо измерять не только абсолютные значения скорости распространения упругой волны в разных точках контролируемого объекта, но и оценивать относительные изменения этой скорости по всему объему образца. При этом для обеспечения достоверности полученных результатов измерения необходимо чтобы погрешность измерения вдоль базы прохождения ультразвукового сигнала была на порядок меньше, чем разброс значений скорости ультразвука, который обусловлен разбросом физико-механических характеристик материала исследования.

В общем случае все погрешности при ультразвуковых измерениях ФМХ ПМ делят на методические, инструментальные и субъективные. В докладе проведен анализ факторов, которые влияют на их возникновение. Проведенные аналитические и экспериментальные исследования позволили дать количественную и качественную оценку их влияния на формирование суммарной погрешности измерения информационных параметров ультразвуковой волны. В свою очередь, это позволило определить их критические составляющие, а также выделить те факторы, влиянием которых

на суммарную погрешность измерения параметров ультразвуковой волны можно пренебречь.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, физико-механические характеристики, порошковые материалы, ультразвук, погрешность.

Литература

- [1] Г. А. Богдан, Р. М. Галаган, “Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 1: Влияние субъективной погрешности”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування*, Вип. 49, с. 53-60, 2015.
- [2] Г. А. Богдан, Р. М. Галаган, “Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 2: Влияние инструментальной и методической погрешностей”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування*, Вип. 51(1), с. 52-57, 2016.

УДК 534.231.2

СТЕНД ТЕСТУВАННЯ І КАЛІБРУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ГОЛОВОК

¹⁾Довженко О. П., ¹⁾Котовський В. Й., ¹⁾Оникієнко Ю. О., ²⁾Марченко О. Т.

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²⁾ТОВ «ТЕХНО-МЕД Україна», Київ, Україна

E-mail: dovzhenkoa@ukr.net, kotovsk.kpi@gmail.com, razrobotka@ukr.net,
al.marchenko123@gmail.com

Визначення питомої потужності ультразвукових головок (УГ), які використовуються в медичних та косметологічних апаратах, є важливою задачею при їх розробці та експлуатації [1]. Для проведення таких досліджень існують стандартизовані прилади [2], але вони не дозволяють одночасно з вимірюванням параметрів ультразвукової хвилі контролювати параметри електричних сигналів, що подаються на УГ. В зв'язку з цим був розроблений і виготовлений стенд тестування і калібрування ультразвукових головок (СТКУГ), призначений для визначення акустичних і електричних характеристик УГ, які застосовуються в косметологічних і медичних апаратах, а саме:

- дослідження амплітудно-частотної залежності радіаційної сили (потужності), що створюється УГ, а також струму, що протікає через неї, від характеристик збуджуючої напруги;

- тестування, калібрування та паспортизація УГ, а також зберігання результатів випробувань у вигляді спеціальних файлів.

Вимірювання, що проводяться на СТКУГ, відповідають стандарту ІЕС 61161:2013.

Спрощена блок-схема СТКУГ показана на Рисунку 1.



Рис. 1. Спрощена блок-схема СТКУГ

В якості ультразвукового вимірювача потужності застосовано прилад UPM-DT-1PA виробництва підприємства Ohmic Instruments Company. Гарантований частотний діапазон цього приладу складає 0,5...10 МГц, похибка виміру +/- 2мВт. Інтерфейс керування RS-232.

Контролер керування, підсилювач потужності та синтезатор - власних розробок та виготовлення.

Синтезатор генерує електричні сигнали різної форми (задаються контролером керування) в частотному діапазоні 0,05...50 МГц.

Підсилювач потужності забезпечує подачу на УГ підсиленого сигналу від синтезатора при напрузі на УГ до +/-27В та струмі до 3А.

Контролер керування забезпечує роботу СТКУГ за заданим алгоритмом.

Дані вимірювань зберігаються в персональному комп'ютері та можуть бути представлені у вигляді графіків.

Контролер з персональним комп'ютером взаємодіють через інтерфейс USB.

Дослідження, проведені на СТКУГ, дозволили знайти оптимальні режими роботи розроблених УГ та визначити параметри підсилювачів потужності, що повинні їх збуджувати.

Ключові слова: ультразвук, тестування, калібрування.

Література

- [1] А. М. Еняков, “Метрологический контроль медицинского ультразвукового оборудования”, *Мир измерений*, 11, 2006. [Електронний ресурс].
- [2] Електронний ресурс: <https://www.ohmicinstruments.com/ultrasound-wattmeters>

UDC 620.179

RESEARCH OF MEASUREMENT RESULTS UNCERTAINTY OF THE SIGNALS PARAMETERS FOR PULSED EDDY CURRENT TESTING METHOD

Kuts Y., Lysenko I., Dugin O.

*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
E-mail: j.lysenko@kpi.ua*

The results integrity of pulsed eddy current non-destructive testing (ECNDT) significantly depends on the accuracy of the measurement parameters of the eddy current transducer signals (ECT). Among these parameters are the frequency and damping coefficient of attenuating harmonic oscillations, which arise in the

transducer pulse mode operation under certain conditions. The process of evaluating these parameters is accompanied by the occurrence of particular error [1, 2].

The aim of the article is to obtain and analyze analytical expressions of standard uncertainty of the evaluation results of the decrement α and the oscillation frequency f of ECT signal in pulsed mode for analyzing the conductive materials and products from these materials. Considering that the error of forming the signal analysis time ΔT is determined by the stability of the pulse generator and can be reduced to a small value, and a crude error in determining of the signal phase characteristic is absent (the step function $L[\cdot]$ is determined without error [3, 4]), the standard uncertainties of the measurement results of the natural oscillations frequency and the ECT signal attenuation are determined [3] by next:

$$u_f(\Delta T) = \frac{u}{2\pi\Delta T\hat{U}_1} \sqrt{1 + e^{2\cdot\alpha\Delta T}}, \quad u_\alpha(\Delta T) = \frac{u}{\Delta T\hat{U}_1} \sqrt{1 + e^{2\cdot\alpha\Delta T}}, \quad (1)$$

where u - the uncertainty of the evaluation of the current ECT signal value, \hat{U}_1 - the value of the signal envelope in the initial time of analysis. During the formulas (1) derivation, it has been taken that the ECT signal and its Hilbert-image in some time moments are uncorrelated.

An analysis of the transcendental obtained equations (1) showed that functions $u_f(\Delta T)$ and $u_\alpha(\Delta T)$ have minimum for the value of $\Delta T_{opt} \approx 1,10889 \cdot \alpha^{-1}$. In view of this, the expressions for the minimum values of standard uncertainty have the form:

$$u_{f\min} \approx \frac{u}{2\Delta T_{opt}\hat{U}_1}, \quad u_{\alpha\min} \approx \frac{\pi u}{2\Delta T_{opt}\hat{U}_1}. \quad (2)$$

That uncertainty analysis (2) made it possible to estimate the optimal signal analysis time of the type (1). It can significantly affect the testing results integrity in the conditions of noise. In addition, the obtained expressions allow to substantiating the conditions for choosing the analysis time interval of the ECT signals to minimize error the standard uncertainty of the evaluation results of these signals.

Keywords: eddy current testing, pulse excitation mode, an uncertainty of the results, frequency, the damping coefficient of attenuating.

References

- [1] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement: First edition. — JCGM, Switzerland, 1993. – 120 p.
- [2] DSTU-N RMH 43-2006. Metrolohiia. Zastosuvannia «Nastanovy z otsiniuvannia nevyznachenosti u vymiriuvanniakh». – vved. 01-01-2007. K.: DP «UkrNDNTs», 2006. 28 s.
- [3] I. Lysenko, Y. Kuts, A. Protasov, O. Dugin, “Analysis of the signal parameters measurement uncertainty at pulsed eddy current non-destructive testing”, *International Journal “NDT Days”*, Vol. 1, Issue 4, pp. 461-468, 2018.
- [4] Y. Kuts, Y. Lysenko, A. Dugin, A. Zakrevskii, “Analysis of an Eddy-Current Transducer with Impulsive Excitation in the Nondestructive Testing of Cylindrical Objects”, *Materials Science*, vol. 52, no. 3, pp. 431–437, 2016.

UDC 620.179

ANALYSIS OF NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR THE TESTING OF THE POWDER MATERIALS PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS

Bohdan H. A.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

E-mail: bogdangalya@gmail.com

Today, one of the directions of powder metallurgy development is the creation of materials with predetermined physical and mechanical characteristics (PMC), as well as ensuring the stability of these parameters in the manufacture of the material according to known technology. The formation of PMC powder materials (PM) is influenced by both the composition of the starting components and the technology of their manufacture. Therefore, the current task is to develop operational testing systems that will allow assessing the PMC changes at any stage of material production and operation of the finished product with high accuracy, as well as assess the effectiveness of selected technological modes of production [1-3].

Various methods of non-destructive testing (NDT) are used when developing such systems. However, preference is given to those that allow to measure of a large amount of powder materials PMC with a less of experimental studies. They are more economical and simple at technical implementation.

This report analyzes the possibility of developing such testing systems using various existing NDT methods. Currently, almost all methods of non-destructive testing have been used to determine the PMC of parts and assemblies made from powder materials. They are traditionally used in the production, testing and operation of such products. The advantages and disadvantages of applying these methods to determining the PMC of PM in the process of products manufacture and operation are considered. Based on the analysis, it was concluded that for the implementation of operational testing systems PMC of PM rationally use of ultrasonic methods of non-destructive testing.

Keywords: non-destructive testing, physical and mechanical characteristics, powder materials, operational control systems.

Reference

- [1] Г. А. Богдан, Р. М. Галаган, “Анализ погрешностей измерения скорости распространения ультразвуковой волны в многофазных порошковых материалах. Часть 2: Влияние инструментальной и методической погрешностей”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування*, Вип. 51(1), с. 52-57, 2016.
- [2] Р. М. Галаган, Г. А. Богдан, “Исследование упругих и микроструктурных характеристик порошковых конструкционных материалов с использованием ультразвуковых методов неразрушающего контроля” на *7 Міжнар. наук.-техн. конф. Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання*, Івано-Франківськ, 2014, с. 81-85.

УДК 536.62

КАЛОРИМЕТРИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПАЛИВА

Сергієнко Р. В.

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна

E-mail: Serhiienko@nas.gov.ua

В умовах гострого дефіциту викопних енергоресурсів питання визначення якості палива, що видобувається на території України чи імпортується, стає дуже актуальним. Один із показників якості палива – це його теплота згорання, але прилади для її вимірювання повинні мати ряд особливостей: економічно доцільна в умовах дрібносерійного виробництва конструкція пристрою та його елементів, задовільні метрологічні характеристики та можливість автоматизації процесів підготовки до вимірювань і власне процесу вимірювання.

Розроблені пристрої для визначення теплоенергетичних параметрів різних видів палива частково задовольняють потреби енергетичного сектору, але сучасні тенденції в приладобудуванні вимагають значного підвищення швидкодії та точності вимірювань. З цією метою в ІТТФ НАН України створено квазідиференціальний бомбовий калориметр для вимірювання теплоти згорання палива (рис. 1).

В процесі реалізації калориметричної системи обґрунтовано та створено нові методи і технічні рішення вимірювання теплотворної здатності палива з покращеними експлуатаційними та метрологічними характеристиками, а також створено алгоритми та програмне забезпечення для контролю та вимірювання калорійності палива, що дозволяє автоматизувати процес вимірювання. Основні переваги калориметра: компактна конструкція і зручне обслуговування, не потребує спеціальних зовнішніх температурно-вологісних умов, швидкодія пристрою та метрологічні характеристики на рівні кращих світових аналогів.



Сфера застосування запропонованої калориметричної системи контролю вимірювання якості палива: ТЕС, ТЕЦ, промислові та опалювальні котельні, випробувальні, науково-дослідні і сертифікаційні лабораторії. Зокрема такий калориметр для вимірювання теплоти згорання палива (паливних брикетів) впроваджено на КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго».

Рис.1. Зовнішній вигляд бомбового калориметра

Ключові слова: якість біопалива, теплота згорання, вимірювання теплового потоку, калориметрична система.

UDC 535.8

MODERN LASER RANGEFINDING

Muraviov O. V.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-mail: stals98@ukr.net

The accuracy of distance measurement has always been an important metrological problem which relates to various spheres of human activity: military complex, aerospace industry, geodesy, robotics, photo equipment and many others. Development of laser rangefinding technology has begun in 1964 with the invention of pulsed solid-state lasers, but in our days higher demands are being placed on instruments of this class due to the fact that they are using in high-precision positioning and object detection systems.

Not so long time ago the main characteristics of laser rangefinder were parameters of optical system (relative aperture, transmission coefficient, focusing accuracy on the photodetector) and power of included to structure laser. The major problems of rangefinding were inhomogeneities in the refractive index of the atmosphere and effect of temperature, pressure, humidity along the route. These external factors undoubtedly affect to geometric trajectory and duration of the laser beam. Today the decisive role in solving of these problems is played by mathematical processing of the signal which received from photodetector and its characteristics stabilization. For example, modern avalanche photodiodes at certain conditions allow to get coefficient of multiplication $M > 1000$, that gives possibility to register the individual falling photons and, therefore, to simplify laser rangefinder objective design [1]. Latter will significantly reduce the cost of such device, since optical materials used in the near-infrared range of spectrum are mostly artificial crystals, which are requiring considerable financial and time costs for their growth.

Modern laser rangefinders, as a rule, operate in the near-infrared range, which is primarily due to the absence of compact high-frequency pulsed lasers in the middle and far ranges of infrared spectrum. Solution of this problem will allow this class of devices to work in other spectral ranges, where the nomenclature of optical materials is much wider and there is also no background solar radiation, whose concentration on the earth's surface includes wavelengths from 0,29 to 2,5 micrometers [2].

Keywords: laser range finder, distance measurement, signal processing, avalanche photodiode.

References

- [1] М. А. Морозов, А. В. Муравьёв, “Современная лазерная дальнометрия”, на 9-й междунар. науч.-техн. Конф. молодых ученых и студ. Новые направления развития приборостроения, Минск, Беларусь, 2016, с. 38.
- [2] О. К. Кучеренко, О. В. Муравйов, Д. О. Остапенко, «Вплив температури на абераційні властивості ІЧ-об’єктивів», *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*, № 1, с. 99-105, 2013.

УДК 623.368.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОЄМНІСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В РАМКАХ ЗАДАЧ ЦИВІЛЬНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Овчарук С. А., Баженов В. Г.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: sa.ovcharuk@gmail.com*

На сьогодні гостро стоїть питання швидкого, безпечного та ефективного розмінування територій від наслідків бойових дій. Найбільш розповсюдженим інструментом для виявлення наземних мін є металошукач. Однак моделі багатьох мін вироблені з мінімальним або нульовим використанням металу, що ускладнює або унеможливує їх детектування цим методом. Як основна альтернатива металошукачам у таких випадках часто використовується технологія з використанням георадару. Ця технологія має ряд недоліків, серед яких значний вплив вологості та структури ґрунту на ефективність використання технології, що обмежує її застосування в певних умовах, та висока вартість. Тому, знаходження допоміжних чи альтернативних методів для цієї задачі є актуальним. Альтернативним або допоміжним для цих задач може бути електроємнісний метод з використанням планарного (плоского) перетворювача. Типовий перетворювач даного типу має вигляд розгорнутого плоского конденсатора, між пластинами якого знаходиться ОК (Рис. 1). Зміна сумарної діелектричної проникності середовища між пластинками цього конденсатора за рахунок наявності нерівномірності в зоні сканування спричинить зміну електричної ємності конденсатора, тому метод називають електроємнісним (або просто ємнісним).

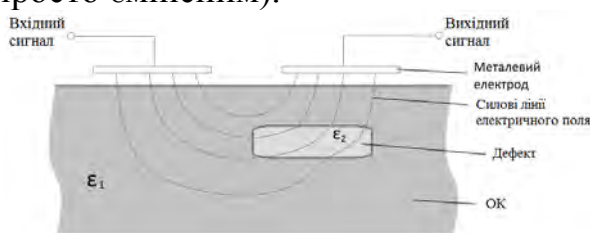


Рис. 1. Приклад застосування планарного електроємнісного перетворювача

На сьогоднішній день існує декілька проведених досліджень, що стосуються можливостей та ефективності застосування даного методу в рамках цивільного розмінування, однак в жодному з них не приділялась увага перспективі використання диференціальної схеми вимірювання та електроємнісного перетворювача відповідної конструкції. Тому в представленій роботі було виконано ряд комп'ютерних моделювань, спрямованих на визначення впливу такого підходу на результати сканування.

Згідно з результатами моделювань, при застосуванні диференціального підходу абсолютна величина зміни ємності перетворювача, що спричинена наявністю об'єкта (міни) в області сканування, приблизно на порядок нижча, ніж при використанні звичайного підходу. Тому застосування диференціальної схеми вимірювання електроємнісним перетворювачем має зміст практично лише в умовах високого рівня електромагнітних завад.

Ключові слова: електроємнісний, ємнісний, розмінування, диференціальний.

Література

- [1] В. Г. Баженов, Д. К. Івіцька, “Удосконалений електростатичний метод неруйнівного контролю”, *Методи та прилади контролю якості*, №2 (31), 2013.

УДК 519.117.3

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ СТРИЖНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

¹⁾Дувіряк А. А., ^{1,2)}Юзефович Р. М., ^{1,3)}Яворський І. М.

¹⁾Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України,
лабораторія вібродіагностики, Львів, Україна

²⁾Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

³⁾Технологічно-природничий університет, інститут телекомунікацій, Бидгощ, Польща
E-mail: andrij.duviriak@gmail.com

Для переходу від математичної моделі коливань, які виникають в різних механічних системах до аналізу елементарних даних необхідно насамперед обґрунтувати методи обробки останніх та показати їх ефективність [1]. Комп'ютерне моделювання є ефективним підходом до аналізу можливої поведінки механічних систем. За допомогою комп'ютерної симуляції можна проводити такі зміни параметрів математичної моделі, які важко чи навіть неможливо забезпечити в лабораторних умовах. Тому проведення симуляційних експериментів є важливою задачею.

Дослідження коливань пошкоджених стрижневих елементів механічних конструкцій найбільш повно може бути проведено на основі тривимірної моделі. Така модель є універсальною та дає можливості з різних сторін проаналізувати наближені до реальних властивості механічної системи. Точність розрахунків, які необхідно проводити досягається за рахунок великої кількості експериментів та часу, а також потребує відповідних ресурсів для обчислень.

У багатьох випадках для того, щоб спростити аналіз переходять до дво-, а також одновимірних моделей. Таке спрощення можливе, коли досліджувані елементи системи мають виміри істотно менші від інших. Розрахунок спрощених моделей забезпечує швидке отримання результатів із задовільною точністю та дає можливість в основному проаналізувати поведінку досліджуваного елемента, що є основною задачею комп'ютерної симуляції. На

сьогодні розроблено достатньо математичних моделей для різного типу пошкоджень. Таке різноманіття дозволяє охопити широку область досліджень.

Нами здійснювалися симуляційні експерименти з дослідження вимушених коливань стрижневих елементів механічних конструкцій із втомною тріщиною. Розроблені алгоритмічно-програмні засоби на основі статистичного аналізу методами стаціонарних і нестаціонарних випадкових процесів дають можливість виявляти дефекти на ранніх стадіях їх розвитку, встановлювати зв'язок між структурою коливань пошкодженої системи та ступенем розвитку дефекту.

Ключові слова: математична модель, статистичний аналіз, дефект, втомна тріщина.

Література

[1] І. М. Яворський, *Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань*. Львів: Фіз.-мех. ін-т НАН України, 2013.

УДК 534.231.2

СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ПОЛІВ МЕДИЧНИХ І КОСМЕТОЛОГІЧНИХ АПАРАТІВ

¹⁾Довженко О. П., ¹⁾Котовський В. Й., ¹⁾Оникієнко Ю. О., ²⁾Марченко О. Т.

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²⁾ ТОВ «ТЕХНО-МЕД Україна», Київ, Україна

E-mail: dovzhenkoa@ukr.net, kotovsk.kpi@gmail.com, razrobotka@ukr.net, al.marchenko123@gmail.com

Розробка та серійне виробництво ультразвукових головок (УГ) для професійних медичних і косметологічних апаратів передбачають їх паспортизацію із зазначенням параметрів ультразвукового поля (УП), що створюється УГ. Первинними даними для розрахунку цих параметрів є значення акустичного тиску в різних точках УП, що створюється УГ [1]. Існує автоматизоване обладнання, яке дозволяє проводити такі дослідження [2], [3], але витрати на його придбання сягають двохсот тисяч євро і більше.

В зв'язку з цим для зменшення витрат на обладнання для лабораторії контролю параметрів розроблених та виготовлених медичних і косметологічних апаратів був створений стенд для вимірювань параметрів ультразвукових полів (СВПУП). Вимірювання, що проводяться на ньому, відповідають вимогам міжнародного стандарту ІЕС 62127-1:2007.

У СВПУП використані гідрофон, попередній підсилювач та блок живлення – комутатор фірми Precision Acoustics Ltd. Подальше підсилення сигналу здійснюється підсилювачем сигналу зі змінним коефіцієнтом підсилення власної розробки. Поєднання цих складових дозволяє проводити дослідження параметрів УГ, які створюють УП з питомою потужністю 0,01...2 Вт/см² в діапазоні частот 1,0...30,0 МГц.

В процесі експерименту гідрофон та УГ, параметри якої досліджуються, розміщуються в ємності з плексигласу, заповненою дистильованою деіонізованою водою. УГ переміщується в горизонтальній площині з мінімальним кроком 0,1 мм за допомогою механізмів, створених на базі верстату і «L-Lazer». Механізм переміщення гідрофону по вертикалі створено на основі приводу фірми «Festo». Мінімальний шаг переміщення гідрофону 0,1 мм. Алгоритм переміщення УГ та гідрофону встановлюється за допомогою спеціального програмного забезпечення власної розробки.

Також програмне забезпечення проводить обробку даних вимірювань і дозволяє їх документально реєструвати у вигляді тривимірних графіків розподілу акустичного поля та діаграм спрямованості УГ.

Ключові слова: ультразвукове поле, вимірювання.

Література

- [1] А. М. Еняков, “Метрологический контроль медицинского ультразвукового оборудования”, *Мир измерений*, 11, 2006.
- [2] Електронний ресурс: <https://www.acoustics.co.uk/product/ums-tank-specification/>
- [3] Електронний ресурс: http://www.ondacorp.com/products_testingsol_scanningsystem.shtml

УДК 519.117.3

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ

^{1,2)}Юзефович Р. М., ^{1,3)}Яворський І. М., ¹⁾Варивода М. З., ¹⁾Стецько І. Г., ¹⁾Трохим Г. Р.

¹⁾Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України,
лабораторія вібродіагностики, Львів, Україна

²⁾Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

³⁾Технологічно-природничий університет, інститут телекомунікацій, Бидгощ, Польща
E-mail: roman.yuzefovych@gmail.com

Під час експлуатації механічних систем на промислових підприємствах для забезпечення безаварійного функціонування технічних об’єктів, розпізнавання дефектів вузлів машин та деталей на початкових стадіях їх розвитку, планування ремонтних робіт, розробляють спеціалізовані пристрої контролю технічного стану механічних систем [1]. Основні принципи й методи отримання інформації про стан об’єктів контролю спрямовані на оцінку працездатності та пошук дефектів у процесі їх виготовлення, монтування і експлуатації.

У системах віброакустичної діагностики носієм інформації про технічний стан є вібраційний сигнал (віброприскорення, віброшвидкість, вібропереміщення), що утворюється у результаті механічної взаємодії деталей механізмів. Специфіка об’єктів віброакустичної діагностики, різноманітність задач обробки вимірювальних сигналів роблять неможливим існування універсального методу визначення діагностичних ознак, що характеризують технічний стан деталей і вузлів механізмів.

Однак може бути виділений певний клас моделей, який включає в себе відомі в літературі окремі представлення, як детерміновані, так і ймовірнісні, уможливлуючи тим самим розробку загального підходу до їх аналізу. Це ймовірнісні моделі у вигляді періодично корельованих випадкових процесів і їх узагальнень [2].

Підхід, що ґрунтується на таких моделях, нами був вперше апробований при аналізі сигналів вібрації підшипникових опор турбоагрегатів ТЕЦ і показав свою ефективність у створених спеціалізованих пристроях неруйнівного контролю.

Враховуючи повторюваність і стохастичність вібростигналів, ймовірнісні характеристики виділених класів нестационарних випадкових процесів, що є носіями інформації про неznані досі їх властивості були покладені в основу розробки алгоритмів формування нових ознак для опису стану об'єктів. Використання спеціалізованих приладів, які визначають такі ознаки можуть використовуватися для виявлення дефектів на ранніх стадіях їх розвитку.

Ключові слова: періодично корельовані випадкові процеси, спеціалізовані пристрої, дефект, неруйнівний контроль.

Література

- [1] Б. Г. Марченко, М. В. Мыслович, *Вибродиагностика подшипниковых узлов электрических машин*. Київ: Наукова думка, 1992.
- [2] І. М. Яворський, Є. П. Почапський, Р. А. Воробель, Б. П. Русин, *Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: довідн. пос. у 8-ми т. / За заг. ред. З.Т.Назарчука*. Львів: Простір-М, 2018. [Том 7]: Інформаційні технології неруйнівного контролю. Львів: Простір-М, 2018.

UDC 004.89

THERMAL DEFECTOMETRY OF COMPOSITE MATERIALS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Momot A. S.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
E-mail: drewmomot@gmail.com*

In recent years, products from polymer composite materials are increasingly used in various fields of industry. In this regard, the relevance of quality testing of composites is constantly increasing. Due to a number of advantages, thermal non-destructive testing (TNDT) is one of the most promising methods for solving such tasks.

Active TNDT signals usually contain high levels noise. In addition, characteristic feature of TNDT is complex nonlinear interconnection of all informational parameters.

Algorithms for processing data based on artificial neural networks (NN) are used in order to increase the reliability of testing under such conditions [1]. Currently, TNDT neural network systems are used in the tasks of defects classification and

thermal tomography [2]. In thermal defectometry, the use of trained NN allow to determine defects coordinates, depth and thickness. Sequences of thermograms obtained during the active TNDT may be input data. Flexibility of this approach allows to build automated systems of complex analysis of thermal fields.

A number of experiments have been carried out to evaluate the effectiveness of defining defects parameters using NN.

Two-layer backpropagation neural network was trained for defectometry tasks on multilayer fiberglass samples with 5 mm thickness. Network evaluation was carried out on the basis of results of testing validation samples, which contained artificial defects with different types and sizes. Relative errors of determining defects depth and thickness was 3.2 % and 6.4 % respectively. Obtained data testify to an increase in the accuracy of thermal defectometry in comparison with existing methods.

Consequently, high adaptability, noise resistance and accuracy of TNDT intelligent systems have been experimentally confirmed. These benefits can increase the reliability of testing.

The main direction of further research is optimization of NN architecture and improvement of the overall system performance.

Keywords: nondestructive testing, neural networks, thermal defectometry.

References

- [1] R. M. Galagan and A. S. Momot, "The use of ART-2 neural network for processing information signals of non-destructive testing," *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Kiev, 2017, pp. 981-985.
- [2] R. Galagan and A. Momot, "The Use of Backpropagation Artificial Neural Networks in Thermal Tomography," *2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*, Kiev, 2018, pp. 1-6.

УДК 620.111.1: 621.795.8: 621.7.01

ОСОБЛИВОСТІ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ГРАВІРОВаниХ СИМВОЛІВ НА ДЕТАЛЯХ З БІЛОГО БЛОЧНОГО ПОЛІАМІДУ

Підопригора Ю. А., Франков О. С., Несін В. В.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, Київ, Україна

E-mail: witnes@ukr.net

Неконтрастна світла поверхня білого блочного поліаміду є перешкодою для візуального сприйняття рельєфної поверхні, сформованої гравіюванням. Неруйнівний контроль якості гравірованих символів на деталях ускладнений органолептичними особливостями матеріалу.

Основними виявленими властивостями матеріалу є: 1) за малої товщини (від 0 до 0,1 міліметра) – білий блочний поліамід марки «Б» майже прозорий (ділянка 0-I на Рис. 1.), 2) збільшена товщина поліаміду (від 0,1 до 0,3 міліметра) – сприймається мало прозорою молочного відтінку (ділянка I-II на

Рис. 1.), 3) поліамід блочний товщиною більшою за 0,3 міліметра сприймається як білий жовтуватого відтінку (ділянка II-III на Рис. 1.)

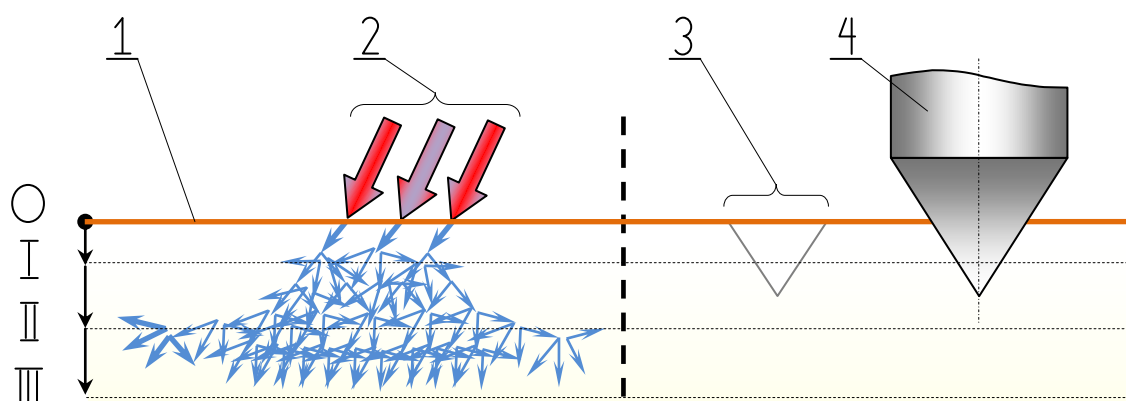


Рис. 1. Схема розповсюдження видимого світла (390-760 нанометрів) в поліаміді блочному та формування напису гравіюванням: 1 – поверхня виробу; 2 – видиме світло та його розповсюдження; 3 – переріз символу в поліаміді; 4 – гравіювальний різець

Виявлені оптичні властивості є перешкодою до проведення візуально-оптичного контролю. Глибина гравіювання регламентована до 0,3 міліметра. Межі символів (Рис. 2.) не мають контрасту до основного матеріалу і не виявляються навіть за достатнього освітлення в 500 люксів [1]. Видимими гравіровані символи стають лише після втирання емалі. До того ретельний огляд недоцільний.

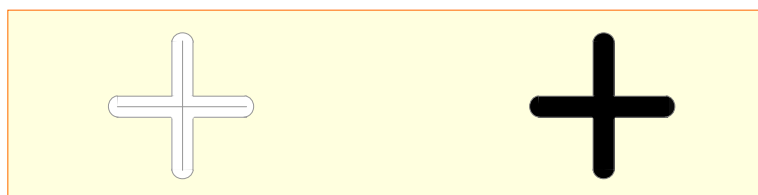


Рис. 2. Загальний вигляд гравіювання (ліворуч) та символу з емаллю (праворуч)

Неруйнівний контроль гравірованих символів за повнотою форми та інформативності можливий лише після виконання операції втирання емалі.

Ключові слова: гравіювання, візуально-оптичний контроль, контраст матеріалу.

Література

- [1] В.В. Несін, «Нормування умов здійснення органолептичного контролю якості об'єктів підвищеної небезпеки», на XIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Екологія. Людина. Суспільство», Київ, 2010, с. 303 - 304.

УДК 621.519

ПІДВИЩЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ДЛЯ ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Редька М. О., Куц В. Ю., Мороз Н. О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: y.kuts@ukr.net

У випадку реалізації вихрострумової дефектоскопії (ВСД) в динамічному режимі сигнали ВСД допускають представлення моделлю у вигляді адитивної суміші радіоімпульсів з синусоїдним сигналом-носієм та гауссового шуму. Метою дослідження було поставлено завдання перевірки можливості підвищення вірогідності виявлення сигналів ВСД порівняно з базовим методом. Його сутність полягає у визначенні часового положення радіоімпульсів за r -статистикою [1]. Останню отримують за допомогою ковзного віконного опрацювання фазової характеристики сигналу (ФХС), яку в свою чергу обчислюють через дискретне перетворення Гільберта сигналу. Вікно має фіксовану апертуру M . Про наявність сигналу дефекту судять за перевищенням r -статистикою певного порогового рівня. Недоліком базового методу є складність введення такого рівня за низького відношення сигнал/шум (с/ш).

Суть запропонованого методу полягає у мультівіконному опрацюванні ФХС і визначенні часового положення радіоімпульсних сигналів ВСД за новою статистикою $R = \prod_{i=1}^k r_{M_i}(j)$, де $r_{M_i}(j)$ – r -статистика, обчислена для віконної функції апертурою M_i . Ефективність методів ВСД перевірялась в модельному експерименті шляхом оцінювання коефіцієнту ефективності $K_{\text{еф}} = r_A / \bar{r}_{\text{ш}}$, де r_A –

амплітудне значення r -статистики, $\bar{r}_{\text{ш}}$ – середнє значення r -статистики шуму.

До основних параметрів експерименту відносяться: частота сигналу-носія $F = 5$ кГц, с/ш = 2, частота дискретизації $F_d = 640$ кГц, обсяг вибірки $N = 19000$, апертури віконних функцій $\bar{M} = [150, 200, 300]$. Для $M = 200$ отримано $K_{\text{еф}} \approx 6$, а для мультівіконного режиму – $K_{\text{еф}} \approx 90$ (рис. 1). Мультівіконне опрацювання інформаційних сигналів спрощує процедуру введення порогового рівня та зменшує вірогідність виникнення помилки в процесі контролю.

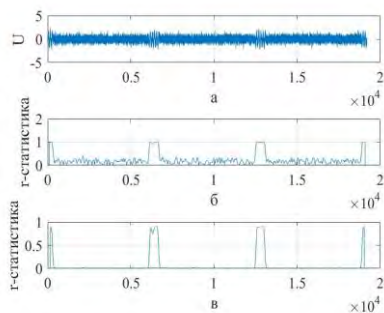


Рис. 1. Суміш сигналу з шумом(а), r_{200} (б), R (в)

Ключові слова: неруйнівний контроль, вихрострумова дефектоскопія, дискретне перетворення Гільберта, віконне опрацювання, r -статистика.

Література

[1] Ю. В. Куц, Л. М. Щербак, *Статистична фазометрія*. Тернопіль: Вид-во Тернопіл. технічного ун-ту імені Івана Пулюя, 2009.

УДК 620.179

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ

Богдан Г. А.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина
E-mail: bogdangalya@gmail.com*

Ультразвуковые методы неразрушающего контроля материалов и изделий относятся, как известно, к косвенным методам. Они позволяют по существующим аналитическим или корреляционным зависимостям между параметрами ультразвуковой (УЗ) волны и физико-механическими характеристиками материала определять основные эксплуатационные характеристики исследуемых объектов.

К основным информационным параметрам УЗ волны относят: коэффициент затухания α_L , скорость распространения продольных C_L и сдвиговых C_S УЗ волн. Таким образом, обеспечение точности и достоверности производимой оценки параметров изделия по измеренным информационным параметрам УЗ волны накладывает повышенные требования к точности и достоверности измерений этих физических величин.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования выявили ряд факторов, которые оказывают наибольшее влияние на формирование суммарной погрешности при измерении скорости распространения УЗ волны. Для минимизации их влияния на результат измерения был разработан лабораторный стенд, который состоит из: блока фиксации УЗ преобразователей (внешний вид представлен на рис. 1), платы сбора информации и персонального компьютера.

Уменьшение погрешности результатов измерения достигается за счет комплексного применения автоматизации процесса получения измерительной информации, методов статистической обработки данных, и совокупности структурно-параметрических решений.

Уменьшение погрешности результатов измерения достигается за счет комплексного применения автоматизации процесса получения измерительной информации, методов статистической обработки данных, и совокупности структурно-параметрических решений.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, физико-механические характеристики, порошковые материалы, ультразвук, погрешность, достоверность.



Рис. 3. Внешний вид блока фиксации ультразвуковых преобразователей на поверхности ОК

УДК 534.29+534.8

ПОШИРЕННЯ ПОЗДОВЖНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ У ШАРІ ДИСИПАТИВНОГО АУКСЕТИК-СЕРЕДОВИЩА

Мащенко В. А.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса, Україна

E-mail: vololodymyr_mashchenko@ukr.net

Розглянуто модель поширення неперервних та імпульсних поздовжніх ультразвукових хвиль через дисипативний шар ауксетик-середовища розміщеного між двома рідкими півпросторами.

Ауксетик-середовище представляє собою полімерну матрицю з коефіцієнтом Пуассона рівним – 1, наповнену масивом сферичних включень, де їх ефективні радіуси та відстані між ними за розмірами значно менші довжини поздовжньої хвилі. У такому випадку дисипативний шар можна вважати макрооднорідним по відношенню до поширення поздовжньої хвилі, а структурні особливості ауксетик-середовища описати ефективною комплексною густиною [1].

При критичному наповненні полімерної матриці реалізується просторове впорядкування частинок наповнювача, а ауксетик-середовище можна представити як одномірний суперкристал з періодом, що рівний відстані між частинками наповнювача [2]. Теоретичні розрахунки показали, що при певних співвідношеннях параметрів хвилі і структурних та акустичних властивостей ауксетик-середовища проявляються резонансні ефекти при коливаннях включень в цілому як окремої підсистеми.

Показано, що при падінні імпульсного сигналу на межу поділу середовищ із врахуванням дисперсії ультразвуку, його частотні складові перетворюються не однаково. Відповідно, спектри відбитого й пройденого сигналів змінюються в залежності від числа вкладених по ширині шару четвертин довжин хвиль внаслідок їх інтерференції.

Теоретично досліджено зміну коефіцієнтів відбивання, прозорості і їх фаз від параметра дисипативних втрат ауксетик-середовища та безрозмірної фазової товщини шару.

Ключові слова: ультразвукова хвиля, ауксетик-середовище, дисипативний шар.

Література

- [1] Р. В. Викторов, В. В. Тютєкин «Физические основы создания звукопоглощающих материалов с использованием среды с комплексной плотностью», *Акустический журнал*, Т. 44, № 3, с.331-336, 1998.
- [2] А. И. Слуцкер, Ю. И. Поликарпов, Ю. Н. Федоров и др. «Определение размера кинетической единицы, ответственной за структурные и механические релаксационные процессы в области стеклования полимера» *Высокомолекулярные соединения, Серия А*, Т. 32, № 3, с.177-181, 1990.

UDC 630.179.14

DEFECTOSCOPE BASED ON MODERN MOBILE DEVICES

Petrik V., Protasov A.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-mail: vafepet@gmail.com

Wireless data transfer technologies are now used in all technical fields, from mobile phones to automotive vehicles. Wireless network technology is also widely used in non-destructive testing [1].

In non-destructive testing, the transmission of data over short distances takes place using wireless networks, usually used by Bluetooth [2,3]. However, there are exceptions like GSM / HSPA. Sometimes there is a need to combine these technologies in one device. This problem can be solved by using a separate sensor with a Bluetooth module and a Smartphone. The sensor implements the collection of primary information about the object of testing and data transmission over short distances as separate packets of data collected over a certain period of time, and in the mode of Real-time. The Smartphone both receives a data packet from the sensor and processes the monitoring results “on site”, or uses GSM technology transmits processed data to generate a report or draw up a testing map.

Sometimes, modern Smartphones outperform the computing capabilities of some computers. In addition, the use of such a mobile platform has advantages that are more significant. Modern Smartphones allow you to use not only Bluetooth and GSM, but also Wi-Fi and more advanced and safer HSPA and LTE data transfer protocols. Also the great advantage of this approach is the possibility of updating the defectoscope software "by air".

At the moment, the development of the sensor with the Bluetooth module has already been completed and software development for the Smartphone is underway. There is plan to implement not only the data transfer between the Smartphone and the server, but also add the ability to synchronize multiple devices with each other and interact with cloud storage.

Keywords: eddy-current flaw detector, telemetric communication channel.

Reference

- [1] В. Ф. Петрик, Г. М. Ковтун, Д. М. Топиха, “Использование беспроводных технологий в дефектоскопии”, Ж-л «Научни Известия НТСМ»: материалы международной конференции «Дни НК 2014». Созополь, № 150, с. 486-488, 2014.
- [2] А. Г. Прогасов, К. М. Серий, О. Л. Дугін, В. Ф. Петрик, “Вихрострумовий дефектоскоп з телеметричним каналом зв'язку”, *Вісник НТУ “ХПІ”*, № 19 (1062), с. 132-139, 2014.
- [3] О. Povshenko, V. Petryk, A. Protasov, “Portable Ultrasound Flaw Detector” на 2-гій наук.-техн. конф. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі*, Люблін, Польща, 2018, с. 34-36.

UDC 621

APPLICATION OF 3D COMPUTER SIMULATION FOR STUDY ON ACTIVE INFRARED TESTING

Protasov A., Syeryu K.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-mail: a.g.protasov@gmail.com

Multi-layer composite materials are widely used in modern aircraft construction. In aircrafts of the latest generation, more than 30% of the fuselage, wing, keel and other parts of aircraft are made of honeycomb panels [1]. Bearing structures of the aircraft are made, as a rule, from aluminum alloys, and aluminum foil is used as filler. Some panels are made of polymer composite materials with paper filler. The principal defects of honeycomb sandwiches are the detachment of the cover from the filler due to the non-glueing or crushing of the cells. These defects can arise both during the operation or crushing of the honeycombs.

Computer simulation is widely used for investigation of thermal processes in infrared thermography. Application of computer simulation for the solution of the direct problem of thermal testing in 2-D was considered in [2,3].

In this paper it is proposed to investigate the possibilities of the thermal method for honeycomb panel inspection using computer simulation. The application of the COMSOL Multiphysics package was used for such simulation [4]. A 3-D model of the honeycomb panel was proposed. As a defect, the detachment of the panel cover from the filler, as well as the presence of water in the defective cell, was considered. The implementation of the proposed 3-D model made it possible to investigate effect of a defect on the thermal field of the panel surface.

The implementation of the proposed 3-D model for computer simulation makes it possible to investigate the thermal processes that occur inside the object during the testing, which can not be determined experimentally. This makes it possible to preliminarily determine the necessary testing parameters, namely, the optimum monitoring time and the heating temperature for each specific case. This improves the accuracy of monitoring the honeycomb panels. The results of experimental studies confirm the adequacy of the proposed model of thermal testing.

Keywords: Computer simulation; Infrared testing; Three-dimensional model.

Reference

- [1] Н. І. Бурау, А. Г. Протасов, П. С. Мироненко, С.С. Рупіч, “Синтез нейронної мережі для багатоканальної діагностики елементів конструкції в експлуатації”, *Quality Control Tools and Techniques*, № 2 (35), с. 83-93.
- [2] A. Protasov, “Application of FEMLAB software for simulation of the thermal method for nondestructive testing”, *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. 2009.
- [3] A. Protasov, “Reconstruction of the thermal field image from measurements in separate points”, *IEEE Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium. (MRRS)*, 2017, p. 89-92.
- [4] A. Protasov, “Active Infrared Testing of Composites using 3D Computer Simulation”, *International Journal of Technology*, № 9 (3), p. 632-641, 2018.

UDC 535.317

PASSIVE OPTICAL ATHERMALIZATION OF OBJECTIVE FOR MEDICAL HEAT VISION

Muraviov O. V.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
E-mail: stals98@ukr.net*

At analyzing thermogram Using of thermal imaging camera is a highly effective and informative means of patients screening for the detection of inflammatory processes in the early disease stages. To date, the criteria of thermal imaging diagnostics for more than two hundred diseases and pathological conditions are developed and this list is constantly being replenished.

Information and setting the diagnosis, there are certain rules and regularities. For example, registered temperature difference of 1-2°C on oppositely symmetrical body parts indicates presence of the organism pathology. In particular, at tumors the temperature change to greater side indicates malignant degeneration and to lesser side indicates benign nature of the tumor.

Temperature fluctuations of the environment during the infrared technique operation significantly affect to its characteristics, such as quality and informativeness of the thermogram, so at the design stage of such high-precision and sensitive devices it is expediently to carry out an athermalization of the optical system [1, 2]. In the process of dioptric objectives synthesizing, which include several components, it is possible to select materials for the purpose of system self-athermalization, simultaneously to perform the achromaticization of the optical system and to minimize those image aberrations, on which highest requirements are subjected. To perform above tasks, such as thermostabilization and characteristics improvement of the thermograph objectives, at calculating stage of the optical system parameters it is advisable to use passive optical athermalization method [3].

Synthesized on base of passive optical athermalization infrared objectives with thermostabilized value of back focal length of the optical system maintain the stability of frequency and energy characteristics and keep high image quality in the operating temperatures range.

Keywords: athermalization, medical thermograph, infrared optical system.

References

- [1] О. К. Кучеренко, О. В. Муравйов, Д. О. Остапенко, “Вплив температури на абераційні властивості ІЧ-об’єктивів”, *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*, № 1, с. 99-105, 2013.
- [2] М. А. Морозов, А. В. Муравьёв, “Современная лазерная дальнометрия” на: 9-й междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и студ. *Новые направления развития приборостроения*, Минск, Беларусь, 2016, с. 38.
- [3] О. К. Кучеренко, А. В. Муравьёв, “Методы пассивной атермализации и ахроматизации двухкомпонентных оптических систем”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування*, Вип. №43, с. 46–53, 2012.

УДК 621.3(075)

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ
ГІДРОАГРЕГАТІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ
ВИСОКОІНФОРМАТИВНИХ ОЗНАК ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Граняк В. Ф., Кухарчук В. В.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

E-mail: titanxp2000@ukr.net, bkuch@ukr.net

Система автоматизованого діагностування і прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів (САДП-РДГ) [1] базується на модифікованій частотній технології вібродіагностування і є апаратно-програмним комплексом, який складається з вимірювальних каналів вібрації, підсистеми поточного моніторингу вібрації та підсистеми діагностування і прогнозування. Вимірювальні канали вібрації та підсистема поточного моніторингу впроваджені у промислову експлуатацію на Нижньодністровській ГЕС (Україна), а підсистема діагностування і прогнозування поетапно впроваджується в дослідну експлуатацію.

Інформативний показник вірогідності $PV_{k\tau}$ чинника, який відповідає k -му нейрону, на момент часу τ визначається як

$$\forall k = 1, 6 \forall i = 1, 4 \forall j \in \Psi_k \left(PV_{k\tau} = \sum_{i,j} w_{kij} d_{kij\tau}^{norm} \right), \quad (1)$$

де w_{kij} – вагові коефіцієнти, які визначають важливість урахування вейвлет-коефіцієнтів j -ї смуги частот АЧЧС i -го вібросигналу в рівні вірогідності k -го нейрона; $d_{kij\tau}^{norm}$ – нормовані значення вейвлет-коефіцієнтів j -ї смуги частот АЧЧС i -го вібросигналу в рівні вірогідності k -го нейрона на момент часу τ ; Ψ_k – множина номерів смуг частот, в яких існує вплив чинника вібрації, що відповідає k -му нейрону.

Було встановлено, що вагові коефіцієнтів w_{kij} можуть бути визначені через нові високоінформативні ознаки технічного стану, що являють собою коефіцієнтів взаємкореляції між вібросигналами у просторово розподілених точках гідроагрегату.

Для дискретних часових реалізацій, з урахуванням відомого рівняння Пірсона, коефіцієнти взаємкореляції можуть бути визначені [2]:

$$K_{\psi}^*(t_1) = \frac{\sum_{i=1}^n \psi_{Ai}^* \psi_{Bi}^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \psi_{Ai}^{*2} \cdot \sum_{i=1}^n \psi_{Bi}^{*2}}}, \quad (2)$$

де ψ_{Ai}^* та ψ_{Bi}^* – i -ті значення часових реалізацій вібросигналів $\psi_A(t)$ та $\psi_B(t)$.

Ключові слова: штучна нейроподібна мережа, коефіцієнт кореляції, ваговий коефіцієнт.

Література

- [1] В. В. Кухарчук та ін., *Моніторинг, діагностування та прогнозування вібраційного стану гідроагрегатів*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2014.
- [2] P. M. T. Broersen, *Automatic autocorrelation and spectral analysis*. Springer-Verlag London Limited, 2006..

UDC 620.179

APPLICATION OF CIRCULAR STATISTICS DURING ANALYSIS OF THE EDDY CURRENT TESTING SIGNALS

Kuts Y., Lysenko I., Kanosa R., Redka M.

*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
E-mail: y.kuts@ukr.net*

Eddy current non-destructive testing (ECNDT) is an extremely informative test method for conductive materials and products [1]. It is known that eddy currents are usually generated by sinusoidal signals of one or more frequencies and the major part of the information about test objects is contained in the fault characteristics of signals generated by the eddy current. Such characteristics can be defined, for example, through the Hilbert transform of the signals. But more information becomes available due to the statistical analysis of the signals phase characteristics, which makes it possible to determine the estimates of the corresponding numerical characteristics. These characteristics include the circular average angle, the circular variance, the length of the resultant vector obtained by the vector sum of the phase measurements results on the unit circle (r -statistics), and others.

The using of r -statistics for detecting ultrasonic non-destructive testing signals was analyzed in the article [2]. Similar signals also take place in the eddy current flaw detection during the scan of the surface, which has some defects, using the differential type eddy current transducer.

For analyzing the influence of various factors on the magnitude of r -statistics the model experiments were carried out. As an exploratory model, an additive mixture of harmonic signal and Gaussian noise is used. The r -statistics were calculated for the difference of the exploratory model phase characteristics and the sinusoid at some values range which was covering two signal periods according to the [3] algorithms. The dependencies of r -statistics on the number of k discrete sample units over the signal period and the signal-to-noise ratio (n) are defined and analyzed. The 3D graph of the $r(k, n)$ function was constructed according to the received dependencies. Averaging $r(k, n)$ based on the results of 100 experiments was used to reduce the influence of particular error.

It is determined that the noise impact significantly exceeds the impact of the k parameter for value $k > 4$. Performed averaging allowed to allocate the trend component of the $r(k, n)$ function and gave an opportunity to estimate the dispersion of the obtained values $r(k, n)$ in the range of arguments $k = 3 \dots 20$ and $n = 0.01 \dots 1$.

Using in practice ECNDT r -statistics will be able to detect ECNDT signals with smaller amplitudes, which will increase the probability of testing, the depth of the object testing area and the sensitivity to small sizes defects.

Keywords: eddy-current non-destructive testing, discrete Hilbert transform, r -statistics.

References

- [1] Nondestructive Testing Handbook, Third Edition: Volume 5, Electromagnetic Testing / Satish S Udpa (technical editor), Patrick O'Moore (editor). ASNT, 2004.
- [2] Yu. V. Kuts, Yu. Yu. Lysenko, M. O. Redka, O. D. Bliznyuk, “Application of circular statistics for detection of signals of ultrasonic nondestructive testing”, *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, № 2, с. 32-36, 2018.
- [3] Kanti V. Mardia, Peter E. Jupp. Directional Statistics / Wiley series in probability and statistics.– John Wiley & sons Ltd. – Daffins Lane, Chichester, West Sussex, P019 IUD England. – P. 429.

УДК 620.179.14

ВИХРОСТРУМОВА СТРУКТУРОСКОПІЯ ПАРА- І ДІАМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ БАГАТОЧАСТОТНИМ МЕТОДОМ

*Калениченко Ю. О., Баженов В. Г., Калениченко О. Г., Рацебарський С. С.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: y.kalenychenko@kpi.ua*

Стрімкий розвиток використання пара- і діамагнітних матеріалів в якості конструкційних матеріалів, півфабрикатів і деталей машин потребує застосування неруйнівних методів визначення їх властивостей на рівні атомарної або молекулярної мікроструктури.

Потреба у визначенні властивостей мікроструктури пара- і діамагнітних матеріалів виявлена в результаті спілкування з фахівцями аерокосмічної галузі, аналізу наукових публікацій з проблематики неруйнівного контролю (НК). Під час аналізу літературних джерел з'ясовано, що варіації властивостей структури матеріалів суттєво впливають на конструкційні рішення щодо певного виробу, собівартість продукції та її експлуатаційні характеристики. До прикладу, відсутність достовірної інформації про стан матеріалів в елементах та вузлах літального апарату призводить до необхідності багаторазового запасу міцності, і як наслідок – до збільшення ваги апарату, підвищення витрат пального, зростання собівартості перевезень, підвищення екологічного навантаження на довкілля.

Ефективним методом структуроскопії є методи вищих гармонік (МВГ) та багаточастотні методи, які використовують в різних видах НК – магнітному, ультразвуковому, вихрострумовому. Але такі методи здебільшого застосовують для контролю структури феромагнітних матеріалів, а основними аналізованими характеристиками є амплітудно-частотні залежності сигналів.

В доповіді розглянуто використання вихрострумової багаточастотної структуроскопії, відмінністю якого є аналіз фазових характеристик полігармонічних сигналів.

Для проведених дослідів була розроблена система, яка включала керований генератор, оригінальний вихрострумовий перетворювач та спеціалізований аналізатор спектрів. Дослідження були проведені на серії зразків зі сплаву АА2024, які відрізнялись величиною попереднього статичного навантаження в межах від **5kN** до **20kN**. Проведені експериментальні дослідження засвідчили, що фазова характеристика є стійкою інформаційною ознакою, яка дозволяє визначати напружений стан матеріалу. Фаза частотних складових змінювалась в залежності від здійсненого навантаження на зразки, напрямку прокату та певної частини листового матеріалу, з якого виготовлені зразки.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на виявлення закономірності зміни фази частотних складових від складних динамічних навантажень.

Ключові слова: структуроскопія матеріалів, багаточастотний метод, неруйнівний контроль.

Література

- [1] V. Bazhenov, A. Protasov, K. Gloinik, “Increasing of operation speed of digital eddy current defectoscopes based on frequency synthesizer,” *Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS)*, № 172622272, 2017.
- [2] В. Г. Баженов, К. А. Гльойнік, С. В. Ходневич, «Ортогональний амплітудно-фазовий метод вимірювання при проектуванні вихрострумових дефектоскопів на базі мікроконтролерів», *Вісник національного технічного університету КПІ, серія «Механіко-технологічні системи та комплекси»*, том 44, с. 60-64, 2017.

УДК 620.179.14

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ ОБ'ЄКТА

Баженов В. Г., Калениченко Ю. О., Рацебарський С. С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: ygbazhenov@gmail.com

Розроблена система може знайти дуже широке застосування для визначення структури матеріалів, що дуже важливо для діагностики втоми металоконструкцій, які знаходяться в експлуатації.

Діючий макет структуроскопа дозволяє проводити аналіз кристалічної ґратки різноманітних матеріалів. Результати контролю можуть бути представлені у вигляді так званого «паспорта електронної структури матеріалу об'єкта контролю». Запропонована технологія визначення структури матеріалу та її реалізація захищені патентами України на винаходи. Автори винаходу також подали заявки на отримання патентів у країнах ЄС.

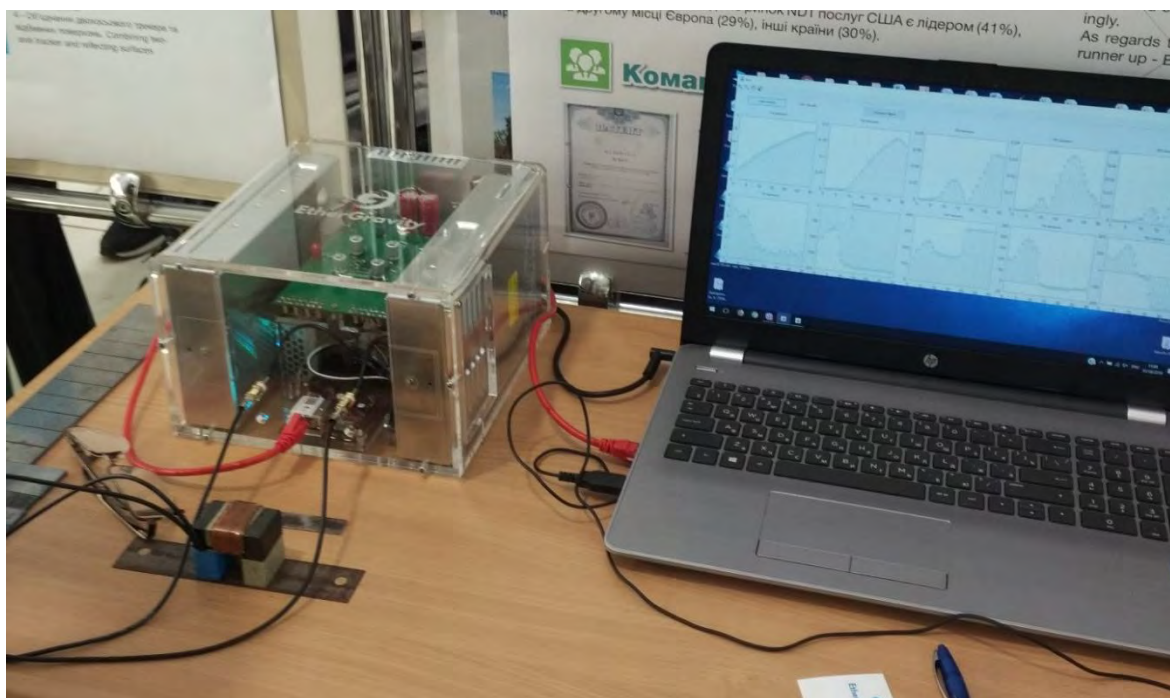


Рис. 1. Система контролю структури матеріалу

Зовнішній вид макета пристрою представлений на Рисунку 1:

- Електронний блок (1) – фізичний синтез сигналу збудження об’єкта контролю і аналогове-цифрове перетворення досліджуваних сигналів;
- Комп’ютер (2) – математичний синтез сигналів збудження і обробка досліджуваних сигналів за патентованими алгоритмами;
- Вимірювальний перетворювач (3) – збудження об’єкта контролю спеціальним сигналом.

Ключові слова: неруйнівний контроль, автоматизація, структура матеріалу.