

Система автоматичної обробки даних неруйнівного контролю

Антон Переїденко

Кафедра інформаційно-вимірювальних систем, Національний авіаційний університет, УКРАЇНА,
м.Київ, просп.Космонавта Комарова, 1, E-mail: apereedenko@gmail.com

Abstract – This report is devoted to realization the automatic data processing system of NDT measuring results using the LabVIEW 8.5 programming environment. System can be used for calculation signal data and certainty value of NDT.

Ключові слова – ultrasonic, nondestructive testing, Pirson criterion, data processing system, Neyman-Pearson criterion, programming environment LabVIEW 8.5.

I. Вступ

У теперішній час вимірювальні перетворювачі, прилади, системи і комплекси дозволяють проводити вимірювання високої точності в різних умовах. Проте, виникає задача статистичної обробки великих масивів експериментальних даних і подальший їх аналіз. Сучасне програмне забезпечення, яке виконує подібні операції є вузькоспеціалізованим, що виключає або накладає істотні обмеження на модернізацію (наприклад, зміна і доповнення переліку алгоритмів, за допомогою яких відбувається аналіз), ускладнює їх інтеграцію з іншими програмними модулями і продуктами, що у свою чергу також не дозволяє повною мірою проводити обробку інформаційного сигналу, і не забезпечує необхідну достовірність контролю.

Застосування інформаційних технологій і сучасного програмного забезпечення в процесі проектування і розробки апаратури неруйнівного контролю відкриває нові можливості для створення апаратно-програмних комплексів реєстрації сигналів контролю, а також їх подальшої статистичної обробки і аналізу. Сучасні обчислювальні системи, пристрої збору і обробки сигналів дозволяють реалізувати алгоритми аналізу високої складності, що дає можливість виділяти з інформативних сигналів більшу кількість параметрів, які надалі можна застосовувати як інформативні, підвищуючи тим самим достовірність контролю.

Таким чином, задача розробки і впровадження нових методик обробки інформаційних сигналів датчиків систем неруйнівного контролю є достатньо актуальною.

Дана доповідь присвячена реалізації системи автоматичної статистичної обробки і аналізу результатів вимірювань.

II. Основна частина

Для проведення моніторингу технічного стану об'єкту контролю (ОК) в сучасних засобах контролю застосовується технологія з безперервною реєстрацією сигналів. При цьому, в основному, інформативним параметром сигналів датчиків є амплітуда сигналу. Сигнал, амплітуда якого перевищує заданий поріг, фіксується апаратурою контролю. Така технологія для забезпечення проведення повноцінного моніторингу вимагає або багатократного контролю з різними рівнями амплітудного порогу, або застосування додаткових рівнів реєстрації для забезпечення

можливості спостереження за виникненням дефекту і визначенням тенденції його розвитку. У зв'язку з цим виникає необхідність в реєстрації, запам'ятовуванні і збереженні, достатньо великого об'єму інформації.

Рішення про результат контролю приймається відповідно до заданих критеріїв бракування.

Інформація про стан об'єкту контролю міститься у вимірюванні амплітуд сигналів від дефекту. Для підвищення інформативності бази даних для моніторингу технічного стану об'єкту контролю необхідно формувати на основі оцінок інформативних параметрів сигналів, отриманих в процесі контролю. Ці інформативні параметри по своїй фізичній природі є випадковими дискретними величинами. Враховуючи, що зміни технічного стану об'єктів спостереження в процесі експлуатації виявляються через зміни параметрів вимірювань, а також їх статистичних закономірностей, формування бази даних для моніторингу доцільно здійснювати по статистичних портретах. В процесі контролю ОК формується масив з N вимірювань. Шляхом обробки цих вимірювань можна обчислити кількісні показники контролю будь-якої елементарної ділянки об'єкту контролю. Загальними показниками є: середні значення і вибіркової дисперсії вимірювань.

Якщо отримати вимірювання інформативних параметрів на еталонних зразках, які відповідають якісним і дефектним виробам, то їх можна використовувати для формування вирішальних правил контролю об'єктів, визначення порогових рівнів аномалій і бракування, за допомогою яких можна отримати функції прийняття рішень. Таким чином, статистичний портрет об'єкту контролю при обробці результатів вимірювань включає наступні вихідні дані для моніторингу: порогові рівні дефектів, середні значення вибірок вимірювань, вибіркової дисперсії.

Зміна середнього значення амплітуди прийнятого сигналу зумовлено зміною розмірів дефекту. Таким чином, можна відзначити наявність зв'язку між сформованими за результатами вимірювань неруйнівного контролю статистичними портретами і технічним станом об'єкту контролю. Це дає підстави використовувати їх як базу даних для прийняття рішень в процесі моніторингу.

Для статистичної обробки результатів і підвищення достовірності неруйнівного контролю на кафедрі інформаційно-вимірювальних систем Національного авіаційного університету була створена спеціальна інформаційна система статистичної обробки даних. В якості середовища розробки був використаний програмний пакет фірми National Instruments LabVIEW 8.5.

Основним принципом побудови системи в середовищі LabVIEW є можливість перетворення персонального комп'ютера у вимірювальний комплекс з

необхідними метрологічними характеристиками. Програмування відбувається графічно, тобто відсутній звичайний текстовий опис алгоритму на мові програм високого рівня таких як C, C++, Pascal. Інженерові досить скласти блок-схему алгоритму і внести її до програми.

Основний програмний код системи статистичної обробки даних складається з трьох окремих програмних функціональних модулів (підпрограми обчислення основних параметрів сигналу, підпрограми розрахунку параметрів і побудови гістограм, модуль оцінки гіпотези про закон розподілу результатів вимірювань). Існує можливість підключення та інтеграції в основний код програми системи обробки і аналізу результатів вимірювання раніше створених програм на мовах високого рівня, працювати з динамічними бібліотеками DLL, розширювати систему додатковими програмними модулями та функціями.

Функціональні можливості даної системи:

- візуалізація оцифрованого сигналу;
- розрахунок інформативних параметрів інформаційного сигналу датчика;
- запис значень будь-якого з вказаних інформативних параметрів;
- побудова часових залежностей інформативних параметрів;
- перевірка гіпотези про Гаусовий закон розподілу параметрів;
- побудова теоретичного закону розподілу параметрів;
- розрахунок і побудова гістограм;
- визначення ймовірності працездатного стану;
- визначення ризиків виробника і замовника при контролі параметра;
- обчислення характеристик достовірності контролю;
- робота в режимі реального часу.

Інтерфейс і програмний код інформаційної системи статистичної обробки і аналізу результатів вимірювань представлені на рис.1,2 відповідно.

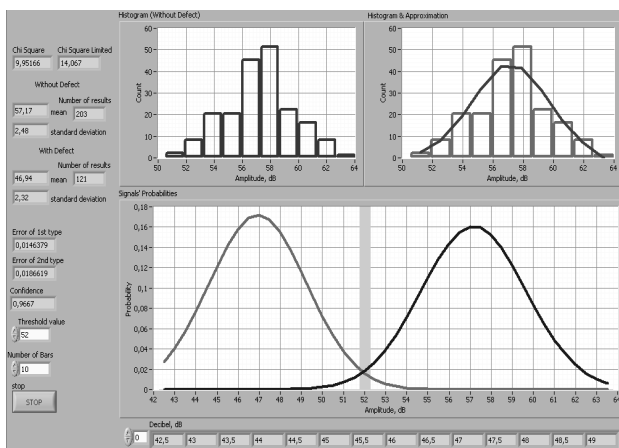


Рис. 1. Інтерфейс системи обробки даних

На основі експериментально отриманих даних, з використанням розробленої системи статистичної обробки, можуть бути обчислені математичне сподівання, дисперсія і середньквдратическое відхилення

вибірки експериментальних даних. Використовуючи критерій згоди Пірсона перевіряється несуперечливість гіпотези про Гаусовий закон розподілу отриманих результатів вимірювання. Обчислюються помилки першого і другого роду, а також достовірність контролю.

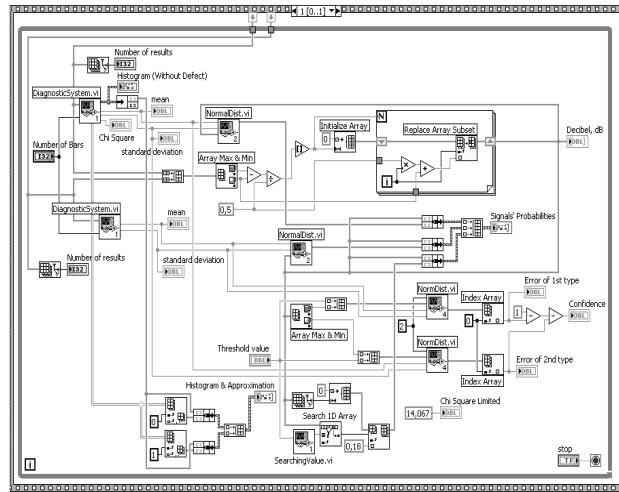


Рис. 2. Програмний код системи обробки даних

Використовуючи критерій Неймана-Пірсона, згідно якому поріг порівняння визначається так, щоб ймовірність прийняття помилкових рішень не перевищувала заданого значення, було обчислено оптимальне порогове значення рівня відображеного сигналу від бездефектної зони кришки лабіринту авіаційної турбіни за формулою:

$$\bar{x}_0 = \bar{x} - \psi(1 - P_{III})\sqrt{\bar{D}}, \quad (1)$$

де P_{III} – ймовірність помилкового перевищення порогу, значення якої визначаються в межах від 0,01 до 0,1;

$\psi(x)$ – функція, зворотна інтегралу ймовірності Гауса.

Середні значення по вибірці та вибірковій дисперсії обчислюються відповідно за формулами:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x(k) \quad (2)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (\bar{x} - x(k))^2 \quad (3)$$

де N – загальна кількість вимірювань по всьому об'єкту контролю;

Об'єктом контролю є кришка лабіринту авіаційної турбіни, яка являє собою дві ідентичні складові одиниці: півкільце верхнє і півкільце нижнє з напайкою на внутрішній частині деталі тонкого шару мельхіору з нанесеними насічками. Товщина напайки мельхіору $(1,45 \pm 0,15)$ мм, висота насічки – 0,5 мм.

Для діагностування кришки лабіринту був використаний набір ультразвукового обладнання: дефектоскоп Einstein II фірми MODSONIC, похилий високочастотний перетворювач MODSONIC MBW 70 N4 з робочою частотою 4 МГц і прямий роздільно-суміщений перетворювач MODSONIC MMEB4H з частотою введення ультразвукових коливань в об'єкт контролю 4 МГц.

При проведенні неруйнівного контролю кришки лабіринту авіаційної турбіни була створена база даних сигналів від різних дефектів. Для обчислення порогових рівнів набиралася статистика на півкільцях, по яких визначалися параметри рівня бракування.

З використанням розробленої системи статистичної обробки були визначені оптимальні значення порогового рівня, складена карта дефектної зони кришки лабіринту. Так само був проведений аналіз залежності достовірності контролю від вибору параметрів строб-імпульса і порогового значення амплітуди відображеного сигналу.

Документування результатів обробки вимірювань неруйнівного контролю здійснюється у вигляді таблиць і графіків для їх подальшого використання в завданнях моніторингу технічного стану кришки лабіринту авіаційної турбіни. Результати роботи представлені в табл.1,2 при обстеженні краєвих зон деталі похилим суміщеним перетворювачем і в табл.3,4 при обстеженні центральної зони прямим роздільно-суміщеним перетворювачем.

ТАБЛИЦЯ 1

Значення амплітуд сигналів в краєвій зоні

Тип зони	Мінімальний рівень, дБ	Максимальний рівень, дБ	Мат. сподівання, дБ	СКВ, дБ	Дисперсія, [дБ] ²
Бездефектна	50,50	64,00	57,17	2,48	6,16
Дефектна	42,50	51,00	46,94	2,32	5,38

ТАБЛИЦЯ 2

Залежність помилок 1-го та 2-го роду від рівня стробу в краєвій зоні

Рівень стробу, дБ	52,0	51,5	51,0	50,5	52,5	53,0
Помилка 1-го роду	0,014	0,025	0,040	0,063	0,008	0,005
Помилка 2-го роду	0,019	0,011	0,006	0,003	0,030	0,046
Достовірність	0,967	0,964	0,954	0,934	0,962	0,949

ТАБЛИЦЯ 3

Значення амплітуд сигналів в центральній зоні

Тип зони	Мінімальний рівень, дБ	Максимальний рівень, дБ	Мат. сподівання, дБ	СКВ, дБ	Дисперсія, [дБ] ²
Бездефектна	49,00	64,50	55,27	3,12	9,70
Дефектна	46,00	52,00	48,12	2,60	6,76

ТАБЛИЦЯ 4

Залежність помилок 1-го та 2-го роду від рівня стробу в центральній зоні

Рівень стробу, дБ	51,0	50,5	50,0	51,5	52,0	52,5
Помилка 1-го роду	0,034	0,065	0,116	0,016	0,007	0,002
Помилка 2-го роду	0,125	0,099	0,077	0,155	0,189	0,228
Достовірність	0,841	0,836	0,807	0,829	0,804	0,770

Висновок

Запропонована система дозволяє отримати більше інформації про технічний стан об'єктів, що підлягають контролю, спрощує процес визначення появи аномалій, тенденції їх розвитку, підвищує достовірність прийняття рішення, що у свою чергу може значно підвищити якість проведення діагностичних робіт, понизити часові витрати на обробку і аналіз результатів вимірювань, дати інженерові новий клас інструментів діагностики об'єктів контролю і оптимізації рішень.

Принципи закладені в систему, на етапі проектування, дозволяють виконувати її модернізацію і адаптацію до зміни умов роботи без внесення значних змін до структури програмного забезпечення.

Представлена система статистичної обробки і аналізу результатів вимірювань успішно застосовується для відпрацювання методик неруйнівного контролю авіаційних конструкцій, а також в учбовому і дослідницькому процесі з тематики неруйнівного контролю в науково-дослідній лабораторії на кафедрі інформаційно-вимірювальних систем Національного авіаційного університету.

References

- [1] Еременко В.С., Овсянкін А.М., Бохенко А.В. Повышение информативности акустического контроля конструкций из полимерных композиционных материалов. Физические методы и способы контроля сред, материалов, и изделий (серия); вып. 11: «Электромагнитный, ультразвуковой и оптический неразрушающий контроль» Львів: ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАНУ, 2006. С. 56 - 59.
- [2] И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
- [3] Клименко С.М., Михайленко В.І., Сарафанкж Б.М., Сарафанкж А.Б. Алгоритм мікропроцесорної обробки результатів ультразвукового контролю// Матеріали 4-ої Національної науково-технічної конференції і виставки „Неруйнівний контроль та технічна діагностика”. - Київ, 2003, С. 273-276.
- [4] Суранов А.Я., Labview 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК пресс, 2007. - 536 с.