



ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕФЕКТІВ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАЖКОДОСТУПНИХ ОБ'ЄКТІВ

В. Ю. ГЛУХОВСЬКИЙ

ІЕЗ ім. С.О. Патона НАНУ, 03680, Київ-150, вул. Боженка, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Запропоновано новий підхід для визначення геометричних параметрів тепловізійним методом контролю потенційно небезпечних важкодоступних об'єктів. Розроблено апаратну частину, алгоритм і відповідне програмне забезпечення для розрахунку в реальному часі геометричних параметрів виявлених дефектів тепловізійним методом. Проведено ряд експериментів з метою визначення рівня похибки розрахунку геометричних параметрів виявлених дефектів. Бібліогр. 4, табл. 1, рис. 8.

Ключові слова: неруйнівний контроль, тепловізійний метод, важкодоступні об'єкти

Одним з основних напрямків неруйнівного контролю (НК) на сьогодні є створення автоматизованих систем і комплексів, що забезпечують отримання якісно нових результатів, а саме – геометричних параметрів дефектів. Це пов'язано з наступним визначенням фізико-механічних властивостей виробу з метою прийняття рішення про можливість їх використання за призначенням, визначення ресурсу їх функціонування. Метод теплового НК є одним з найбільш продуктивних та економічних методів НК, що дозволяють визначати геометричні параметри дефектів на основі інформації про значення поверхневої температури в різні моменти часу [1].

В основі відомих методів НК теплофізичних характеристик матеріалів лежить активний тепловізійний метод НК, пов'язаний з попереднім тепловим впливом на поверхню об'єкта контролю (ОК) з наступним аналізом та візуалізацією температурного поля [2].

На сьогодні більшість науковців, що працюють в області неруйнівних методів контролю, в тому числі й теплових, використовують складний математичний апарат для визначення геометричних параметрів дефектів [1–4]. Проте недоліком математичних методів є трудоємність і неможливість використання в системах тепловізійного контролю, що працюють в режимі реального часу. Тому розробка нових, більш ефективних методів визначення геометричних параметрів дефектів є актуальною.

З метою визначення в реальному часі геометричних параметрів дефектів було створено програмне забезпечення для розрахунку площі дефектів на базі приладу для тепловізійної дефектометрії, схема застосування якого представлена на рис. 1. Дані дефекти виявляються при теплові-

зійному контролю потенційно небезпечних і важкодоступних об'єктів. Даний програмний продукт разом з розрахунком площі дефектних ділянок контрольованої поверхні дозволяє будувати 2D або 3D сітки розрахованих дефектів. Структурна схема програмного забезпечення наведена на рис. 2.

Під час візуалізації температурного поля ОК використовується радіометрична сітка, яка виступає основним носієм інформації про температурне поле поверхні і визначає температуру в кожній його точці. Побудова термографічного зображення будується наступним чином: після опромінення тепловими фотонами болометричної матриці, внаслідок фотоефекту виникають електричні сигнали що поступають до блока обробки. Таким чином, з кожної комірки болометричної матриці виходить окремий електричний імпульс, що характеризується відповідною температурою. Блок

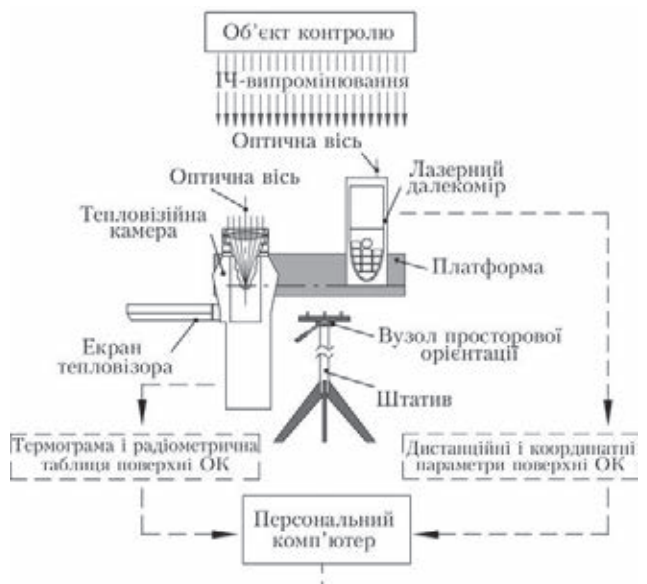


Рис. 1. Схема застосування приладу для тепловізійної дефектометрії (апаратна частина)

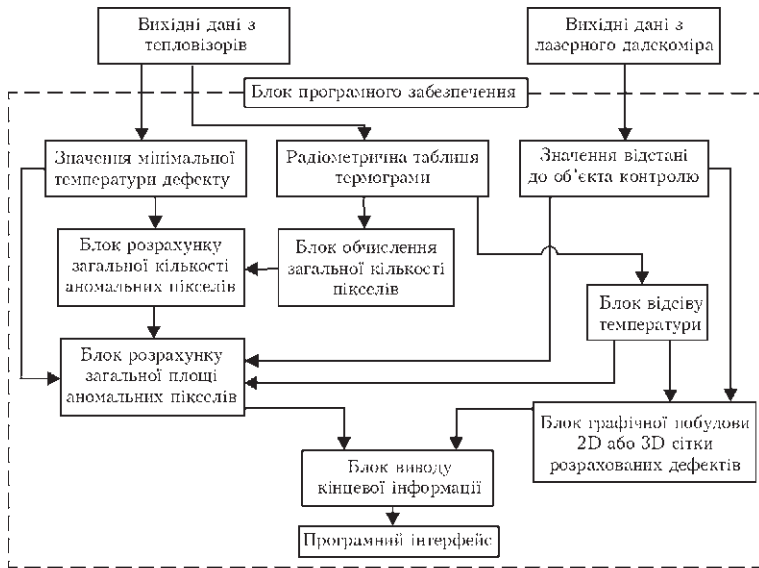


Рис. 2. Структурна схема програмного забезпечення приладу для тепловізійної дефектометрії

обробки електричного імпульсу будує радіометричну таблицю значень температур поверхні об'єкта контролю.

Дані з тепловізора у вигляді радіометричної таблиці з розширенням «.xls» завантажуються до програми розрахунку площі дефекта. За допомогою блока визначення мінімальної температури відбувається підрахунок мінімального значення температури, що має табличний розподіл. Дані радіометричної таблиці надходять до блока обчислення загальної кількості пікселів.

Визначення розміру пікселя, з загальної кількості яких складається термограма, є однією з основних задач при розрахунку загальної площі дефектних ділянок поверхні об'єкта контролю. З цією метою був розроблений алгоритм обчислення розміру пікселя термографічного зображення, що включений до блока обчислення загальної кількості пікселів.

Слід зазначити, що термограма є вторинним продуктом, який виникає при обробці даних, що поступають до блока обробки електричних сигналів з болометричної матриці тепловізора після її опромінення. Основним носієм інформації про розподілення температурного поля поверхні, що контролюється, є радіометрична таблиця з масивом даних про температуру в кожній точці май-

бутньої термографічної картини. Тому для обчислення розміру окремо взятого пікселя термограми використовується радіометрична таблиця.

Основою для розрахунку зазначеної вище величини слугує алгоритм обчислення розмірності радіометричної таблиці. Знаючи загальні розміри таблиці за двома координатами і відповідно її площу, можна розрахувати й розмірність одного пікселя. Для цього визначається загальна кількість пікселів радіометричної матриці і за допомогою операції ділення визначаються геометричні параметри пікселя.

Даний алгоритм дозволяє проводити розрахунки щодо визначення геометричних параметрів пікселя термограми, а саме висоту за вертикаллю і горизонталлю, що визначається у сантиметрах, або умовних одиницях, а також його площу. Таким чином, знаючи площу пікселя, можна визначити загальну площу дефектних ділянок на термограмі. Обчислені параметри з двох попередніх каналів потрапляють до блока розрахунку загальної площі аномальних пікселів.

Алгоритм обчислення розмірності радіометричної сітки, що міститься в блоці обчислення загальної кількості пікселів, має наступні характеристики: кількість теплочутливих елементів болометричної матриці в двох координатах; кути розкриття оптичної системи тепловізора за горизонталлю і вертикаллю відповідно α і β ; відстань до об'єкта контролю, що задається в сантиметрах або умовних одиницях. Алгоритм працює за наступною схемою: спочатку задається масив даних радіометричної таблиці, з наступним розрахунком кількості комірок за вертикаллю і горизонталлю, задаються кути розкриття α і β і також відстань до об'єкта контролю. За допомогою формули тангенса визначається розмірність радіометричної сітки в двох координатах. Розраховується загальна площа радіометричної таблиці і площа аномальних пікселів.

Дані з лазерного далекоміра у вигляді значення відстані до об'єкта контролю у сантиметрах по-

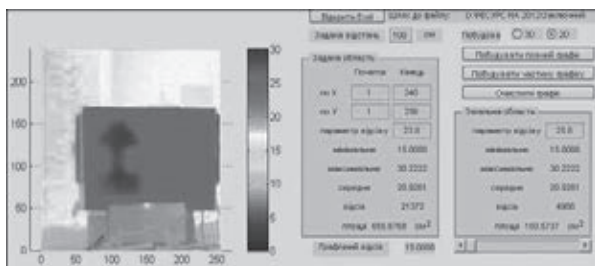


Рис. 3. Загальний вигляд програмного інтерфейсу з розрахованою площею дефекту і побудованою 2D сіткою

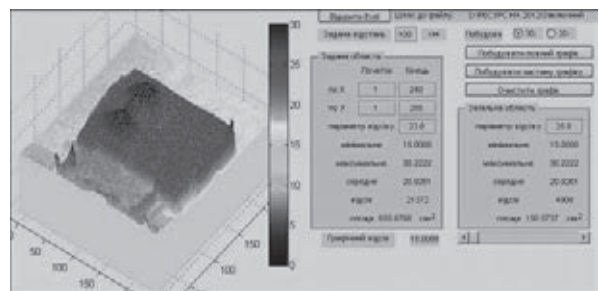


Рис. 4. Загальний вигляд програмного інтерфейсу з розрахованою площею дефекту і побудованою 3D сіткою (третя координата задана в умовних одиницях)



трапляють до блока значення відстані до ОК. Переведені до коду програмування, дані про дистанцію контролю потрапляють до блока розрахунку загальної площі аномальних пікселів, де відбувається їх підрахунок.

Переведені у програмний код значення радіометричної таблиці надходять до блока відсіву темпера-

тури. Після цього оброблені дані надходять до блока графічної побудови 2D або 3D сітки розрахованих дефектів. Для коректної роботи даного блока до нього направляється інформація з блока значення відстані до ОК. Побудова відповідних сіток розрахованих дефектів має вигляд термографічних знімків, кожен піксель якого має розмірність у сантиметрах в квадраті.

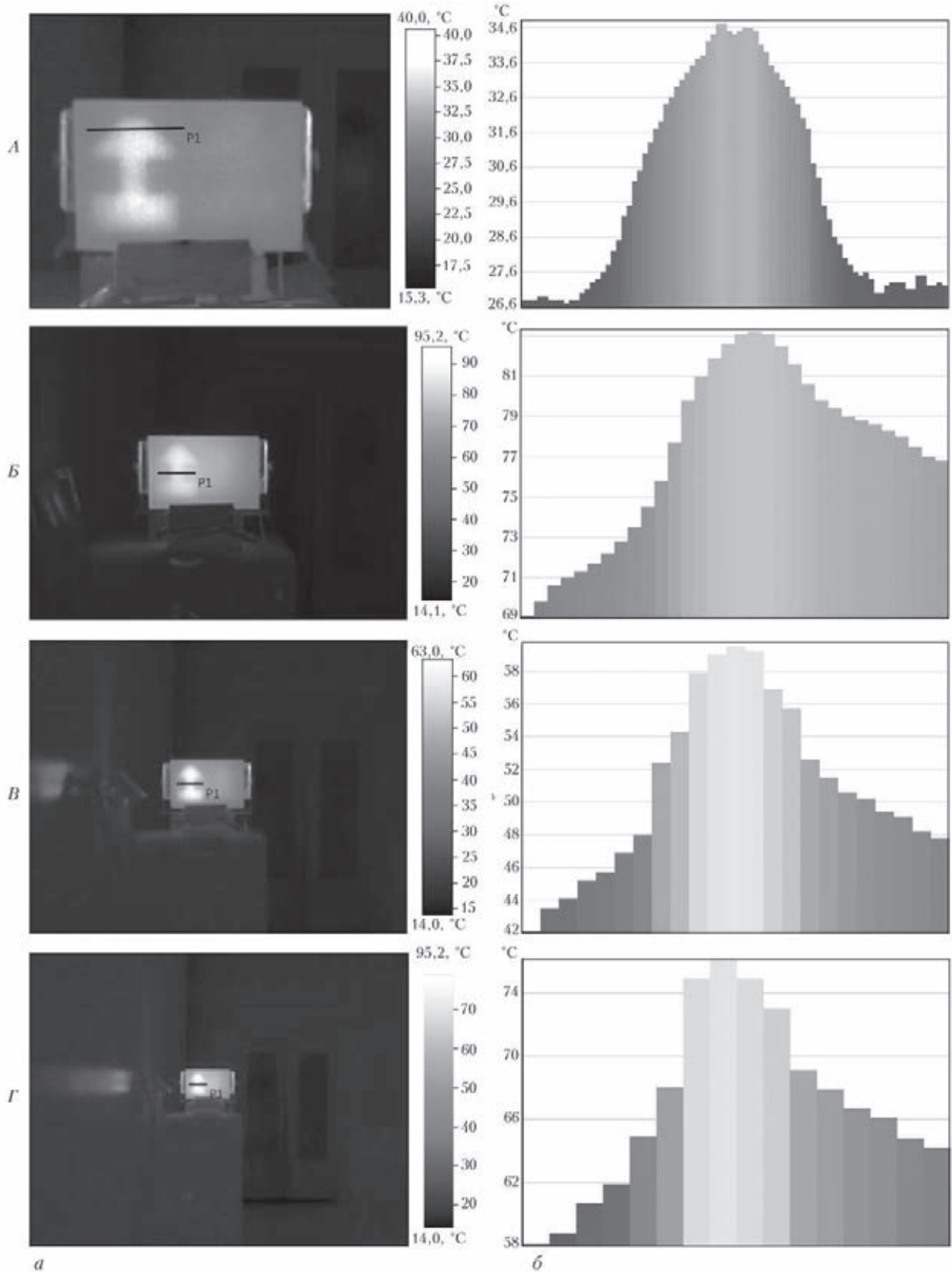


Рис. 5. Термограми пластин зі штучними дефектами складної форми (а) і відповідні гістограми дефектної ділянки (б) на дистанції, м:1(А); 2(Б); 3(В); 5(Г)



Результати розрахунку площі виявленого дефекту в залежності від дистанції термографування

Дистанція контролю, м	Мінімальна температура дефекту, $T^{\circ}\text{C}$	Площа дефекту, cm^2	Відсоткова частка дефекту, %	Еталонна площа дефекту, cm^2
1	28,5	142,00	92,20	154
2	73,2	140,78	91,41	154
3	46,5	130,98	85,05	154
5	62,8	127,01	82,24	154

З блоку розрахунку загальної площі аномальних пікселів та блока графічної побудови 2D або 3D сітки розрахованих дефектів оброблені дані потрапляють до блока виводу кінцевої інформації з наступним надходженням до програмного інтерфейсу, що зображений на рис. 3 та 4.

Необхідно зазначити, що розроблена програма може будувати і відповідно розраховувати не тільки площинні величини дефекту, тобто його площу, а й об'ємні, а саме глибину залягання і об'єм дефектної порожнини. При побудові 3D сітки (рис. 3) параметри третьої координати були задані умовно. На даному етапі розробки програмного продукту неможливо точно визначити об'ємні параметри дефекту, тобто глибину залягання дефекту і його об'єм. Для розрахунку і побудови об'ємних параметрів необхідно провести ряд відповідних експериментів задля визначення і узгодження остаточної математичної моделі і відповідних програмних блоків. Було проведено ряд експериментів із термографування пластини зі штучними дефектами складної геометричної форми на різних відстанях з метою визначення працездатності комплексу тепловізійної дефектометрії, його ефективності та точності розрахунку площі виявлених дефектів. Так, на рис. 5 представлені термограми об'єкта контролю та гістограми дефектних ділянок, що фіксувались на відстанях відповідно 1, 2, 3 та 5 м. Процес термографування відбувався під час динамічного нагрівання пластини від кімнатної температури до T_{max} тобто за умов нестационарного теплового поля.

В залежності від дистанції термографування розрахована площа виявленого дефекту і його відсоткова частка, що має спадний характер. Дані розрахованої площі дефекту і відповідно його відсоткової частки в залежності від дистанції термографування представлені в таблиці.

Висновки

Розроблений прилад для тепловізійної дефектометрії з відповідним програмним забезпеченням дає змогу проводити тепловізійну діагностику віддалених об'єктів і визначати геометричні параметри виявлених дефектів.

Точність розрахунку виявлених дефектів залежить від дистанції термографування і має спадний характер, при цьому точність розрахунку площі виявленого дефекту на дистанції 5 м від ОК становить 82,24 % еталонного.

Розроблений прилад для тепловізійної дефектометрії може успішно застосовуватись для діагностики потенційно небезпечних важкодоступних об'єктів з наступним розрахунком площі виявлених дефектів.

1. Синеглазов В. М., Протасов А. Г. Повышение точности оценивания геометрических параметров дефектов тепловыми методами контроля // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 1992. – № 2. – С. 3–7.
2. Синеглазов В. М., Протасов А. Г. Определение теплофизических характеристик в задачах активного НК // Там же. – 1990. – № 2. – С. 73–77.
3. Протасов А. Г., Синеглазов В. М. Определение геометрических параметров дефектов тепловыми методами контроля // Там же. – 1991. – № 2. – С. 30–33.
4. Будадин О. Н., Рапопорт Д. А. Метод тепловой дефектометрии // Дефектоскопия. – 1984. – № 10. – С. 38–42.

A new approach is proposed to determine geometrical parameters of potentially difficult-of-access objects by thermovision monitoring method. Hardware, algorithm and respective software were developed for real time calculation of geometrical parameters of defects detected by thermovision method. Several experiments have been performed to determine the level of error for calculation of geometrical parameters of the detected defects. 4 References, 1 Table, 8 Figures.

Keywords: nondestructive testing, thermovision method, difficult-of-access objects

*Надійшла до редакції
02.04.2015*