

**ТЕПЛОВИЙ КОНТРОЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ  
ТЕПЛОВОЇ ХВИЛИ ОБ'ЄКТІВ З РЕГУЛЯРНОЮ СТРУКТУРОЮ**

Вяліна А. В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Мягкий О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Українаe-mail: [anzhelika.vialina@nure.ua](mailto:anzhelika.vialina@nure.ua)

A theoretical basis is given for the possibility of stagnation using the thermal cooling method for thermal control. The advantages of using the method for objects with a periodic structure have been introduced. The results of computer modeling of the control procedure were compiled. We propose to use a universal relative parameter. It corresponds to the virtual heat transfer coefficient at a predetermined depth of the metal layer. It illustrates the possible use of this parameter for various methods of thermal control.

Серед методів активного теплового контролю метод теплової хвилі використовується порівняно рідко. Це пов'язано насамперед з тим, що без додаткової обробки на термограмі поверхні внутрішні теплофізичні неоднорідності не виявляються. Їх вплив зводиться лише до незначної зміни температурного градієнта та згущення ізотерм [1]. Крім того, артефакти, пов'язані з неоднорідністю коефіцієнта випромінювання поверхні, часто суттєво перевищують рівень корисного сигналу.

Метою цієї роботи є застосування методу теплової хвилі до об'єктів з регулярною структурою, та ілюстрація ефективності методу за допомогою розшифрованих термограм.

У цій роботі ми обмежимося розглядом розподілених дефектів, основною ознакою яких є відсутність стрибкоподібної зміни теплофізичних властивостей. Надалі ця модель може бути узагальнена і локальні дефекти. Лопатку можна розглядати як пластину змінної товщини  $h(x, y)$  з ефективним коефіцієнтом теплопровідності та температуропровідності а Математичне опис теплофізичної моделі базується на тривимірному рівнянні теплопровідності Фур'є. (Рис. 1)

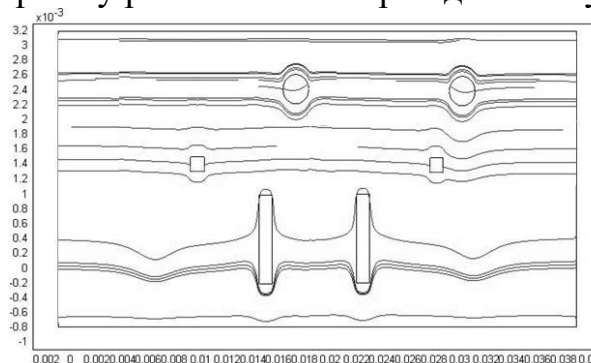


Рис. 1. Лінії поширення тепла.

Для ілюстрації ефективності запропонованої методики виявлення неоднорідності ми провели чисельний експеримент з проходження теплової хвилі в однорідній пластині з внесеними дефектами. Було використано пакет для моделювання фізичних процесів «FEMLAB-3». При обчисленні відносного градієнта товщини, у знаменнику стогового виразу стоїть фактично модуль градієнта температури. Для ілюстрації ефективності способу ми обмежилися його обчисленням. Як видно із рис. 2, його обчислення дозволяє виявити дефекти та їх форму в ідеалізованій моделі без завад.

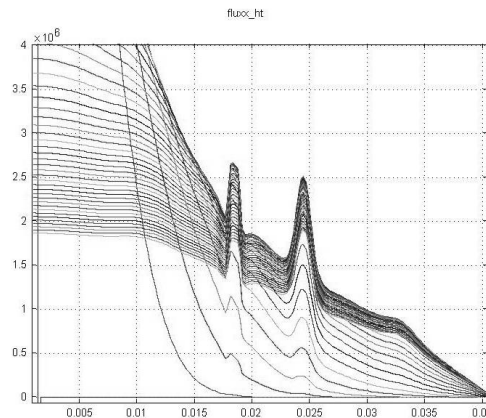


Рис. 2. Градієнт температурного поля

Основним джерелом похибок, як у методі теплової хвилі, так і в інших тепловізійних методах контролю, є неоднорідність здатності поверхні об'єкта. Так як вона навіть у разі спеціальної підготовки поверхні може становити 1 - 2%, а без неї - до 10%, то артефакти, що виникають через це, часто перевищують ефект від справжньої неоднорідності, і вимагають додаткової обробки. Яка була проведена шляхом диференціальної фільтрації.[2]

В результаті проведеного теоретичного та чисельного аналізу встановлено, що при проведенні теплового контролю об'єктів з структурою, що повторюється, за методикою теплової хвилі можливе виявлення як приповерхневих, так і глибоко розташованих дефектів в результаті застосування спеціальних алгоритмів обробки термофільму.

#### Список використаних джерел:

1. Контроль качества охлаждаемых лопаток турбин методом тепловой волны / С.И. Мельник, Б.Н. Баженов, В.А. Стороженко, А.Г. Чумаков //Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. тр. – Х.: ХАИ. – 2002. – Вып. 30 Двигатели и энергоустановки. – С. 141-144.
2. Aleksandr Myagkiy Optimization of the Procedure of Thermal Flaw Detection of the Honeycomb Constructions By Improving The Accuracy Of Interference Function / Volodymyr Storozhenko, Aleksandr Myagkiy, Roman Orel. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5/5 ( 83 ) 2016.