

ТЕПЛОВЫЙ КОНТРОЛЬ СОТОВЫХ ПАНЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО НАГРЕВА

А.А. Разумова, Люй Цзинье, В.В. Ширяев

*Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Ширяев В. В., к.т.н., ведущий инженер
лаборатории № 34*

На сегодняшний день в производстве самолетов и другой авиакосмической техники существенную долю занимают детали, изделия из композитных и сотовых материалов. Актуальной задачей является поиск нарушений в этих изделиях, связанных не только с изготовлением, но и с их эксплуатацией.

Значительную часть нарушений составляют в сотовых панелях при изготовлении затечки клеевого материала в сотах, а при эксплуатации – накопление водяного конденсата.

Целью данной работы явилось исследование различных режимов контроля сотовых панелей с помощью методов активного теплового неразрушающего контроля (АТНК).

Первым шагом исследований стало определение выявляемости дефектов в панелях при одностороннем контроле на различных расстояниях L между тепловым дефектоскопом и панелью.

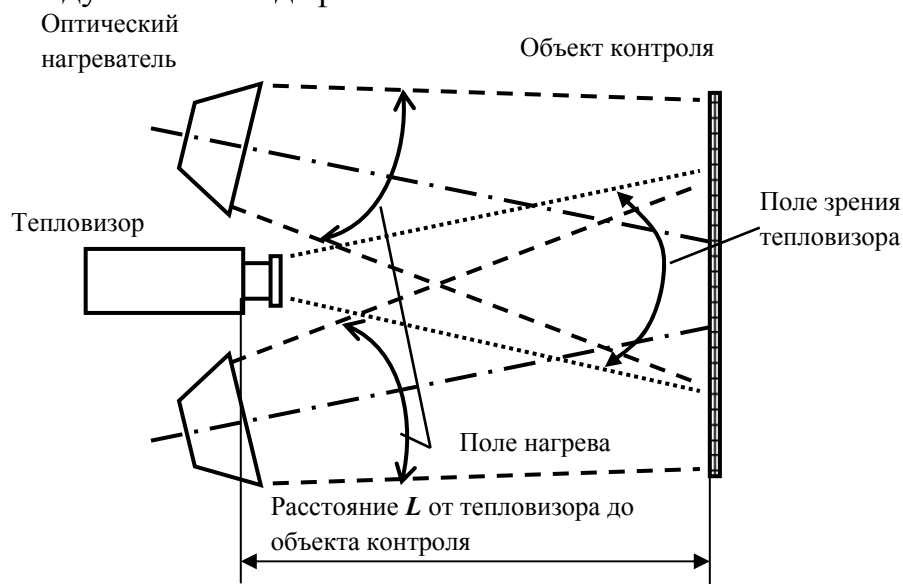


Рис. 1. Схема применения теплового дефектоскопа

Перед проведением экспериментальных исследований необходимо произвести измерение плотности потока нагрева на различных расстояниях L . Результаты измерений показаны в табл. 1. В качестве оптического нагревателя использовали две галогеновые лампы мощностью

по 1 кВт каждая, заключенные в стандартном светоотражательном корпусе, тип HL-2.

Таблица 1

Плотность теплового потока 2-х киловаттного оптического нагревателя.

$L, \text{ м}$	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
$W, \text{ Дж/м}^2$	15,98	8,34	5,56	6,95	4,87	1,39	2,09

Из табл. 1 видно, что имеется сильная зависимость плотности потока оптического нагревателя на базе HL-2 от расстояния до объекта контроля. Для данного нагревателя зависимость имеет вид:

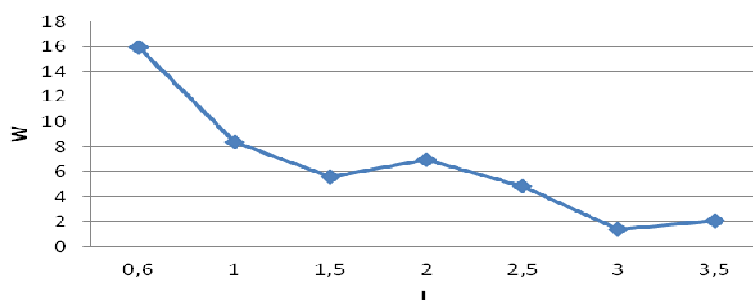


Рис. 2. Зависимость плотности нагрева панели от расстояния между нагревателем и панелью

По рис. 2 можно сделать вывод о том, что, при увеличении расстояния между объектом контроля и нагревателем, плотность нагрева уменьшается. Выбросы на графике объясняются тем, что при получении данных угол отражения сигнала не всегда был одинаков, что связано с перемещением панели на расстояния и человеческим фактором.

Для исследований были изготовлены дефектные области, пересекающие 4 цветовые области в сотовой панели. Подобные сотовые панели применяются в авиастроении.

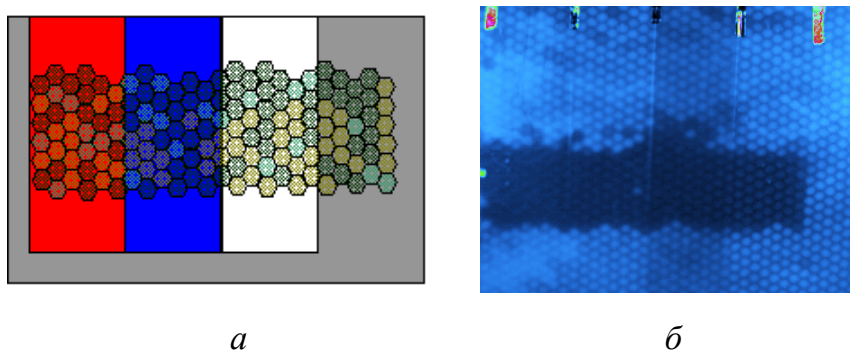


Рис. 3. Примерный вид дефектной области панели (а) и термограмма этой области (б)

Из термограммы хорошо видно область дефекта. Термограмма была получена при периодическом нагреве на расстоянии 0,6 м от источника нагрева. С помощью данной термограммы можно определить область дефекта, структуру материала – соты, а так же заметны границы между цветами.

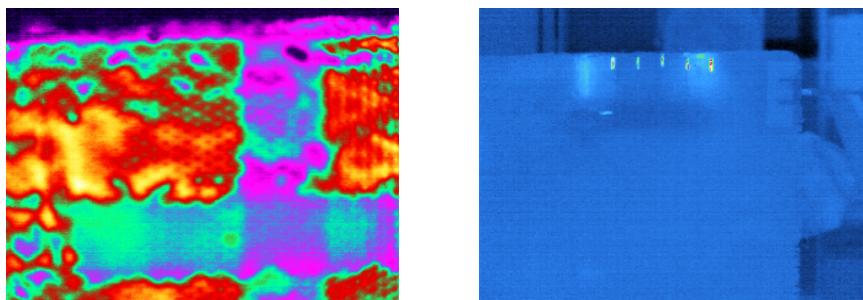
Далее были получены последовательности термограмм на определенных расстояниях и значения отношения сигнал/шум. Последовательности термограмм были обработаны с помощью программы ThermoFit Pro опцией «Комплексный Вейвлет анализ». Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость отношения сигнал/шум дефектных зон в зависимости от цвета поверхности при однократном нагреве.

L, м	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Цвет поверхности	SNR						
Серый	3,11	1,89	2,84	2,71	1,25	0,76	0
Белый	4,13	1,18	1,51	1,36	0,87	0,88	0
Синий	2,82	0,35	0,84	0,95	0,71	1,01	0
Красный	2,59	0,50	0,61	1,43	0,84	2,42	0

На рис. 4 представлены термограммы, полученные на расстоянии 0,6 м и 2 м.



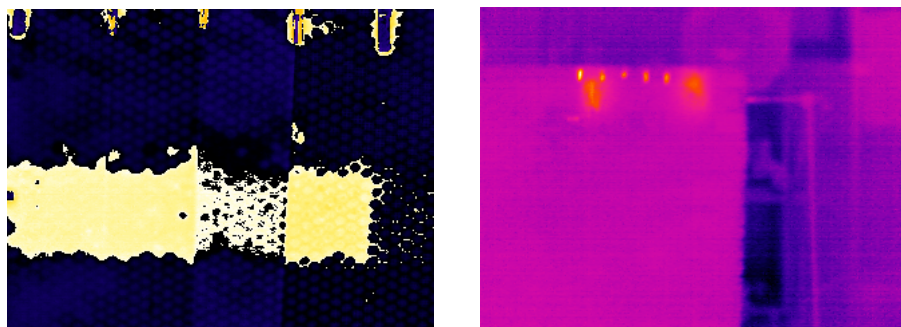
а б

Рис. 4. Термограммы на расстоянии 0,6 м (а) и 2 м (б)

По результатам табл. № 2 видно, что при однократном нагреве на расстоянии 2 м и более отношение сигнал/шум достаточно мало, так же видно по рис. 4 (б), что дефект практически не заметен, а значит, на более дальнем расстоянии его обнаружить практически не возможно. рис. 4 (а) видим, что полоса белого цвета выделяется так же четко, как и область дефекта, другие цвета неразличимы.

Далее проведен эксперимент с периодическим нагревом, со следующими параметрами: нагрев – 2 с, остывание – 2 с, количество циклов – 5, что соответствует энергетической мощности первого эксперимента. Последовательности термограмм были обработаны с помощью программы ThermoFit Pro опцией «Фурье анализ». Результаты представлены в табл. 3.

На рисунке 5 представлены термограммы, полученные на расстоянии 0,6 м и 2,5 м.



а б

Рис. 5. Термограммы на расстоянии 0,6 м (а) и 2,5 м (б).

Таблица 3

Зависимость отношения сигнал/шум дефектных зон в зависимости от цвета поверхности при циклическом нагреве.

L, м	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Цвет поверхности	SNR						
Серый	5,47	51,63	1,15	2,46	1,14	3,67	1,56
Белый	47,39	38,67	3,74	4,99	1,96	3,32	1,35
Синий	53,43	57,12	1,55	5,07	0,98	3,15	0,68
Красный	54,00	59,44	1,88	4,26	3,39	1,19	0,88

По результатам табл. № 3 видно, что при периодическом нагреве на расстоянии 2,5 м и более отношение сигнал/шум достаточно снижается, так же видно по рис. 5 (б), что дефект на расстоянии 2,5 м уже не различим, а значит, на более дальнем расстоянии его обнаружить при данных параметрах эксперимента не возможно. По рис. 5 (а) видим, что полоса белого цвета выделяется на фоне других цветов, другие цвета неразличимы, границы между цветами практически не заметны. Так же видны реальные границы дефекта, а так же заметно, что полоса белого цвета не дает увидеть четкие границы дефекта, что связано с отражающей способностью данного цвета, а так же материала данной полосы.

По результатам двух экспериментов можно сделать вывод о том, что при циклическом нагреве дефект различим на более дальнем расстоянии.

Список информационных источников

1. Вавилов В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: Издательский дом «Спектр», 2009. – С. 17–33, 187 – 200, 259, 290–344.
2. ГОСТ Р 53698-2009 Национальный стандарт РФ. Контроль неразрушающий. Методы тепловые. Термины и определения. – Национальный стандарт РФ, 2011 г.