

4. Теория гироскопических гиросtabilизаторов: учебное пособие /А.Н. Лысов, А.А. Лысова. – Челябинск Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 117 с.
5. Индикаторные гироскопические платформы: монография/А.Д. Александров, Е.А. Правоторов, В.Ф. Рафельсон, М.П. Фельдман; под ред. А.Д. Александрова. – М.: Машиностроение, 1979. – 239 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В СОТОВОЙ ПАНЕЛИ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОВОЛНОВОГО  
КОНТРОЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ НАГРЕВА**

Разумова А.А., Чулков А.О.  
Научный руководитель: Ширяев В. В., к.т.н.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: razumova\_aa@mail.ru

**DETERMINATION OF DEFECTS IN THE CELLULAR PANEL BY MEANS OF THERMOWAVE  
CONTROL AT VARIOUS SOURCES OF HEATING**

Razumova A.A., Chulkov A.O.  
Scientific Supervisor: Ph.D. Shiryayev V.V.  
Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: razumova\_aa@mail.ru

*В данной работе представлены эксперименты по обнаружению искусственно созданных дефектов в сотовой панели из стеклопластика, с помощью термоволнового контроля. В статье показаны иллюстрации экспериментальной установки и термограммы, полученные в результате экспериментов. Данные эксперименты помогут в реальных условиях повысить качество и безопасность производства в космостроении.*

*The article presents the experiments on detection of the artificially created defects in the cellular panel from fibreglass, by means of thermowave control. The illustrations of the experimental installation and the thermogram received as a result of experiments are showed. These experiments can help to increase the quality and safety of production in space construction.*

В настоящее время контроль качества материалов и объектов, которые создают из них, имеет больше значение. Это касается различных областей промышленности, в частности авиастроения и космостроения. Необходимо своевременно определять и находить дефекты в конструкциях, деталях, корпусах объектов, что позволит вовремя произвести ремонт или замену необходимых частей, что не повлечет за собой катастроф.

Целью статьи является представление результатов эксперимента, по обнаружению искусственно созданных дефектов в объекте контроля – сотовой панели из стеклопластика, при различных источниках нагрева.

Для эксперимента был изготовлен объект контроля (ОК) из двух пластин стеклопластика и бумаги между ними. Размеры ОК следующие: 44x62 см. объект контроля представлен на рисунке 1. Дефектами в объекте контроля являются капли воды и эпоксидной смолы.



Рис. 1. Объект контроля

Установка для эксперимента по определению дефектов с помощью термоволнового контроля представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Экспериментальная установка

Напротив ОК находится тепловой дефектоскоп, который содержит в себе четыре галогенных источника нагрева, мощностью 500 Вт каждая. Параметры эксперимента: время нагрева – 4с, время остывания – 4с, количество циклов нагрева/остывания – 10, материал – стеклопластик. Расстояние между источником нагрева и ОК составляет 122 см. Вся установка находится в затемненной комнате, что позволяет убрать постороннее излучение окружающих предметов.

На рисунке 3 представлена термограмма ОК в конце эксперимента. Имеются артефакты ниже центра термограммы, вызванные отражением нагретых элементов излучателей.

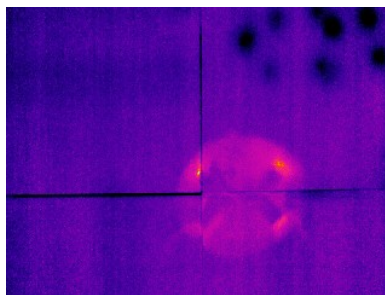
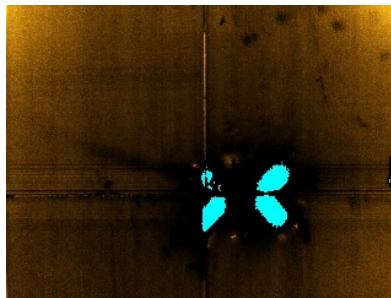


Рис. 3. Термограмма в конце эксперимента

Как видно по рисунку 3, на термограмме ОК удается обнаружить дефекты справа сверху термограммы. Однако для более наглядного представления дефектов необходимо в программе ThermoFit

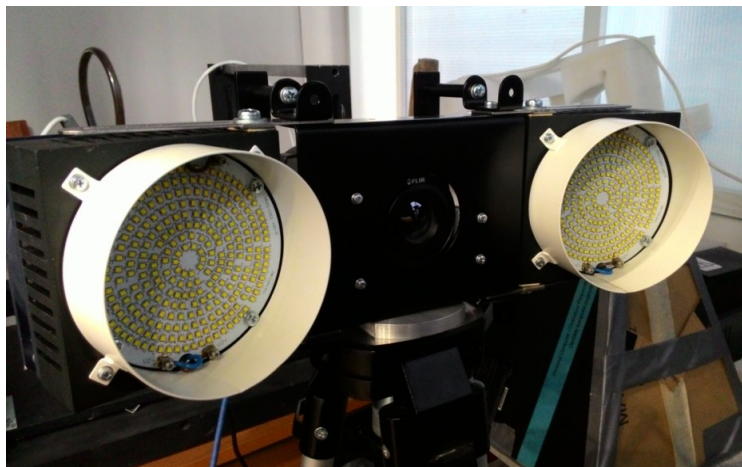
Pro, которая разработана в лаб. 34 ИНК ТПУ, провести обработку последовательности термограмм эксперимента с помощью опции – Фурье-анализ. Данные представлены на рисунке 4.



*Рис. 4. 12-ая гармоника Фурье-анализа*

Как видно из рисунка 4, дефекты на обработанной термограмме с помощью Фурье-анализа видны контрастнее. Отношение сигнал-шум на термограмме, не обработанной с помощью опции Фурье-анализ, составляет  $S=18.883$ , а отношение сигнал-шум на термограмме, обработанной с помощью данной опции, составляет  $S= 2.0942$ .

Далее был проведен еще один эксперимент по определению дефектов той же панели, но с другим источником нагрева – светодиодными лампами, которые представлены на рисунке 5. Суммарная мощность ламп 1 кВт, что в 2 раза меньше, чем у галогенного источника нагрева.



*Рис. 5. Источник нагрева 2-го эксперимента*

Параметры эксперимента прежние: время нагрева – 4с, время остывания – 4с, количество циклов нагрева/остывания – 10, материал – стеклопластик. Расстояние между источником нагрева и ОК составляет 122 см. Установка так же находится в затемненной комнате.

На рисунке 6 представлена термограмма ОК в конце эксперимента.

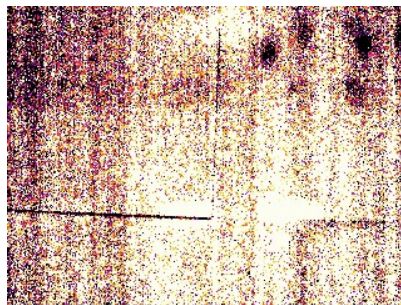


Рис. 6. Термограмма в конце эксперимента

Далее так же, как и в первом опыте проводим обработку последовательности термограмм с помощью опции Фурье-анализ, результат показан на рисунке 7.

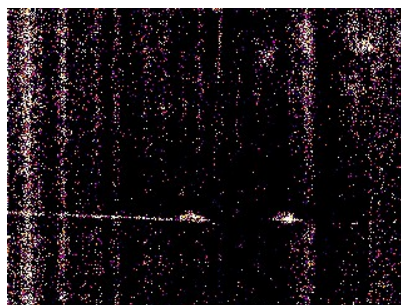


Рис. 7. 10-ая гармоника Фурье-анализа

Как видно из рисунка 7, дефекты обнаружить практически не удалось, что можно объяснить тем, что мощность светодиодного источника оказалась недостаточной для выявления дефектов в данном эксперименте. Отношение сигнал-шум на термограмме, не обработанной с помощью опции Фурье-анализ, составляет  $S=4.4132$ , а отношение сигнал-шум на термограмме, обработанной с помощью данной опции, составляет  $S= 1.6896$ .

Данный опыт позволил определить, что использование галогенного источника выгоднее, т.к. при таком нагреве дефекты проявили себя лучше вне зависимости от того вода это или эпоксидная смола. Так же можно предположить, что необходимо провести повторный опыт со светодиодами, но увеличив их суммарную мощность, либо увеличив параметры циклического нагрева/остывания и провести повторный анализ и сравнение результатов. Данные и подобные эксперименты помогают обнаружить различного рода дефекты в материалах, что играет огромную роль в космостроении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1, Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. - М.: Издательский дом "Спектр", 2009. – С. 17-33, 187 – 200, 259, 290-344.
2. Composite Materials – Verbundwerkstoffe in der Luft- und Raumfahrttechnik / Günter Pommeranz, Ulrich Lutter. 2008. – С. 4 – 8, 10 – 12.
3. Verbundwerkstoffe: Die Materialien der Zukunft Teil 1: Einleitung [Электронный ресурс] – URL: <http://www.pluscomposites.eu>. Дата обращения: 08.03.2016.