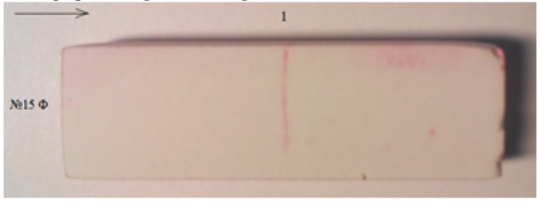


<b>Паспорт на контрольный образец N15 Ф</b>			
Образец из неметалла предназначен для оценки чувствительности капиллярного контроля.			
На образце имеется 1 тушковая поверхностная трещина. Нумерация трещины начинается от клейма. Размеры трещины указаны в таблице.			
Таблица			
Номер трещины от клейма	Размеры трещин, мм		Дата очередной <b>перезакали</b>
	Ширина раскрытия	Длина	
1	11,8	10	
Контрольный образец проверен _____ 24.09.2014 _____ (дата) и признан годным для определения чувствительности капиллярного контроля по 3 классу (ГОСТ 18442-80) при проведении контроля набором дефектоскопических материалов Sherwin			

Фотография контрольного образца.



Контрольный образец должен храниться в сухом месте в коробке.

\_\_\_\_\_  
(дата и подпись руководителя метрологической службы)

\_\_\_\_\_  
(дата и подпись руководителя лаборатории неразрушающего контроля)

## РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ИМПУЛЬСНОГО АКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Рабданов Ч.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Нестерук Д.А., к.т.н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

Тепловой контроль основан на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов. Основным условием применения теплового контроля является наличие в контролируемом объекте тепловых потоков. Процесс передачи тепловой энергии, выделение или поглощение тепла в объекте приводит к тому, что его температура изменяется относительно окружающей среды. Распределение температуры по поверхности объекта является основным параметром в тепловом методе, так как несет информацию об особенностях процесса теплопередачи, режиме работы объекта, его внутренней структуре и наличии скрытых внутренних дефектов. Тепловые потоки в контролируемом объекте могут возникать по различным причинам.

Импульсный метод - контроль, при котором длительность тепловой стимуляции существенно меньше характерного времени наблюдения; как правило, нагрев производят с помощью импульсного лазера или импульсной лампы .

Композит - это любой материал, сделанный из более, чем одной составляющей. Особенное внимание уделено композиционным материалам, усиленным волокнами, или волокнистым. Это материалы, в которых волокно, сделанное из одного материала, заключено внутри другого материала.

*Тепловой контроль образца из углепластика  
Оптический импульсный нагрев с помощью ксеноновой лампы*

Преимущество импульсного нагрева состоит в возможности передать объекту контроля значительную энергию за короткое время и тем самым снизить влияние «поперечной» теплопроводности металла на выявляемость дефектов. В экспериментах был использован комплект QUADX STUDIO SET 3000 фирмы BOWENS. Внешний вид комплекта показан на рисунке 1.



Рис. 1. Комплект импульсных ламп QUADX STUDIO SET 3000

Лабораторная установка для импульсного нагрева показана на рисунке 2 и состоит из двух ксеноновых ламп, блока питания ламп, эталонного образца и тепловизора. Длительность импульса составляла около 1 мс при полной энергии световой вспышки до 3 кДж.



Рис. 2. Лабораторная установка, использующая ксеноновые импульсные лампы

*Устройство регистрации температуры (инфракрасная камера  
NEC TH9100ML)*

Для регистрации последовательностей термограмм использовали одноволновую ИК камеру TH9100ML производства фирмы NEC Avio, Япония (рис. 3).



Рис. 3. ИК камера TH9100ML

Далее с помощью лабораторной установки была получена последовательность термограмм, отражающая процесс нагрева образца из композита с помощью источника импульсного теплового нагружения.

Один из кадров полученной последовательности представлен на рисунке 4.

Далее для упрощения и увеличения производительности обработки данных, из исходной последовательности была вырезана область интереса (ROI – region of interest). Вид области интереса представлен на рисунке 5.

Графики развития температуры для дефектной и бездефектной зон во времени (зоны показаны на Рисунке в виде эллипсов) представлены на рисунке 6.

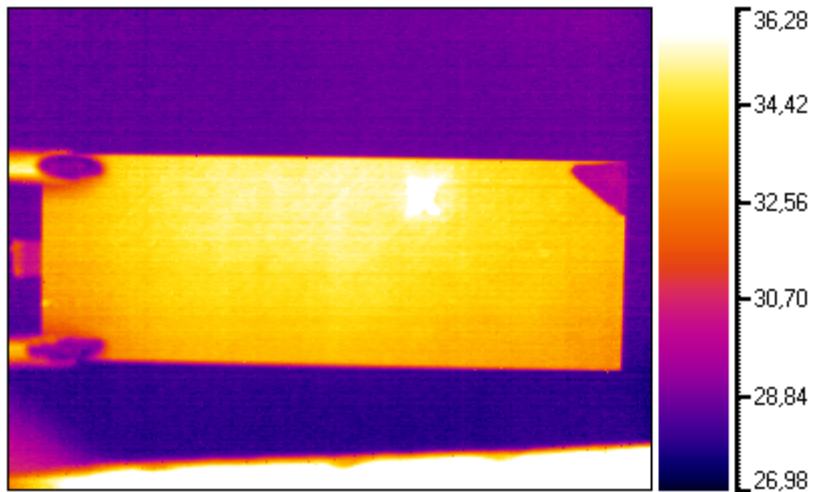


Рис. 4. 10 кадр исходной последовательности

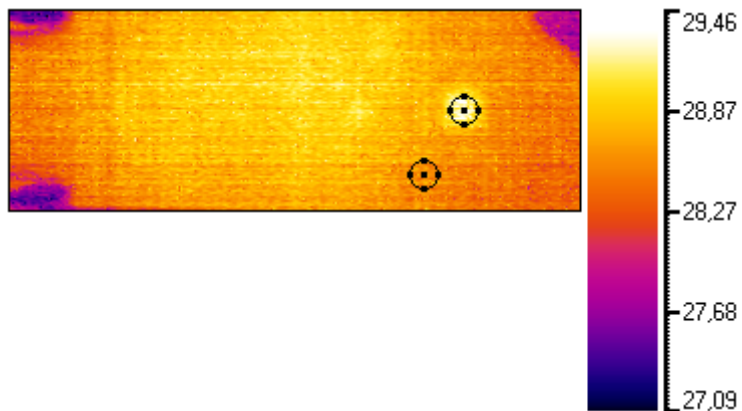


Рис. 5. Вид области интереса после упрощения

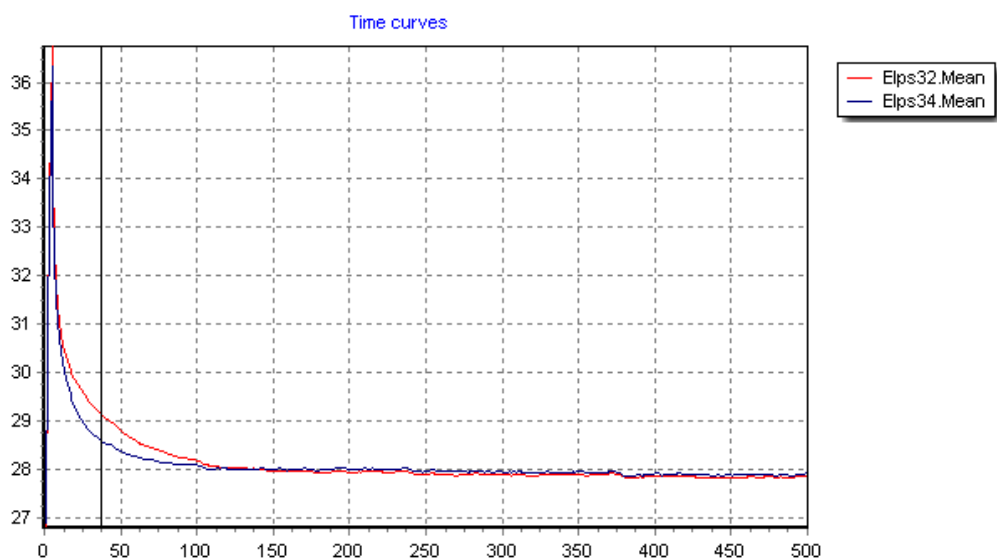


Рис.6. Графики развития температуры для дефектной и бездефектной зон во времени

Хорошо видно различие средних температур для дефектной и бездефектной зоны во времени. Для дефектной зоны наблюдается увеличенные значения температур. После 100 го кадра (соответствует моменту времени 1.6 после импульса нагрева) температуры для дефектной и бездефектной зоны совпадают (температурный сигнал спадает до уровня шума тепловизора). По графику можно приблизительно определить наиболее оптимальный момент для регистрации сигнала, что соответствует 20-30 кадру. Для более точной оценки оптимального момента обнаружения сигнала использовалось отношение сигнал-шум.

Отношение сигнал-шум, является базовым при проведении процедур теплового контроля, для его определения используются выражения, представленные ниже.

Общим критерием сравнения различных процедур ТК является отношение сигнал/шум, которое определяет как:

$$S = \frac{T_d - T_{nd}}{\sigma_{nd}},$$

где  $T_d$ -средняя температура в дефектной зоне;  $T_{nd}$ - средняя температура в бездефектной зоне;  $\sigma_{nd}$ -стандартное отклонение в бездефектной области (дисперсия шума), определяем как

$$\sigma_{nd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{ndi} - T_{nd})^2}{n-1}}.$$

Внутренний дефект может быть надежно обнаружен оператором или автоматическим устройством, если в момент наблюдения обусловленный им сигнал превышает уровень шумов:  $s > 1$ .

График изменения отношения сигнал-шум для последовательности приведен на рисунке 7.

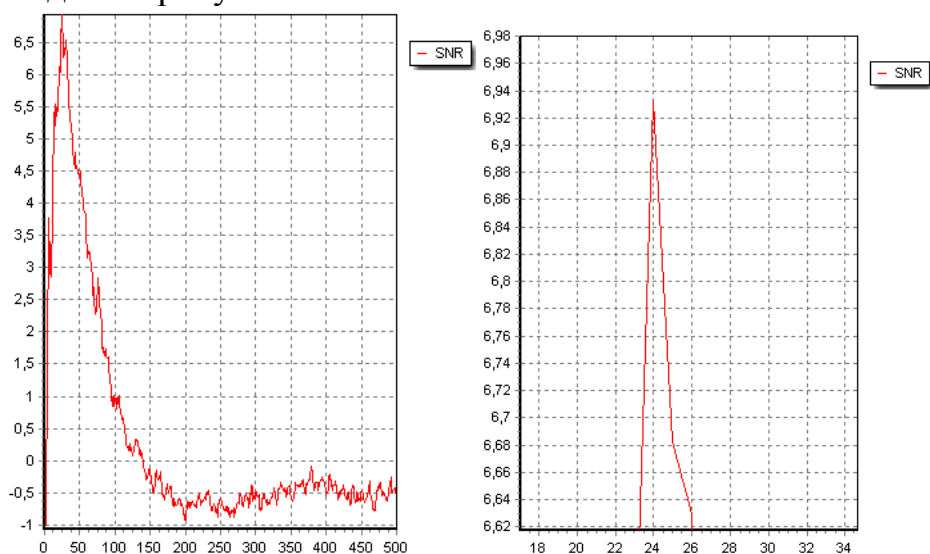


Рис. 7. График изменения отношения сигнал-шум

Как видно из рисунка, температурное поле для 24 кадра, соответствует максимальному отношению сигнал-шум. Вид температурного поля для 24 кадра приведен на рисунке 8.

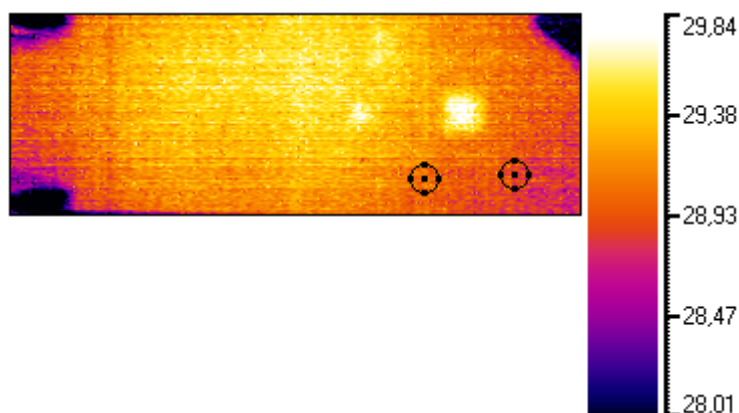


Рис. 8. Температурное поле для 24 кадра (максимальное отношение сигнал-шум)

Для развитой обработки тепловизионной последовательности использовалось преобразование Фурье. Смысл преобразования Фурье состоит в применении дискретного преобразования Фурье к временному развитию температуры для I,j пикселя. В результате получается последовательность и изображений амплитуд и фаз для каждой частоты. Формула для вычисления преобразования Фурье приведена ниже:

$$F_s = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=1}^N f_n e^{2\pi j(n-1)(s-1)/N}$$

где  $f_n$  - дискретная исходная функция, содержащая  $N$  отсчетов ( $N$  термограмм в последовательности),  $s$  - частота,  $j$  - мнимая единица,  $n$  - номер отсчета.

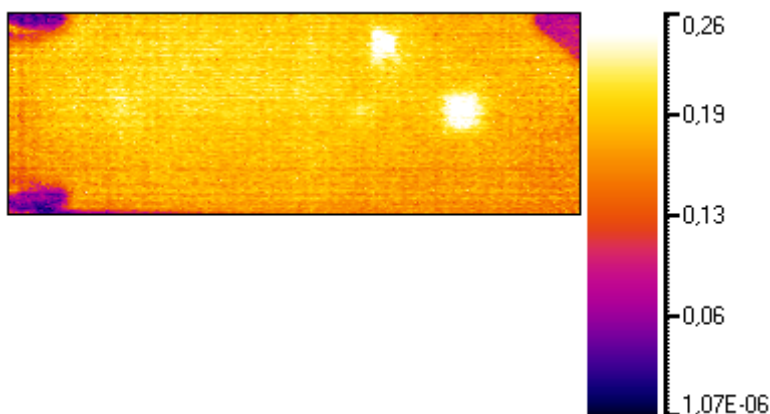


Рис. 9. Изображение амплитуды для 1 гармоника при преобразовании Фурье



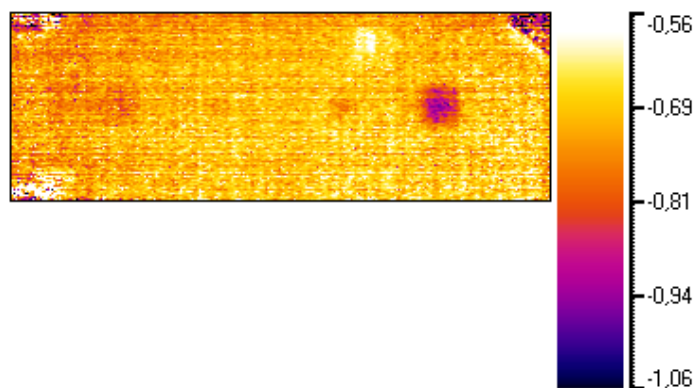


Рис. 10. Изображение фазы для 3 гармоника при преобразовании Фурье

Для обработки данных использовалась компьютерная программа ThermoLab (сайт <http://tndtsoft.ru>), а также математический пакет MATLAB.

### Список информационных источников

1. Вавилов В.П. Тепловые методы контроля композиционных структур и изделий радиоэлектроники. М., Радио и связь, 1984.
2. <http://tndtsoft.ru>
3. В.П. Вавилов. Инфракрасная Термография и Тепловой контроль, Томск, 2012.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА ТЕПЛОВЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ОПТИЧЕСКОГО НАГРЕВА

*Смертин Р.А, Плискин А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Нестерук Д.А., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Металлы и их сплавы являются важнейшими конструкционными материалами. В процессе хранения и эксплуатации металлических конструкций происходит их взаимодействие с окружающими веществами, в результате чего они разрушаются. Коррозия металлов наносит огромный ущерб практически любой отрасли промышленности.

В связи с этим своевременное обнаружение коррозии, является важнейшей задачей неразрушающего контроля. Основными преимуществами теплового метода над другими видами неразрушающего контроля, является отсутствие необходимости вывода объекта контроля из