

ИНФРАКРАСНЫЙ КОНТРОЛЬ СКРЫТЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

Ю.А. Осокин, Е.В. Герман

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена изучению распределения и динамики температурных процессов в скрытых пространствах композиционных элементов. Исследования тепловых характеристик скрытых тепловых узлов показали, что существует большой разброс температурных режимов между участками рабочего материала.

Ключевые слова: приборы, электронные схемы, инфракрасные измерения, температура, нагрев.

В теории инфракрасных измерений фигурирует абсолютно черное тело [1].

Абсолютно черное тело – научная абстракция, в природе такого тела нет. Это виртуально-интеллектуальный научный прием для объяснения того, что в разумные и технически измеряемые представления пока просто так не вмещается. Однако, это параметр, без которого описания многих эффектов привести не удастся.

В настоящее время, когда композиционные материалы приобретают все большее распространение в промышленности, авиационном, наземном и водном транспорте, в гражданских и военных технологиях проблема контроля, распределения и динамики температурных процессов в скрытых пространствах композиционных элементах является актуальной.



Рисунок 1 – Поверхностный, доступный для прямого измерения тепловой режим

Поверхностный, доступный для прямого измерения тепловой режим не составляет особых затруднений для контроля (рисунок 1).

Скрытый температурный процесс с концентрированными очагами энергетически активных скоплений представляют собой сложную проблему для контроля [2,3].

Один из главных опасных факторов скрытых процессов – неожиданность аварийной угрозы из за скрытой от глаз человека формы проявления источников тепловой энергии (рисунок 2).

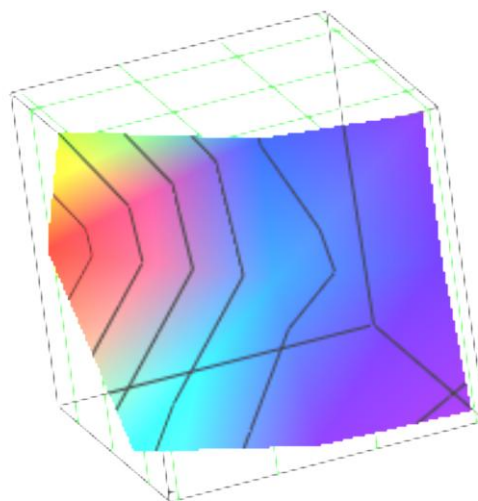


Рисунок 2 – Недоступный для прямого измерения тепловой режим

При использовании инфракрасного метода контроля тепловых объектов учитывается закон Стефана-Больцмана:

ИНФРАКРАСНЫЙ КОНТРОЛЬ СКРЫТЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

$$R = \sigma T^4,$$

где: R – плотность излучения, Вт/М²К⁴; $\sigma = (5,6697 \pm 0,0029) \cdot 10^{-12}$ Вт/(М²К); T – температура абсолютно черного тела, К.[1].

Величина лучистого потока Φ абсолютно черного тела, излучаемого с площади S , определяется:

$$\Phi = RS, \text{ Вт.}$$

Известны значения плотностей излучения абсолютно черного тела в диапазоне от 200 до 6000 К [1].

Плотность излучения изменяется на несколько порядков от $9,119 \cdot 10^{-3}$ до $76,386 \cdot 10^3$, Вт/см². То есть изменяется более, чем в миллион раз.

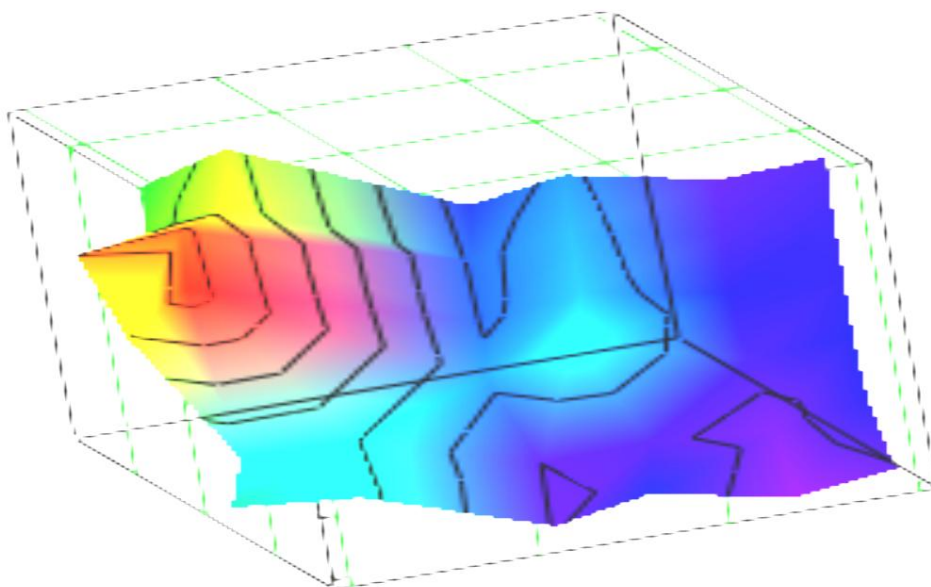


Рисунок 3 – Скрытый температурный процесс в композиционном материале, выявленный с применением пирометра IR-550 и обработанный применением дифференциально-операторной системы; температура изменяется от 140⁰С (у левой стороны образца) до 60⁰С (правая сторона)

Для реальных объектов применяется скорректированный закон Стефана-Больцмана:

$$R = \epsilon_T \sigma T^4,$$

где: ϵ_T – коэффициент излучения, который характеризует долю суммарного по спектру излучения конкретного материала от излучения абсолютно черного тела при той же температуре [1].

На коэффициент излучения и, соответственно, качество информации о температуре, влияет вид материала и качество поверхности контролируемого материала (таблица 1).

При увеличении шероховатости коэффициент излучения повышается. Если выступы шероховатости существенно превышают длину волны излучения, то коэффициент излучения такой поверхности определяют по эмпирической формуле:

$$\epsilon_{ш} = \epsilon(1 + 2,8(1 - \epsilon)^2),$$

где: ϵ – коэффициент излучения гладкой поверхности [1].

В таблице 1 приведены Коэффициенты излучения ϵ для материалов, применяемых в приборостроении.

Таблица 1 – Коэффициенты излучения ϵ_T [1]

Материал	$t, ^\circ\text{C}$	ϵ_T
Медь (окисленная)	50	0,6 – 0,7
Резина твердая	23	0,95
Кожа человека	36	0,98
ПХВ	30	0,95
Углерод	50 -1000	0,96
Текстолит	60	0,92
Алюминий	100	0,1
Бронза	50	0,55
Железо листовое	20	0,25
Латунь	22	0,20
Графит	-	0,97
Ткань	30	0,92

При исследовании скрытых тепловых процессов использовался электрообогрева-

тель, выполненный из композиционного материала, ГКЭ-2 мощностью 32,3 Вт.

Размеры обогревателя, мм: 200x130x10.

Размеры контролируемых зон матриц, мм: 50x30 и 15x10.

Для измерения скрытых температурных процессов в композиционном материале проведены опыты с применением пирометра IR550, показанного на рисунке 4.



Рисунок 4 – Пирометр IR-550

При обработке информационных данных на основе применения дифференциально-операторной системы возможно определение градиентов температурных потоков и выявление границ с максимальным, или превышающим определенный предел значений производных, которые характеризуют направление границ (линий перелома в полях распространения температурного потока).

Для получения объемного графика температур была использована программная среда «Mathcad». Средствами для создания необходимой программы были команды для работы с матрицами значений.

С помощью применения дополнительных программных информационных средств, разработанных по данной проблеме, применены такие, как «augment» (совмещение нескольких матриц по горизонтали) и «stack» (совмещение матриц по вертикали). При этом были учтены обязательные условия, в частности – равенство количества строк и столбцов при работе с матрицами. Для построения подробного изображения использовались выборки для каждого сектора (А, В, С,...и

т.д.). В результате найден график из выборки, который оказался наиболее информативным для анализа процессов теплообмена в контролируемых зонах.

Результат измерений представлен на рисунке 3.

Также было рассмотрено несколько преобразований, для сравнительной оценки различных комбинационных вариантов. Например, преобразование значений секторов в нулевые (горизонтальные, вертикальные и т.д.).

Выводы

Исследования тепловых характеристик скрытых тепловых узлов показали, что существует большой разброс температурных режимов между участками рабочего материала.

Выявление скрытых тепловых узлов требует применения специальной техники, в частности на основе ИК приборов, однако это необходимо, но недостаточно.

Для анализа таких процессов необходимо применение специального матричного метода измерения и эффективных алгоритмов обработки информации, в частности на основе дифференциальных операторов.

При существовании множества зон перегрева необходимо применение измерительной аппаратуры на основе матриц более высокого порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. – М.: Сов. Радио, 1978. – 400 с.
2. Yu.A. Osokin, M. V. Khalin, M.N. Stokov. Heat transfer in grain heating systems, based on multielectrode composite electric heaters. Universiti of the Bas1que Countri, Bilbao, Spain. 3 -5 September 2009. С.XI-1.
3. Осокин Ю.А. Системы температурного контроля. Проблемы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производства: Материалы 4-й научно-практической конференции. - Барнаул: Изд-во АГТУ, 2004. - Ползуновский вестник № 4. – С.- 264 -265.

Осокин Юрий Анатольевич – к.т.н., доцент,
тел.: (3852) 619026, e-mail: y-osokin@mail.ru;
Герман Екатерина Васильевна – бакалавр.