

*Е.М. Михалева, А.С. Михалев, А.Ю. Поройков, Н.М. Скорнякова*  
(Национальный исследовательский университет "МЭИ";  
e-mail: koshmarrik@mail.ru)

## **КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ И ПЕРЕГРЕВА ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕНЕВОГО ФОНОВОГО МЕТОДА**

*Предложен комплекс обнаружения возгораний и перегрева оборудования на основе теневого фонового метода.*

*Ключевые слова: теневой фоновый метод, оптические методы измерений, температурные поля.*

*E.M. Mikhaleva, A.S. Mikhalev, A.Y. Poroykov, N.M. Skornyakova*

## **COMPLEX DETECTION OF FIRE AND OVERHEATING OF EQUIPMENT ON BASIS OF BACKGROUND ORIENTED SCHLIEREN METHOD**

*Proposed complex detection of fire and overheating of equipment on basis of background oriented schlieren method.*

*Key words: background oriented schlieren method, optical measurement methods, temperature fields.*

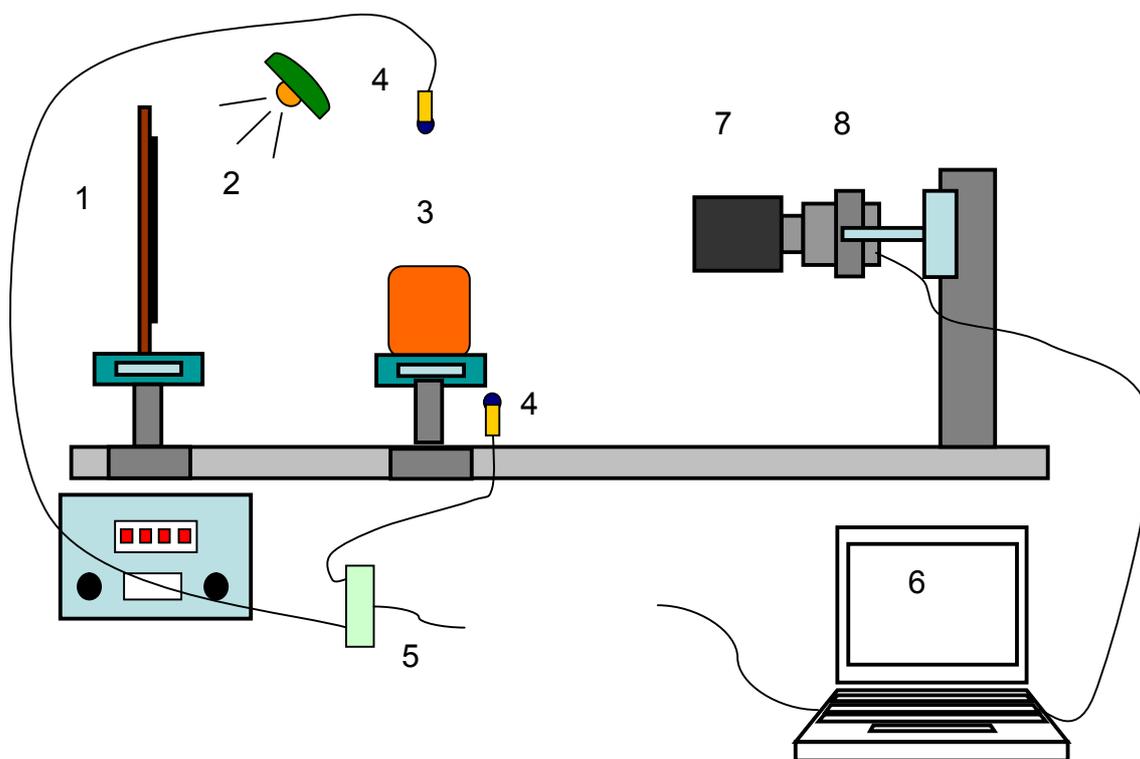
Комплекс обнаружения возгораний и перегрева оборудования на основе теневого фонового метода предназначен для использования в жилых помещениях и на промышленных объектах в тех случаях, когда требуется постоянный бесконтактный контроль объекта, который может находиться как в том же помещении, что и комплекс обнаружения, так и в другом помещении, отделённом от помещения, в котором размещен комплекс обнаружения, прозрачными окном или перегородкой.

Проблема обнаружения возгораний и перегрева оборудования бесконтактными методами из помещения, отделенного от помещения размещения объекта контроля, является актуальной, так как не всегда технически возможно разместить датчики рядом с объектом контроля из-за вносимых ими изменений или сложностей с передачей сигнала от датчиков, находящихся рядом с контролируемым объектом, к анализатору, а существующие методы (например, датчики задымления или тепловизоры) не позволяют регистрировать изменения температуры или возникновение возгорания через прозрачные перегородки.

Для создания комплекса обнаружения возгораний и перегрева оборудования используется оптимизированная *установка теневого фонового метода*, позволяющая визуализировать градиенты температуры и концентрации, а также получать температурные поля и поля концентраций, с набором программного обеспечения. Стандартная установка теневого фонового метода подробно описана как в зарубежной, так и в отечественной литературе [1, 2].

Рассмотрим подробнее оптимизированную лабораторную установку теневого фонового метода, позволяющую визуализировать градиенты температуры и концентрации, а также получать температурные поля и поля концентраций.

На рис. 1 представлена обобщенная схема экспериментальной установки теневого фонового метода, которая подходит для регистрации температурных полей.



**Рис. 1.** Обобщенная схема лабораторной экспериментальной установки теневого фонового метода, которая подходит для регистрации температурных полей: 1 – фоновый экран; 2 – некогерентный источник освещения; 3 – исследуемый объект; 4 – датчики температуры; 5 – анализатор температуры, позволяющий одновременно регистрировать параметры в двух точках исследуемой области; 6 – компьютер; 7 – объектив и 8 – цифровая видеокамера [3]

В качестве фонового экрана может использоваться любая структурированная поверхность с большим числом мелких деталей, например, окрашенная стена, картонная, бумажная или деревянная перегородка.

В экспериментальной установке для регистрации температурных полей вместо источника освещения можно использовать обычное дневное или комнатное освещение без дополнительных источников света, так как погрешности, возникающие из-за нехватки света, намного меньше исследуемого эффекта и не могут внести существенных изменений в получаемое температурное поле.

В качестве датчиков граничных условий при получении опорного изображения можно использовать термопары, а в качестве анализатора – мультиметр.

Требования к объективу и цифровой видеокамере зависят от расстояний между контролируемым объектом, фоновым экраном и видеокамерой и изменения температуры, на которое должен реагировать комплекс обнаружения.

При установке комплекса обнаружения возгораний и перегрева оборудования проводится регистрация опорного изображения фонового экрана в отсутствие возгораний или перегрева оборудования, то есть при нормальных условиях функционирования объекта (рис. 2).



**Рис. 2.** Опорное изображение

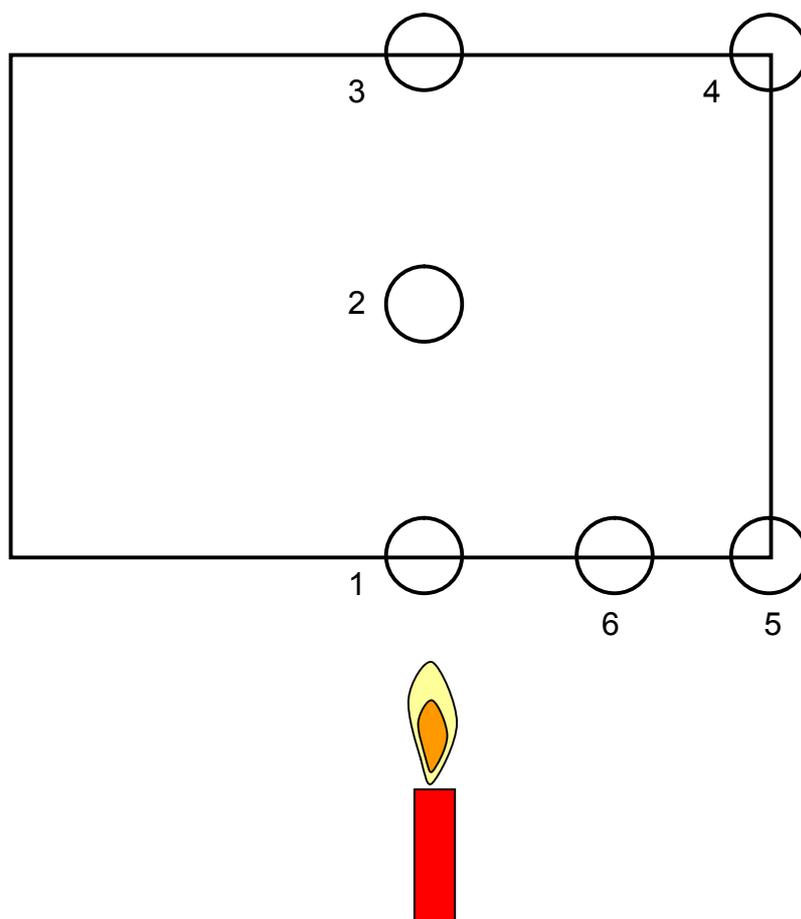
Затем в область контролируемого объекта вносится возмущение, например, между фоновым экраном и видеокамерой ставится горящая свеча, имитирующая возгорание. Регистрируется второе тестовое изображение, которое используется для настройки комплекса.

В то же время регистрируются показания термопар, примерная схема расположения которых представлена на рис. 3 (схема расположения термопар может меняться в зависимости от конкретного контролируемого объекта). Две термопары используются как датчики граничных условий, а остальные – для получения значений температуры в контрольных точках для настройки комплекса.

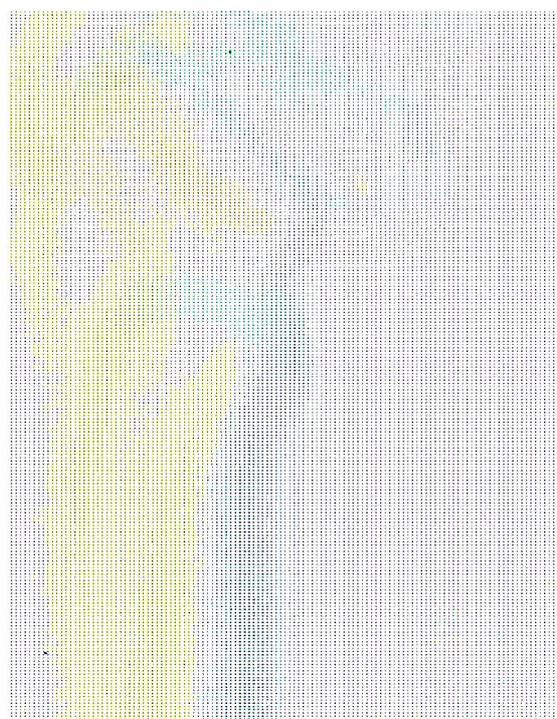
Опорное и тестовое изображения обрабатываются с помощью кросскорреляционного алгоритма обработки, в результате которой получается векторное поле, длина векторов которого пропорциональна абсолютным величинам смещений деталей фонового экрана, а направления векторов указывают направления их смещений (рис. 4).

Для нормировки полученных экспериментальных результатов на температуру необходимо установить связь между исходными данными, получаемыми в ходе предварительной обработки, длинами и направлениями векторов векторного поля и результирующими данными, которые необходимо получить из экспериментальных данных после обработки, значениями температуры в заданных точках.

Для этого необходимо разбить всё векторное поле на маленькие участки, называемые областями опроса.



**Рис. 3.** Схема экспериментальной установки с указанием области исследования и расположением контрольных точек измерения температуры



**Рис. 4.** Векторное поле, длина векторов которого пропорциональна абсолютным величинам смещений деталей фонового экрана, а направления векторов указывают направления их смещений



Предположим, что температура в левом нижнем углу больше температуры в правом верхнем углу, а векторы векторного поля указывают направление убывания температуры (направление убывания или возрастания температуры, указываемое векторами, зависит от того, какое исходное изображение было взято за основу: опорное или тестовое).

Красным и синим цветом показаны два наиболее простых пути суммирования элементов векторного поля. Зеленым цветом показан произвольный короткий путь суммирования между точками с заданной температурой. Может быть выбрана более сложная траектория суммирования, но это усложнит схему расчёта без повышения его точности. При этом векторы, направления которых совпадают с направлением красных или синих стрелок, берутся со знаком плюс, а с противоположным направлением – со знаком минус. Если вектор направлен под углом к стрелке, то суммируется его проекция на направление стрелки.

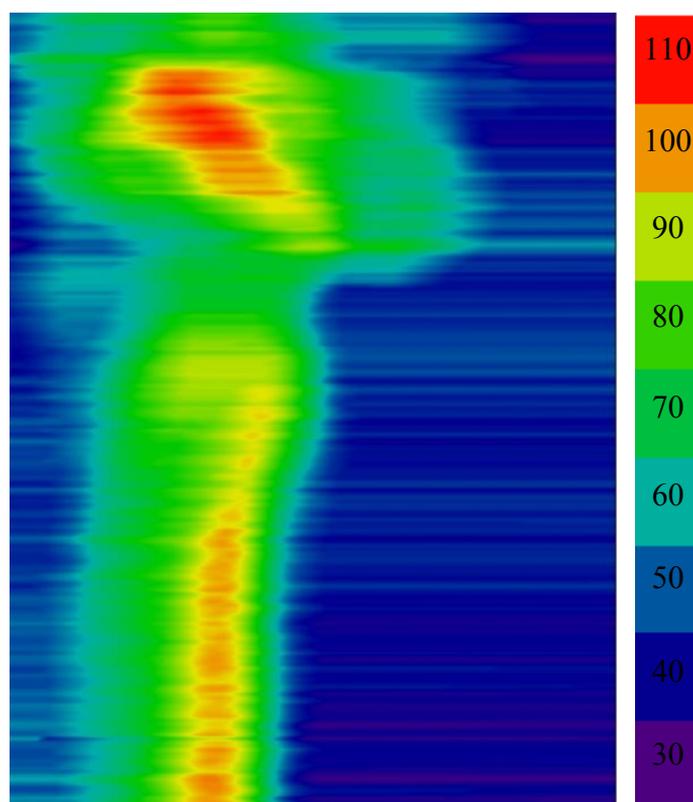
Для каждого значения  $x_1$  или  $x_2$  рассчитывается коэффициент пропорциональности по методике, описанной выше. Таким образом получается вектор, элементы которого представляют коэффициенты пропорциональности для разных путей суммирования. Далее рассчитывается среднее или медиана для этого вектора и это значение используется в качестве коэффициента пропорциональности.

С помощью рассчитанного коэффициента пропорциональности можно путем последовательного прибавления произведения коэффициента пропорциональности на длину вектора к величине температуры в предыдущей точке вдоль тех же путей, которые использовались для расчёта коэффициента пропорциональности, рассчитать температуру во всей исследуемой области (рис. 6).

Значения температуры в контрольных точках сравниваются с данными, полученными с термопар, и в случае погрешности, превышающей заданный уровень, проводится коррекция расстояний между фоновым экраном, контролируемым объектом и регистрирующей аппаратурой.

Если погрешность не превышает заданный уровень, то термопары и мультиметр могут быть демонтированы, чтобы не вносить дополнительное возмущение в область контролируемого объекта, так как для дальнейшей нормировки может быть использован заранее рассчитанный коэффициент пропорциональности, который не меняется, если увеличение объектива, а также расстояния между элементами комплекса остаются постоянными.

Таким образом, после осуществления настройки получается комплекс обнаружения возгораний и перегрева оборудования, который позволяет контролировать температуру в исследуемой области, не внося изменений и возмущений в контролируемый объект.



**Рис. 6.** Температурное поле

### **Выводы**

Разработан комплекс обнаружения возгораний и перегрева оборудования, который позволяет контролировать температуру в исследуемой области, не внося изменений и возмущений в контролируемый объект. Внедрение данного комплекса в промышленность позволит существенно расширить возможности своевременного обнаружения возгораний и перегрева оборудования на изолированных объектах и, соответственно, избежать большого количества техногенных аварий или значительно уменьшить время реагирования на них.

### **Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (государственный контракт № 14.740.11.1097).

### **Литература**

1. *Meier G.E.A.* Computerized background-oriented schlieren // *Experiments in Fluids*. 33. 2002. P. 181-187.
2. *Попова Е.М., Скорнякова Н.М.* Оптическая визуализация процессов тепломассообмена в жидкостях // *Вестник МЭИ*, 2008, №2. М.: Изд-во МЭИ. С. 104-108.
3. *Davydov L.E., Mikhalev A.S., Mikhaleva E.M.* Background oriented schlieren method investigation of temperature and concentration fields // *The 8-th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing*. Moscow, Russia, August 21st-25th, 2011.

Статья опубликована 27 февраля 2013 г.