

УДК 697.1:519.24

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ СТРОЕНИЙ**

**THE FUNCTIONALITY OF THERMAL IMAGING DIAGNOSTICS
OF HEAT LOSSES FOR LOW-RISE BUILDINGS TEXTILE**

Р.М. АЛОЯН, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, А.А. КРАСНОВ, С.Л. КОСТИН, Н.В. ВИНОГРАДОВА, М.Р. ИРОДОВА
R.M. ALOYAN, V.N. FEDOSEEV, A.A. KRASNOV, S.L. KOSTIN, N.V. VINOGRADOVA, M.R. IRODOVA

(Ивановский государственный политехнический университет)
(Ivanovo State Polytechnical University)
E-mail: 4932421318@mail.ru

В статье рассмотрены принципы работы и функциональные возможности тепловизорной диагностики тепловых потерь для малоэтажных текстильных строений. Основной функцией тепловизора является тепловизионное обследование, которое позволяет выявить места тепловых потерь, а также степень их интенсивности. С помощью специальных приборов – тепловизоров выявляются инженерные ошибки, дефекты материалов, браки после ремонта. Главная цель тепловизионного обследования – проверить и спрогнозировать состояние помещения и выявить имеющиеся недостатки: в теплоизоляции, отопительных системах, инженерных конструкциях, в электропроводке; установить причину высокой влажности или сухости воздуха и т.д.

The article describes the principles of operation and functional capabilities of the thermal imaging diagnostics of heat losses for low-rise textile structures. The main function of the imager is an imaging examination that allows to identify locations of heat loss, as well as their degree of intensity. Thermal imaging survey identifies engineering errors, material defects, marriages after repair with the help of special devices imagers. Thermal imaging inspection main task is to test and predict the condition of the room and reveal a huge number of flaws in insulation, heating systems, engineering structures, electric wiring, to determine the cause of high humidity or dry air and other.

Ключевые слова: тепловизор, инфракрасная термография, термограмма, теплопотери.

Keywords: thermal imaging camera, infrared thermography, thermogram, the heat loss.

Известно, что работа технологического оборудования текстильного производства и его обслуживание связаны с выделением в воздух производственных помещений избыточного тепла и волокнистой пыли. Эти вредные компоненты влияют на состав воздуха, внутреннее состояние строения, химический состав воздухообмена. С целью обеспечения хорошего самочувствия работающих и нормального протекания технологических процессов необходимо поддерживать в помещениях нормальную температуру, относительную влажность, подвижность воздуха. Для своевременного выявления недостатков в помещениях текстильных производств предлагается применять тепловизионный контроль, цель которого – обозначить процент (число) дефекта (состояния воздухообмена) относительно норм, удовлетворяющих гигиеническим и технологическим требованиям.

Для изучения и диагностики объектов в настоящее время применяются разнообразные приборы, в том числе тепловизоры [1, с. 189].

Как разновидность спектра электромагнитных колебаний, ИК-излучение возникает в твердых телах, жидкостях и газах вследствие колебаний атомов в кристаллической решетке или вращательно-колебательного движения молекул. Диапазон этого спектра (ИК) от 0,75 до 1000 мкм находится между видимым светом и радиоволнами. При падении излучения на тело имеет место следующая картина, представленная на рис. 1: взаимодействие излучения с теплом: 1) – поглощение (коэффициент α); 2) – отражение (коэффициент ρ); 3) – пропускание (коэффициент τ)).



Рис. 1

На любой длине волны, соблюдая закон сохранения энергии:

$$\alpha + \rho + \tau = 1,$$

где α – поглощение; ρ – отражение; τ – пропускание.

Закон Кирхгофа устанавливает простое численное соответствие между коэффициентом поглощения и излучения α и ϵ [2, с.9]. В основном ИК-термография имеет дело с оптически непрозрачным объектом, для которого:

$$\alpha + \rho = 1, \text{ или } \epsilon + \rho = 1.$$

Выходной электрический сигнал ИК-тепловизора пропорционален полному поглощенному потоку. Учитывая аналогичное уравнение для электрических сигналов, его используют в современных тепловизорах для определения истинных температур. Для ИК-термографирования объекта термографист должен ввести необходимые для расчета истинной температуры параметры (рис. 2: 1) – коэффициент излучения объекта контроля T_n и 2) – эффективную температуру окружающих объектов T_o).

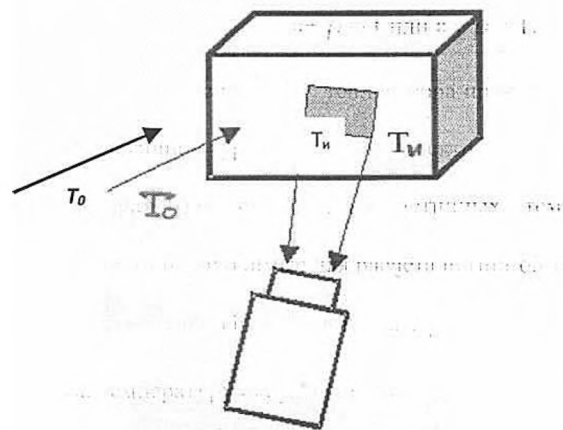


Рис. 2

В технической диагностике при расстоянии менее 30... 50 м поглощением в атмосфере пренебрегают. Системы построения изображения в ИК-диапазоне основываются на пространственном распределении температуры по одной или двум координа-

там, требуя сканирования поверхности объекта электронным способом [4] (рис. 3).

Принцип электронного сканирования разработан в конце XX века на базе матричных фотодетекторов, которые размещены в фокальной плоскости объектива. Преимущество матриц в том, что визирование сцены происходит всеми чувствительными площадками одновременно.

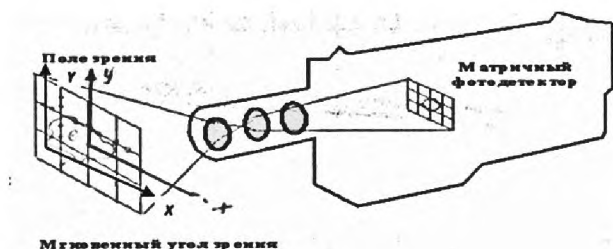


Рис. 3

В состав такого оптико-электронного прибора (тепловизора) входят: ИК-приемник (детектор излучения); объектив с матрицей; электронный блок; монитор; программный продукт; блок питания; как дополнение: система записи (в том числе цифровая) и твердое копирование (термограмма) [3].

Физические приемники излучения генерируют электрический сигнал, пропорциональный мощности оптического излучения, поглощенного их чувствительными площадками. Принцип действия тепловых детекторов основан на болометрическом эффекте, то есть на изменении электрического сопротивления чувствительного элемента при нагреве поглощенным ИК-излучением. Тепловизор регистрирует тепловое излучение от объектов с помощью датчика болометра. Сигнал от него преобразовывается процессором в термограмму – съемку тепла с объекта, то есть картинку, которую мы видим на мониторе. Наиболее теплым местам соответствует красный цвет картинки, а наиболее холодным – синий. Между этими цветами на картинке могут присутствовать еще максимум шесть цветов (всего 8), если задан максимальный диапазон измерения температур.

Сегодня наиболее современные – это матричные фотоприемники, устанавливаемые в фокальной плоскости объектива и

состоящие их множества чувствительных элементов, расположенных по рядам и столбцам прямоугольной матрицы в виде псевдорастра. Каждая строка псевдорастра передает на выход тепловизионной камеры импульсы, соответствующие количеству чувствительных элементов в растре. Количество пикселей, соответствующее чувствительным элементам, подсчитывается счетчиком-формирователем импульсов с регистрацией и выходом в программируемый формат, создавая термограмму.

После того как получаемые термограммы занесены в компьютер (в некоторых случаях компьютер встроен в тепловизор), можно приступить к их анализу. Специальное программное обеспечение для этих целей обладает широкими возможностями для обработки термоизображений и анализа температурного поля кадра. Основными инструментами анализа обработки термограммы для наших условий являются точка (пиксель), область, цвет.

В нашем случае необходима информация о распределении температур по полю кадра или отдельной области, вследствие чего появляется гистограмма. Гистограмма представляет собой график, где по оси X откладываются значения температур, а по оси Y – процентное содержание площади в выделенной области, имеющей соответствующую температуру.

На гистограмме можем выделить участок аномальной температуры, который примем за дефект (или теплотери) с температурой 32...38°C (рис. 4). На этом же участке выделим условно площадь теплотери в процентах, примерно 55%. Методика следующая: при измерении на данный момент времени этот показатель будет считаться базовым при сравнении его с измерением теплотери после эксплуатации с течением времени или в режиме капитального ремонта.

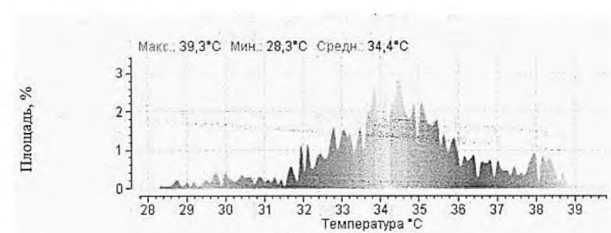


Рис. 4

Например, в начале пуска в эксплуатацию помещения желательно выделить и зафиксировать на видео базовый участок здания, который имел бы средние и примерно одинаковые по площади для помещения теплопотери в процентах, обычно это часть глухой стены. По истечении времени при последующем измерении можно будет сравнить отклонения цвета и площади (или усредненной цветовой гаммы) в тех местах, где мы измеряем, от параметров (цвет, площадь) базового участка в процентах. Таким образом, мы будем иметь величину дефекта в процентах, обозначенную в реалиях или после капитального ремонта.

ВЫВОДЫ

Современные диагностические тепловизоры с расширенными функциональными возможностями на этапе эксплуатации и при приемке строений позволяют с помощью термограмм получать в режиме контроля температурный диапазон и диагностические характеристики в числовом или процентном виде и сравнивать их с существующими ГОСТами и СНиПами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н. Возможность внедрения экологической и энергосберегающей технологии в текстильной энергетике // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 2. С. 188...192.
2. Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика. – Томск, 2007. // URL:http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/602/75602/56397?p_page=9 (дата обращения 28.04.2017)
3. Патент № 4170419. Оптическая система контроля пороков ткани. – Оpubл. 1979.
4. Федосеев В.Н. Автоматизация контроля в технологии поверхностной обработки текстильных материалов. – Иваново, 1990.

REFERENCES

1. Alojjan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N. Vozmozhnost' vnedrenija jekologicheskoy i jenergosberegajushhej tehnologii v tekstil'noj jenergetike // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 2. S. 188...192.
2. Nesteruk D.A., Vavilov V.P. Teplovoj kontrol' i diagnostika. – Tomsk, 2007. // URL:http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/602/75602/56397?p_page=9 (data obrasheniya 28.04.2017)
3. Patent № 4170419. Opticheskaja sistema kontrolja porokov tkani.– Opubl. 1979.
4. Fedoseev V.N. Avtomatizacija kontrolja v tehnologii poverhnostnoj obrabotki tekstil'nyh materialov. – Ivanovo, 1990.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 15.05.17.