



## ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕПЛОПОТЕРЬ В ЗДАНИЯХ ПУТЕМ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

В. А. СТОРОЖЕНКО, С.Б. МАЛИК

*Приведены результаты апробации термографического метода обследования зданий для определения теплопотерь. Предложена методика, основанная на определении коэффициента относительных теплопотерь, которая позволяет локализовать места наиболее интенсивных утечек тепла при минимальном объеме измерений. Преимуществом методики является высокая производительность при минимальных затратах.*

*The results of approbation of thermographic technique on the buildings investigation for the definition of heat losses are reported. Technique based on the determination of relative heat losses factor is proposed. It allows to locate the areas of most intensive heat leaks with minimized volume of measurements. The advantage of this technique is high efficiency with low expenses.*

Во многих странах для контроля теплоизоляции строительных конструкций широко используется термография (тепловой метод неразрушающего контроля). В частности, этот метод получил достаточно широкое распространение в России, где принят ряд соответствующих правительственных постановлений, выпущены нормативные документы, разработаны методики и созданы центры по проведению термографических обследований зданий и сооружений [1].

Конечной целью термографического обследования является определение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, а также оценка их энергоэффективности. Для ее достижения согласно действующим в России методикам [2, 3] необходимо получение достаточно большого объема экспериментальных данных, включающих в себя не только результаты собственно термографирования, но и результаты измерения тепловых потоков через здания, температуры внутри помещений, скорости ветра, а также других климатических условий на протяжении 5...14 дней. В качестве измерительной аппаратуры используется не только тепловизор, но и целый ряд других устройств (самопишущие датчики температуры, измерители тепловых потоков и т. д.). Такой всеобъемлющий подход позволяет в итоге определить качество теплоизоляции стен здания с достаточно высокой точностью (погрешность до 15 %), но является достаточно трудоемким и дорогостоящим.

Учитывая, что в Украине применение этого метода для рассматриваемой цели находится на начальной стадии (об этом свидетельствует незначительное количество публикаций, например [4]), авторами была предпринята попытка апробации метода термографического обследования зданий по более упрощенной схеме. Для этого разработали методику, сущность которой заключается в получении экспресс-оценки относительных тепло-

потерь в здании по результатам исключительно термографического обследования, т. е. без измерения тепловых потоков и других дополнительных характеристик. Предлагаемая методика основана на определении *коэффициента относительных теплопотерь*  $\eta$  [5], расчет которого производится по формуле [6]:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n S_i(T_i - T_B)}{S_{\text{общ}}(T_{\text{ср}} - T_B)},$$

где  $S_{\text{общ}}$  — площадь поверхности здания, попадающей в каждый кадр при термографировании;  $S_i$  — площадь более нагретых (по сравнению с  $T_{\text{ср}}$ ) участков этой поверхности;  $T_i$  — температура этих участков;  $T_B$  — температура наружного воздуха;  $T_{\text{ср}}$  — средняя температура поверхности в пределах данного кадра.

Из приведенной формулы видно, что для определения  $\eta$  необходимо осуществить термографирование всей наружной поверхности здания (с покадровой разбивкой), зафиксировав при этом температуру окружающей среды. В этом и состоит предлагаемая методика проведения обследования, которая апробирована авторами на нескольких зданиях. Опыт ее применения свидетельствует, что на одной термограмме (на одном кадре тепловизора) удается зарегистрировать температурное поле участка поверхности здания площадью до 250 м<sup>2</sup>, что позволяет обеспечить производительность термографирования на уровне 1000 м<sup>2</sup>/ч. Это означает, что на обследование достаточно большого многоэтажного здания затрачивается всего 3 ч.

На рис. 1 представлен пример термограммы школьного здания, полученной с помощью тепловизора «ИРТИС-200».

Цветовая шкала температур, приведенная на правом краю термограммы (рис. 1), позволяет рас-

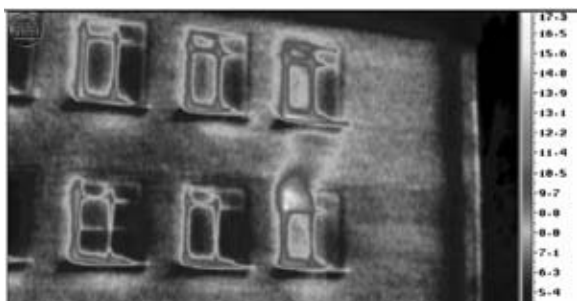


Рис. 1. Термограмма школьного здания



Рис. 2. Визуализация результатов обработки термограммы

шифровать полученное тепловое изображение и, в частности, установить, что отдельные участки поверхности здания существенно отличаются по температуре от общего фона (значения температуры этих участков указаны на термограммах). При этом участки с повышенной температурой и являются местами наибольших теплопотерь. Как показывает накопленный опыт, это прежде всего окна (особенно с открытыми форточками), но могут быть и дефекты стен (участок стены над правым окном первого ряда, рис. 1).

Для качественной оценки утечек тепла через такие участки по критерию  $\eta$  (1) полученные термограммы обрабатываются с помощью созданной специально для этой цели программы «ThermoSquare v.1.0». По содержащейся в термограмме информации о значениях температуры  $T_i$  в каждой точке (пикселе) программа вычисляет входящие в формулу величины  $S_i$ ,  $T_{cp}$ ,  $S_{общ}$  и определяет значения  $\eta$  для каждой термограммы, а также для здания в целом. Результаты обработки по указанной программе могут быть и визуализированы, что иллюстрирует рис. 2, на котором участки термограммы с температурой, превышающей  $T_{cp}$ , выделены белым цветом.

Как показывает практика, значения коэффициента относительных теплопотерь для разных зданий разные. Например, для школьного здания, построенного в 1960-х годах со старыми окнами,  $\eta = 60 \%$ , для нового административного здания с металлопластиковыми окнами он значительно ниже —  $\eta = 40 \%$ .

## Выводы

Предлагаемый подход к оценке теплопотерь в зданиях и сооружениях является действительно экспресс-методом, поскольку позволяет получить искомую оценку (в относительных единицах) буквально в течение дня, причем с минимальными затратами (обследование одного здания объемом 24000 м<sup>3</sup> обходится в сумму порядка 1500 грн.).

Получаемая в результате обследования информация дает не только интегральную оценку теплоизолирующих свойств стен и окон здания, но и позволяет определить (идентифицировать) места наиболее интенсивных утечек тепла.

Несмотря на свою эффективность в определении утечек тепла, термографический метод имеет и ограничения в применении, а именно:

может использоваться только в отопительный сезон; требует соответствующих погодных условий (наличие облачности, отсутствие тумана, осадков, сильного ветра);

при термографировании поверхности здания в поле обзора тепловизора не должны попадать деревья, прилегающие постройки и другие предметы.

1. *Комплексный тепловой контроль и дефектометрия качества строительства административных и жилых строительных сооружений* / О. Н. Будадин, Д. В. Киржанов, О. В. Лебедев и др. // Матер. 14 межд. конф. «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики». — Ялта, 16–20 окт. 2006. — С. 96–104.
2. *Будадин О. Н., Абрамова Е. В., Слитков М. Н. Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом. Свидетельство об аттестации Госстандарта России № 09/442-2001 от 09.07.2001 г.* — 41 с.
3. *Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом (летний вариант)* / О. Н. Будадин, Е. В. Абрамова, О. С. Крутогоров и др. — Свидетельство об аттестации Госстандарта России № 09/442-2002 от 09.08.2002 г. — 41 с.
4. *Использование тепловизионной техники для дистанционного неразрушающего контроля строительных конструкций* / Ф. Ф. Сизов, С. Л. Кравченко, В. П. Маслов и др. // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2004. — № 1. — С. 48–49.
5. *Методика диагностики и определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным методом* / В. П. Вавилов, А. Г. Климов, В. В. Ширяев, К. Д. Трофимов. — Свидетельство об аттестации МВИ Госстандарт РФ № 1305/442 от 10.01.2001 г. — 35 с.
6. *Стороженко В. А., Маслова В. А. Новые разработки НТЦ «Термоконтроль» в области термографии — энергоаудит и радиоэлектроника* // Матер. 14 междунар. конф. «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики». — г. Ялта, 16–20 окт. 2006 г. — С. 151–154.