

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д.М. ВАЛИУЛЛИНА, В.Н. ЕНЮШИН

Казанский государственный энергетический университет

Решение задач по оценке технического состояния строительных ограждающих конструкций и энергетического оборудования в значительной степени связано с внедрением эффективных методов инструментального контроля, и в частности, теплового метода неразрушающего контроля – ИК-диагностики. В статье рассмотрены основные положения по проведению тепловизионной диагностики, основные факторы, влияющие на точность измерений. Приведены результаты ИК-диагностики различных объектов.

Ключевые слова: излучательная способность, тепловизионное обследование, ИК-диагностика, неразрушающий контроль, инфракрасная техника.

Проблема энергосбережения в энергетическом и строительном секторе экономики России приобретает все большую актуальность [1, 2]. В связи с этим все более широкое применение получают приборы инфракрасной техники (ИКТ) [3,4,5,6]. Еще десять лет назад тепловизоры были доступны лишь узкому кругу пользователей, а сегодня подобные приборы имеются практически на всех предприятиях энергетики. Однако зачастую недостаточная подготовка персонала, работающего с приборами ИКТ, приводит к ошибочным выводам о состоянии объекта исследования.

Наиболее существенное влияние на достоверность измеренных температур оказывает излучательная способность исследуемой поверхности, а при измерениях на открытом воздухе – и солнечная радиация [7].

Коэффициент излучения материала в общем виде зависит от длины волны, температуры и угла наблюдения поверхности контролируемого объекта. Для металлов коэффициенты излучения постоянны в интервале углов наблюдения 0–40 градусов, для диэлектриков – в интервале углов 0–60 градусов. За пределами этих значений коэффициент излучения быстро уменьшается до нуля при направлении наблюдения по касательной. Так, при длине волны излучения 10 мкм при наблюдении по нормали вода близка к абсолютно черному телу, а при наблюдении по касательной – становится зеркалом $E \rightarrow 0$.

Для наглядной иллюстрации влияния излучательной способности исследуемой поверхности на точность измерения температуры авторами было проведено термографирование цилиндрической емкости из шлифованной нержавеющей стали, заполненной горячей водой. Очевидно, температура поверхности емкости должна быть близка к температуре воды, а судя по термограмме она значительно ниже: всего лишь около 40°C, против почти 90°C на поверхности воды (рис. 1). Здесь же можно отследить влияние угла наблюдения: с увеличением отклонения от вертикали температура поверхности воды «снизилась» почти на 4°C.

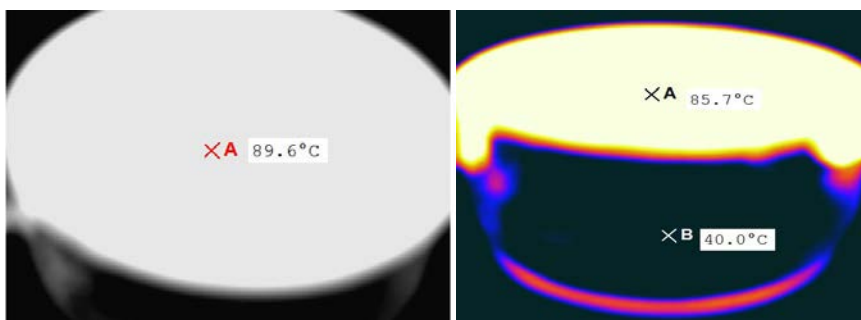


Рис. 1. Термограмма емкости, заполненной горячей водой

Другой пример влияния излучательной способности поверхности исследуемого объекта на точность измерения температуры (рис. 2).

Значительное понижение температуры ($72,6^{\circ}\text{C}$) в рассмотренной области по сравнению со средней температурой ($78,5^{\circ}\text{C}$) связано с тем, что фланец практически по всей длине имеет отполированные блестящие области. В данных местах коэффициент излучения металла становится значительно ниже. Таким образом, «понижение» температуры не связано с каким-либо дефектом.

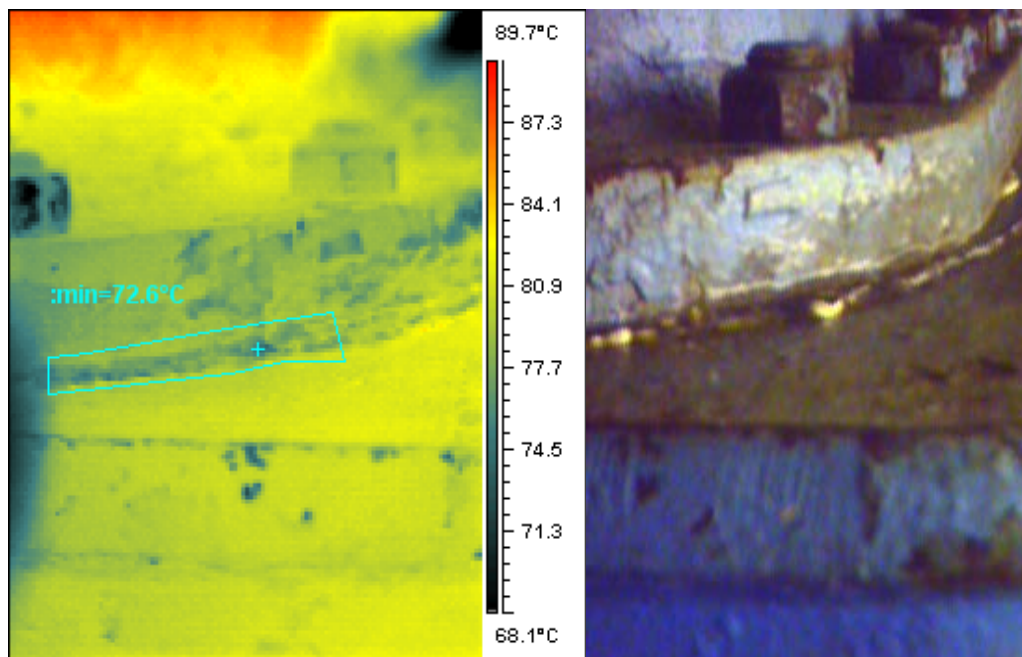


Рис. 2. Термограмма и фотография фланцевого соединения

К сожалению, большинство пользователей приборов ИКТ игнорируют столь существенное влияние излучательной способности поверхности объекта исследования. Очевидно именно поэтому часто приходится слышать, что при тепловизионной диагностике можно получить любые, в том числе и взаимоисключающие результаты.

Одним из наиболее часто встречающихся заблуждений можно считать «тезис о том, что тепловизор является качественным многоточечным термометром» [8].

Другой часто встречающейся ошибкой операторов приборов ИКТ можно считать поиск на «холодной» стороне ограждающей конструкции зон с повышенной температурой и на «теплой» стороне – холодных участков, которые действительно, в

большинстве случаев, соответствуют дефектам конструкции. Однако, в зависимости от градиента температуры и давления, этот тезис не всегда подтверждается. Автор наблюдал дефект обмуровки котельного агрегата – сквозную трещину, вблизи которой температура понизилась вследствие «подсоса» в топку сравнительно холодного воздуха из помещения котельной [9]. Аналогичный случай описан в статье Вавилова В. П. и Лариошиной И. А. – сквозная трещина вертикального шва ограждающей конструкции была идентифицирована только после проведения термографического обследования внутри помещения т. к. холодная полоса на наружной термограмме подозрений не вызвала, поскольку соответствовала углу здания [8]. Таким образом, при диагностике необходимо учитывать и наличие градиента давлений на сторонах ограждающей конструкции.

Значительное влияние могут оказывать отопительные приборы, лампы освещения и другие нагретые предметы. В результате термографическая съемка может показать горячую точку (пятно), хотя в действительности это просто тепловое отражение. Поэтому рекомендуется в подобных случаях производить ИК-обследование объекта под различными углами зрения и при разном местоположении оператора с ИК-прибором. При необходимости на время измерения отключается освещение объекта и т.п.

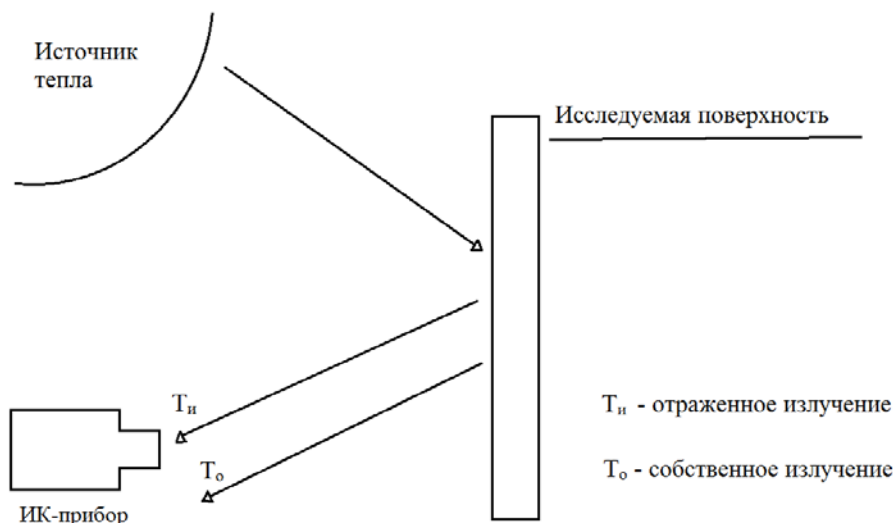


Рис. 3. Влияние отражения теплового излучения

При ИК-диагностике на открытом воздухе источниками погрешности могут быть метеорологические условия: ветер, атмосферные осадки, но основным фактором является прямая и отраженная солнечная радиация, а также рассеянное излучение и излучение источников искусственного освещения [10].

На рис. 4 показаны фотография и термограмма одного из фасадов загородного жилого дома. На термограмме отчетливо видно влияние солнечной радиации: участки, имеющие большую излучательную способность, нагрелись на солнце и температура их поверхности местами более чем на семь градусов выше, чем температура таких же поверхностей, находящихся в тени от пристроя и карнизов кровли. Температуры глады стены и цоколя, имеющих меньшую степень черноты, даже находящиеся на солнце, ниже на три – пять градусов.

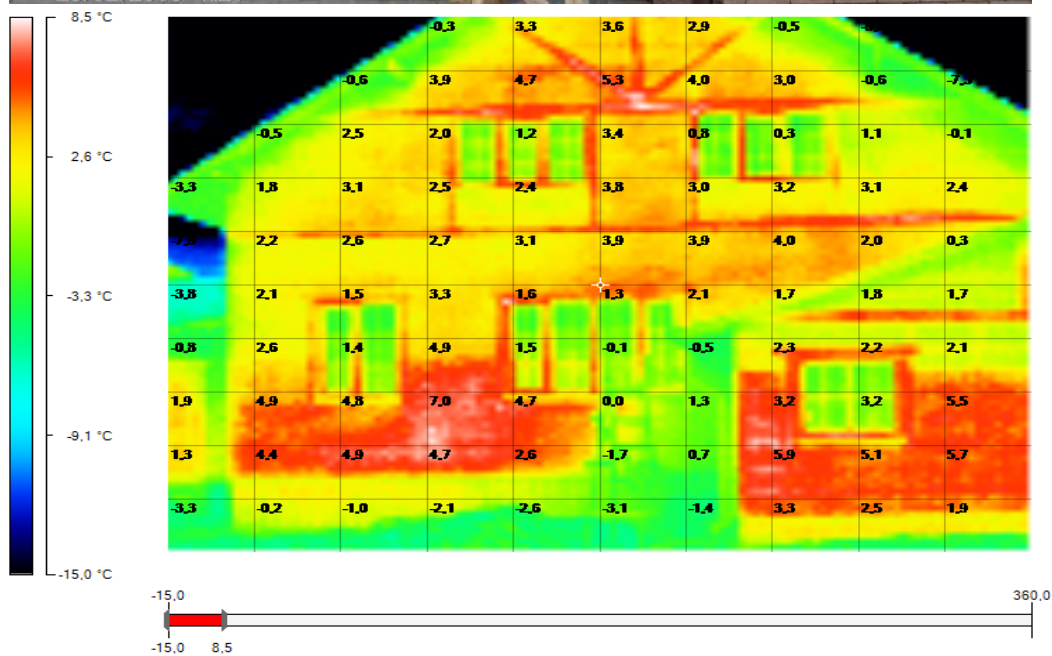


Рис. 4. Фотография и термограмма фасада жилого дома

Заключение:

Современные тепловизоры позволяют достаточно легко получить картину распределения так называемых радиационных температур. Однако для определения действительных температур необходимо учитывать влияние множества факторов: состояния атмосферы (туман, дождь, снег), солнечной радиации (прямой и рассеянной) и, особенно, излучательной способности исследуемой поверхности. Кроме того, в ряде случаев должно приниматься во внимание и влияние инфильтрации и эксфильтрации воздуха.

Summary

Meeting the challenges of evaluating technical condition of building envelope constructions and energy equipment is largely connected to the introduction of effective methods of instrumental monitoring and, in particular, thermal nondestructive testing method - IR diagnostics.

The following are the main points for thermal imaging diagnostics and main factors influencing measurement accuracy. The results are provided for IR diagnosis of various objects.

Key words: emissivity, thermovision inspection, infrared diagnostics, non-destructive testing, infrared technology.

Литература

1. Левин Е.В., Окунев А.Ю. К вопросу об определении распределения температур на поверхности строительных объектов тепловизионным методом// Вестник МГСУ. 2011. № 3, т. 1. С. 245-256.
2. ВСН 43-96. Ведомственные строительные нормы по теплотехническим обследованиям наружных ограждающих конструкций зданий с применением малогабаритных тепловизоров. Введ. с 01.10.1996.
3. ГОСТ 26629-85 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. Введ. 05.10.1985.
4. ИСО 6781-83 Теплоизоляция. Качественное выявление теплотехнических нарушений в ограждающих конструкциях. Инфракрасный метод. Опубл. 01.12.1983.
5. Енюшин В.Н., Крайнов Д.В. О влиянии излучательной способности поверхности исследуемого объекта на точность измерения температур при тепловизионном обследовании// Известия КГАСУ. 2013. № 1(23). С. 99-103.
6. Вавилов В. П., Лариошина И. А. Роль тепловидения при проведении энергоаудита и составлении энергопаспортов строительных сооружений // Вестник науки Сибири. 2012. №2(3). С. 33-40.
7. Козлов В.К., Енюшин В.Н. Термографическое обследование котельных агрегатов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2005. № 3-4. С. 101-104.
8. Енюшин В.Н., Камалтдинова Э.М. Термографическое обследование каркасного дома// Известия КГАСУ, 2011, № 2(16). С. 86-93.
9. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России// Вестник МГСУ, 2011, №3, т. 1. С. 192-200.
10. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. Введ. 01.10.2003.

Поступила в редакцию

30 октября 2015 г.

Валиуллина Диля Мансуровна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроэнергетические системы и сети» (ЭСиС) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел.: 8(843)2771553, 8-9172-401-423. E-mail: valiullinadiliya@mail.ru.

Енюшин Владимир Николаевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика» Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Тел.: 8(843)5104701, 8(843)5104701.