УДК 624.011.1

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОГУ. МЕТОДЫ ИХ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

THERMAL IMAGING INSPECTION OF BUILDINGS IN THE TERRITORY OF OSU. METHODS OF THERMAL PROTECTION

к.т.н. ***Столповский Г.А.****, д.т.н., профессор* ***Жаданов В.И.****, магистр* ***Потехенченко Н.В.*** *(Оренбургский государственный университет, Россия)*

candidate of technical sciences ***Stolpovskiy G.A.****, doctor of technical sciences, professor* ***Zhadanov V.I.****, master's degrees* ***Potehenchenko N.V.*** *(Orenburg State University, Russia)*

Аннотация

Статья посвящена вопросам основной методики тепловизионного обследования на примере корпусов ОГУ. Приведены данные выборочного обследования и результаты теплозащиты зданий. Проведено сравнение полученных результатов с нормативными значениями. В Заключении указывается на выявленные дефекты, и предлагаются необходимые варианты по их устранению.

Тепловизионная съемка представляет собой бесконтактную регистрацию тепловых излучений объекта в инфракрасном диапазоне спектра с помощью прибора – тепловизора.

Для проведения обследования тестировались два тепловизора марки: Testo 876, FLIR 620. Сравнительный анализ основных характеристик прибора показал, что значительный отличий в работе и результатах не наблюдается.

С другой стороны, перечень дополнительных возможностей FLIR 620, как правило, облегчающих обработку данных, все же дает преимущество, чем объясняться дороговизна прибора, по сравнению с Testo 876. Однако в данной исследовательской работе необходимы лишь основные параметры приборов, поэтому выбор не принципиален. Использование дополнительного оборудования: измеритель, комбини-

рованный Testo 435-4, дальномер LeicaDistoD5, - необходимо для полной обработки данных.

В качестве примера оценки теплозащиты зданий рассмотрим методы тепловизионной съемки исследуемых объектов, расположенных на территории ОГУ: учебный корпус №3, учебный корпус № 4, учебный корпус № 20, студенческое общежитие № 1, в которых был проведен ремонт в течение последних 5 лет.

Наружные несущие стены корпусов №3, №4 и общежития №3 выполнены из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе общей толщиной 640 мм. Дополнительно часть стен утеплена с фасадной стороны зданий.

Наружные стены корпуса №20 выполнены из пенобетонных блоков толщиной 300 мм с облицовкой керамическим кирпичом толщиной 120 мм на цементно-песчаном растворе.

Конструкция кровельного покрытия выполнена из железобетонных плит с утеплением и гидроизоляционным четырёхслойным материалом по цементно-песчаной стяжке.

Тепловизионная съемка предусматривает предварительный и три основных этапа: осмотр объекта контроля; обзорное, детальное термографирование; обработка термограмм.

Как правило, наиболее ответственным является предварительный этап, который включает в себя определение климатических параметров и условий. Таким образом, исключается погрешность тепловизора, обеспечивается достоверность результата. В соответствии с [2] требуемые климатические параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Климатические параметры и условия на момент телевизионного обследования (21 марта 2016 г.)

Параметр	Показатель
Средняя температура окружающей среды, ^{o}C	3,4
Средняя температура внутреннего воздуха, ^{o}C	21,5
Перепад температуры, ^{o}C	12,51
Относительная влажность воздуха, %	84
Скорость ветра, м/с	2

Тепловизионные измерения проводят при перепаде температур между наружным и внутренним воздухом, превосходящем минимально допустимый перепад, значение которого определяется по формуле (1) [2]:

$$\Delta t_{min} \geq \Delta\theta \cdot R_0^{п} \cdot \frac{\alpha \cdot r}{1-\alpha} = 0,04 \cdot 2,76 \cdot \frac{20 \cdot 0,85}{1-0,85} = 12,51°C. \quad (1)$$

Замеры температуры внутреннего воздуха и относительной влажности проводились в каждом помещении с помощью многофункционального прибора Testo -435-4.

Обследуемые конструкции не должны находиться в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение 12 часов до проведения измерений. Коэффициент излучения поверхности объекта задается в программе тепловизора. Облачность, осадки, задымленность не наблюдались.

Осмотр выполняют с целью создания общей характеристики качества теплоизоляции и выявления мест для последующего детального термографирования. Результаты, полученные в ходе осмотра исследуемых объектов, считаются лишь предварительными и не могут быть самостоятельно использованы для анализа наблюдаемых дефектов.

Детальное обследование заключается в установке тепловизора на выбранном месте, при этом удаленность точек съемки выбирают исходя из величины наименьшего линейного размера, согласно формуле (2) [2]:

$$L \leq \frac{H}{5 \cdot \Delta\varphi}. \qquad (2)$$

Предварительно принимаются реперные и базовый участки перед каждым термографированием. Непосредственно перед началом и после термографирования измеряется расстояние до точки, температуру и влажность внутреннего и наружного воздуха, с помощью дополнительной аппаратуры.

Все угловые стыки наружных и внутренних поверхностей ограждающих конструкций (стен, потолка, пола, карнизов, сопряжений с землей и др.) рекомендуется подвергать дополнительному детальному термографированию.

Обработку термограмм проводят для получения записанного в цифровом виде теплового изображения распределения температуры на поверхности ограждающей конструкции с более высокой точностью, чем это может быть выполнено при тепловизионной съемке. Обработку термограмм проводят либо программными средствами непосредственно тепловизора, либо с помощью ЭВМ путем математической обработки записанного в оцифрованном виде теплового изображения. Программное обеспечение для тепловизора имеет простой интерфейс, не сложное в использовании и предлагает ряд инструментов для качественной обработки термограмм.

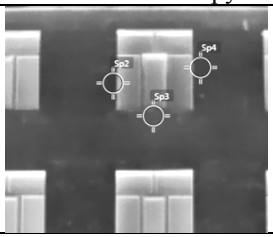
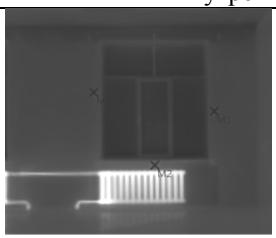
Обработку термограммы считают завершенной, если полученные в ходе пересчета значения сопротивления теплопередаче совпада-

ют или превышают значения требуемого или расчетного сопротивления теплопередаче, с учетом влияния на регистрируемую температуру изменения коэффициента излучения по области термограммы.

Обследованию подверглись наружная и внутренняя поверхности ограждающих конструкций здания, окна. В ходе обследования была проведена тепловизионная и фотографическая съемка фасада и внутренних помещений объекта при работающей штатной системе отопления.

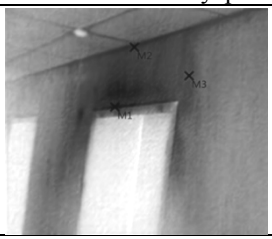
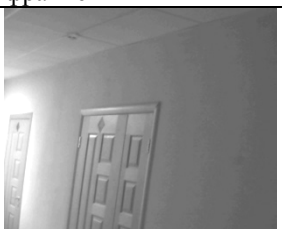
Таблица 2 - Термограммы выбранных участков

 Рис 1. Главный фасад учебного корпуса ОГУ №3	**Описание участка №1:** Объект: Учебный корпус ОГУ № 3, 4 этаж, внутренняя стена Схема конструктивного решения стены: 1. Наружная температура: минус 3.4ºС Внутренняя температура: +21.5ºС

Измерения тепловизора	Термограмма выбранного участка	Реальный снимок выбранного участка
Температура наружной поверхности: М1 - минус 7 М2 - минус 5.9 М3 - минус 5.6	Наружный фрагмент	
		
	Внутренний фрагмент	
Температура поверхности внутри здания: М1 - 18.5 М2 - 25.5 М3 - 18.9		

Результаты обследования фасадов зданий и внутренней части объекта представлены в таблице 2 в виде серии термограмм, сопровождающихся фотографиями и комментариями. На термограммах отображены все возможные температурные перепады, выявленные дефектные области.

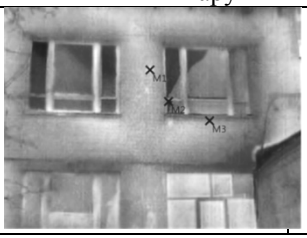
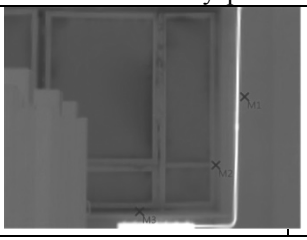
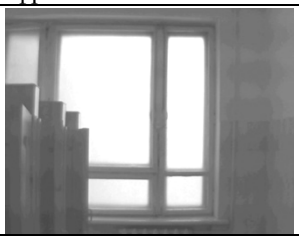
Таблица 2- Термограммы выбранных участков (Продолжение)

<table>
<tr><td colspan="2">
Рис 2. Покрытие учебного корпуса №4</td><td>Описание участка №2:
<u>Объект</u>: Учебный корпус ОГУ №4, внутренняя стена;
<u>Схема конструктивного решения стены</u>: 3;
<u>Наружная температура</u>: минус 3.4 ºС;
<u>Внутренняя температура:</u> + 20 ºС</td></tr>
<tr><td>Измерения тепловизора</td><td>Термограмма выбранного участка</td><td>Реальный снимок выбранного участка</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Температура наружной поверхности:
М1 - минус 9.8
М2 -минус 10.9
М3 - минус 12</td><td colspan="2">Наружный фрагмент</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="2">Температура поверхности внутри здания:
М1 - 7.9
М2 - 8.9
М3 - 10.3</td><td colspan="2">Внутренний фрагмент</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
</table>

Обработка результатов тепловизионного обследования заключается в определении температурных полей по поверхности и расчете фактических термических сопротивлений исследуемых участков ограждающих конструкций. Сравнение с требуемым и расчетным сопротивлением теплопередаче позволит сделать вывод о тепловой защите здания и его конструкций.

Таблица 2- Термограммы выбранных участков (Продолжение)

<table>
<tr><td colspan="2">
Рис 3. Дворовый фасад учебного корпуса ОГУ №3</td><td>Описание участка №3:
<u>Объект</u>: Учебный корпус ОГУ № 3, 2 этаж, внутренняя стена;
<u>Схема конструктивного решения стены</u>: 1;
<u>Наружная температура</u>: минус 3,4 ºС;
<u>Внутренняя температура</u>: + 16 ºС</td></tr>
<tr><td>Измерения тепловизора</td><td>Термограмма выбранного участка</td><td>Реальный снимок выбранного участка</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Температура наружной поверхности:
М1 - минус 0.2
М2 - минус 6.8
М3 - минус 2.5

Температура поверхности внутри здания:
М1 - 5.3
М2 - 8.4</td><td colspan="2">Наружный фрагмент</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2">Внутренний фрагмент</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
</table>

Требуемое расчетное сопротивление теплопередаче для стеновых ограждений и конструкций покрытия определяются по формуле (5.4) СП «Тепловая защита зданий».

Фактическое сопротивление теплопередаче рассчитывается по формуле (3) ГОСТ 26254 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций»:

$$R_{0,фак} = \frac{t_в - t_н}{t_в - \tau_в} \cdot R_{b,i}; (3)$$

Результаты фактического сопротивления теплопередаче представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета сопротивления теплопередачи

Номер участка №	Точка на термограмме °С	Фактическое сопротивление теплопередаче $R_{фак}$, (м^2·°С)/Вт	Расчетное сопротивление теплопередаче, $R_{рас}$, (м^2·°С)/Вт	Требуемое сопротивление теплопередаче, R_0, (м^2·°С)/Вт
1	**18,5**	**1,13**	**2,76**	**0,75**
2	**5,3**	**0,8**	**1,02**	**0,75**
3	**21,3**	**3,9**	**2,76**	**0,75**
4	**17,3**	**1,34**	**1,68**	**0,75**
5	**16,6**	**1,98**	**2,76**	**0,75**
6	**7,9**	**0,95**	**1,33**	**1,07**
7	**11,7**	**0,84**	**1,02**	**0,75**

Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», тепловизионный расчет наружной конструкции можно провести на основе сравнения требуемое температура наружной поверхности. С этими значениями сравниваются термографические изображения для выявления характерных дефектов.

Заключение по обследованию включает следующие положения: температурные поля ограждающих конструкций (стен) в некоторых случаях не равномерны и не соответствуют рассчитанному нормативу; тепловизионное обследование большинства окон, углов, карни-

зов и других участков ограждающих конструкций здания показало не равномерные температурные поля; откосы окон, как с наружной, так и с внутренней стороны, также имеют тепловые аномалии, места инфильтрации холодного воздуха установлены и показаны на термограммах; значительные температурные перепады между секциями приборов отопления; фактическое значение сопротивление теплопередачи большинства конструкций советует требуемому, однако не всегда превышает расчетное. Данный факт можно оправдать погрешностью измерений, т.к. обследуемые объекты находились менее 12 часов без контакта солнечного излучения.

Рекомендуется мероприятия по обеспечению тепловой защиты: выполнить работы по герметизации и утеплению обнаруженных дефектных зон и мест нарушения теплоизоляционных характеристик ограждающих конструкций; вызвать сантехнические службы для восстановления работоспособности радиаторов; выполнить работы по регулировке притворов для оконных конструкций, у которых обнаружены утечки тепла; рекомендуется привлечение строительных организаций для устранения дефекта в покрытии учебного корпуса №4.

Список литературы:

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. ГОСТ Р 54852-2011 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций».
3. ГОСТ 26254 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».
4. МДС 23-1.2007 «Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники».
5. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*».