ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54852— 2021

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 декабря 2021 г. № 1680-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 54852—2011

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
5 Оборудование, приборы и материалы 4
6 Подготовка к измерениям 4
7 Проведение термографирования 7
7.1 Проведение термографического осмотра 7
7.2 Проведение термографического обследования 7
7.3 Термографирование светопрозрачных конструкций 9
7.4 Термографирование для локализации зон инфильтрации и эксфильтрации воздуха 9
8 Обработка термограмм 10
9 Анализ термограмм 10
Приложение А (рекомендуемое) Отчет о термографическом осмотре 14
Приложение Б (рекомендуемое) Отчет о термографическом обследовании 15
Приложение В (обязательное) Способ пересчета температуры на термограммах 16
Приложение Г (справочное) Характеристическое время тепловой инерции и метод его оценки для многослойных конструкций 17
Приложение Д (рекомендуемое) Учет изменения коэффициента излучения при обработке термограмм 19

Введение

Пересмотр ГОСТ Р 54852—2011 направлен на выполнение положений федеральных законов от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», а также Национального проекта «Жилье и городская среда».

Стандарт содержит новые положения, раскрывающие способы проведения термографирования и получения температурных полей ограждающих конструкций в условиях нестационарного теплопереноса, основные положения по термографированию светопрозрачных конструкций и по тепловизионной диагностике фильтрации воздуха через ограждающие конструкции.

В стандарте использованы результаты работ по тепловизионному контролю, полученные в НИИСФ РААСН при выполнении поисковых фундаментальных научных исследований по заданию РААСН, накопленный опыт и критический анализ существующих методик, полученные в течение последних 10 лет при теплотехнических обследованиях различных строительных объектов, включающих в себя жилые, общественные и промышленные здания и сооружения.

Стандарт разработан авторским коллективом НИИСФ РААСН (канд.физ.-мат. наук *А.Ю. Окунев*; канд.физ.-мат.наук, доцент *Е.В. Левин*).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций

Buildings and constructions. Quality control of enclosing structures insulation thermovision method

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на ограждающие конструкции зданий и сооружений, на которых поддерживается перепад температуры между внутренним и наружным воздухом, и устанавливает метод тепловизионного контроля качества их теплоизоляции в натурных и лабораторных условиях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Фотометрия. Термины и определения

ГОСТ 745 Фольга алюминиевая для упаковки. Технические условия

ГОСТ 7502 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 18251 Лента клеевая на бумажной основе. Технические условия

ГОСТ 25380 Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции

ГОСТ 28243 Пирометры. Общие технические требования

ГОСТ 31167 Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях

ГОСТ Р 8.619 Государственная система обеспечения единства измерений. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки

ГОСТ Р 53698 Контроль неразрушающий. Методы тепловые. Термины и определения

ГОСТ Р 54853 Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера

ГОСТ Р 55655 (ИСО 7345:1987) Тепловая изоляция. Физические величины и определения

ГОСТ Р 56623 Контроль неразрушающий. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

ГОСТ Р ИСО 6707-1 Здания и сооружения. Общие термины

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и свода правил в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это поло-

Издание официальное

жение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии свода правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 8.654, ГОСТ Р ИСО 6707-1, ГОСТ Р 55655, ГОСТ Р 8.619, ГОСТ Р 53698 и ГОСТ Р 56623, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **базовый участок ограждающей конструкции:** Участок ограждающей конструкции, состояние теплоизоляции которого принимают за эталон при контроле качества теплоизоляции других участков ограждающей конструкции.

3.2 **величина температурной аномалии:** Разность температур в наиболее холодной или горячей точке температурной аномалии и базового участка.

3.3 **геометрический репер:** Отображаемый на термограмме элемент конструкции, позволяющий устанавливать геометрические характеристики ограждающей конструкции и соответствие между термограммой и проектной документацией или фотографией.

3.4 **детальная термограмма:** Термограмма участка ограждающей конструкции, детализирующая температурные аномалии.

3.5 **дефект:** Каждое отдельное несоответствие качества теплоизоляции требованиям нормативных документов и/или проектной документации.

3.6 **зеркальная поверхность:** Поверхность, на которой с помощью тепловизора можно наблюдать тепловое отражение сторонних объектов (в частности, оператора), смещающееся при смене угла наблюдения.

3.7 **инфракрасная термография (тепловидение);** ИК термография: Метод визуализации и анализа теплового состояния поверхности объектов, осуществляемый путем регистрации их теплового инфракрасного излучения.

3.8 **коэффициент излучения:** Отношение величин энергетической яркости в заданном диапазоне длин волн собственного теплового излучения единичной поверхности реального и черного тел при одинаковой температуре.

3.9 **мгновенное поле зрения тепловизора:** Линейный угол зрения одного элемента разложения термограммы.

3.10 **минимально допустимый температурный перепад:** Температурный перепад, при котором возможно выявление участков ограждающей конструкции с заданным значением относительного сопротивления теплопередаче.

3.11 **модель термограммы ограждающей конструкции:** Термограмма из альбома типовых термограмм или изображение температурного поля поверхности, рассчитанного на компьютере.

3.12 **обзорная термограмма:** Термограмма поверхности ограждающей конструкции, полученная с такой точки съемки, чтобы фрагмент ограждающей конструкции или его часть были отражены на термограмме без учета расположения и размеров температурных аномалий.

3.13 **относительное сопротивление теплопередаче:** Отношение значений сопротивления теплопередаче контролируемого и базового участков.

3.14 **положение тепловизора:** Место и направление размещения тепловизора относительно объекта термографирования.

3.15 **радиационная температура:** Температура черного тела с энергетической яркостью, равной суммарной энергетической яркости данного тела в спектральном диапазоне применяемого тепловизора.

3.16 **репер температуры воздуха:** Не имеющий теплового контакта с обследуемой поверхностью и регистрируемый тепловизором объект с малым, не более 10 мин, характеристическим временем тепловой инерции, с коэффициентом излучения не менее 0,9 и поверхностью, не являющейся зеркальной.

3.17 **реперный участок:** Участок поверхности с близкой к постоянной температурой, наименьший линейный размер которого при выбранной удаленности точки съемки соответствуют формуле (3).

3.18 **температура отраженного излучения (отраженная температура):** Радиационная температура отраженного от поверхности излучения сторонних объектов и/или других участков поверхности.

3.19 **температурная аномалия:** Область термограммы с повышенной или пониженной относительно базового участка температурой.

3.20 **температурная чувствительность тепловизора:** Минимальная разрешаемая тепловизором разница температуры.

3.21 **температурный перепад:** Разность температур между наружным и внутренним воздухом.

3.22 **температурное поле:** Распределение значений температуры по поверхности контролируемого объекта.

3.23 **тепловизионный контроль:** Метод теплового контроля, основанный на ИК термографии.

3.24 **температура точка росы (точка росы):** Температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, охлаждаемом изобарически, становится насыщенным над плоской поверхностью воды.

3.25 **термографирование:** Процесс получения термограмм.

3.26 **характеристическое время тепловой инерции:** Характерное время тепловой инерции объекта контроля, определяемое по 6.1.2.

Примечание — Определяют по 6.1.2.

3.27 **элемент разложения термограммы:** Минимальный участок термограммы, соответствующий сигналу, измеренному одним элементом матрицы тепловизора (для приборов с чувствительным элементом в виде матрицы), либо элемент разложения изображения (для приборов сканирующего типа).

4 Общие положения

4.1 Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций основан на дистанционном измерении тепловизором температурного поля на поверхности ограждающих конструкций, между внутренними и наружными сторонами которых существует перепад температуры и визуализации температурных аномалий для определения дефектов в виде областей повышенных теплопотерь, связанных с нарушением теплоизоляции, и областей фильтрации воздуха через ограждающие конструкции.

4.2 Температурное поле поверхности наружных ограждающих конструкций (НОК) — источник информации об особенностях процесса теплопередачи через него; зависит от конструкции и материала объекта, особенностей его функционирования, а также от наличия скрытых и поверхностных дефектов. Дефекты влияют на температурное поле поверхности и проявляются в виде температурных аномалий.

4.3 Температурные поля поверхностей ограждающих конструкций получают на экране тепловизора и на экранах вспомогательных устройств в виде псевдоцветного или монохромного изображения изотермических поверхностей. Градации цвета или яркости на изображении соответствуют различной температуре. Кроме того, температурные поля и другая сопутствующая измерениям информация записываются в виде термограмм во встроенной памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях.

4.4 Тепловизионному контролю подвергают наружные и/или внутренние поверхности ограждающих конструкций (светопрозрачных и несветопрозрачных) отапливаемых зданий и сооружений или их частей.

4.5 Тепловизионный контроль ограждающих конструкций подразделяют на два вида.

4.5.1 Первый вид: термографический осмотр. Этот вид контроля выполняют с помощью тепловизора с сохранением или без сохранения термограмм. Осмотр проводят для формирования общей характеристики объекта и предварительного определения участков с нарушенными теплозащитными свойствами. Осмотр можно проводить для выявления участков, подлежащих дальнейшему термографированию. Осмотр проводят в процессе строительства по этапам проводимых работ, при вводе объекта в эксплуатацию и в процессе его эксплуатации. По результатам термографического осмотра, если не предусмотрено других видов тепловизионного контроля, составляют отчет (см. приложение А).

4.5.2 Второй вид: термографическое обследование. Данный вид контроля проводят с помощью тепловизора и иного оборудования и материалов согласно 5.2, 5.3. В процессе термографического обследования проводят сохранение термограмм в памяти тепловизора и/или на внешних съемных носителях памяти. По результатам термографического обследования составляют отчет (см. приложение Б).

4.5.3 По выбору положения тепловизора относительно объекта термографическое обследование разделяют на обзорное и детальное. Обзорное обследование проводят из таких положений тепловизора, что в область термограммы попадает элемент конструкции или его часть целиком, например фасад здания или оконный блок, или наружная стена. При детальном термографировании положение тепловизора выбирают таким образом, чтобы детализировать наблюдаемые температурные аномалии, при этом элементы конструкции могут быть отражены на термограмме лишь частично. Обзорное термогра-

фирование может быть предварительным этапом детального термографирования в целях локализации зон для его проведения.

4.5.4 Результаты обзорного и детального термографирования в зависимости от поставленных задач подразделяют на качественные и количественные. Качественные результаты термографирования включают в себя выявление дефектов конструкции, при этом расчеты теплотехнических характеристик ограждающих конструкций не проводят. К теплотехническим характеристикам относятся: величины относительного сопротивления теплопередаче, температура внутренней поверхности в расчетных условиях и другие параметры. Количественные результаты термографирования сопровождаются компьютерной обработкой термограмм в целях получения распределения температуры по поверхности объекта, близкого к действительному. Эти результаты могут быть использованы в дальнейших расчетах теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. Получение количественных результатов включает в себя определение величин погрешности температуры на термограммах согласно приложению В.

4.6 Тепловизионный контроль может включать в себя один или несколько видов работ согласно 4.5.1—4.5.4.

4.7 Термографическое обследование в отличие от осмотра включает в себя выбор реперных и базового участков.

4.8 Для получения качественных результатов термографирования на каждой термограмме выбирают не менее одного реперного участка. Для получения количественных результатов термографирования на каждой термограмме выбирают не менее двух реперных участков так, чтобы максимальная разность температуры между ними минимум в три раза превосходила точность измерения температуры контактным методом и чувствительность тепловизора. Реперные участки могут быть расположены на ограждающей конструкции, подлежащей тепловизионному контролю, и/или рядом с ней.

5 Оборудование, приборы и материалы

5.1 Для контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций применяют тепловизоры с параметрами:

диапазон контролируемых температур, не менее	минус 20 °С — плюс 40 °С;
предел температурной чувствительности, не более	0,1 °С;
разрешение (число точек) термограммы, не менее	160 × 120.

5.2 При тепловизионном контроле используют следующее оборудование:

- термометр контактный с погрешностью не более ±1,0 °С;
- термогигрометр с погрешностью измерения температуры не более ±1,0 °С и относительной влажности не более ±3,5%;
- анемометр ручной с чувствительностью не менее 0,1 м/с.

5.3 При тепловизионном контроле могут быть использованы дополнительные материалы и оборудование:

- фольга металлизированная по ГОСТ 745 или лента клеящая на ее основе;
- лента клеевая на бумажной основе по ГОСТ 18251;
- пирометр по ГОСТ 28243;
- рулетка металлическая измерительная по ГОСТ 7502;
- измеритель расстояния лазерный или иной;
- фотокамера цифровая;
- система электронной регистрации температуры;
- манометр дифференциальный с погрешностью не более ±2 Па.

6 Подготовка к измерениям

6.1 Перед началом термографирования проверяют условия, влияющие на достоверность тепловизионного контроля:

6.1.1 Измеряют температуру наружного воздуха и воздуха в помещении (внутреннего воздуха) и рассчитывают температурный перепад. По измеренному температурному перепаду определяют тип тепловизионного контроля, который может быть проведен в данное время:

- тепловизионный контроль может быть проведен при температурном перепаде, превосходящем минимально допустимое значение Δt_{min}, °С, определяемое по формуле

$$\Delta t_{min} = 2\Delta\theta R\frac{\alpha r}{1-r}, \quad (1)$$

где $\Delta\theta$ — предел температурной чувствительности тепловизора, °С;

R — проектное значение сопротивления теплопередаче, °С·м^2/Вт;

α — коэффициент теплоотдачи, принимаемый равным: для внутренней поверхности стен — по СП 50.13330.2012 (таблица 4), для наружной поверхности стен при скоростях ветра 1; 3; 6 м/с — 11; 20; 30 Вт/(°С·м^2) соответственно;

r — максимальное относительное сопротивление теплопередаче подлежащих выявлению дефектных участков ограждающей конструкции.

6.1.1.1 Формула (1) может быть использована не только для определения минимального температурного перепада при проведении тепловизионного контроля, но также для нахождения достижимой величины r при заданных значениях температурного перепада, предела температурной чувствительности тепловизора, проектного значения сопротивления теплопередаче и коэффициента теплоотдачи.

6.1.2 На основании проектных или фактических данных оценивают характеристическое время тепловой инерции τ_0 ограждающей конструкции, соответствующее достижению степени стационарности теплового потока внутри конструкции на уровне 90 % после теплового воздействия на ее поверхность.

В случае однослойных ограждающих конструкций характеристическое время τ_0, с, рассчитывают по формуле

$$\tau_0 = 0{,}5\frac{c}{\lambda}\Delta^2, \quad (2)$$

где c — объемная теплоемкость ограждающей конструкции, Дж/(м^3·°С);

λ — ее коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);

Δ — толщина ограждающей конструкции, м.

В случаях многослойных и светопрозрачных конструкций характеристическое время τ_0 оценивается на основе расчетов нестационарного одномерного теплопереноса через ограждающую конструкцию.

Масштабы характеристического времени τ_0 для некоторых типов ограждающих конструкций и методика расчета для многослойных несветопрозрачных конструкций приведены в приложении Г.

При проведении термографического осмотра характеристическое время тепловой инерции τ_0 допускается не определять.

6.1.3 В случае проведения термографического обследования оценивают постоянство температурного перепада на ограждающей конструкции за предшествующий период. Для этого применяют результаты предшествующих измерений температуры наружного и внутреннего воздуха. При отсутствии таких данных внутреннюю температуру допускается принимать постоянной, если нет данных об обратном, а для температуры наружного воздуха применять актуальные данные метеорологической станции, расположенной на расстоянии не более 50 км от объекта обследования в тех же климатических условиях, что и объект обследования.

Если в течение периода τ_0 разница между максимальным и минимальным температурными перепадами превосходит средний температурный перепад, то термографическое обследование проводят в другое время, в которое будет выполнено указанное условие.

6.2 Перед началом термографирования измеряют температуру и относительную влажность воздуха, находящегося между тепловизором и обследуемой поверхностью. Измеренные величины вводят в тепловизор, если в нем присутствует соответствующая опция, или применяют при обработке результатов термографирования.

6.3 Перед началом термографирования поверхностей, не являющихся зеркальными, проводят оценку температуры отраженного излучения и коэффициента излучения ε обследуемой поверхности согласно 7.2.17 и 7.2.18.

6.4 Термографирование не рекомендуется проводить, если значение коэффициента излучения обследуемой поверхности меньше 0,7.

6.4.1 При необходимости термографирования поверхностей с коэффициентом излучения ниже 0,7 рекомендуется до термографирования повысить их коэффициент излучения путем окрашивания, чернения, окисления, оклеивания пленками или другими способами.

6.5 Обследуемые поверхности не должны находиться в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение 4 ч до проведения термографирования. Окна и двери на обследуемом объекте рекомендуется сохранять в фиксированном положении в течение 4 ч до начала и в процессе проведения термографирования. В случае если окно или дверь открывали или закрывали непосредственно до начала проведения обследования или в процессе его, то эти элементы ограждающих конструкций и близлежащие к ним (откосы, подоконники, пороги и др.) не подлежат термографированию и/или анализу температурных аномалий.

6.6 Точки съемки по возможности выбирают так, чтобы поверхность объекта измерений находилась в прямой видимости под углом наблюдения к ее нормали не более 60°. Под такими углами должны находиться все поверхности, подлежащие анализу в рамках каждой термограммы.

Допускается термографирование под углами, большими 60°. В этом случае оператор с помощью осмотра поверхности под разными углами должен убедиться, что показания тепловизора для каждого вида обследуемой поверхности изменяются незначительно.

6.7 Удаленность точек съемки L, м, от поверхности объекта выбирают исходя из величины наименьшего линейного размера H, м, подлежащего обследованию участка ограждающей конструкции и рассчитывают по формуле

$$L \le \frac{H}{5\Delta\varphi}, \tag{3}$$

где $\Delta\varphi$ — мгновенное поле зрения тепловизора, определяемое как линейный угол зрения одного элемента разложения термограммы, рад.

Значение H рекомендуется задавать, м, не более:

0,05 — при контроле внутренней поверхности;

0,5 — при контроле наружной поверхности;

0,2 — при контроле наружной поверхности светопрозрачных конструкций.

6.8 Наружный термографический осмотр допускается проводить при наличии осадков и полупрозрачной атмосферы. Наружное термографическое обследование, как правило, проводят для прозрачной атмосферы (отсутствуют осадки, туман и дымка).

6.9 Термографирование поверхностей, находящихся в области теплового воздействия систем отопления, электроприборов, систем водоснабжения и иных объектов, в случае, если их температура существенно отличается от температуры окружающего воздуха, не проводят.

6.10 Поверхности контролируемых участков ограждающих конструкций за время не менее τ_0 (см. 6.1.2) перед началом термографирования освобождают от картин, ковров, отслоившихся обоев, штор и других предметов, исключающих прямую видимость объекта. Удаление предметов, исключающих прямую видимость, непосредственно во время обследования не допускается.

6.11 На обследуемой поверхности выбирают или устанавливают геометрический репер, которым может служить линейный размер откоса окна, расстояние между стыками панелей ограждающей конструкции и другие геометрические особенности или предметы. Геометрический репер должен быть виден на термограмме целиком.

6.11.1 Для обозначения геометрического репера может быть использована металлизированная фольга по ГОСТ 745 или клеящая лента на ее основе.

7 Проведение термографирования

7.1 Проведение термографического осмотра

7.1.1 Осмотр объекта контроля с помощью тепловизора может быть проведен без выбора геометрического репера. Требование стационарности режима теплопереноса через ограждающую конструкцию необязательно (см. 6.1.3). Обязательные требования — отсутствие прямых и отраженных солнечных лучей (см. 6.5).

7.1.2 Осмотр в соответствии с 7.1.1 выполняют в целях создания общей характеристики качества теплоизоляции и выявления мест для последующего термографического обследования. Результаты, получаемые в ходе осмотра объекта, считают предварительными и не применяют для обработки и анализа.

7.1.3 В процессе осмотра, если планируется дальнейшее термографическое обследование, выбирают реперные и базовый участки, которые любым доступным способом отмечают непосредственно на ограждающей конструкции или на ее плане.

7.1.4 За базовый принимают участок ограждающей конструкции, линейные размеры которого превышают две ее толщины с практически одинаковой температурой поверхности. Если участок, удовлетворяющий указанным требованиям, отсутствует, выбирают такой, который наилучшим образом удовлетворяет этим требованиям.

В случае отсутствия воздушных зазоров в наружной ограждающей конструкции при наружной съемке в отопительный период за базовый участок принимают такой участок, температура которого в наибольшей степени приближается к минимальной температуре на поверхности ограждающей конструкции, а при внутренней съемке — к максимальной температуре.

7.1.5 За реперные участки принимают области ограждающих конструкций с постоянной температурой, отличающейся на участках не менее чем на 3 °С. Размер реперного участка при заданной дистанции съемки должен превышать наименьший линейный размер H в формуле (3). В качестве одного из реперных участков допускается использовать базовый участок, а в качестве других допускается использовать участки с потенциальными дефектами.

7.1.6 В качестве одного из реперных участков допускается использовать репер температуры воздуха.

7.2 Проведение термографического обследования

7.2.1 Перед наружным термографированием при температуре наружного воздуха менее 0 °С тепловизор, предварительно распаковав, выдерживают при наружной температуре не менее 30 мин.

7.2.2 Тепловизор включают и настраивают в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Допускается выполнять включение и настройку в течение периода выдерживания по 7.2.1.

7.2.3 Перед каждым термографированием выбирают точку съемки и, в соответствии с 7.1.3—7.1.5, — реперные и базовый участки. При необходимости устанавливают репер температуры воздуха. Реперные участки не должны быть зеркальными, и их коэффициент излучения должен быть не менее 0,85. В случае невыполнения этих требований на поверхность наклеивают клеевую ленту на бумажной основе.

7.2.4 Перед или после термографической съемки с помощью контактного термометра измеряют температуру в выбранных точках на реперных участках. Измерение температуры реперных участков с помощью пирометра не допускается. Измерение температуры поверхности репера температуры воздуха контактным методом не проводят.

7.2.5 Для привязки реперных участков к термограммам объект контроля фотографируют с отмеченными участками и/или наклеивают рядом металлизированную фольгу, изображение которой на термограмме будет выполнять роль контрастного теплового маркера, или отмечают на плане.

7.2.6 Проводят термографирование с записью термограммы.

7.2.7 При термографировании внутренних поверхностей ограждающих конструкций регистрируют температуру воздуха в каждом помещении.

7.2.7.1 При использовании реперов температуры воздуха измерение температуры воздуха проводят с помощью того же контактного термометра, который применяется для измерения температуры поверхностей ограждающих конструкций по 7.2.4.

7.2.8 В процессе обследования наружных поверхностей ограждающих конструкций контролируют температуру наружного воздуха с частотой не менее одного раза в 15—30 мин, результаты заносят в

отчет (см. приложение Б). При обследовании внутренних поверхностей температуру наружного воздуха измеряют не менее двух раз — непосредственно перед и после проведения обследования.

7.2.9 При наружном обследовании измеряют скорость ветра вблизи поверхности ограждающей конструкции.

7.2.10 Если предполагается объединение термограмм для получения панорамных снимков, термографирование проводят с перекрытием не менее 10 % каждой соседней термограммы.

7.2.11 Если в процессе обзорного термографирования обнаружены участки с аномальными температурными зонами, рекомендуется проводить дополнительное детальное термографирование этих участков.

7.2.12 Рекомендуется подвергать термографированию поверхности всех угловых стыков ограждающих конструкций (стен, потолка, пола, карнизов, перекрытий, балконов, цоколя, отмостки и др.).

7.2.13 При наружном термографировании с получением количественных результатов, перед началом и после него с помощью тепловизора или пирометра измеряют радиационную температуру неба под разными углами.

7.2.14 Тепловизионное обследование может быть выполнено двумя способами в зависимости от того, будет ли проводиться дальнейшая компьютерная обработка и корректировка термограммы в целях уточнения температурных полей.

7.2.15 Первый способ — обработка термограммы не планируется или отсутствуют технические возможности для ее проведения. При настройке тепловизора задают максимально точные значения параметров, влияющих на методические погрешности: коэффициент излучения обследуемой поверхности и температуру отраженного излучения. Эти параметры задают согласно 7.2.17 и 7.2.18.

7.2.16 Второй способ — проводится дальнейшая компьютерная обработка термограммы. При настройке тепловизора задают значение коэффициента излучения $\varepsilon = 1$. Температуру отраженного излучения задают произвольно, например, равной температуре окружающего воздуха.

При использовании этого способа к каждой термограмме прилагают значения температуры реперных участков (реперная температура), измеренные контактным методом с указанием координаты точек измерения. Данные заносят в отчет.

7.2.17 При выполнении термографирования по первому способу (7.2.15) в настройках тепловизора устанавливают значение коэффициента излучения, определенное следующим образом:

- если обследуемая поверхность содержит несколько участков с различными коэффициентами излучения, то коэффициент излучения задают для наиболее практически значимого участка;
- коэффициент излучения задают по справочным значениям для спектрального диапазона длин волн, в котором работает тепловизор, или проводят его измерение, что является более предпочтительным. Измерение коэффициента излучение проводят согласно 7.2.18.

Значение температуры отраженного излучения, устанавливаемое в настройках тепловизора, определяют следующим образом:

- при внутреннем термографировании температуру задают равной температуре воздуха в помещении, если она поддерживается близкой к постоянной;
- при наружном термографировании незатененных от неба обследуемых вертикальных поверхностей и при отсутствии окружающих объектов с высокой или низкой температурой температуру отраженного излучения задают равной среднему арифметическому температуры воздуха и радиационной температуры неба;
- при наружном термографировании закрытых от неба обследуемых поверхностей и при отсутствии окружающих объектов с температурой, отличающейся от наружного воздуха более чем на 5 °С, температуру отраженного излучения задают равной температуре воздуха;
- во всех остальных случаях температуру отраженного излучения измеряют согласно 7.2.18.

7.2.18 На обследуемую поверхность устанавливают фольгу или пленку (маркер) с известным коэффициентом излучения не более 0,5. Поверхность маркера не должна быть зеркальной. Проводят измерение температуры маркера контактным способом. Устанавливают в настройках тепловизора значение коэффициента излучения равным известному для маркера и изменением искомого значения температуры отраженного излучения добиваются совпадения отображаемой на тепловизоре температуры маркера и измеренной контактным способом.

7.3 Термографирование светопрозрачных конструкций

7.3.1 К светопрозрачным конструкциям относятся окна, балконные двери, витражи, фонари и другие элементы на основе стекла, пропускающие оптическое излучение, а также смежные с ними непрозрачные элементы (переплеты, профили, стоечно-ригельные системы, модульные фасады и др.).

7.3.2 Методики настоящего стандарта в части тепловизионного контроля светопрозрачных элементов неприменимы к полупрозрачным по отношению к тепловому излучению светопрозрачным конструкциям на основе полиэтилена и поликарбоната.

7.3.3 Цель термографирования светопрозрачных конструкций — локализация зон, через которые происходят инфильтрация и эксфильтрация воздуха, а также определение однородных по температуре зон, в которых могут быть проведены измерения плотности тепловых потоков и сопротивления теплопередаче по ГОСТ 25380 и ГОСТ Р 54853.

7.3.4 Светопрозрачные конструкции на основе стекла — непрозрачные, но зеркальные по отношению к тепловому излучению. При термографировании на светопрозрачных частях наблюдается отражение сторонних объектов, радиационная температура которых может значительно различаться. Определить, является ли наблюдаемая тепловизором температурная неоднородность следствием отражения, возможно сравнением фотографии и термограммы. Если наблюдаемое на фотографии отражение соответствует по положению неоднородности на термограмме, то полученная температурная неоднородность обусловлена не следствием теплотехнических свойств конструкции, а изменениями температуры отраженного излучения по поверхности. Такие участки термограмм исключают из анализа и обработки. В случае если по большей части светопрозрачных конструкций наблюдаются температурные неоднородности, связанные с изменениями температуры отраженного излучения, то тепловизионное обследование светопрозрачных частей конструкций не проводят.

7.3.5 В целях снижения влияния неоднородности температуры отраженного излучения по 7.3.4 наружное термографирование светопрозрачных частей конструкций рекомендуется проводить в условиях пасмурной погоды. При ясном небе и переменной облачности могут наблюдаться значительные изменения температуры отраженного излучения по поверхности светопрозрачной конструкции.

7.3.6 При наличии температурных неоднородностей, обусловленных изменениями температуры отраженного излучения, светопрозрачные части рекомендуется подвергать термографированию несколько раз из разных точек съемки.

7.3.7 Для определения температуры отраженного излучения на участке светопрозрачной части конструкции рядом с ним наклеивают металлическую фольгу или клеящую ленту на ее основе. За температуру отраженного излучения принимают регистрируемую тепловизором температуру на фольге при заданном значении коэффициента излучения, равном единице.

7.4 Термографирование для локализации зон инфильтрации и эксфильтрации воздуха

7.4.1 Термографирование для локализации зон инфильтрации и эксфильтрации воздуха может быть использовано в составе работ, выполняемых по ГОСТ 31167 при определении воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях, на испытательных стендах, а также как самостоятельный метод без определения количественных значений воздухопроницаемости.

7.4.2 Для локализации зон инфильтрации и эксфильтрации проводят съемку с получением двух термограмм обследуемого участка ограждающей конструкции. Первая термограмма — в условиях неизменного давления воздуха внутри здания или его помещения, а вторая термограмма — при изменении давления.

7.4.3 Изменения давления проводят по методам ГОСТ 31167 или иным доступным способом с помощью вентиляторов. При нагнетании воздуха в помещение проводят наружное термографирование, а при разрежении воздуха в помещении — внутреннее.

7.4.4 Термографирование проводят в условиях температурного перепада не менее 5 °С. При изменении давления достигают перепада не менее 5 Па. Измерения температуры наружного и внутреннего воздуха выполняют до и после термографирования. Перепад давления измеряют до и после его изменения.

7.4.5 Локализацию зон инфильтрации и эксфильтрации допускается проводить без использования вентиляторов в естественных условиях. В этом случае ограничиваются однократным термографированием. Температурный перепад должен быть не менее чем определенный по формуле (1). В естественных условиях может быть обнаружена лишь часть участков инфильтрации и эксфильтрации, соответ-

ствующая наличию положительного перепада давления воздуха на этих участках снаружи вовнутрь (для внутренней съемки, инфильтрация) и изнутри наружу (для наружной съемки, эксфильтрация).

7.4.6 Поиск и локализацию зон инфильтрации и эксфильтрации проводят термографическим осмотром конструкций, подвергая детальному термографированию участки с локальными температурными аномалиями.

8 Обработка термограмм

8.1 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. Неточности тепловизионной съемки могут быть вызваны неточностями задания коэффициента излучения поверхности, учета температуры отраженного излучения, учета поглощения излучения воздушной средой, погрешностями калибровки тепловизора и другими факторами. Цель обработки термограмм — переход от радиационной температуры, регистрируемой тепловизором, к истинным температурам поверхности. Обработка термограмм — не способ оценки дефектности ограждающей конструкции и качества теплоизоляции.

8.2 Обработку термограмм проводят программными средствами непосредственно тепловизора или с помощью компьютера — математической обработкой записанного в оцифрованном виде теплового изображения.

8.3 Обработка термограмм с помощью компьютера не требуется, если полученные с помощью тепловизора значения температуры реперных участков в пределах погрешности измерений совпадают с температурами, измеренными контактным методом. Такие термограммы считают обработанными.

8.4 Обработку термограммы считают завершенной, если полученные в ходе пересчета значения температуры на реперных участках в рамках известной погрешности совпадают с измеренными значениями и учтено влияние на регистрируемую температуру изменения коэффициента излучения и температуры отраженного излучения по области термограммы (см. приложения В и Д).

8.5 Обработку термограмм не проводят или проводят частично, если термографирование выполняют с получением качественных результатов, т. е. определяют участки поверхности с различной температурой, но сами значения температуры не применяют для расчетов теплофизических параметров, таких как относительное сопротивление теплопередаче, температура участка в расчетных условиях.

8.6 Если термографирование проводят на количественном уровне, т. е. необходимо получение распределения температуры на поверхности для проведения расчетов и повышения достоверности оценок причин и степени нарушения теплоизоляции, то обработка термограмм обязательна.

8.7 Информацию о проведенной обработке термограмм, способах обработки и полученных результатах по коррекции температур в обнаруженных зонах с анормальными температурами приводят в отчете о термографическом обследовании.

8.8 На обработанных термограммах допускается присутствие участков, температура которых отличается от действительной. О наличии таких участков должно быть указано в отчете о термографическом обследовании с указанием причины возможных отличий. Такие участки последующему анализу не подлежат.

8.9 Обработка термограмм в общем случае сводится к пересчету измеренных значений температуры во всех точках термограммы с учетом калибровочной зависимости тепловизора, распределения температуры отраженного излучения, величины коэффициента излучения и его распределения по поверхности объекта, а также пропускания регистрируемого излучения воздушной средой на пути между тепловизором и объектом с учетом температуры окружающего воздуха и его относительной влажности.

8.10 Обработка термограммы может быть проведена сдвигом температурной шкалы, описание которого приведено в приложении В.

9 Анализ термограмм

9.1 Анализ термограмм представляет собой процедуру, направленную на выявление причин возникновения температурных аномалий для выявления нарушения теплоизоляции ограждающих конструкций или снижения ее качества.

9.2 При анализе термограмм наружной поверхности ограждающей конструкции поверхность следует разбивать на участки, для которых температурные условия на внутренней поверхности близки к

постоянным. Такие участки могут ограничиваться фрагментами конструкций с расположенными около них отопительными приборами, помещениями с существенно различающейся температурой внутреннего воздуха и др.

9.3 При анализе светопрозрачных частей ограждающих конструкций следует выделять участки, подлежащие анализу в соответствии с 7.3.4.

9.4 На стадии анализа применяют обработанные термограммы для компьютерной визуализации температурных полей на поверхности ограждающей конструкции с возможностью выделения отдельных участков ограждающих конструкций для проведения расчетов.

9.5 Основной критерий сравнения различных участков поверхности ограждающей конструкции — разность температуры на сравниваемом и базовом участках поверхности.

9.6 Для сравнения может быть дополнительно проведена оценка относительного сопротивления теплопередаче в различных точках ограждающей конструкции. Значения относительного сопротивления теплопередаче $r(x, y)$ рассчитывают по отношению к базовым участкам ограждающей конструкции:

- для внутренних обследований по формуле

$$r(x,y) = 1 + \frac{\theta(x,y)}{t_в - \tau_в^б - \theta(x,y)}, \quad (4)$$

- для наружных обследований по формуле

$$r(x,y) = 1 - \frac{\theta(x,y)}{\tau_н^б + \theta(x,y) - t_н}, \quad (5)$$

где $t_в$, $t_н$ — температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно в зоне исследуемого фрагмента, °С;

$\tau_в^б$, $\tau_н^б$ — температура поверхности базового участка при внутренних и наружных обследованиях соответственно, °С;

$\theta(x, y)$ — разность между температурой $\tau(x, y)$ изотермы, проходящей через точку с координатами x, y на соответствующей поверхности, и температурой поверхности базового участка, °С.

9.7 Значение случайной относительной погрешности $\delta r = \Delta r/r$ определения относительного сопротивления теплопередаче рассчитывают для внутренних и наружных обследований соответственно по формулам:

$$\delta r = \frac{1}{t_в - \tau_в^б}\sqrt{(1-r)^2\left(\Delta t_в^2 + \left(\Delta\tau_в^б\right)^2 + \Delta\theta^2\right) + \Delta\theta^2}, \quad (6)$$

$$\delta r = \frac{1}{\tau_н^б - t_н}\sqrt{(1-r)^2\left(\Delta t_н^2 + \left(\Delta\tau_н^б\right)^2 + \Delta\theta^2\right) + \Delta\theta^2}, \quad (7)$$

где $\Delta t_в$ и $\Delta\tau_в^б$ — значения погрешностей определения температуры внутреннего воздуха и базового участка на внутренней поверхности соответственно;

$\Delta t_н$ и $\Delta\tau_н^б$ — значения погрешностей определения температуры наружного воздуха и базового участка на наружной поверхности соответственно;

$\Delta\theta$ — предел чувствительности тепловизора.

9.8 При наличии реперов температуры воздуха при расчетах по формулам (4)—(7) рекомендуется использовать в качестве температуры воздуха значение температуры репера температуры воздуха на термограмме.

9.9 Нарушение теплоизоляции по результатам анализа считают обнаруженным, если исключены иные причины возникновения температурной аномалии, включая инфильтрацию и эксфильтрацию.

9.10 В случае если не удается точно установить, является ли обнаруженная температурная аномалия следствием нарушения теплоизоляции, рекомендуется проводить дополнительное измерение

температуры участка, соответствующего температурной аномалии, контактным методом на внутренней и/или внешней поверхностях ограждающей конструкции.

9.11 При анализе термограмм, содержащих области с температурными аномалиями, могут быть применены модели термограмм ограждающих конструкций из альбома типовых термограмм, полученных в лабораторных условиях или расчетом температурных полей. Если температурная аномалия имеет место в эталонной термограмме, то такая аномалия не относится к дефекту теплоизоляции, а является следствием конструктивных особенностей ограждающей конструкции.

9.12 При составлении отчетов по результатам анализа термограмм выявленные области с нарушениями теплоизоляции рекомендуется сопровождать фотографиями соответствующих элементов ограждающих конструкций и описанием обнаруженных дефектов и причин их возникновения.

9.13 В случае поиска и локализации зон инфильтрации или эксфильтрации по 7.4 зону считают обнаруженной, если:

- температурная аномалия наблюдается на участке, соответствующем элементу конструкции, в котором могут быть нарушения герметичности (уплотнения стеклопакетов, створок, герметизация примыканий к откосам, стыки профилей фасадной или оконной системы, кладочные швы и др.);
- величина температурной аномалии составляет не менее трети температурного перепада;
- имеются термограммы аналогичных участков конструкций с близким температурным перепадом, на которых величина температурной аномалии значительно меньше, чем в анализируемом участке (в два раза и более).

9.14 Количественные результаты термографирования внутренних поверхностей ограждающих конструкций могут быть пересчитаны на температурные условия, отличные от условий обследования, по формуле

$$\tau^{р} = t_{в}^{р} - \left(t'_{в} - \tau\right)\frac{t_{в}^{р} - t_{н}^{р}}{t_{в} - t_{н}}, \tag{8}$$

где $\tau^{р}$ — температура участка ограждающей конструкции в расчетных условиях;

τ — температура участка, определенная в условиях обследования;

$t_{в}$ и $t_{н}$ — температура внутреннего и наружного воздуха, соответственно, в условиях обследования;

$t_{в}^{р}$ и $t_{н}^{р}$ — температура внутреннего и наружного воздуха соответственно в расчетных условиях;

$t'_{в}$ — температура, принимаемая равной температуре репера температуры воздуха на термограмме, если он был использован, или принимаемая равной измеренной температуре воздуха.

Разности $t'_{в} - \tau$ при использовании реперов температуры воздуха определяют по обработанной термограмме.

9.15 Абсолютную погрешность определения температуры в расчетных условиях по (8) определяют по формулам:

- при использовании реперов температуры воздуха

$$\Delta\tau^{р} = \frac{t_{в}^{р} - t_{н}^{р}}{t_{в} - t_{н}}\left(\sqrt{\Delta\theta'^{2} + \left(\frac{t'_{в} - \tau}{t_{в} - t_{н}}\right)^{2}\left(\Delta t_{в}^{2} + \Delta t_{н}^{2}\right)}\right), \tag{9}$$

- без использования реперов температуры воздуха

$$\Delta\tau^{р} = \frac{t_{в}^{р} - t_{н}^{р}}{t_{в} - t_{н}}\left(\sqrt{\left(\Delta t_{в}^{2} + \Delta\tau^{2}\right) + \left(\frac{t'_{в} - \tau}{t_{в} - t_{н}}\right)^{2}\left(\Delta t_{в}^{2} + \Delta t_{н}^{2}\right)}\right), \tag{10}$$

где $\Delta\theta'$ — погрешность определения разницы температуры между репером температуры воздуха и участком поверхности на обработанной термограмме, определяется в процессе обработки термограммы (см. приложение В);

$\Delta t_{в}$, $\Delta t_{н}$ — погрешность определения внутренней и наружной температуры соответственно;

$\Delta\tau$ — погрешность температуры на обработанной термограмме.

9.16 Определение относительного сопротивления теплопередаче и его погрешности по формулам (4), (6) и температуры поверхности по формулам (8), (9) для участков вблизи зон инфильтрации не проводят, также не определяют относительное сопротивление теплопередаче и его погрешности по результатам тепловизионного обследования наружных поверхностей по формулам (5) и (7) на участках эксфильтрации и вблизи них.

9.17 Температура участка в расчетных условиях, рассчитываемая по формуле (8), может быть использована для проверки образования конденсата на его внутренней поверхности. В случае если температура $\tau^{р}$ в расчетных условиях по формуле (8), увеличенная на погрешность $\Delta\tau^{р}$, определяемую по формулам (9), (10), на участке ниже требуемой минимальной температуры, то такой участок — дефектный. На границах дефектного участка требуемая минимальная температура равна ($\tau^{р} + \Delta\tau^{р}$).

9.18 В погрешностях определения внутренней и наружной температур дополнительно должны быть учтены колебания температуры за период, равный характеристическому времени тепловой инерции, определяемому по 6.1.2, и приборная погрешность измерителей температуры. Значения температуры наружного и внутреннего воздуха принимают равными средним значениям за тот же период времени. В случае если для расчетов по формулам (4)—(10) использованы значения температур на момент обследования, то значение отклонения от среднего значения также должно быть учтено при расчете погрешности определения температуры воздуха.

9.19 Суммарную погрешность определения температуры воздуха (внутреннего и наружного) рассчитывают по формуле

$$\Delta t = \sqrt{\Delta t_{к}^{2} + \Delta t_{о}^{2} + \Delta t_{п}^{2}}, \qquad (11)$$

где $\Delta t_{к}$ — среднеквадратическая случайная погрешность;

$\Delta t_{о}$ — отклонение температуры от средней за период характеристического времени тепловой инерции τ_{0} (см. 6.1.2);

$\Delta t_{п}$ — приборная погрешность измерителя температуры (термощупа-термометра или термогигрометра).

9.20 При расчетах по формулам (4), (6), (8)—(11) вместо измеренных данных по наружной температуре допускается использовать актуальные данные метеорологической станции, расположенной на расстоянии не более 50 км от объекта обследования в тех же климатических условиях, что и объект обследования.

Приложение А
(рекомендуемое)

Отчет о термографическом осмотре

А.1 Отчет о термографическом осмотре должен содержать:

- указание вида тепловизионного контроля (осмотр) со ссылкой на настоящий стандарт и другие использованные нормативные документы и методики, описание и адрес (местоположение) объекта осмотра;
- заключение о возможности применения требований настоящего стандарта к объекту осмотра с указанием элементов конструкции, подлежащих осмотру;
- спецификацию используемого оборудования, включая марки, модели и технические характеристики;
- дату и период проведения осмотра;
- информацию об атмосферных осадках, направлении и скорости ветра в ходе осмотра;
- информацию о температуре внутреннего воздуха и изменениях внутренней и наружной температуры в ходе осмотра;
- общую классификацию обнаруженных температурных аномалий, результаты анализа дефектов. Описание повторяющихся и неповторяющихся обнаруженных дефектов, их характеристики и возможные причины возникновения.

А.2 Отчет о термографическом осмотре может быть дополнен следующими данными (при их наличии):

- различными важными факторами, влияющими на результаты, например быстрое изменение погодных условий, открывание/закрывание окон и др.;
- результатами дополнительных измерений, используемых для интерпретации полученных данных;
- результатами расчетов и оценок, общими для всего осмотра;
- термограммами и фотографиями. На термограммах могут быть выделены точками, линиями и фигурами участки, подлежащие дальнейшему анализу;
- комментариями к полученным термограммам со ссылками на участки ограждающей конструкции с замеченными температурными аномалиями;
- эскизами, фотографиями здания с указанием местоположений участков ограждающей конструкции, соответствующих термограммам, другой дополнительной информацией, позволяющей идентифицировать область ограждающей конструкции, изображенную на термограмме.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Отчет о термографическом обследовании

Б.1 Отчет о термографическом обследовании должен содержать:

- описание обследования со ссылкой на настоящий стандарт и другие использованные нормативные документы и методики, полное наименование и адрес объекта обследования;
- тип термографического обследования (обзорное и/или детальное термографирование наружных и/или внутренних поверхностей ограждающих конструкций) с указанием вида результатов (качественные или количественные);
- заключение о возможности применения настоящего стандарта к объекту обследования с указанием элементов конструкции, подлежащих обследованию;
- краткое описание конструкции здания;
- спецификацию используемого оборудования, включая марки, модели, технические характеристики. Перечень дополнительного оборудования и специальных средств, в том числе программного обеспечения для проведения обследований, обработки и анализа термограмм;
- дату и период проведения обследования;
- температуру наружного воздуха в период обследования, в том числе среднюю температуру во время обследования, непосредственно до начала и после обследования;
- общую информацию об условиях солнечного воздействия, имевших место в течение 12 ч до начала обследования и в ходе обследования;
- общую информацию об атмосферных осадках, направлении и скорости ветра в ходе обследования;
- общую информацию о температуре внутреннего воздуха и перепаде внутренней и наружной температуры в ходе обследования;
- результаты дополнительных измерений;
- результаты расчетов и оценок, общие для всего обследования;
- описание способов проведения обработки термограмм;
- эскизы и/или фотографии здания с указанием местоположений участков термографирования и/или другую дополнительную информацию, позволяющую идентифицировать ограждающие конструкции, изображенные на термограммах;
- обобщенные результаты анализа обнаруженных дефектов. Описание повторяющихся и неповторяющихся обнаруженных дефектов, их расположение, характеристики и возможные причины возникновения;
- полученные термограммы, соответствующие данному(ым) типу(ам) обследования. Термограммы должны содержать указания базового и реперных участков с соответствующими значениями температуры, выделения дефектных участков и/или точек локальных максимумов (минимумов) температуры. На термограммах допускается выделение линий профиля температуры, различных областей поверхности для вычисления средних значений и колебаний температуры и других пометок, способствующих анализу термограмм и привязке обнаруженных температурных аномалий к конструкциям здания.

Б.2 Термограммы могут быть дополнены (при наличии):

- фотографиями участков ограждающих конструкций, соответствующих термограммам;
- значениями температуры, измеренной контактным способом на реперных и базовом участках, а также температурами внутреннего и наружного воздуха, подвижностью воздуха и другими параметрами;
- комментариями к полученным термограммам, в том числе описанием областей термограммы, (не) подлежащих анализу, и причин исключения из анализа;
- данными о наличии на термограммах участков, температура которых отличается от действительной.

Б.3 Отчет о термографическом обследовании может быть дополнен следующими данными (при наличии):

- различными важными факторами, влияющими на результаты, например быстрым изменением погодных условий, открыванием (закрыванием) окон и др.;
- описанием типа(ов) конструкций здания и значениями расчетного сопротивления теплопередаче;
- описанием ориентации здания по сторонам света, указанной на плане, и описанием окружения (здания, ландшафт и т. д.);
- перепадом давления воздуха с наветренной и подветренной сторон для каждого этажа здания, если необходимо;
- данными по изменению температуры внутреннего и наружного воздуха в период, предшествующий обследованию;
- расчетами и оценками погрешностей.

Приложение В
(обязательное)

Способ пересчета температуры на термограммах

В.1 Обработку термограмм с получением количественных результатов (распределение температуры по поверхности объекта с известной точностью) выполняют сдвигом температурной шкалы на термограмме. После обработки оценивают погрешности полученных температурных полей.

В.2 Обработка сводится к изменению температуры во всех точках термограммы на постоянную величину ξ, °С, достаточную для достижения совпадения измеренной контактным методом температуры на одном из реперных участков и температуры на термограмме для того же участка. Далее, если необходимо получение количественных результатов, оценивают погрешность температуры в различных точках термограммы. Если реперных участков более одного, то для определения величины ξ выбирают участок с наиболее низкой температурой.

В.3 Оценку погрешности температуры проводят на других участках термограммы, кроме реперного, использованного для определения ξ. Для этого по термограмме определяют измеренную разность температуры между реперными участками $\Delta\tau_р$ рассчитывают разность температуры между реперными участками $\Delta t_р$. Если реперных участков более двух, то для расчетов$\Delta\tau_р$ и $\Delta t_р$ выбирают два с наибольшей и наименьшей температурой.

В.4 Для других точек термограммы, не относящихся к реперным участкам, оценивают первичную погрешность определения температуры исходя из разности между температурой точки τ, °С, и температурой наиболее холодного реперного участка $\tau_х$, °С, по формуле

$$\Delta\tau_п = \left|\Delta\tau_р - \Delta t_р\right| \frac{\tau - \tau_х}{\Delta\tau_р}. \qquad (В.1)$$

Итоговую погрешность рассчитывают по формуле

$$\Delta\tau = \sqrt{\Delta\tau_п^2 + \Delta\tau_\varepsilon^2 + \Delta T_0^2}, \qquad (В.2)$$

где $\Delta\tau_\varepsilon$ — погрешность, связанная с изменениями величины коэффициента излучения по термограмме;

ΔT_0 — величина изменений по термограмме температуры отраженного излучения, °С (для внутренних незеркальных поверхностей ограждающих конструкций ее принимают равной нулю).

Величину $\Delta\tau_\varepsilon$ определяют по формуле (Д.1), если отличие коэффициента излучения в точке от коэффициента излучения на реперном участке составляет более чем 0,1. В случае если отклонение коэффициента излучения менее или равно 0,1, то принимают $\Delta\tau_\varepsilon = 0$.

Приложение Г
(справочное)

Характеристическое время тепловой инерции и метод его оценки для многослойных конструкций

Г.1 В таблице Г.1 приведены типичные однослойные, многослойные и светопрозрачные ограждающие конструкции, их теплофизические характеристики и их характеристическое время тепловой инерции

Таблица Г.1 — Теплофизические характеристики различных конструкций

Тип конструкции	Состав конструкции, материалы	δ, мм	c, МДж/м^3/°С	λ, Вт/м/°С	D, мм^2/с	τ_0, ч
1 Кирпичная стена	Глиняный кирпич на цементно-песчаном растворе	500	1,77	0,81	0,46	87
2 Стена из газоблоков	Газобетон на цементном вяжущем растворе плотностью 600 кг/м^3	250	0,9	0,26	0,29	30
3 Стена из эффективного утеплителя	Пенополистирол плотностью 25 кг/м^3	150	0,05	0,044	0,88	2,9
4 Стена бетон — минвата	Железобетон плотностью 2500 кг/м^3 Плиты минераловатные плотностью 180 кг/м^3	200 150	2,49 0,198	2,04 0,048	0,82 0,24	55
5 Стена минвата — бетон	Минеральная вата Железобетон	150 200	—	—	—	65
6 Стена минвата — бетон — минвата	Минеральная вата Железобетон Минеральная вата	50 100 50	—	—	—	120
7 Стена бетон — минвата — бетон	Железобетон Минеральная вата Железобетон	100 100 100	—	—	—	32
8 Стеклопакет однокамерный	Формула 4М1-20-4М1	—	Стекло: 2,1 Воздух: 0,0013	Стекло: 0,76 Воздух: 0,0236	Стекло: 0,36 Воздух: 176	0,5
9 Стеклопакет двухкамерный	Формула 4И-16Ar-4-16Ar-И4	—	Аргон: 0,00093	Аргон: 0,017	Аргон: 183	2,6

Примечание — В настоящей таблице применены следующие условные обозначения: δ — толщина слоя конструкции, c — его удельная теплоемкость, λ — коэффициент теплопроводности слоя, $D = \lambda/c$ — коэффициент температуропроводности.

Г.2 При рассмотрении численных данных, приведенных в таблице Г.1, следует учитывать, что характеристическое время тепловой инерции τ_0 зависит от многих параметров, в первую очередь — от толщины слоев, составляющих конструкцию.

Г.3 Для многослойных ограждающих конструкций без изолированных воздушных (и газонаполненных, вакуумных) прослоек, без слоя утеплителя внутри помещений, характеристическое время тепловой инерции рассчитывают по формуле

$$\tau_0 = 1{,}7\frac{\int_0^{\Delta} c(x)\Delta t(x)r(x)\,dx}{t_{in} - t_{out}}, \qquad (Г.1)$$

где Δ — толщина конструкции, м;

$c(x)$ — распределение по толщине объемной теплоемкости материалов, составляющих конструкцию, Дж/(м^3·°С);

t_{in} и t_{out} — температура внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

$\Delta t(x) = t_{in} - \overline{t}(x)$;

$r(x) = (\overline{t}(x) - t_{out})/J_0$;

здесь $\overline{t}(x)$ — стационарное распределение температуры внутри конструкции, соответствующее значениям наружной и внутренней температуры t_{in} и t_{out} соответственно;

J_0 — стационарное значение плотности теплового потока через конструкцию, Вт/м^2.

Приложение Д
(рекомендуемое)

Учет изменения коэффициента излучения при обработке термограмм

Д.1 В большинстве тепловизоров имеется возможность задания перед съемкой единого и общего для всей обследуемой поверхности коэффициента излучения и единой температуры отраженного излучения. Если даже на поверхности имеются участки, для которых эти задаваемые величины оказываются верными, то для всех остальных участков возникают методические погрешности в отображаемой температуре, связанные с неточностью задания этих величин. При этом температура отраженного излучения часто постоянна в пределах отдельной термограммы, в особенности при внутренней тепловизионной съемке. В отличие от нее величина коэффициента излучения для различных участков термограммы может претерпевать заметные изменения, что может быть связано с геометрическими неоднородностями, различными применяемыми материалами, различным состоянием поверхности и другими факторами.

Д.2 Методическая погрешность, связанная с неоднородностью коэффициента излучения для различных участков обследуемой поверхности, может быть оценена по формуле

$$\Delta\tau \approx -\left(T - T_0\right)\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon_0}, \qquad (Д.1)$$

где $\Delta\tau$ — методическая погрешность отображаемой температуры, °С;

T — отображаемая в данной точке абсолютная температура, К;

T_0 — абсолютная температура отраженного излучения, К;

ε_0 — коэффициент излучения для базового участка;

$\Delta\varepsilon$ — отклонения коэффициента излучения от базового значения.

Данная формула позволяет оценивать отклонение температуры с точностью около 20 % при изменении $\left|T - T_0\right| < 10$ К; $\frac{\left|\Delta\varepsilon\right|}{\varepsilon} < 0{,}15$ и применима как при внутренних, так и при наружных обследованиях.

УДК 624.01:535.233:006.354 ОКС 91.120.10

Ключевые слова: здания, сооружения, тепловизор, контроль, теплоизоляция, ограждающие конструкции, термограмма, температура

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Г.Д. Мухиной*

Сдано в набор 07.12.2021. Подписано в печать 20.12.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж 22 экз. Зак. 1590.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано в ФГБУ «РСТ», 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru