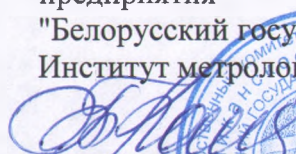


Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.»
(ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по науке
Республиканского унитарного
предприятия
"Белорусский государственный
Институт метрологии"


Т.А. Коломиец
«14» _____ 2016 г.


УТВЕРЖДАЮ

Директор
Государственного предприятия
«Институт жилища - НИПТИС
им. Атаева С.С.»
д-р техн. наук, профессор


В.М. Пилипенко
«15» _____ 08 _____ 2016 г.


**Определение критических дефектов теплоизоляции ограждающих
конструкций зданий с помощью метода тепловизионного контроля.**

Методика проведения измерений и расчетов

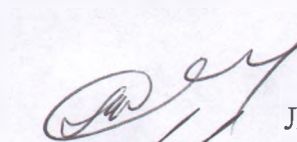
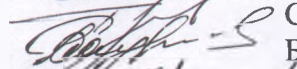
МВИ, МН 5656 - 2016

РАЗРАБОТЧИК

Государственное предприятие «Институт жилища - НИПТИС им. Атаева С.С.»

ИСПОЛНИТЕЛИ

Первый заместитель директора, д.т.н.
Заведующий отделом, к.т.н.
Заведующий лабораторией, с.н.с.
Заведующий лабораторией, к.т.н.


Л.Н. Данилевский

С.В. Терехов

Б.И. Таурогинский
Б.Ф. Москалик

Минск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1	Область применения	3
2	Нормативные ссылки	3
3	Термины и определения	3
4	Общие положения	4
5	Требования к точности измерений	6
6	Средства измерений, вспомогательные устройства	6
7	Метод измерений	7
8	Требования безопасности	8
9	Требования к квалификации операторов	8
10	Условия измерений	8
11	Подготовка к выполнению измерений	8
12	Выполнение измерений	8
13	Оформление результатов измерений	10
14	Обработка результатов измерений	11
15	Контроль погрешности результатов измерений	12
16	Оформление результатов тепловизионного контроля	13
	Приложение А	14
	Зависимость минимального размера температурной аномалии от расстояния до объекта и размера тепловизионной матрицы	
	Приложение Б	15
	Расчет погрешности определения температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха	
	Приложение В	20
	Графики зависимости точки росы от относительной влажности воздуха при температурах внутреннего воздуха, соответствующих минимальному и максимальному допустимому значению в соответствии с ГОСТ 30494-96	
	Приложение Г	22
	Форма протокола тепловизионных измерений	
	Приложение Д	25
	Форма отчета о тепловизионном контроле	



1 Область применения

Настоящий документ устанавливает требования к определению критических дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий (как вновь построенных, после капитального ремонта, а так же тепловой модернизации) с использованием методов термографии.

2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие ТНПА:

ГОСТ 26629-85 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций.

ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

ТКП 8.003 - 2011. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ Правила проведения работ

3 Термины и определения

Тепловизионный контроль (в рамках настоящей методики) - совокупность действий по определению дефектов в теплозащитной оболочке жилых и общественных зданий с использованием методов термографии.

Допустимые параметры микроклимата – сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья (согласно ГОСТ 30494-96)

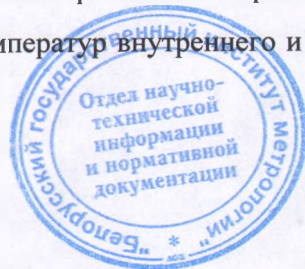
Термограмма - тепловое изображение объекта контроля или его отдельного участка.

Термографирование - процесс получения термограмм объекта в соответствии с действующими методиками.

Тепловизионные измерения - совокупность действий по термографированию объекта и проведения сопутствующих измерений физических величин в соответствии с действующими методиками.

Температурная аномалия - локальное отклонение температуры поверхности от нормы.

Минимально допустимый перепад температур - разница температур внутреннего и на-



ружного воздуха, при которой возможно выявление участков ограждающей конструкции с нарушенной теплоизоляцией участка.

Критический дефект теплоизоляции ограждающей конструкции - несоответствие теплотехнических характеристик участка теплоизоляции требованиям проектной и нормативной документации, ухудшающее свойства участка и приводящее к выпадению конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции и не позволяющее выполнить приемку здания в эксплуатацию (возможно - вынести это определение в ТКП а в методике дать ссылку на определение в ТКП).

4 Общие положения

Методика устанавливают процедуру определения критических дефектов в теплозащитной оболочке жилых и общественных зданий.

Методика не предназначена для определения количественных значений теплотехнических характеристик ограждающих конструкций.

Определение дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий выполняется на основании анализа термограмм здания и его проектной документации.

Критерием наличия дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий является возможность выпадения конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций в зоне предполагаемых дефектов при расчетной температуре наружного воздуха и допустимых параметрах микроклимата в помещении.

Тепловизионный контроль состоит из двух этапов:

- тепловизионные измерения;
- обработка результатов тепловизионных измерений.

Тепловизионные измерения выполняет специализированная организация, аккредитованная на проведение обследования по данной методике.

Выдачу заключения о наличии критических дефектов теплоизоляции наружных ограждающих конструкций зданий осуществляет специализированная организация по обследованию зданий и сооружений на основании обработки данных протоколов тепловизионных измерений.

Последовательность действий по определению дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с использованием методов термографии представлена на рисунке 4.1



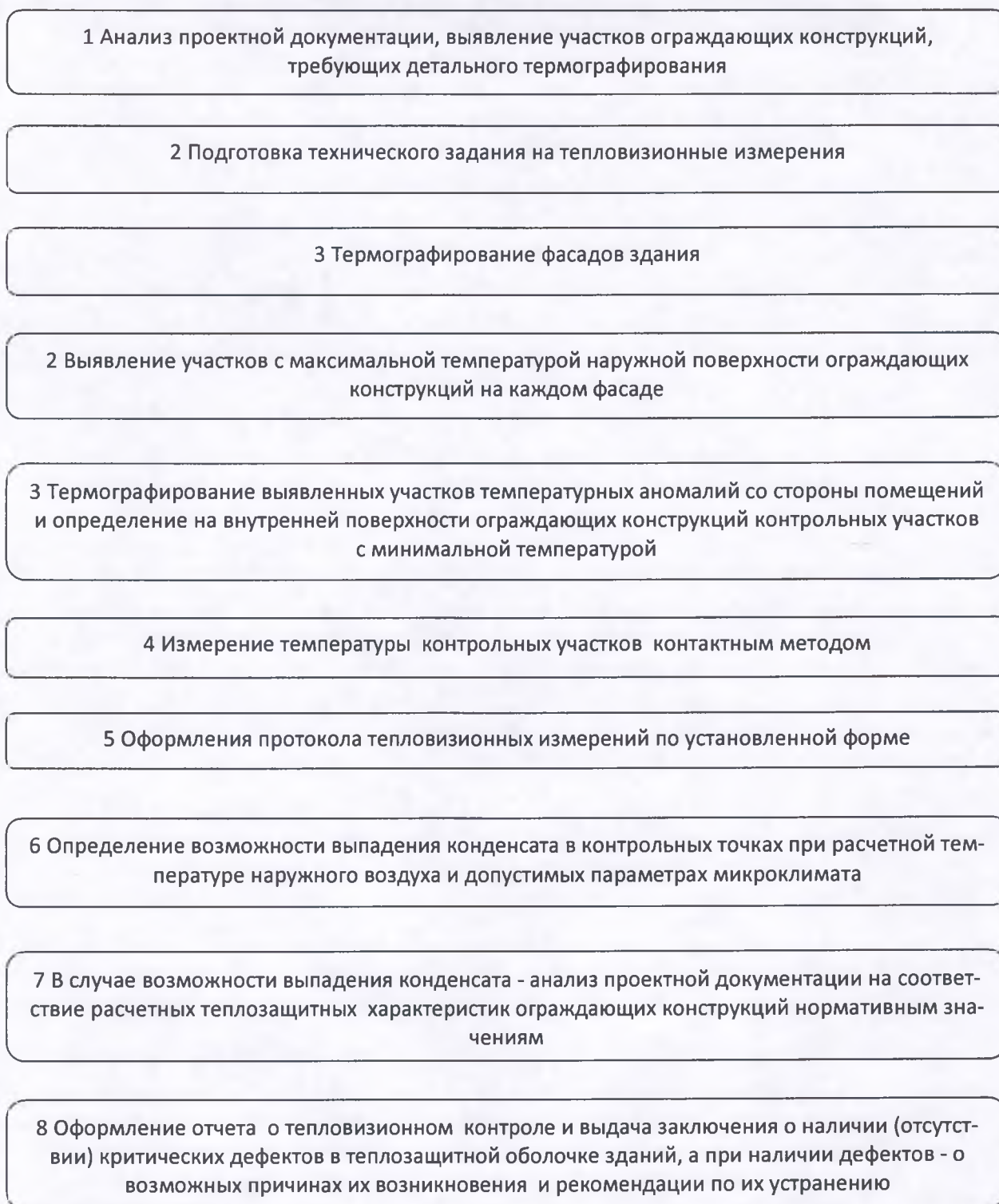


Рисунок 4.1 - Последовательность действий по определению критических дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций зданий с использованием методов термографии



После устранения дефектов проводится повторный тепловизионный контроль в аналогичном порядке.

Заключение по тепловизионному контролю прикладывается к эксплуатационно-техническому паспорту объекта.

В случае выявления дефектов к эксплуатационно-техническому паспорту прикладываются оба заключения - с выявленными дефектами и после их устранения.

5 Требования к точности измерений

Пределы допускаемой погрешности измерений по данной методике:

- абсолютная погрешность измерения температуры воздуха - не более 0,5 °С;
- абсолютная погрешность измерения температуры поверхности контактными средствами - не более 2 °С;
- относительная погрешность измерения скорости ветра - не более 5 %;
- относительная погрешность измерения влажности воздуха - не более 3 %;
- относительная погрешность измерения расстояния - не более 1 %.

Температурная чувствительность тепловизора - не менее 0,1 °С.

Размер тепловизионной матрицы - в соответствии с приложением А в зависимости от расстояния до объекта термографирования.

6 Средства измерений, вспомогательные устройства

При выполнении измерений рекомендуется применять следующие средства измерений и другие технические средства: тепловизор (для визуализации тепловых полей и измерения температуры); цифровой контактный термометр с поверхностным зондом (для измерения температуры поверхности); термогигрометр (для измерения температуры и влажности воздуха; анемометр (для измерения скорости ветра); цифровую фотокамеру (для съемки объекта в оптическом диапазоне); лазерный дальномер (для измерения расстояний); измерительную металлическую рулетку по ГОСТ 7502-98.

Перечень средств измерения и значения их характеристик приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень средств измерений

Средства измерений и их характеристики	Значение характеристик	Модель средства измерения ¹⁾
1. Тепловизор		FLIR 420
Диапазон контролируемых температур, °С	от минус 20 до	



	плюс 100 ²⁾	
Температурная чувствительность, °С , не менее	0,1	
Абсолютная погрешность измерения температуры, °С , не более	2	
Размер тепловизионной матрицы	320 x 240 ³⁾	
2. Термометр контактный		TESTO 905-T2
Диапазон измерений температуры поверхности , °С	от 0 до плюс 30	
Абсолютная погрешность измерения температуры поверхности, °С , не более	1	
3 Термогигрометр		TESTO 635
Диапазон измерений относительной влажности воздуха, %	от 10 до 95	
Относительная погрешность измерения относительной влажности воздуха, % , не более	3	
Диапазон измерений температуры воздуха, °С	от минус 30 до 50	
Абсолютная погрешность измерения температуры воздуха, °С , не более	0,5	
4 Анемометр		TESTO 410-1
Диапазон измерений скорости ветра , м/с	от 0,4 до 6	
Погрешность измерения скорости ветра, м/с, не более	0,2	
Примечания 1) Допускается применение других средств измерения с метрологическими характеристиками не хуже, указанных в таблице 2) Установленное минимальное значение температуры минус 20°С определяет минимальную температуру обследуемой ограждающей конструкции. 3) Размер тепловизионной матрицы должен обеспечивать возможность получения термограммы температурной аномалии наиболее удаленного участка наружной ограждающей конструкции от точки расположения тепловизора размером не более 0,5 x 0,5 м (при размере аномалии 5x5 пикселей) - см приложение А.		

Все средства измерений должны быть допущены к применению на территории Республики Беларусь в соответствии с «Законом об обеспечении единства измерений» и иметь свидетельства о поверке или метрологической аттестации.

В случае невозможности выполнения съемки тепловизором одновременно в инфракрасном и оптическом диапазонах для проведения съемки в оптическом диапазоне следует дополнительно использовать цифровую фотокамеру с матрицей не менее 3Мп.

7 Метод измерений

Метод проведения тепловизионных измерений – в соответствии ГОСТ 26629-85 "Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций"



8 Требования безопасности

При выполнении работ по тепловизионным измерениям следует соблюдать установленные требования безопасности при проведении соответствующих видов работ.

9 Требования к квалификации оператора

9.1 К выполнению измерений допускают лиц прошедших курс обучения по тепловому методу неразрушающего контроля в производственном секторе: строительные материалы, изделия и конструкции перед и в процессе эксплуатации. Специалисты аттестуются в соответствии с правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля.

9.2 Руководитель работ должен иметь квалификацию не ниже II уровня.

10 Условия измерений

При выполнении измерений соблюдают следующие условия.

Тепловизионные измерения производят при перепаде температур между наружным и внутренним воздухом (температурном напоре) не менее 15 °С в течение предшествующих 24 часов.

Остальные требования - в соответствии ГОСТ 26629-85 "Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций"

Линейные размеры подлежащего выявлению аномального участка ограждающей конструкции согласно ГОСТ 26629-85 принимается при контроле внутренней поверхности (0,01 - 0,2) м; при контроле наружной поверхности - (0,2 - 1) м.

11 Подготовка к выполнению измерений

При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы. Изучают техническое задание на проведение тепловизионных измерений.

Составляют технологическую карту обследования с указанием точек съемки и внешних условий (для наружного обследования).

Проверяют работоспособность средств измерений.

12 Выполнение измерений

Измерения производится в следующей последовательности:

1) Термографирование фасадов здания.



2) Выявление участков с максимальной температурой наружной поверхности ограждающих конструкций на каждом фасаде

3) Термографирование выявленных участков температурных аномалий со стороны помещений и определение на внутренней поверхности ограждающих конструкций контрольных участков с минимальной температурой

4) Измерение температуры контрольных участков контактным методом.

Особое внимание при тепловизионных измерениях оказывают узлам взаимного примыканий конструкций (в том числе и светопрозрачных) и участкам, указанным в техническом задании на тепловизионные измерения.

Проводят измерение температуры и скорости ветра наружного воздуха вблизи ограждающей конструкции с целью проверки их соответствия требованиям, установленным в разделе 10. Определяют расстояние до объекта термографирования. Полученные значения заносят в протокол измерений.

Для наружных поверхностей получают панорамные изображения всей площади ограждающих конструкций обследуемого объекта последовательным термографированием отдельных фрагментов ограждающей конструкции для выявления общей картины теплового состояния наружной поверхности (рекомендуемое перекрытие кадров ~15 %).

Термографированию подлежат все фасады здания.

Тепловизор устанавливают на выбранном месте, настраивают и проводят съемку в соответствии с методикой и инструкцией по его эксплуатации. Параллельно проводится фотосъемка термографируемых участков цифровой фотокамерой.

Термографирование поверхности стены по возможности производят в перпендикулярном направлении к стене. Измерения по возможности должны производиться с фиксированного расстояния. На обследуемой поверхности выбирают геометрический репер, которым может служить линейный размер откоса окна, расстояние между стыками панелей ограждающей конструкции.

После получения обзорных термограмм наружной поверхности ограждающей конструкции на каждом фасаде здания выявляются участки, имеющие максимальную температуру.

Для выявленных дефектных участков ограждающих конструкций выполняется термографирование их внутренней поверхности с целью определения участков с минимальной температурой.

На выявленных участках с минимальной температурой выполняют измерения тем-



пературы ограждающей конструкции контактным термометром и результаты измерений заносятся в протокол.

Проводят измерение температуры и влажности воздуха в помещении. Полученные значения заносят в протокол измерений.

Тепловизионные измерения проводятся последовательно с покадровой записью термограмм и одновременной фотосъемкой этих участков цифровой фотокамерой.

Особое внимание при термографировании внутренней поверхности ограждающей конструкции уделяется узлам взаимного примыканий конструкций (в том числе и светопрозрачных).

В случае если здание имеет систему утепления типа "вентилируемый фасад" наружному термографированию подвергаются места примыкания светопрозрачных конструкций. Внутреннее термографирование производится для всех угловых помещений первого и последнего этажей здания.

В случае обнаружения дефектов проводится сплошное термографирование внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций во всех помещениях здания.

13 Оформление результатов измерений

По результатам тепловизионных измерений оформляется протокол установленного образца в соответствии с приложением Г.

В качестве приложения к протоколу должны быть в обязательном порядке представлены на цифровом носителе файлы съемок объекта и его участков в инфракрасном и оптическом диапазонах, причем файлы съемок в инфракрасном диапазоне должны быть представлены в двух следующих вариантах.

- 1) Только термограммы без дополнительной информации.
- 2) Термограммы с отмеченными контрольными точками с максимальными значениями температуры при съемке наружных поверхностей ограждающих конструкций и минимальными значениями температуры при съемке внутренних поверхностей ограждающих конструкций.

Все термограммы должны иметь пояснения.

Формат файла съемки в инфракрасном диапазоне - радиометрический.

Формат файла съемки в оптическом диапазоне - "jpeg".



14 Обработка результатов измерений

Обработку результатов тепловизионных измерений осуществляет специализированная организация по обследованию зданий и сооружений.

На основании предоставленного протокола тепловизионных измерений организация по обследованию зданий и сооружений выполняет расчеты с целью определения возможности выпадения конденсата в контрольных точках на внутренней поверхности ограждающих конструкций (включая узлы примыкания светопрозрачных конструкций и стыки элементов ограждающих конструкций) при расчетной температуре наружного воздуха и допустимых параметрах микроклимата помещений.

Расчетная температура наружного воздуха определяется по СНБ 4.02.01-03, приложение Е (параметры Б).

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха и наибольшей допустимой температуре воздуха помещений определяется по формуле (14.1)

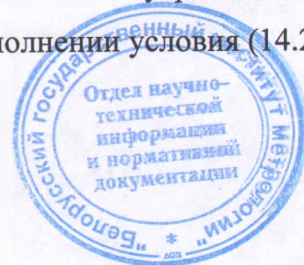
$$t_{впок}^p = t_{в}^{\partial} - \frac{t_{в}^{изм} - t_{впок}^{изм}}{t_{в}^{изм} - t_{н}^{изм}} \cdot (t_{в}^{\partial} - t_{н}^p) \quad (14.1)$$

где

- $t_{впок}^p$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха, °С
- $t_{в}^{изм}$ - измеренная температура воздуха в помещении, °С
- $t_{впок}^{изм}$ - измеренная температура внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С
- $t_{н}^{изм}$ - измеренная температура наружного воздуха, °С
- $t_{н}^p$ - расчетная температура наружного воздуха, °С
- $t_{в}^{\partial}$ - наибольшая допустимая температура воздуха в помещении, °С

Для наибольшей допустимой температуры воздуха в помещении и при допустимой влажности (в соответствии с ГОСТ 30494-96) определяется температура точки росы $t_{т.р.}^{\partial}$, °С, (см. Приложение Б).

Критерием отсутствия конденсата является превышение значением $t_{впок}^p$ температуры точки росы $t_{т.р.}^{\partial}$ на величину не менее абсолютной погрешности $\delta(t_{впок}^p)$ вычисления $t_{впок}^p$ (см. Приложение А), т.е. при расчетной температуре наружного воздуха и наибольшей допустимой температуре воздуха помещений конденсат на внутренней поверхности ограждающей конструкции будет отсутствовать при выполнении условия (14.2).



$$t_{\text{впок}}^p > t_{\text{т.р.}}^{\delta} + \delta(t_{\text{впок}}^p), \quad (14.2)$$

Наибольшие допустимые значения температуры, относительной влажности и температуры точки росы в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий для холодного периода года в соответствии с ГОСТ 30494-96, а также таблица значений температуры точки росы в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха помещений приведены в приложении Б.

В случае обнаружения возможности выпадения конденсата организация по обследованию зданий и сооружений выполняет анализ проектной документации на соответствие расчетных теплозащитных характеристик ограждающих конструкций нормативным значениям.

Проектная организация по требованию организации по обследованию зданий и сооружений предоставляет трехмерные температурные поля участков, на которых возможно выпадение конденсата, а так же иную дополнительную информацию, касающуюся существа вопроса.

В случае не соответствия расчетных теплозащитных характеристик ограждающих конструкций нормативным значениям проектной организации выдаются рекомендации по их приведению к нормативным значениям.

В случае соответствия расчетных теплозащитных характеристик ограждающих конструкций нормативным значениям организация по обследованию зданий и сооружений с участием заинтересованных проводит вскрытие дефектного участка для более детального определения причины возникновения дефекта и способа его устранения.

15 Контроль погрешности результатов измерений

15.1 Средства измерений, применяемые при измерениях, должны быть поверены в соответствии с ТКП 8.003.

15.2 Периодичность поверки всех средств измерений: согласно эксплуатационной документации на приборы.

15.3 Внеочередную поверку средств измерений проводят в соответствии с ТКП 8.003



16 Оформление результатов тепловизионного контроля

По результатам тепловизионного контроля организация по обследованию зданий и сооружений оформляет отчет с выдачей заключения установленного образца в соответствии с действующими нормативными правовыми актами о состоянии теплозащитной оболочки зданий на предмет наличия критических дефектов.

К отчету должен прилагаться протокол тепловизионных измерений.

Форма отчета приведена в приложении Д



Приложение А

(справочное)

Зависимость минимального размера температурной аномалии от расстояния до объекта и размера тепловизионной матрицы

Типы тепловизоров																			
Характеристики	1			2			3			4			5			6			
	Гориз.	Верт.		Гориз.	Верт.		Гориз.	Верт.		Гориз.	Верт.		Гориз.	Верт.		Гориз.	Верт.		
Размер матрицы, пиксели	60	60		100	100		160	120		320	240		480	360		640	480		
Угол зрения, градусы	12,5	12,5		26	21		25	19		25	19		15	11		12	9		
Общее количество пикселей матрицы	3600			10000			19200			76800			172800			307200			
Процент площади матрицы, приходящейся на 1 пиксель	0,028			0,01			0,0052			0,0013			0,0006			0,0003			
Минимальный размер определяемой аномалии*																			
	1			2			3			4			5			6			
	Гориз.	Верт.	Площ	Гориз.	Верт.	Площ	Гориз.	Верт.	Площ	Гориз.	Верт.	Площ	Гориз.	Верт.	Площ	Гориз.	Верт.	Площ	
Расстояние до объекта, м	см	см	кв.см	см	см	кв.см	см	см	кв.см	см	см	кв.см	см	см	кв.см	см	см	кв.см	
1	1,83	1,83	0,67	2,31	1,85	0,86	1,39	1,39	0,39	0,69	0,70	0,10	0,27	0,27	0,01	0,16	0,16	0,01	
5	9,13	9,13	16,66	11,54	9,27	21,39	6,93	6,97	9,66	3,46	3,49	2,42	1,37	1,34	0,37	0,82	0,82	0,13	
10	18,25	18,25	66,63	23,09	18,53	85,58	13,86	13,95	38,64	6,93	6,97	9,66	2,74	2,67	1,47	1,64	1,64	0,54	
20	36,51	36,51	266,54	46,17	37,07	342,31	27,71	27,89	154,58	13,86	13,95	38,64	5,49	5,35	5,87	3,28	3,28	2,15	
30	54,76	54,76	599,71	69,26	55,60	770,20	41,57	41,84	347,80	20,78	20,92	86,95	8,23	8,02	13,20	4,93	4,92	4,85	
40	73,01	73,01	1066,15	92,35	74,14	1369,24	55,42	55,78	618,32	27,71	27,89	154,58	10,97	10,70	23,48	6,57	6,56	8,62	
50	91,26	91,26	1665,85	115,43	92,67	2139,44	69,28	69,73	966,12	34,64	34,86	241,53	13,71	13,37	36,68	8,21	8,20	13,46	
60	109,52	109,52	2398,83	138,52	111,20	3080,80	83,14	83,67	1391,21	41,57	41,84	347,80	16,46	16,05	52,82	9,85	9,84	19,39	
Процент площади матрицы, приходящейся на аномалию	0,14			0,05			0,03			0,01			0,003			0,002			
*Примечание. Количество пикселей на аномалию																			
				5															



Приложение Б (справочное)

Расчет погрешности определения температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха

Формулу (14.1) для определения температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха и наибольшей допустимой температуре воздуха помещений запишем в виде:

$$q = a + q_1, \quad (\text{Б.1})$$

где

$$q_1 = \frac{b \cdot x}{y}, \quad (\text{Б.2})$$

В формулах (Б.1) и (Б.2) обозначено:

$q = t_{\text{впок}}^p$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха, °С;

$a = t_{\text{в}}^{\text{до}}$ - наибольшая допустимая температура воздуха в помещении, °С;

$b = t_{\text{в}}^{\text{до}} - t_{\text{н}}^p$ - разность между наибольшей допустимой температурой воздуха в помещении и расчетной температурой наружного воздуха, °С;

$x = t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{впок}}^{\text{изм}}$ - разность между измеренной температурой воздуха в помещении и измеренной температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С;

$y = t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{изм}}$ - разность между измеренной температурой воздуха в помещении и измеренной температурой наружного воздуха, °С.

Так как абсолютная погрешность суммы (разности) величин равна сумме абсолютных погрешностей величин [1], то абсолютная погрешность δq величины q равна

$$\delta q = \delta a + \delta q_1, \quad (\text{Б.3})$$

Так как величина a – величина постоянная, то

$$\delta a = 0, \quad (\text{Б.4})$$

Из (Б.3) и (Б.4) следует:

$$\delta q = \delta q_1, \quad (\text{Б.5})$$

В свою очередь относительная погрешность величины q_1 равна [1]:



$$\frac{\delta q_1}{q_1} = \frac{\delta x}{|x|} + \frac{\delta y}{|y|}, \quad (\text{Б.6})$$

Пусть абсолютная погрешность прибора для измерения температуры воздуха равна δ_1 , а абсолютная погрешность прибора для измерения температуры поверхности ограждающей конструкции – δ_2 . Тогда с учетом обозначений величин x и y получаем:

$$\delta x = \delta_1 + \delta_2, \quad (\text{Б.7})$$

$$\delta y = 2 \cdot \delta_1, \quad (\text{Б.8})$$

Из выражений Б.5 – Б.8 для абсолютной погрешности величины q получаем:

$$\delta q = q_1 \cdot \left(\frac{\delta_1 + \delta_2}{|x|} + \frac{2 \cdot \delta_1}{|y|} \right), \quad (\text{Б.9})$$

С учетом принятых обозначений для абсолютной погрешности определения температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции при расчетной температуре наружного воздуха из (Б.9) получаем:

$$\delta t_{\text{впок}}^p = \frac{t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{впок}}^{\text{изм}}}{t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{изм}}} \cdot (t_{\text{в}}^{\text{д}} - t_{\text{н}}^p) \cdot \left(\frac{\delta_1 + \delta_2}{|t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{впок}}^{\text{изм}}|} + \frac{2 \cdot \delta_1}{|t_{\text{в}}^{\text{изм}} - t_{\text{н}}^{\text{изм}}|} \right), \quad (\text{Б.10})$$

Пример 1 расчета:

Пусть в процессе измерений получены следующие результаты:

$$t_{\text{в}}^{\text{изм}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{н}}^{\text{изм}} = -10 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{впок}}^{\text{изм}} = 14 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Расчетные значения:

$$t_{\text{н}}^p = -24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{в}}^{\text{д}} = 24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{м.р.}}^{\text{д}} = 15,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Приборные погрешности:

$\delta_1 = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, Прибор измерения температуры воздуха TESTO 635;

$\delta_2 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, Прибор измерения температуры поверхности TESTO 905-T2;



По формуле 14.1 находим

$$t_{\text{впок}}^p = 24 - \frac{20 - 14}{20 + 10} \cdot (24 + 24) = 14,4 \text{ } ^\circ\text{C};$$

По формуле (Б.10) находим:

$$\delta t_{\text{впок}}^p = \frac{20 - 14}{20 + 10} \cdot (24 + 24) \cdot \left(\frac{0,5 + 1}{|20 - 14|} + \frac{2 \cdot 0,5}{|20 + 10|} \right) = 2,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Проверяем критерий отсутствия конденсата по условию (14.2).

$$t_{\text{м.р.}}^{\partial} + \delta t_{\text{впок}}^p = 15,8 + 2,7 = 18,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так как $t_{\text{впок}}^p = 14,4 < t_{\text{м.р.}}^{\partial} + \delta t_{\text{впок}}^p = 18,5$, условие (14.2) не выполняется,

Следовательно, при расчетной температуре наружного воздуха и при наибольшей допустимой температуре и допустимой влажности воздуха помещения на внутренней поверхности ограждающей конструкции **возможно** выпадение конденсата.

Пример 2

$$t_{\text{в}}^{\text{изм}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{н}}^{\text{изм}} = -10 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{впок}}^{\text{изм}} = 16 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Расчетные значения:

$$t_{\text{н}}^p = -24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{в}}^{\partial} = 24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{м.р.}}^{\partial} = 15,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Приборные погрешности:

$\delta_1 = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, Прибор измерения температуры воздуха TESTO 635;

$\delta_2 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, Прибор измерения температуры поверхности TESTO 905-T2;

По формуле 14.1 находим

$$t_{\text{впок}}^p = 24 - \frac{20 - 16}{20 + 10} \cdot (24 + 24) = 17,6 \text{ } ^\circ\text{C};$$

По формуле (А.10) находим:



$$\delta t_{\text{впок}}^P = \frac{20 - 16}{20 + 10} \cdot (24 + 24) \cdot \left(\frac{0.5 + 1}{|20 - 16|} + \frac{2 \cdot 0.5}{|20 + 10|} \right) = 2,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Проверяем критерий отсутствия конденсата по условию (14.2).

$$t_{\text{т.р.}}^{\partial} + \delta t_{\text{впок}}^P = 15,8 + 2,6 = 18,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так как $t_{\text{впок}}^P = 17,6 < t_{\text{т.р.}}^{\partial} + \delta t_{\text{впок}}^P = 18,4$, условие (14.2) не выполняется,

Следовательно, при расчетной температуре наружного воздуха и при наибольшей допустимой температуре и допустимой влажности воздуха помещения на внутренней поверхности ограждающей конструкции **возможно** выпадение конденсата.

Пример 3

$$t_{\text{в}}^{\text{УЗМ}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{н}}^{\text{УЗМ}} = -10 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{впок}}^{\text{УЗМ}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Расчетные значения:

$$t_{\text{н}}^P = -24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{в}}^{\partial} = 24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{т.р.}}^{\partial} = 15,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Приборные погрешности:

$\delta_1 = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, Прибор измерения температуры воздуха TESTO 635;

$\delta_2 = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$, Тепловизор;

По формуле 12.1 находим

$$t_{\text{впок}}^P = 24 - \frac{20 - 18}{20 + 10} \cdot (24 + 24) = 20,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

По формуле (Б.10) находим:

$$\delta t_{\text{впок}}^P = \frac{20 - 18}{20 + 10} \cdot (24 + 24) \cdot \left(\frac{0.5 + 2}{|20 - 18|} + \frac{2 \cdot 0.5}{|20 + 10|} \right) = 4,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Проверяем критерий отсутствия конденсата по условию (14.2).

$$t_{\text{т.р.}}^{\partial} + \delta t_{\text{впок}}^P = 15,8 + 4,1 = 19,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так как $t_{\text{впок}}^P = 20,8 > t_{\text{т.р.}}^{\partial} + \delta t_{\text{впок}}^P = 19,9$, условие (14.2) выполняется.



Следовательно, при расчетной температуре наружного воздуха и при наибольшей допустимой температуре и допустимой влажности воздуха помещения на внутренней поверхности ограждающей конструкции конденсат **будет отсутствовать**.

Литература

- [1] Дж. Тейлор, Введение в теорию ошибок. Пер. с англ., М., Мир, 1985, с. 272



Приложение В

Графики зависимости точки росы от относительной влажности воздуха при температурах внутреннего воздуха, соответствующих минимальному и максимальному допустимому значению в соответствии с ГОСТ 30494-96

(справочное)

Таблица Б.1 – Наибольшие допустимые значения температуры, относительной влажности и температуры точки росы в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Период года	Наименование помещений	Наибольшая допустимая температура воздуха, °С	Допустимая относительная влажность, не более, %	Температура точки росы, °С
Холодный	Жилая комната	24 (24)	60	15,8
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	24 (24)	60	15,8
	Кухня	26	НН	-
	Туалет	26	НН	-
	Ванная, совмещенный санузел	26	НН	-
	Помещения для отдыха и учебных занятий	24	60	15,8
	Межквартирных коридор	22	60	13,9
	Вестибюль, лестничная клетка	20	НН	-
	Кладовая	22	НН	-
*) НН – Не нормируется.				
Примечание – Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов				



Таблица Б2 Зависимость температуры точки росы от относительной влажности воздуха при различных температурах внутреннего воздуха помещений

Температура воздуха помещений, °C	Относительная влажность воздуха, %											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Температура точки росы, °C											
18	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2	18
19	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,3	16,4	17,3	18,2	19
20	7,7	9,3	10,7	12	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2	20
21	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2	21
22	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,1	22
23	10,4	12	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,1	23
24	11,3	12,9	14,4	15,8	17	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1	24
25	12,2	13,9	15,3	16,7	18	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1	25
26	13,1	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1	26



Протокол измерений № _____
от _____
(дата)

Страница _____
Всего _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Форма протокола тепловизионных измерений
(обязательное)

(полное наименование организации)

УТВЕРЖДАЮ

(полное наименование аккредитованной лаборатории)
аккредитована Государственным предприятием «БГЦА»
на соответствие требованиям
СТБ ИСО/МЭК 17025-2007
в сфере проведения испытаний

(должностное лицо)

(ФИО)

« ____ » _____
(дата)

М.П.

(номер аттестата аккредитации, срок действия)

(адрес, телефон аккредитованной лаборатории)

ПРОТОКОЛ
тепловизионных измерений

№ регистрации _____

(дата)

Основание для проведения испытаний: х/д № _____

Наименование испытаний: тепловизионные измерения

Объект контроля: Здание (квартира, помещение)

Адрес объекта контроля: _____

Описание объекта контроля: В соответствии с ТЗ х/д

ТНПА, устанавливающие требования к объекту контроля: ТКП 45-2.04-43-2006
«Строительная теплотехника»

Наименование ТНПА на методы испытаний: МВИ.МН XXXX

Заказчик, адрес: _____

Место проведения измерений: _____

**Наименование документа отбора проб, наименование
организации:** _____

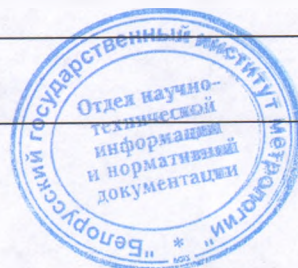
(номер акта, наименование организации)

Условия проведения измерений:

- дата и время проведения измерений _____;
- температура наружного воздуха _____;
- скорость ветра менее _____;
- облачность _____;

(сплошная, переменная, ясно)

- средняя температура воздуха за предыдущие сутки _____;



Средства измерений, применяемые при проведении измерений

Наименование испытательного оборудования, средств измерений	Заводской (инвентарный) номер	Номер свидетельства о поверке (аттестации)	Срок действия свидетельства (аттестата)
1	2	3	4

Дата проведения измерений _____
(продолжительность измерений -начало и конец)

Результаты тепловизионных измерений

Термограммы фасадов здания приведены в Приложении А. Обозначения фасадов - в соответствии с проектной документацией.

Термограммы фрагментов наружных поверхностей ограждающих конструкций с максимальными температурами приведены в Приложении Б.

Термограммы фрагментов внутренних поверхностей ограждающих конструкций с минимальными температурами приведены в Приложении В.

Схемы обследованных участков ограждающих конструкций приведены в Приложении Г.

Результаты измерений

№ фрагмента термограммы аномального участка	Линейные размеры аномального участка, м	Температура внутреннего воздуха в зоне исследуемого фрагмента, °С	Температура наружного воздуха в зоне исследуемого фрагмента, °С	Температура внутренней поверхности аномального участка, измеренная контактным термометром, °С
1	2	3	4	5



Протокол измерений № ____
от _____
(дата)

Страница ____
Всего ____

Испытания провели:
Испытания провели:

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Протокол проверил:

Заведующий лабораторией

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

В состав протокола включены:

Приложение А – Термограммы фасадов здания;

Приложение Б – Термограммы фрагментов наружных поверхностей ограждающих конструкций с максимальными температурами;

Приложение В – Термограммы фрагментов внутренних поверхностей ограждающих конструкций с минимальными температурами;

Приложение Г – Схемы обследованных участков ограждающих конструкций.

Протокол оформлен на ____ страницах в 2-х экземплярах, один из которых направлен Заказчику – _____

(наименование организации заказчика)

Официальное размножение протокола возможно только с разрешения

(наименование лаборатории проводившей измерения)



Приложение Д

Форма отчета о тепловизионном контроле

(обязательное)

Отчет должен содержать следующую информацию.

- сведения, необходимые для идентификации объекта, его адрес, дату проведения тепловой модернизации либо дату завершения возведения, цель тепловизионного контроля (первичный, повторный);
- анализ проектной документации, выявление участков ограждающих конструкций, требующих детального термографирования;
- техническое задание аккредитованной лаборатории на проведение тепловизионных измерений;
- анализ данных тепловизионных измерений;
- обработка данных тепловизионных измерений в соответствии с данной методикой;
- выводы;
- рекомендации по устранению критических дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций (при их наличии);
- список исполнителей работ.

Приложение А. Протокол тепловизионных измерений.

Приложение Б. Заключение по результатам теплотехнического обследования установленного образца в соответствии с действующими нормативными правовыми актами.

