ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59939— 2021

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Метод определения сопротивления теплопередаче в натурных условиях

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

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 7 декабря 2021 г. № 1727-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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», 2022

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 Определение сопротивления теплопередаче в стационарных и квазистационарных условиях (метод 1) 3
5.1 Сущность метода 3
5.2 Выбор фрагментов конструкций (термически однородных зон) для проведения измерений 4
5.3 Аппаратура и оборудование 5
5.4 Подготовка к испытаниям 5
5.5 Проведение испытаний 7
5.6 Обработка результатов 7
5.7 Оценка погрешности измерений 9
6 Определение сопротивления теплопередаче в нестационарных натурных условиях (метод 2) 10
6.1 Выбор фрагментов конструкций для проведения измерений 10
6.2 Аппаратура и оборудование 10
6.3 Подготовка к испытаниям 10
6.4 Проведение испытаний 12
6.5 Обработка результатов 13
6.6 Оценка погрешности измерений 14
7 Оформление результатов испытаний и составление отчета 16
8 Требования безопасности 16
Приложение А (обязательное) Рекомендации по выбору фрагментов термически однородных зон и схемы расстановки датчиков температуры и тепловых потоков для проведения натурных испытаний 17
Библиография 20

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Метод определения сопротивления теплопередаче в натурных условиях

Buildings and structures. Method for determining the resistance to heat transfer in field conditions

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на непрозрачные ограждающие конструкции, отделяющие помещения здания от наружной среды или разделяющие помещения с различными температурно-влажностными условиями.

В настоящем стандарте рассмотрены два типа ограждений. Первый тип ограждений относится к оболочке здания и взаимодействует с наружной средой климатического района строительства (наружные стены, покрытия, перекрытия чердачные, цокольные и над подъездами, контактирующие с наружным грунтом). Ко второму типу ограждений относятся внутренние стены и перекрытия, разделяющие помещения с различными температурно-влажностными условиями эксплуатации.

Настоящий стандарт устанавливает метод определения в натурных условиях сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и температур на их внутренних поверхностях при сдаче объектов в эксплуатацию (новое строительство, реконструкция) и для оценки их теплозащитных свойств в течение всего жизненного цикла объектов в натурных условиях.

Настоящий стандарт не распространяется на светопрозрачные ограждающие конструкции.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 6416 Термографы метеорологические с биметаллическим чувствительным элементом. Технические условия

ГОСТ 6651 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 7502 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

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

ГОСТ 28243 Пирометры. Общие технические требования

ГОСТ 31937 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ Р 54852—2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций

ГОСТ Р 54853—2011 Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера.

ГОСТ Р 54858—2011 Конструкции фасадные светопрозрачные. Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче

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

Издание официальное

ГОСТ Р 59149 Окна и двери. Метод определения теплотехнических характеристик в натурных условиях

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

СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов 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 положение 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 сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 54852, ГОСТ Р 54853 и СП 50.13330, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **квазистационарный процесс теплопередачи:** Установившийся физический процесс, в ходе которого колебания температуры наружной, внутренней поверхностей не превышают 1,0 °С, а измеряемая плотность теплового потока изменяется во времени не более чем на 10 %.

3.2 **обследование технического состояния ограждающих конструкций:** Оценка фактических значений контролируемых параметров ограждающих конструкций и их элементов, характеризующих работоспособность объекта согласно ГОСТ 31937.

3.3 **стационарный процесс теплопередачи:** Установившийся физический процесс, в ходе которого колебания температуры наружной и внутренней поверхностей не превышают 0,5 °С, а измеряемая плотность теплового потока изменяется во времени не более чем на 5 %.

3.4 **теплотехнически (термически) однородная зона ограждающей конструкции:** Зона ограждающей конструкции, в которой температура любой точки отличается от средней температуры всей зоны не более чем на 10 %.

3.5 **термопаста**: Многокомпонентный кремнийорганический состав с высокой теплопроводностью, вязкостью и липучестью, предназначенный для обеспечения контакта между датчиками температуры или теплового потока с поверхностями конструкций.

3.6

теплый период года: Период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше 8 °С.

[ГОСТ 30494—2011, пункт 2.12]

3.7 **фактическое приведенное сопротивление теплопередаче:** Значение приведенного сопротивления теплопередаче, полученное по результатам натурных испытаний ограждающей конструкции.

3.8 **фрагмент наружной ограждающей конструкции:** Участок (часть) ограждающей конструкции, состоящий из наиболее распространенных конструктивных решений испытуемого объекта, содержащий одну или более термически однородных зон.

3.9

холодный период года: Период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 8 °С и ниже.

[ГОСТ 30494—2011, пункт 2.13]

4 Общие положения

В настоящем стандарте учтены требования федеральных законов [1] и [2].

Настоящий стандарт разработан с целью определения в натурных условиях сопротивления теплопередаче и температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) для получения количественной информации о теплотехнических характеристиках зданий и сооружений, их соответствии СП 50.13330.2012, оценке реальных потерь теплоты через ограждающие конструкции зданий, проверке проектных конструктивных решений и их реализации в построенных зданиях и сооружениях.

Теплотехнические характеристики светопрозрачных ограждающих конструкций в натурных условиях определяют согласно ГОСТ Р 59149.

Определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций отапливаемых зданий (в условиях эксплуатации) проводят в зимний, осенний или весенний периоды при отрицательных температурах, обеспечивая непрерывную регистрацию измеряемых параметров (теплового потока, температуры на внутренней и наружной поверхностях однородных зон, температуры внутреннего и наружного воздуха).

Настоящий стандарт устанавливает требования к методам испытаний, используемой аппаратуре и обработке результатов измерений.

5 Определение сопротивления теплопередаче в стационарных и квазистационарных условиях (метод 1)

5.1 Сущность метода

5.1.1 Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в натурных условиях (стационарного и квазистационарного условий теплопередачи) заключается в:

- измерении температуры на внутренних и наружных поверхностях, плотности теплового потока через однородные зоны при наличии разности температуры на их внутренней и наружной поверхностях;
- расчете термических сопротивлений однородных зон;
- расчете приведенного термического сопротивления ограждающих конструкций;
- расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с учетом условий теплообмена;
- измерении температуры в характерных зонах внутренней поверхности с целью оценки ее соответствия нормам проектирования, требованиям СП 50.13330.2012 и предотвращения образования конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

5.1.2 Сопротивление теплопередаче R_0 однородной ограждающей конструкции характеризует ее способность оказывать сопротивление проходящему через нее тепловому потоку для одно- или многослойных участков ограждающих конструкций, не содержащих по площади теплотехнические неоднородности, нарушающие равномерность прохождения теплового потока через ограждение.

5.1.3 Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$ определяют для теплотехнически неоднородных ограждающих конструкций, выполненных из различных строительных материалов и имеющих неоднородные участки (ребра, шпонки, стержневые связи, пронзающие теплоизолирующие слои), стыки и другие теплопроводные включения.

5.1.4 Метод определения сопротивления теплопередаче основан на статистической обработке большого числа результатов измерений температуры поверхностей испытуемой конструкции, окружающей воздушной среды и плотности теплового потока, проходящего через ограждающие конструкции в натурных условиях.

5.1.5 Метод определения сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции отапливаемого здания в натурных условиях заключается в том, что на внутренних и наружных поверхностях и в примыкающих к ним воздушных средах устанавливают датчики температуры и термопары или терморезисторы и тепломеры (преобразователи теплового потока).

По результатам средних за расчетный период измерений значений температуры и плотности теплового потока сопротивление теплопередаче R_0, м^{2}·°С/Вт, для термически однородной зоны ограждающей конструкции вычисляют по формуле

$$R_0 = R_в + R_к + R_н = (t_в - \tau_в) / \bar{q} + (\tau_в - \tau_н) / \bar{q} + (\tau_н - t_н) / \bar{q} = (t_в - t_н) / \bar{q}, \quad (1)$$

где $R_в$, $R_н$ — сопротивление теплопередаче соответственно внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт;

$R_к$ — термическое сопротивление однородной зоны ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт;

$t_в$, $t_н$ — средние за расчетный период измерений значения температур соответственно внутреннего и наружного воздуха, °С;

$\tau_в$, $\tau_н$ — средние за расчетный период измерений значения температур соответственно внутренней и наружной поверхностей, °С;

$\bar{q}$ — средняя за расчетный период измерения фактическая плотность теплового потока, Вт/м^2.

5.1.6 Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$, м^2·°С/Вт, ограждающей конструкции, имеющей неравномерность температуры поверхности, вычисляют по формуле

$$R_0^{пр} = A / (\sum A_i / R_{0i}), \quad (2)$$

где A — площадь испытуемой ограждающей конструкции, м^2;

A_i — площадь характерной изотермической зоны, определяемой планиметрированием по результатам термографирования фрагмента испытуемой конструкции, м^2;

R_{0i} — сопротивление теплопередаче характерной зоны, м^2·°С/Вт, определяемое по формуле (1).

5.1.7 Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяют при проведении мероприятий по оценке соответствия (строительному контролю) для сравнения полученного по результатам испытаний значения сопротивления теплопередаче требованиям проектной и нормативной документации.

Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции используют при оценке соответствия проектным решениям (строительный контроль) и определении класса энергосбережения зданий.

5.2 Выбор фрагментов конструкций (термически однородных зон) для проведения измерений

5.2.1 В качестве испытуемого образца наружного ограждения для проведения измерений отбирают наружные ограждающие конструкции эксплуатируемых или полностью подготовленных к сдаче в эксплуатацию зданий и сооружений или специально построенных натурных образцов.

5.2.2 Для проведения натурных испытаний выбирают наружные ограждающие конструкции, ориентированные на север, северо-восток или северо-запад и дополнительно, в соответствии с решаемыми задачами, удовлетворяющие следующим требованиям:

- для натурных испытаний выбирают не менее двух однотипных ограждающих конструкций, выполненных по одному конструктивному решению, с внутренней стороны которых в помещениях поддерживаются одинаковые температурно-влажностные условия;
- для натурных испытаний выбирают преимущественно угловые помещения на первом, среднем и верхнем этажах, ориентированные преимущественно на север, на совмещенных покрытиях (чердачных перекрытиях); на фрагментах перекрытия первого этажа (подвала).

5.2.3 Сопротивление теплопередаче определяют для термически однородных зон ограждающих конструкций или их фрагментов.

5.2.4 Подбор термически однородных зон (фрагментов) должен наиболее полно характеризовать теплозащиту здания. С этой целью для проведения натурных испытаний необходимо подбирать фрагменты наружных ограждающих конструкций наиболее распространенных конструктивных решений испытуемого объекта.

5.2.5 Рекомендации по выбору термически однородных зон (фрагментов) наружных ограждающих конструкций приведены в приложении А.

5.2.6 При проведении натурных испытаний фрагментов наружных ограждающих конструкций, содержащих более одной однородной зоны, фрагмент делят на термически однородные зоны и испытания проводят для каждой из них отдельно.

5.3 Аппаратура и оборудование

5.3.1 Для проведения испытаний используют аппаратуру, внесенную в [3], поверенную надлежащим образом.

5.3.2 Для измерения плотности тепловых потоков используют следующее оборудование:

- ИТП-МГ 4.03 «Поток» или «Теплограф», в состав которых входят преобразователи теплового потока и датчики температуры;
- измерители теплопроводности и температуры многоканальные ИТ-2 (16—96 каналов), предназначенные для измерения напряжения, мВ, а также плотности теплового потока, Вт/м^2, и температуры, °С, в комплекте с датчиками плотности теплового потока и температуры, обеспечивающими передачу данных на персональные компьютеры;
- аналогичные измерители температуры (термопары и термосопротивления по ГОСТ 6651) и тепловых потоков, включая универсальные мультиметры, оснащенные необходимыми датчиками фиксации, записи и передачи данных, обеспечивающие требуемую точность измерений и соответствующие требованиям 5.3.1.

5.3.3 Для непрерывной регистрации характера изменения температуры воздуха в помещении применяют термографы по ГОСТ 6416 или аналогичные по регистрируемым параметрам измерительные приборы и комплексы, соответствующие требованиям 5.3.1.

Примечание — Нижний предел измерения плотности теплового потока прибором ИТП-МГ4.03 «Поток» составляет 10 Вт/м^2. Предел допускаемой основной относительной погрешности измерений плотности теплового потока составляет 6 %. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры составляет 0,2 °С. Предел допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений плотности теплового потока, вызванной отклонением температуры от 20 °С, составляет 0,5 %. Предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений температуры, вызванной отклонением температуры электронного блока и модулей от 20 °С, составляет 0,05 °С.

5.3.4 Для измерения скорости ветра и температуры наружного воздуха применяют термоанемометры или аналогичные по регистрируемым параметрам измерительные приборы и комплексы, соответствующие требованиям 5.3.1.

5.3.5 Для измерения атмосферного давления применяют барометры или аналогичные по регистрируемым параметрам измерительные приборы и комплексы, соответствующие требованиям 5.3.1.

5.3.6 Для оперативного контроля температурного поля исследуемых поверхностей ограждающих конструкций используют тепловизоры, пирометры по ГОСТ 28243 и контактные термометры, соответствующие требованиям 5.3.1.

5.4 Подготовка к испытаниям

5.4.1 Подготовку к определению приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания в натурных условиях начинают с изучения проектной документации и ознакомления с температурно-влажностным состоянием обследуемого объекта.

5.4.2 Составляют программу испытаний, в которой определяют ориентировочные сроки, объем испытаний, виды и число ограждающих конструкций.

5.4.3 Проводят обследование технического состояния выбранных для испытаний наружных ограждающих конструкций согласно ГОСТ 31937.

5.4.4 Проводят термографическое обследование с целью определения термически однородных зон и схемы расстановки датчиков температуры и тепловых потоков для проведения натурных испытаний. Схему расстановки датчиков определяют и кооректируют согласно приложению А.

5.4.5 Рекомендуется перед проведением термографического обследования с целью определения термически однородных зон проводить предварительный анализ температурных полей и оценку теплотехнических характеристик заложенных в проектных решениях конструктивных решений с помощью расчетных методов СП 50.13330.2012.

5.4.6 При обнаружении дефектов отдельных элементов конструкций составляют дефектную ведомость с детальным описанием обнаруженных дефектов, их характера и местоположения на конструкции.

5.4.7 Необходимые условия для проведения измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания:

- холодный период года;

- стабильное функционирование системы отопления здания. Во всем объеме здания за 10 сут до начала испытаний и в течение всего периода испытаний должна функционировать система отопления, поддерживающая перепад между температурой внутреннего и наружного воздуха. Температура воздуха в помещениях во время измерений должна быть не ниже 15 °С. В исключительных случаях допускается проведение испытаний при отключенных стояках отопления на лестничных клетках при условии, что это не окажет влияния на результаты испытаний;

- возможность установки в запираемых помещениях на испытуемые ограждающие конструкции измерительной аппаратуры, регистрирующей в автономном режиме теплотехнические параметры в течение периода испытаний;

- не допускается отключение системы отопления, вход-выход в помещения с установленной измерительной аппаратурой, проведение работ, сопровождающихся выделением тепла вблизи испытуемых конструкций.

5.4.8 Минимальный перепад между температурой внутреннего и наружного воздуха $\Delta t_{min} = t_в - t_н$, °С, при котором возможно проводить испытания, определяют, исходя из метрологических возможностей испытательного оборудования, он должен составлять не менее

$$\Delta t_{min} = R_0^{тр} \; q_{min} \; , \qquad (3)$$

где q_{min} — минимальное измеряемое значение плотности теплового потока, Вт/м^2, согласно свидетельству о поверке испытательного оборудования по 5.3.2;

$R_0^{тр}$ — требуемое согласно СП 50.13330.2012 значение приведенного сопротивления теплопередаче для региона строительства либо расчетное (заданное в проектной документации) значение сопротивления теплопередаче испытуемой ограждающей конструкции.

Точное значение диапазона наружной и внутренней температур, при которых необходимо проводить испытания ограждающей конструкции, рассчитывают согласно приложению Г ГОСТ Р 54853—2011 и ГОСТ Р 56623.

5.4.9 При отсутствии/невозможности достижения требуемого согласно 5.4.8 перепада между температурами внутреннего и наружного воздуха допускается достижение требуемого перепада путем повышения температуры внутреннего воздуха $t_в$, °С, используя дополнительное отопительное оборудование (догрев внутренних помещений).

5.4.9.1 При использовании дополнительного отопительного оборудования оно должно быть установлено таким образом, чтобы исключить его влияние на снимаемые с внутренних поверхностей ограждающих конструкций показания температуры и теплового потока (экранирование лучистой составляющей).

5.4.9.2 При использовании дополнительного отопительного оборудования перепад температуры между выбранным для проведения испытаний помещением и смежными помещениями (включая помещения этажом выше и ниже) должен составлять не более 5 °С.

5.4.9.3 В случае технической/физической невозможности выполнить условия 5.4.7 и 5.4.8 рекомендуется применять методы натурных испытаний при условиях нестационарного теплообмена либо метод динамического анализа согласно приложению Ж ГОСТ Р 54853—2011.

5.4.10 При отсутствии технической возможности по установке датчиков температуры на всех выбранных по результатам предварительных испытаний фрагментах (приложение А) допускается сократить число точек фиксации температуры наружной поверхности до двух на каждую термически однородную зону.

5.4.11 При отсутствии на обследуемом объекте указанных в 5.4.6—5.4.8 условий работы по оценке соответствия сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания не проводят.

5.4.12 Датчики температуры и тепловых потоков, датчики температуры наружного и внутреннего воздуха устанавливают согласно ГОСТ Р 54853 и ГОСТ 25380.

5.4.13 При установке датчиков температуры и теплового потока на поверхности ограждающих конструкций должен обеспечиваться контакт между снимающей показания поверхностью датчика и поверхностью ограждающей конструкции. Для исключения/снижения влияния качества поверхностей рекомендуется использовать вазелин, термопасту, клеящую ленту либо пластилин (для контакта термопар по ГОСТ Р 54853). Толщина контактного слоя должна обеспечивать надежный контакт, отсутствие

воздушных и иных включений. Степень черноты используемых материалов должна быть близка к степени черноты поверхности ограждающей конструкции и используемых датчиков.

5.4.14 Провод от места закрепления датчиков отводят по поверхности ограждающей конструкции, обеспечивая требуемую фиксацию провода с помощью клейкой ленты или иным способом, с тем чтобы он был надежно закреплен, не смещался в период измерений и не оказывал влияния на результаты измерений (конвективные потоки, пограничный слой вдоль поверхности ограждающей конструкции, лучистая составляющая теплообмена между датчиками и проводом).

5.4.15 Датчики, фиксирующие температуру воздуха в помещении с испытуемыми конструкциями, устанавливают в центре помещения на расстоянии около 1,5 м от поверхности пола (перекрытия).

5.5 Проведение испытаний

5.5.1 Измерения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания в натурных условиях (в условиях эксплуатации) проводят в зимний, осенний или весенний период при отрицательных температурах, обеспечивая непрерывную регистрацию теплового потока и температуры на внутренней и наружной поверхностях однородных зон, а также температуры внутреннего и наружного воздуха.

5.5.2 При невозможности прямых измерений температуры наружной поверхности конструкции допускается фиксация температуры наружного воздуха, скорости ветра с последующим определением температуры наружной поверхности через предварительную оценку значения теплоотдачи наружной поверхности согласно приложениям Б и В ГОСТ Р 54858—2011.

5.5.3 Точное значение диапазона наружной и внутренней температуры, при которых необходимо проводить испытания ограждающей конструкции, рассчитывают согласно 5.4.8 либо уточняют согласно приложению Г ГОСТ Р 54853—2011.

5.5.4 Измерения проводят в темный период суток (21—8 ч), при отсутствии искусственной засветки, при скорости ветра менее 2 м/с.

5.5.4.1 Если скорость ветра более 2 м/с, но не более 10 м/с, допускается проводить испытания с корректировкой коэффициента теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_н$, Вт/(м^2·°С), согласно приложениям Б и В ГОСТ Р 54858—2011.

5.5.4.2 При проведении измерений при скорости ветра более 2 м/с возможно снижение точности измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Необходимо проводить дополнительную оценку корректности полученных результатов.

5.5.5 С помощью термоанемометра определяют скорость и направление ветра и температуру наружного воздуха, которые фиксируют в отчете.

5.5.6 При проведении испытаний в условиях стационарного или квазистационарного режима осуществляют непрерывную регистрацию со всех датчиков, установленных в однородных зонах на испытуемой конструкции, и датчиков для измерения температуры внутреннего и наружного воздуха. Число точек регистрации должно быть достаточным, чтобы минимизировать случайную погрешность измерений.

5.5.7 Система измерения температуры и плотности тепловых потоков должна проводить регистрацию теплотехнических параметров автоматически с интервалом, обеспечивающим требуемую точность измерений, сбор необходимого для последующей обработки данных массива информации. Рекомендуемый интервал программирования сбора данных 20 мин — 3 ч.

5.5.8 При проведении натурных измерений дополнительно выполняют фотофиксацию и термографирование испытуемых конструкций с установленным испытательным оборудованием, а также помещений с испытуемыми конструкциями в целом.

5.5.9 Измерения проводят непрерывно в течение всего периода испытаний. Продолжительность измерений должна составлять не менее 10 сут. В случаях, когда температура наружного воздуха в течение суток изменяется в пределах 4 °С, допускается сокращать период измерений до 7 сут.

5.6 Обработка результатов

5.6.1 По завершении периода измерений переносят данные контактных измерений температуры и плотности тепловых потоков в компьютер для проведения обработки массива полученных данных и анализа характера процесса теплопередачи.

5.6.2 При обработке результатов натурных испытаний анализируют записи изменения во времени характерных значений температуры и плотности тепловых потоков для однородных зон и выбирают периоды, соответствующие стационарному или квазистационарному режиму испытаний.

5.6.3 После окончания испытаний для каждого фрагмента наружного ограждения формируют массивы данных, характеризующих процессы теплопередачи в период измерений:

- массив значений температур наружного воздуха, зафиксированных в зонах измерений фрагмента ограждающих конструкций $t_j^{н}$, °С;
- массив значений температур внутреннего воздуха, зафиксированных в помещениях с испытуемыми ограждающими конструкциями $t_j^{в}$,°С;
- массив значений температур наружной поверхности фрагмента испытуемой ограждающей конструкции $\tau_{ij}^{н}$, °С;
- массив значений температур внутренней поверхности фрагмента испытуемой ограждающей конструкции $\tau_{ij}^{в}$, °С;
- массив значений плотности теплового потока фрагмента испытуемой ограждающей конструкции q_{ij}, Вт/м^2.

Все значения фиксируют с заданным при программировании интервалом (момент времени j = 1,…N), на который разбит весь период измерений.

Каждая испытуемая конструкция разбита на зоны i, количество зон в фрагменте — i = 1,…k.

5.6.4 По выбранным стационарным или квазистационарным периодам измерений для каждой i-й однородной зоны испытуемого объекта определяют значения термических сопротивлений.

5.6.5 Термическое сопротивление i-й однородной зоны испытуемого объекта R_{ki} определяют по средним значениям, полученным в условиях стационарного или квазистационарного режима, по формуле

$$\overline{R}_{ij} = (\overline{\tau}_{вij} - \overline{\tau}_{нij}) / \overline{q}_{ij}, \quad (4)$$

где $\overline{\tau}_{вij}$, $\overline{\tau}_{нij}$ — средние температуры соответственно внутренней и наружной поверхностей i-й зоны j-го участка за период стационарного или квазистационарного режима измерений, °С;

$\overline{q}_{ij}$ — средняя плотность теплового потока, проходящего через i-ю зону за период стационарного или квазистационарного режима измерений на j-м участке записи, Вт/м^2.

5.6.6 Для каждой i-й однородной зоны определяют среднее значение термического сопротивления по j-м участкам по формуле

$$\overline{R}_{ki} = \frac{\sum_{j=1}^{n} R_{ij}}{n}. \quad (5)$$

5.6.7 Приведенное термическое сопротивление $R_k^{пр}$, м^2·°С/Вт, за период стационарного или квазистационарного режима измерений рассчитывают по формуле

$$\overline{R}_k^{пр} = \frac{\sum_{i}^{n} F_i}{\sum_{i}^{n} (F_i / \overline{R}_{ki})}, \quad (6)$$

где F_i — площадь i-й однородной зоны ограждающей конструкции, м^2;

$\overline{R}_{ki}$ — среднее термическое сопротивление i-й однородной зоны ограждающей конструкции, м^2·К/Вт, за период стационарного или квазистационарного режима измерений.

5.6.8 Коэффициенты теплообмена $\alpha_в$, $\alpha_н$, Вт/(м^2·°С), на внутренней и наружной поверхностях конструкции определяют как средние значения за период стационарного или квазистационарного режима измерений по формуле

$$\overline{\alpha_н} = \overline{q} / (\overline{\tau_н} - \overline{t_н}) \quad \overline{\alpha_в} = \overline{q} / (\overline{t_в} - \overline{\tau_в}), \quad (7)$$

где $\overline{\alpha_в}$, $\overline{\alpha_н}$ — средние значения коэффициентов теплообмена на внутренней и наружной поверхностях конструкции.

5.6.9 Среднее значение приведенного сопротивления теплопередаче конструкции $R_0^{пр}$, м^2·°С/Вт, вычисляют по средним измеренным значениям, которые отличаются от стандартных значений не более 10 %, по формуле

$$\overline{R_0^{пр}} = 1/\overline{\alpha_в} + \overline{R_k^{пр}} + 1/\overline{\alpha_н}, \quad (8)$$

где $\overline{\alpha_в}$, $\overline{\alpha_н}$ — соответственно осредненные значения коэффициентов теплообмена, Вт/(м^2·°С), на внутренней и наружной поверхностях конструкции.

5.6.10 Испытания могут быть прекращены (завершена обработка данных по выбранным фрагментам и однородным зонам), если результаты после ночных периодов трех последовательных суток не отличаются более чем на ± 5 %. В противном случае испытания (обработку результатов) следует продолжить.

5.6.11 Для элементов с тепловой инерцией (согласно СП 50.13330.2012) более 4 анализ допускается проводить в течение периода, кратного 24 ч.

5.6.12 Обработку результатов измерений рекомендуется проводить с использованием сертифицированных программ (например, Excel).

5.6.13 Относительная погрешность определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания в натурных условиях с учетом дополнительной погрешности при использовании данного метода не должна превышать ± 15 %. Если отклонение результатов проведенных измерений превышает ± 15 %, то цикл измерений повторяют.

5.6.14 Выявленные в ходе предварительного анализа теплотехнические неоднородности анализируют на соответствие требованиям проектной документации и нормативным значениям температуры по СП 50.13330.2012 (соответствие температуры на внутренней поверхности санитарно-гигиеническим требованиям).

5.6.14.1 В случае, если температура наружного воздуха при проведении измерений выше, чем температура наиболее холодной пятидневки для региона строительства согласно СП 131.13330.2012, необходимо выполнять пересчет температуры внутренней поверхности ограждения, полученной в результате испытаний, на расчетные температурные условия согласно приложению Е ГОСТ Р 54853—2011.

5.6.14.2 Оценку теплотехнических неоднородностей и принятие решения о наличии/отсутствии дефектов в соответствии с требованиями проектной документации и СП 50.13330.2012 проводят для корректированной в результате пересчета температуры внутренней поверхности с учетом температуры наиболее холодной пятидневки для региона строительства согласно СП 131.13330.2012, с обеспеченностью для обычных зданий 0,92, для уникальных и высотных зданий — 0,98.

5.7 Оценка погрешности измерений

5.7.1 Погрешность измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания в натурных условиях устанавливают согласно приложению Г ГОСТ Р 54853—2011.

5.7.2 Погрешность измерений приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания в натурных условиях должна составлять менее ± 15 %.

5.7.3 При получении результатов, не попадающих в диапазон погрешности, заданный в 5.7.2, необходимо выбрать другой временной интервал полученных в ходе натурных испытаний исходных данных и выполнить их обработку согласно 5.6.

5.7.4 Если погрешность измерений превышает диапазон погрешности, заданный в 5.7.2, то рекомендуется проводить повторные натурные испытания с выбором другого диапазона температур наружного и внутреннего воздуха или применением более точного альтернативного комплекта испытательного оборудования.

6 Определение сопротивления теплопередаче в нестационарных натурных условиях (метод 2)

6.1 Выбор фрагментов конструкций для проведения измерений

6.1.1 Сопротивление теплопередаче определяют на элементах ограждающих конструкций или их фрагментах.

6.1.2 В целях повышения точности результатов измерений при подборе фрагментов конструкций, на которых проводят измерения, следует учитывать следующее:

- подбор элементов должен наиболее полно характеризовать теплозащиту здания, необходимо подбирать элементы (фрагменты) наиболее распространенных конструктивных решений испытуемого объекта;
- измерения рекомендуется проводить не менее чем на двух однотипных элементах конструкций, выполненных по одному конструктивному решению;
- для выполнения работ по комплексной оценке соответствия сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки здания рекомендуется проводить измерения на двух элементах: стеновых конструкциях с оконным проемом, стеновых конструкциях без оконных проемов, совмещенных покрытиях (чердачных перекрытиях); фрагментах перекрытия первого этажа (подвала), фасадных конструкциях с малой тепловой инерцией.

6.1.3 Помещения, в которых проводят измерения, рекомендуется выбирать в угловой части здания на первом, среднем и верхнем этажах. Они должны быть ориентированы преимущественно на север.

6.2 Аппаратура и оборудование

6.2.1 Для проведения испытаний используют аппаратуру [3], поверенную надлежащим образом.

6.2.2 Для измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающую конструкцию, используют преобразователь теплового потока (тепломер). Он представляет собой тонкую термостойкую пластину с требованиями не ниже следующих:

- диапазон измерений каналов плотности теплового потока от 1 до 200 Вт/м^2;
- пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении плотности теплового потока ± 6 %.

6.2.3 Для непрерывной регистрации характера изменения температуры поверхности конструкции и воздуха следует применять датчики регистрации температуры с требованиями не ниже следующих:

- диапазон измерений от минус 40 °С до плюс 85 °С;
- минимальная градация регистрации температуры 0,1 °С;
- погрешность регистрации температуры ± 0,09 °С;
- интервал между последовательными отсчетами (частота регистрации) от 5 до 200 мин.

6.2.4 Для определения термически однородных зон, теплопроводных включений и обследования ограждающих конструкций используют тепловизор с требованиями не ниже следующих:

- диапазон измерений температуры от минус 20 °С до плюс 50 °С;
- детектор — неохлаждаемая микроболометрическая матрица размерами не менее 640×480 элементов;
- погрешность измерения температуры ± 2 °С, но не более ± 2 %.

6.2.5 Допускается применение иных средств измерений с требованиями, соответствующими или превышающими указанные.

6.3 Подготовка к испытаниям

6.3.1 Подготовку к определению фактического приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания в нестационарных натурных условиях начинают с изучения проектной документации и ознакомления с температурно-влажностным состоянием обследуемого объекта.

6.3.2 Затем разрабатывают предварительную схему испытаний и подготавливают (программируют) измерительную аппаратуру.

Рекомендуемый программируемый интервал измерений — 10 мин.

6.3.3 Выезжают на объект и уточняют температурно-влажностное состояние здания, режим работы системы отопления, степень завершенности строительно-монтажных и отделочных работ и прочие условия проведения испытания.

6.3.4 Необходимые условия для проведения комплексных измерений сопротивления теплопередаче теплозащитной оболочки здания:

- холодный период года;
- стабильное функционирование системы отопления здания. Во всем объеме здания за 10 сут до начала испытаний и в течение всего периода испытаний должна функционировать система отопления, поддерживающая перепад между температурой внутреннего и наружного воздуха не менее 18 °С.

В исключительных случаях допускается проведение испытаний при отключенных стояках отопления на лестничных клетках при условии, что это не оказывает значительного влияния на результаты испытаний;

- возможность установки в запираемых помещениях на испытуемые ограждающие конструкции измерительной аппаратуры, регистрирующей в автономном режиме теплотехнические параметры в течение периода испытаний;
- не допускается отключение системы отопления, вход-выход в помещения с установленной измерительной аппаратурой, проведение работ, сопровождающихся выделением тепла вблизи испытуемых конструкций.

6.3.5 При отсутствии на обследуемом объекте указанных в 6.3.4 условий работы по оценке соответствия сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания не проводятся.

6.3.6 Необходимые условия для проведения измерений сопротивления теплопередаче строительных конструкций с низкой (до 1 ($м^2 \cdot °С$)/Вт) тепловой инерцией:

- наличие замкнутого нагреваемого в ходе испытаний строительного объема (помещения) с установленной согласно требованиям проекта испытуемой ограждающей конструкцией.

Для минимизации воздействия солнечной радиации испытуемые конструкции и помещения, в которых они установлены, по возможности должны быть ориентированы на север.

При отсутствии на объекте функционирующей системы отопления, поддерживающей на испытуемой конструкции с низкой тепловой инерцией температурный перепад $\Delta t \geq 15$ °С, производят расстановку и запуск электронагревательного оборудования. Расстановку нагревательных приборов необходимо осуществлять таким образом, чтобы тепловой поток от них направлялся внутрь помещений;

- наличие электропитания необходимой мощности для создания нагревательным оборудованием стабильного температурного перепада на обследуемой конструкции не менее 15 °С;
- по крайней мере у одного элемента испытуемой конструкции должна быть возможность открывания на 90° для обеспечения установки датчиков снаружи конструкции;
- возможность запирания помещения, в котором проводятся измерения;
- энергопитание нагревательного электрооборудования должно осуществляться бесперебойно в круглосуточном режиме на всем протяжении испытательного цикла;
- при проведении работ по определению сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с низкой тепловой инерцией при значительном влиянии солнечной радиации (теплый период года, ориентация конструкций на юг и т. д.) рекомендуется исключать из расчетов результаты измерений, полученные во временной период с момента рассвета до момента по прошествии 2 ч после заката.

6.3.7 При наличии на обследуемом объекте необходимых условий для проведения измерений осуществляют тепловизионную съемку и подбор элементов (фрагментов) испытуемых наружных ограждающих конструкций.

Тепловизионное обследование следует проводить с учетом требований ГОСТ Р 54852.

6.3.8 Тепловизор устанавливают таким образом, чтобы в поле зрения попала по возможности вся конструкция, на которой проводят измерения. Допускается получение изображения всей площади испытуемого фрагмента ограждающей конструкции, последовательно терморафируя участки. При этом термограммы соседних участков должны перекрывать друг друга не менее чем на 20 %.

6.3.9 Элементы (фрагменты) конструкций, на которых проводят измерения, должны наиболее репрезентативно характеризовать температурно-влажностный режим, степень готовности и прочие качества всех ограждающих конструкций данного типа.

6.3.10 Тепловизионную съемку рекомендуется проводить не ранее чем через 7 сут после включения системы отопления и установления в здании относительно стабильного температурного режима и повторять по завершении испытаний.

6.4 Проведение испытаний

6.4.1 При проведении работ по оценке соответствия приведенного сопротивления ограждающих конструкций здания проводят наружную (со стороны улицы) и внутреннюю (со стороны помещения) тепловизионную съемку наружных ограждающих конструкций обследуемого объекта, включая, по возможности, обследование подвальных и чердачных помещений.

6.4.2 На подобранных с учетом требований 6.3 в качестве испытуемых фрагментах ограждающих конструкций проводят расстановку датчиков измерения температуры и плотности теплового потока. Датчики располагают в соответствии с разработанной непосредственно для конкретного испытуемого фрагмента схемой, которую затем приобщают к результатам измерений.

На схеме указывают номера датчиков и места их расположения на испытуемой конструкции, а также привязку к строительным осям объекта и другую информацию, необходимую для идентификации и проведения обработки результатов измерений.

6.4.3 Внутреннюю поверхность ограждающей конструкции равномерно разбивают на участки правильной геометрической формы. При наличии на термограммах зон с теплопроводными включениями испытуемую конструкцию разбивают на более мелкие по площади зоны в соответствии с конструктивными особенностями.

Перед расстановкой датчиков целесообразно проведение термографического обследования (анализа термограммы) испытуемой конструкции с целью определения термически однородных зон и уточнения схемы расстановки датчиков фиксации температуры и тепловых потоков.

6.4.4 Датчики фиксации температуры и плотности тепловых потоков на внутренних поверхностях испытуемой конструкции устанавливают по вертикальной и горизонтальной осям в центрах предполагаемых однородных температурных зон, исключая места влияния нагревательных приборов (не ближе 400 мм от нагревательного прибора).

Для оценки геометрических границ однородных зон используют результаты анализа тепловизионной съемки.

Чувствительные элементы термодатчиков плотно прикрепляют к поверхности испытуемой конструкции, применяя термопасту. Устройство воздухозамещающего слоя из кремнийорганической теплопроводной пасты между термодатчиком и поверхностью испытуемой конструкции обязательно.

Провод от места закрепления чувствительного элемента датчика отводят по поверхности ограждающей конструкции, фиксируя с помощью скотча или иным способом, с тем чтобы он был надежно закреплен и не смещался в период измерений.

6.4.5 Для измерения плотности теплового потока, проходящего через ограждающую конструкцию, на ее внутренней поверхности устанавливают по одному преобразователю теплового потока в каждой характерной зоне. Всего на одном фрагменте, как правило, устанавливают не менее 10 тепломеров, что позволяет получать интегральную характеристику теплового потока. Минимальное число преобразователей теплового потока, устанавливаемых на простые однородные фрагменты ограждающих конструкций небольшого геометрического размера, — 3 шт.

В непосредственной близости (20—30 мм) от датчика измерения плотности теплового потока устанавливают датчик измерения температуры поверхности.

6.4.6 На каждый основной элемент испытуемой конструкции необходимо устанавливать не менее трех датчиков измерений теплового потока. Всего на испытуемую конструкцию устанавливают, как правило, не менее 10 датчиков теплового потока.

Датчики фиксации температур устанавливают в непосредственной близости, на расстоянии не более 30 мм, от соответствующего датчика теплового потока на сторону, обращенную внутрь помещения, и симметрично напротив друг друга по направлению нормали к наружной поверхности.

6.4.7 Для измерения температуры воздушной среды с теплой и холодной сторон конструкции с низкой тепловой инерцией устанавливают датчики температуры, располагая их по центру на расстоянии 100—150 мм от наружной и внутренней поверхностей.

6.4.8 Датчики, фиксирующие температуру воздуха в помещении с испытуемыми конструкциями, устанавливают в центре помещения на расстоянии около 1,5 м от поверхности пола (перекрытия).

6.4.9 Система измерения температуры и плотности тепловых потоков должна проводить регистрацию теплотехнических параметров в автоматическом режиме, синхронно в один момент времени фиксируя результаты измерений всех датчиков. Рекомендуемый интервал фиксации измерений — 10 мин. В зависимости от целей, состояния объекта и прочих условий измерений фиксацию измерений проводят, как правило, с интервалом от 5 до 20 мин.

6.4.10 Осуществляют фотофиксацию и термографирование испытуемых конструкций с установленным испытательным оборудованием, а также помещений с испытуемыми конструкциями в целом.

6.4.11 Измерения проводят непрерывно в течение всего периода испытаний. Продолжительность измерений должна составлять не менее 10 сут.

6.4.12 При проведении испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с низкой тепловой инерцией продолжительность измерений от момента включения системы отопления или электронагревательного оборудования должна составлять не менее 5 сут.

6.5 Обработка результатов

6.5.1 По завершении периода измерений переносят данные контактных измерений температуры и плотности тепловых потоков в компьютер для проведения обработки массива полученных данных и анализа характера процесса теплопередачи.

6.5.2 После испытаний для каждого фрагмента наружного ограждения формируют массивы данных, характеризующих процессы теплопередачи в период измерений:

- массив значений температур наружного воздуха, зафиксированных в непосредственной близости с испытуемыми ограждающими конструкциями $t_j^{\text{Н}}$, °С;
- массив значений температур внутреннего воздуха, зафиксированных в помещениях с испытуемыми ограждающими конструкциями $t_j^{\text{В}}$,°С;
- массив значений температур наружной поверхности фрагмента испытуемой ограждающей конструкции $\tau_{ij}^{\text{Н}}$, °С;
- массив значений температур внутренней поверхности фрагмента испытуемой ограждающей конструкции $\tau_{ij}^{\text{В}}$, °С;
- массив значений плотности теплового потока фрагмента испытуемой ограждающей конструкции q_{ij}, Вт/м^2.

Все значения фиксируют с заданным при программировании интервалом (момент времени $j = 1,\ldots n$), на который разбит весь период измерений.

Каждая испытуемая конструкция разбита на зоны i, число зон в фрагменте — $i = 1,\ldots k$.

При отсутствии возможности установки датчиков измерения и фиксации температуры на наружной поверхности конструкций допускается принимать в качестве значений температур наружной поверхности зоны фрагмента испытуемой ограждающей конструкции значения температур наружного воздуха, зафиксированных датчиками в соответствующий момент времени в непосредственной близости с испытуемыми ограждающими конструкциями.

6.5.3 При проведении испытаний ограждающих конструкций с низкой тепловой инерцией для исключения влияния солнечной радиации на измеряемые величины при проведении расчетов теплотехнических характеристик могут быть приняты данные, зафиксированные в ночное время наблюдений (от момента после двух часов от заката до восхода солнца).

Для конструкций принимают полный массив данных, полученных за время испытаний.

6.5.4 Термическое сопротивление R_{ij} теплотехнически однородной зоны i в момент времени j рассчитывают по формуле

$$R_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\text{В}} - \tau_{ij}^{\text{Н}}}{q_{ij}}, \qquad (9)$$

где $\tau_{ij}^{\text{В}}$ — внутренняя температура на поверхности i-й зоны конструкции в момент времени j;

$\tau_{ij}^{\text{Н}}$ — наружная температура на поверхности i-й зоны конструкции в момент времени j;

q_{ij} — плотность теплового потока, проходящего через i-ю зону конструкции в момент времени j.

6.5.5 Термическое сопротивление фрагмента испытуемой конструкции в целом, разбитого на i зон в момент времени j, определяют по формуле

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^{k} F_i}{\sum_{i=1}^{k} F_i / R_{ij}}, \qquad (10)$$

где F_i — площадь i-й зоны конструкции.

6.5.6 Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче испытанной конструкции определяют по формуле

$$R_{п}=\frac{1}{\alpha_{в}}+\frac{\sum_{j=1}^{N}R_{j}}{N}+\frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (11)$$

где $\alpha_{в}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 4 СП 50.13330.2012;

$\alpha_{н}$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012;

N — количество замеров.

6.5.7 При осуществлении расчетов приведенного сопротивления теплопередаче испытанных конструкций по данным контактных измерений проводят анализ процесса теплопередачи, результаты которого в графической форме приобщают к заключению по результатам испытаний.

6.5.8 Каждый фрагмент испытанной конструкции сопровождают следующей информацией:

- фотографиями фрагмента с установленными датчиками измерения и информацией о привязке к осям строительного объекта;
- термограммами фрагмента с анализом температурных полей;
- графиками изменения температуры наружного и внутреннего воздуха за весь период измерений;
- графиком изменения значений средней плотности теплового потока через испытываемую конструкцию;
- графиком изменения значений приведенного сопротивления теплопередаче конструкции по результатам измерений за весь период.

Допускается приобщение дополнительной информации, характеризующей процесс теплопередачи и теплотехнические характеристики испытуемой конструкции.

6.5.9 Среднюю плотность теплового потока, проходящего через поверхность испытуемого фрагмента конструкции в целом, рассчитывают по формуле

$$q_{j}=\frac{\sum_{i=1}^{k}q_{ij}F_{i}}{\sum_{i=1}^{k}F_{i}}. \quad (12)$$

6.5.10 Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче испытанной конструкции в момент времени j определяют по формуле

$$R_{п}=\frac{1}{\alpha_{в}}+R_{j}+\frac{1}{\alpha_{н}}. \quad (13)$$

6.5.11 Условия теплопередачи считаются корректными, когда температура внутреннего воздуха в помещениях с испытуемыми конструкциями в период испытаний стабильна (t = const ± 2,0 °С).

6.6 Оценка погрешности измерений

6.6.1 Полученный в результате обработки измерений массив значений приведенного сопротивления теплопередаче $\{R_{j}(x)\}$, j = 1,...n следует разбивать на интервалы, границами которых являются локальные экстремальные значения в определенные моменты времени. Период суточных измерений, как правило, подразделяют на два таких интервала.

Для каждого интервала разбиения x $[x_{1}, x_{n}]$ методом наименьших квадратов строят аппроксимирующий полином степени k (k = 5—7), описывающий зависимость измеряемого сопротивления теплопередаче от времени, вида

$$R(x)=\sum_{i=0}^{k}a_{i}\cdot x^{i}, \quad (14)$$

где a_{i} — коэффициенты аппроксимирующего полинома;

x — время измерений, характеризующее выбранный интервал.

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента конструкции является интегральной величиной вида

$$R=\frac{1}{x_m-x_1}\int_{x_1}^{x_n}\left(\sum_{j=0}^{k}a_j\cdot x^j\right)dx, \quad (15)$$

где x_1 — момент начала;

x_m — момент окончания интервала испытаний.

Близкий результат дает вычисление по формуле

$$R=\frac{1}{m}\cdot\sum_{j=1}^{m}R_j. \quad (16)$$

Погрешность измерений δ_j в каждый момент времени j определяется разностью экспериментальной величины R_j и значения полинома в тот же момент времени x_j

$$\delta_j=R_j-\sum_{i=0}^{k}a_i\cdot x_j^i. \quad (17)$$

Массив погрешностей $\{\delta_j(x)\}$, $j = 1, \ldots, n$ характеризуется математическим ожиданием μ и дисперсией σ. В случае нормального распределения при доверительной вероятности 0,95 доверительный интервал величины приведенного сопротивления теплопередаче составляет $[R - 2\sigma; R + 2\sigma]$, а при доверительной вероятности 0,997 соответственно $[R - 3\sigma; R + 3\sigma]$.

6.6.2 При необходимости строят аппроксимирующую кривую для всего периода измерений методом тригонометрического ряда Фурье вида

$$R`(x)=a_0+\sum_{n=1}^{\infty}(a_n\cos nx+b_n\sin nx), \quad (18)$$

где a_0, a_n и b_n — коэффициенты ряда Фурье;

n — порядковый номер коэффициентов;

x — значения интервалов времени, преобразованные к интервалу от $-\pi$ (начало измерений) до π (конец измерений).

Коэффициенты ряда Фурье рассчитывают по формулам:

$$a_0=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(x)dx, \quad (19)$$

$$a_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(x)\cos nx dx, \quad (20)$$

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(x)\sin nx dx. \quad (21)$$

Число слагаемых ряда Фурье принимается в интервале от $n/4$ до $n/3$, n — число измерений.

Погрешность измерений δ_j в каждый момент времени x определяется разностью экспериментальной величины R_j и значения кривой в тот же момент времени $R`_j$

$$\delta_j = R_j - R`_j. \quad (22)$$

Массив погрешностей $\{\delta_j(x)\}$, $j = 1, \ldots, n$, характеризуется математическим ожиданием μ и дисперсией σ. В случае нормального распределения при доверительной вероятности 0,95 доверительный интервал величины приведенного сопротивления теплопередаче составляет $[R - 2\sigma; R + 2\sigma]$, а при доверительной вероятности 0,997 соответственно $[R - 3\sigma; R + 3\sigma]$.

6.6.3 В заключение по результатам испытаний фрагмента теплозащитной оболочки погрешность определения приведенного сопротивления теплопередаче фиксируют в сводной таблице результатов измерений по доверительной вероятности 0,997.

7 Оформление результатов испытаний и составление отчета

7.1 По результатам испытаний оформляют протокол/заключение, в котором указывают:

- наименование испытательного центра (лаборатории) с указанием номера аттестата аккредитации либо других документов, дающих право на проведение натурных обследований;
- квалификацию специалистов, выполняющих измерения;
- наименование, юридический адрес организации — заказчика испытаний;
- наименование, юридический адрес организации-изготовителя/монтажной организации, осуществлявшей строительство;
- наименование испытуемой продукции, маркировку и нормативный документ на объект испытаний;
- описание, эскиз и техническую характеристику объекта испытаний (включая схему расстановки датчиков);
- нормативные документы, в соответствии с которыми проводят испытания, включая настоящий стандарт;
- программу и результаты испытаний;
- дату проведения испытаний;
- сведения о поверке приборов и испытательного оборудования;
- подписи ответственных за проведение работ и испытаний лиц;
- другие данные по согласованию с заказчиком.

7.2 Результаты измерений каждого испытанного фрагмента конструкции включают в протокол/заключение по результатам натурных испытаний и сопровождают следующими документами:

- фотографиями фрагмента с установленными датчиками измерения и информацией о привязке к осям строительного объекта;
- термограммами фрагмента с анализом температурных полей;
- графиками изменения температуры наружного и внутреннего воздуха за весь период измерений с указанием интервалов измерений, использованных для обработки данных;
- графиками изменения значений средней плотности теплового потока через испытуемую конструкцию с указанием интервалов измерений, использованных для обработки данных;
- графиками изменения значений приведенного сопротивления теплопередаче конструкции по результатам измерений за весь период с указанием интервалов измерений, использованных для обработки данных.

Допускается приобщение дополнительной информации, характеризующей процесс теплопередачи и теплотехнические характеристики испытуемой конструкции.

7.3 Выявленные в процессе предварительной тепловизионной съемки теплотехнические неоднородности, признанные дефектными, включают в протокол/заключение по результатам натурных испытаний, отмечают на схеме здания и описывают по характеру выявленных дефектов нарушения требований проектной документации и СП 50.13330.2012.

8 Требования безопасности

8.1 При работе с оборудованием при проведении испытаний должны соблюдаться общие требования электробезопасности в строительстве по ГОСТ 12.1.019.

8.2 Монтаж датчиков на наружной поверхности ограждающей конструкции на этажах выше первого должен проводиться с лоджий, балконов или монтажных средств с соблюдением требований безопасности при работе на высоте.

Приложение А
(обязательное)

Рекомендации по выбору фрагментов термически однородных зон и схемы расстановки датчиков температуры и тепловых потоков для проведения натурных испытаний

А.1 Перед проведением натурных испытаний наружных ограждающих конструкций проводят предварительное обследование объекта испытаний по ГОСТ 31937 с целью оценки технического состояния, идентификации ограждающих конструкций согласно проектной документации.

По результатам предварительного обследования делают выводы о возможности и целесообразности проведения натурных испытаний, составляют предварительную программу испытаний, определяют возможность установки датчиков температуры и тепловых потоков на наружной и внутренних поверхностях, выполняют предварительное измерение температурно-влажностных условий во внутренних помещениях здания.

А.2 На первом этапе натурных испытаний проводят наружную и внутреннюю тепловизионные съемки объекта испытаний (рисунок А.1).

А.2.1 Измерения проводят в темный период суток (21—8 ч) при отсутствии искусственной засветки, при скорости ветра менее 2 м/с.

А.2.2 Наружные и внутренние условия при проведении тепловизионной съемки выбирают согласно требованиям ГОСТ Р 54852, при этом температура наружного воздуха не должна быть выше 0 °С.

А.2.3 Тепловизор устанавливают таким образом, чтобы в поле зрения попала вся исследуемая конструкция. При невозможности выполнения данного требования допускается выполнять тепловизионную съемку в несколько кадров с одинаковыми установками режима съемки. Зафиксированные фрагменты конструкции должны перекрываться с соседними термограммами не менее чем на 20 %.

А.2.4 При обнаружении теплотехнических неоднородностей отдельных элементов конструкций составляют детальное описание обнаруженных неоднородностей, их характер и местоположение на конструкции.

А.2.5 Выявленные в ходе предварительной тепловизионной съемки теплотехнические неоднородности дополнительно обследуют в ходе проведения натурных испытаний и делают выводы о наличии/отсутствии дефектов. Выявленные дефекты отмечают на схеме здания и указывают в отчете (заключении) по результатам работ.

А.3 После проведения работ по предварительной тепловизионной съемке рекомендуется провести оценку кратности воздухообмена выбранных для проведения натурных испытаний помещений согласно ГОСТ 31937 и повторную тепловизионную сьемку согласно А.2 при наличии перепада давления между наружным и внутренним воздухом $\Delta p \geq 50$ Па.

А.3.1 При расхождении кратности воздухообмена в выбранных для натурного обследования помещениях с требованиями СП 60.13330.2016 более 20 % для данного класса помещений, рекомендуется выбрать другое помещение, удовлетворяющее нормативным требованиям. Помещение с выявленной кратностью воздухообмена, не соответствующей СП 60.13330.2016, указывают в отчете (заключении) по результатам работ.

А.3.2 При обнаружении дополнительных теплотехнических неоднородностей отдельных элементов конструкций, при наличии перепада давления между наружным и внутренним воздухом составляют детальное описание обнаруженных неоднородностей, их характер и местоположение на конструкции.

А.3.3 В случае, если при дополнительном обследовании выявленные теплотехнические неоднородности признаются дефектами, связанными с инфильтрацией через наружные ограждающие конструкции, составляют детальное описание обнаруженных дефектов, их характер и местоположение на конструкции.

А.3.4 Перед проведением натурного обследования выявленные дефекты должны быть устранены. При невозможности устранения рекомендуется выбрать другое помещение, удовлетворяющее требованиям по кратности воздухообмена и не имеющее дефектов, связанных с инфильтрацией ограждающих конструкций.

А.4 По результатам предварительной тепловизионной съемки в выбранных помещениях проводят оценку фрагментов и термически однородных зон наружных ограждающих конструкций и составляют схему расстановки датчиков температуры и тепловых потоков (рисунок А.2), которую включают в отчет/заключение о выполненных работах. На схеме указывают номера датчиков и места их расположения на испытуемой конструкции, а также привязку к строительным осям объекта и другую информацию, необходимую для идентификации и проведения обработки результатов измерений.

А.4.1 Внутреннюю поверхность ограждающей конструкции равномерно разбивают на участки правильной геометрической формы. При наличии на термограммах зон с теплопроводными включениями испытуемую конструкцию разбивают на более мелкие по площади зоны в соответствии с конструктивными особенностями.

А.4.2 Датчики температуры и тепловых потоков на поверхностях испытываемой конструкции устанавливают по вертикальной и горизонтальной осям в центрах предполагаемых однородных температурных зон на внутренней поверхности испытуемой конструкции.

А.4.3 Для измерения плотности теплового потока, проходящего через ограждающую конструкцию, на ее внутренней поверхности устанавливают не менее трех датчиков теплового потока в каждой термически однородной зоне. На одном фрагменте, содержащем ограниченное число термически однородных зон (более одной, но не более трех), рекомендуется устанавливать не менее 10 датчиков теплового потока.

А.4.4 Датчики температуры рекомендуется устанавливать в непосредственной близости (1—2 диаметра) от датчика измерения плотности теплового потока. Датчики не должны оказывать влияния на показания друг друга. При установке датчиков следует руководствоваться положениями ГОСТ Р 54853.

А.4.5 На участках активного излучения отопительных приборов, рядом с вентиляционными устройствами и в прочих местах с искаженным температурным полем датчики теплового потока и температуры не устанавливают.

Данные участки принимают как теплотехнические неоднородности технологического характера. Оценку их теплотехнических характеристик допускается проводить при неработающей системе отопления в зоне их действия.

А.5 Размеры фрагментов и однородных зон уточняют (с помощью рулетки по ГОСТ 7502 или по конструкторской документации). С помощью контактного термометра или пирометра по ГОСТ 28243 контролируют размеры однородных и характерных (например, краевых) зон и при необходимости уточняют их размеры и положение.

А.6 Помимо выявленных термически однородных зон, датчики температуры дополнительно устанавливают на все выявленные участки с локально пониженной температурой внутренней поверхности.

А.7 Для измерения температуры воздуха помещения дополнительно закрепляют датчики температуры на стойках (подвесах) по центру испытуемой конструкции на расстоянии 0,15 м в трех горизонтальных сечениях с внутренней стороны ограждающей конструкции.



Рисунок А.1— Внешний вид наружной ограждающей конструкции, выбранной для проведения натурных испытаний (вид изнутри)

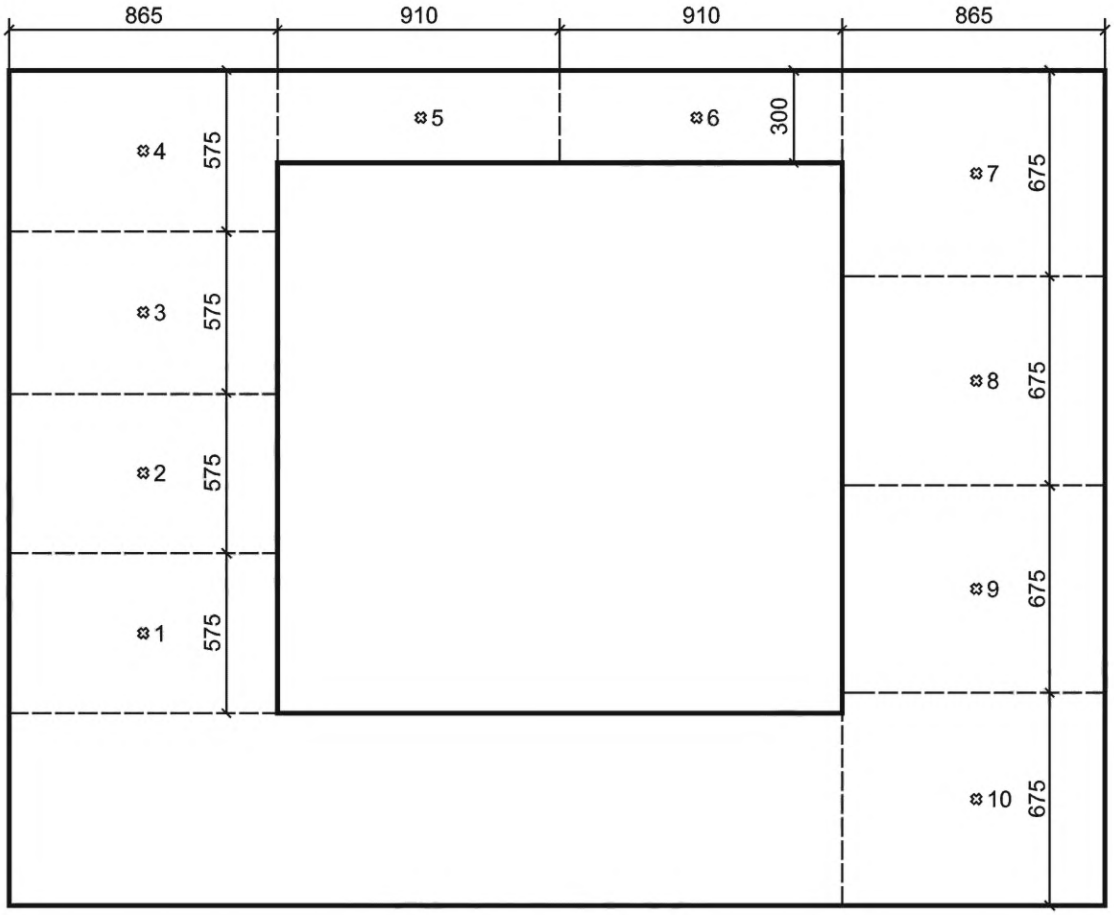

Рисунок А.2 — Схема выбора фрагментов наружных ограждающих конструкций и рекомендуемой расстановки датчиков температуры и тепловых потоков для проведения натурных испытаний

Библиография

[1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

[2] Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

[3] Государственный реестр средств измерений Российской Федерации. Российский научно-исследовательский институт метрологии и стандартизации. — М., 2010

УДК 699.86:006.354 ОКС 91.120.10

Ключевые слова: приведенное сопротивление теплопередаче, температура, плотность теплового потока, тепловизионная съемка, строительные конструкции

Редактор *Н.Н. Кузьмина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 07.12.2021. Подписано в печать 11.01.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,14.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

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

gost.e-ecolog.ru