ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59242— 2020

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Расчет температурного поля узлов ограждающих конструкций

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 декабря 2020 г. № 1261-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

© Стандартинформ, оформление, 2021

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Термины и определения 1
3 Общие положения 1
4 Выбор расчетного участка 2
5 Назначение граничных условий и характеристик материалов 3
6 Обработка результатов расчета 3
Приложение А (обязательное) Требования к расчетной программе 4
Приложение Б (справочное) Пример обработки результатов расчета 5

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Расчет температурного поля узлов ограждающих конструкций

Buildings and constructions. Calculation of temperature field nodes of enclosing structures

Дата введения — 2021—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на узлы ограждающих конструкций зданий и устанавливает метод расчета температурного поля.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **температурное поле:** Совокупность данных о температуре в каждой точке конструкции; может быть одномерным, двухмерным и трехмерным, в нестационарном случае зависит от времени.

2.2 **изображение температурного поля:** Изображение конструкции с нанесенными на него с помощью цветов или изолиний данными о распределении температуры.

2.3 **расчетная область:** Часть конструкции, выбранная для расчета, и прилегающие к ней границы.

2.4 **расчетная сетка:** Множество точек, покрывающее расчетную область, по которым проводится численный расчет.

2.5 **шаг расчетной сетки:** Расстояние между соседними точками расчетной сетки.

3 Общие положения

3.1 Расчеты температурного поля (приложение А) проводят путем численного решения стационарного трехмерного уравнения теплопроводности

$$\lambda_{x_1}\frac{\partial^2 t}{\partial x_1^2}+\lambda_{x_2}\frac{\partial^2 t}{\partial x_2^2}+\lambda_{x_3}\frac{\partial^2 t}{\partial x_3^2}=0, \quad (1)$$

где x_1, x_2, x_3 — координаты, м;

λ_{x1}, λ_{x2}, λ_{x3} — расчетные коэффициенты теплопроводности по соответствующим направлениям, Вт/(м · °С), в точке (x_1, x_2, x_3).

В случае симметрии сдвига узла по какой-либо координате допускается решение двухмерного уравнения теплопроводности.

Для расчета узлов, содержащих точечные теплотехнические неоднородности или несколько непараллельных линейных теплотехнических неоднородностей, всегда рассчитывают трехмерное температурное поле.

В случае симметрии узла относительно некоторой оси (например, для точечной теплотехнической неоднородности) допускается решение двухмерного уравнения в цилиндрических координатах. Температурное поле при этом считается трехмерным.

Издание официальное

3.2 Допускается проводить расчет нестационарного уравнения при стационарных граничных условиях, принимая в качестве результата устоявшееся решение вдали от начального возмущения.

4 Выбор расчетного участка

4.1 Расчетная область должна полностью содержать исследуемую теплотехническую неоднородность и часть окружающей конструкции. Границы области, разрезающие конструкцию, проводят по участкам с нулевым или пренебрежимо малым потоком теплоты в направлении, перпендикулярном границе. Для этого границы области, разрезающие конструкцию, проводят по плоскостям симметрии. В частности, узлы, содержащие плоскость зеркальной симметрии, могут быть разрезаны по этой плоскости пополам. Остальные границы проводят по поверхностям части конструкции, вошедшей в расчетную область.

4.2 Если теплотехническая неоднородность уединенная и плоскости симметрии отсутствуют или значительно удалены, допускается проводить границу расчетной области не по плоскостям симметрии, а по однородной части конструкции вдали от неоднородности. В этом случае расстояние от теплотехнической неоднородности до границы расчетной области должно быть не менее толщины разрезаемого участка конструкции, но не менее 150 мм.

4.3 Выбор расчетной сетки должен соответствовать требуемой точности расчетов. В местах теплотехнических неоднородностей, требующих учета, сетка должна проходить таким образом, чтобы на конструкцию приходилось не менее чем 80 шагов от наружной до внутренней границы. Вдали от теплотехнических неоднородностей, в местах слабоискаженного распределения температуры, допускается разрежение сетки до 20 шагов от наружной до внутренней границы.

Узлы сетки должны попадать на стыки материалов конструкции. Если по геометрическим причинам это невозможно, допускается корректировка отдельных участков конструкции в целях их подгонки под шаг сетки, с соблюдением эквивалентности вносимых изменений. Подобные изменения должны быть минимальными (затрагивать не всю конструкцию, а одну или несколько соседних ячеек сетки), и изменение размера участка конструкции всегда должно сопровождаться изменением его теплопроводности, по формулам, приведенным на рисунке 1.

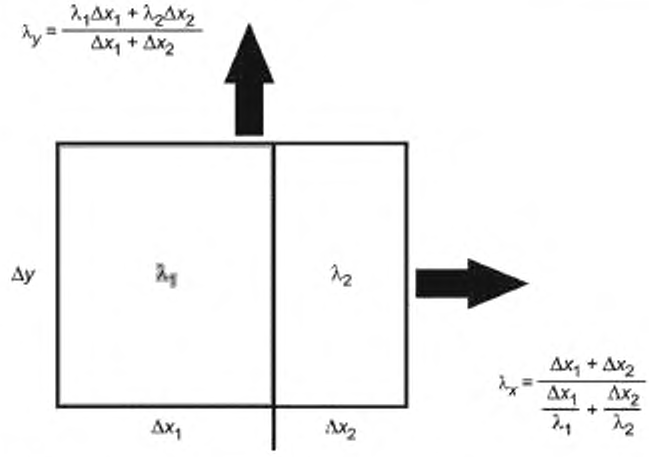

Рисунок 1 — Схема и формулы для корректировки участка конструкции, в котором ячейка сетки заполнена двумя материалами

На рисунке 1 показана ячейка сетки, заполненная двумя материалами с теплопроводностями λ_1, λ_2. Для расчетов она заменяется ячейкой, заполненной одним материалом со свойствами, отражающими сложную структуру конструкции в этой ячейке. Для этого ее теплопроводности пересчитывают по формулам, приведенным на рисунке.

5 Назначение граничных условий и характеристик материалов

5.1 На границах контакта конструкции с внутренним и наружным воздухом принимаются граничные условия третьего рода, описывающие теплообмен между конструкцией и окружающей средой:

$$\begin{cases} \lambda_{xi}\dfrac{\partial t}{\partial x_i} = \alpha_н \cdot (t - t_н) \text{ — на наружной границе ограждения,} \\ \lambda_{xi}\dfrac{\partial t}{\partial x_i} = \alpha_в \cdot (t_в - t) \text{ — на внутренней границе ограждения,} \end{cases} \quad (2)$$

где $t_в$, $t_н$ — расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

$\alpha_в$, $\alpha_н$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей конструкции соответственно, Вт/(м^2 · °С).

На участках конструкции, имеющих прямой контакт с элементами с заданной извне температурой, допускается принимать граничные условия первого рода, т. е. напрямую фиксировать температуру узлов на такой границе.

5.2 На границах расчетного участка, разрезающих конструкцию, принимаются граничные условия второго рода с потоком теплоты равным нулю.

5.3 При расчете удельных потерь теплоты следует использовать расчетные теплопроводности материалов конструкции, соответствующие условиям эксплуатации.

6 Обработка результатов расчета

6.1 В качестве результатов расчета приводят:

- сведения о рассчитываемом узле конструкции (схема узла с ключевыми размерами, состав конструкции, характеристики материалов);
- описания расчетного участка (размеры по всем осям) и использованной расчетной сетки (шаги по всем осям);
- изображения температурного поля (для двухмерного расчета — одно, для трехмерного расчета — не менее двух в наиболее характерных перпендикулярных друг другу плоскостях);
- полные потоки теплоты через наружную и внутреннюю поверхность узла;
- температуры в наиболее критичных точках (как минимум, в наиболее холодной точке внутренней поверхности, с указанием ее расположения);
- погрешность расчета, как по температуре, так и по потоку теплоты.

Пример обработки результатов расчета приведен в приложении Б.

6.2 Изображение температурного поля можно представить двумя способами — с помощью изотерм или градиентной окраской узла конструкции. Если выбран первый вариант, то следует указывать либо подписи под каждой изотермой, либо интервал изотерм и их шаг. Для второго варианта рядом с полем должна быть показана цветовая шкала температур с указанием значений температур на шкале.

6.3 За погрешность нахождения потока теплоты принимают большую из величин: разность потоков теплоты на наружной и внутренней стороне конструкции, среднюю погрешность по температуре на каждой из сторон конструкции, умноженную на соответствующий коэффициент теплообмена.

6.4 Погрешность расчета температуры находят сравнением результата расчета с температурным полем на в два раза более редкой сетке (т. е. с увеличенным в два раза шагом сетки по всем измерениям). Для этого отдельно сравнивают температуры на наружной и на внутренней поверхностях в расчетах на основной и более редкой сетках. Находят наибольшее различие температуры поверхности $\Delta t_м$ и среднее по поверхности $\Delta t_{ср.нар}$ и $\Delta t_{ср.вн}$. Если в расчете исследуют какую-либо критическую точку, для нее также фиксируют погрешность. Максимальная погрешность расчета температуры равна $\Delta t_м$. Средняя погрешность по поверхности равна $0{,}65\Delta t_{ср.нар}$ и $0{,}65\Delta t_{ср.вн}$ соответственно.

Приложение А
(обязательное)

Требования к расчетной программе

Используемая для расчета программа должна:
- решать уравнение (1) методом конечных разностей или конечных элементов;
- иметь ясную и однозначную схему решения уравнения (1);
- давать расчетчику возможность изменять все параметры узла, как геометрические, так и теплотехнические;
- регулировать шаги сетки как по координатам, так и по времени;
- получать значения полных потоков теплоты по заданным (поверхностям) контурам;
- получать значения температуры в любых узлах сетки;
- сохранять рассчитанные температурные поля в форматах .xlsx или .xls;
- сохранять изображения температурных полей в форматах .bmp или .png.

Приложение Б
(справочное)

Пример обработки результатов расчета

Б.1 В настоящем приложении приведен пример расчета температурного поля для узла сопряжения плиты перекрытия с наружной стеной — кладкой из ячеистого бетона (400 мм) с наружной облицовкой кирпичом.

Б.2 Описание узла

Состав стены (изнутри наружу):

- кирпичная кладка толщиной $\delta_к = 120$ мм, теплопроводность материала для расчетных условий Б: $\lambda_к = 0{,}64$ Вт/(м · °С);
- кладка из ячеистого бетона $\delta_{яч} = 120$ мм, теплопроводность материала для расчетных условий Б: $\lambda_{яч} = 0{,}12$ Вт/(м · °С).

Теплопроводность железобетона плиты перекрытия для расчетных условий Б: $\lambda_{жб} = 2{,}04$ Вт/(м · °С). Схема узла представлена на рисунке Б.1.

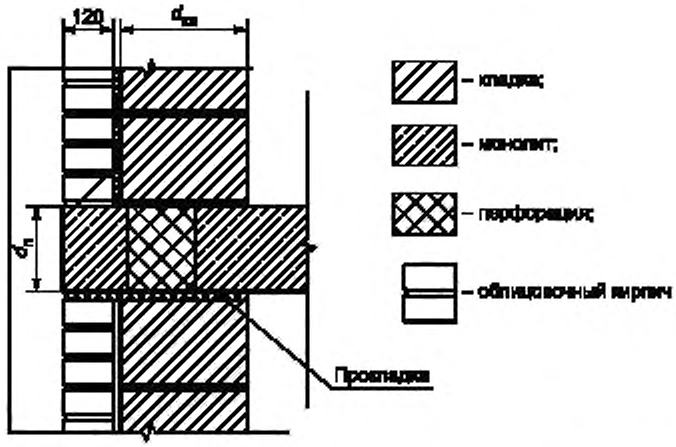

Рисунок Б.1 — Схема узла сопряжения плиты перекрытия с наружной стеной

Б.3 Описание расчетного участка

Расчетный участок составил 2000 мм в высоту и 1320 мм в ширину. Расчетная область была разбита на 660 тыс. ячеек (1000 × 660).

Температурное поле узла, рассчитанное с помощью программы (см. приложение А), представлено на рисунке Б.2.

Потери теплоты через стену по результатам расчета температурного поля равны $Q_1^L = 36{,}7$ Вт/м. Потери теплоты через наружную поверхность — 36,66 Вт/м; потери теплоты через внутреннюю поверхность — 36,69 Вт/м.

Минимальная температура на внутренней поверхности конструкции расположена в месте стыка стены и плиты перекрытия под плитой перекрытия. Она составляет 15,11 °С.

При расчете на в два раза более редкой сетке:

- минимальная температура на внутренней поверхности конструкции в той же точке составляет 15,09 °С. Погрешность определения минимальной температуры на внутренней поверхности 0,02 °С;
- средняя температура на наружной поверхности отличается на 0,0008 °С;
- средняя температура на внутренней поверхности отличается на 0,0014 °С.

Таким образом, погрешность потока теплоты по наружной поверхности — 0,024 Вт/м, погрешность потока теплоты по внутренней поверхности — 0,029 Вт/м.

Наибольшая из оценок погрешности потока теплоты — разность между потерями теплоты по наружной и внутренней поверхностям в основном расчете. Она принимается за погрешность расчета потерь теплоты — 0,03 Вт/м.

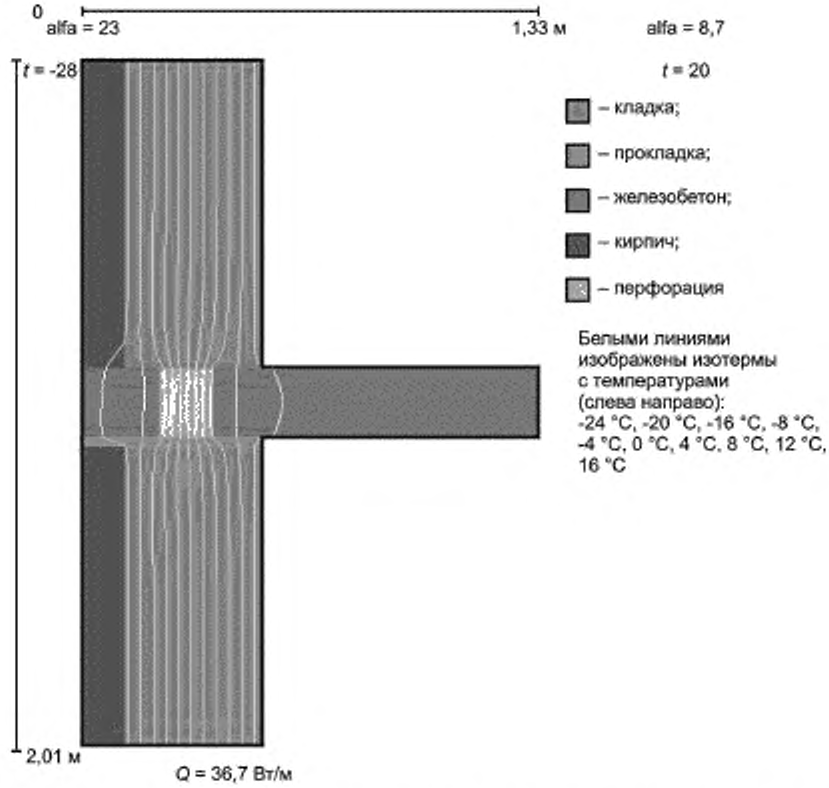

Рисунок Б.2 — Температурное поле узла сопряжения плиты перекрытия с наружной стеной

УДК 697.1:006.354 ОКС 91.080.01

Ключевые слова: температурное поле, температурный перепад, численные расчеты, удельные потери теплоты, теплотехническая неоднородность

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 09.12.2020. Подписано в печать 24.12.2020. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,18.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
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