



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
ИСО 10456—
2021

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Тепловлажностные характеристики.
Табличные значения расчетных
теплотехнических характеристик и методы
определения декларируемых и расчетных
теплотехнических характеристик

(ISO 10456:2007, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «ПСМ-Стандарт», Ассоциацией производителей панелей из ППУ (Ассоциация «НАППАН») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 144 «Строительные материалы и изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2021 г. № 866-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 10456:2007 «Материалы и изделия строительные. Тепловлажностные характеристики. Табличные значения расчетных теплотехнических характеристик и методы определения декларируемых и расчетных теплотехнических характеристик» [ISO 10456—2007 «Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values», IDT], включая изменения и техническую поправку: Cor.1:2009.

Техническая поправка 1 к указанному международному стандарту, принятая после его официальной публикации, внесена в текст настоящего стандарта и выделена двойной вертикальной линией, расположенной на полях напротив соответствующего текста, а обозначения и год принятия технической поправки приведены в скобках после соответствующего текста.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 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 (www.gost.ru)

© ISO, 2007

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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

II

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения, обозначения и единицы измерения	1
3.1 Термины и определения	1
3.2 Обозначения, единицы измерения теплотехнических характеристик	2
4 Методы и условия проведения испытаний	2
4.1 Определение теплотехнических характеристик	2
4.2 Определение влажностных характеристик	3
5 Определение декларируемых значений теплопроводности и термического сопротивления	3
6 Определение расчетных значений теплотехнических характеристик	4
6.1 Основные положения	4
6.2 Округление расчетных значений	4
6.3 Расчетные значения, полученные на основании декларируемых значений	4
6.4 Расчетные значения, полученные на основании измеренных значений	4
7 Правила преобразования теплопроводности и термического сопротивления к расчетным условиям	5
7.1 Основное уравнение преобразования	5
7.2 Преобразование по температуре	5
7.3 Преобразование по влажности	5
7.4 Преобразование по старению	6
7.5 Естественная конвекция	6
8 Табличные значения теплотехнических характеристик	7
8.1 Основные положения	7
8.2 Расчетные значения теплотехнических характеристик	8
8.3 Расчетные значения влажностных характеристик	8
Приложение А (обязательное) Коэффициенты преобразования теплопроводности по температуре	17
Приложение В (справочное) Примеры расчетов	21
Приложение С (справочное) Статистические расчеты	24
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам	26
Библиография	27

Введение

Настоящий стандарт содержит методы оценки вклада строительных материалов и изделий в энергосбережение и общую энергетическую эффективность зданий.

Расчетные значения теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий, установленных в настоящем стандарте, следует использовать при выполнении теплотехнических и влажностных расчетов ограждающих конструкций.

Расчетные значения теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий, например теплоизоляционных, принимают на основании декларируемых значений, полученных при проведении лабораторных испытаний. Если расчетные условия эксплуатации строительного материала или изделия отличаются от условий, принятых при проведении лабораторных испытаний, декларируемые значения следует преобразовать к расчетным условиям. Методы преобразования декларируемых значений теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий к расчетным условиям описаны в настоящем стандарте.

При отсутствии результатов лабораторных испытаний расчетные значения теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий могут быть приняты на основании табличных значений. Табличные значения теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий, представленные в настоящем стандарте, приняты на основании обобщения опубликованных ранее исследований (см. раздел «Библиография»).

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Тепловлажностные характеристики.

Табличные значения расчетных теплотехнических характеристик
и методы определения декларируемых и расчетных теплотехнических характеристик

Building materials and products. Hygrothermal properties.
Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

Дата введения — 2022—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы определения декларируемых (заявленных) и расчетных (проектных) значений теплотехнических характеристик термически однородных строительных материалов и изделий, а также правила преобразования значений, установленных при одних расчетных условиях, в соответствующие значения, справедливые для других расчетных условий. Устанавливаемые в настоящем стандарте правила преобразования теплотехнических характеристик справедливы для расчетных температур окружающей среды от минус 30 °С до плюс 60 °С.

Настоящий стандарт устанавливает коэффициенты пересчета данных при различных температурах и влажности. Эти коэффициенты справедливы для интервала температур от 0 °С до 30 °С.

В настоящем стандарте в табличной форме приведены также расчетные условия, используемые для вычисления процессов тепло- и влагопереноса через однородные материалы и изделия, широко используемые в строительных конструкциях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения к нему)]:

ISO 7345, Thermal insulation — Physical quantities and definitions (Теплоизоляция. Физические величины и определения)

ISO 8990, Thermal insulation — Determination of steady-state thermal transmission properties — Calibrated and guarded hot box (Теплоизоляция. Определение характеристик, связанных с теплопередачей, в стационарном режиме. Калиброванная и защищенная теплоизолированная камера)

ISO 12572, Hygrothermal performance of building materials and products — Determination of water vapour transmission properties (Гигротермическая характеристика строительных материалов и изделий. Определение свойств водопаропроницаемости).

3 Термины, определения, обозначения и единицы измерения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO 7345, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **заявленное значение тепловой характеристики** (declared thermal value): Ожидаемое значение тепловой характеристики строительного материала или изделия, оцененное на основе показа-

телей, измеренных при стандартных температуре и влажности, указанное с определенной точностью и определенным уровнем доверительной вероятности и соответствующее разумному сроку службы при нормальных условиях.

3.1.2 расчетное значение тепловой характеристики (design thermal value): Расчетная теплопроводность или расчетное термическое сопротивление.

Примечание — Отдельное изделие может иметь более одного расчетного значения тепловой характеристики с учетом различных применений и различных условий окружающей среды.

3.1.3 расчетная теплопроводность (design thermal conductivity): Значение теплопроводности строительного материала или изделия при определенных внешних и внутренних условиях, которое можно рассматривать как типичное для данного материала или изделия при использовании их в строительной конструкции.

3.1.4 расчетное термическое сопротивление (design thermal resistance): Значение термического сопротивления строительного изделия при определенных внешних и внутренних условиях, которое можно рассматривать как типичное для данного изделия при использовании его в строительной конструкции.

3.1.5 материал (material): Часть изделия, независимо от вида его поставки, формы и размеров, без какой-либо облицовки или покрытия.

3.1.6 изделие (product): Конечная форма материала, готовая к применению, имеющая заданные форму и размеры, включающая облицовку или покрытие.

3.2 Обозначения, единицы измерения

Символ	Показатель	Единица измерения
c_p	удельная теплоемкость при постоянном давлении	Дж/(кг · К)
F_a	фактор пересчета, учитывающий старение	—
F_m	фактор пересчета, учитывающий содержание влаги	—
F_T	фактор пересчета, учитывающий температуру	—
f_T	температурный коэффициент пересчета	К ⁻¹
f_u	влажностный коэффициент пересчета при влаге, выраженной как масса на массу ^a	кг/кг
f_v	влажностный коэффициент пересчета при влаге, выраженной как объем на объем ^a	м ³ /м ³
R	термическое сопротивление	м ² · К/Вт
s_d	диффузия водяного пара, эквивалентная толщине слоя воздуха	м
T	термодинамическая температура	К
u	содержание влаги, выраженное как масса на массу	кг/кг
λ	теплопроводность	Вт/(м · К)
μ	коэффициент сопротивления диффузии водяного пара	—
ρ	плотность	кг/м ³
Ψ	содержание влаги, выраженное как объем на объем	м ³ /м ³
^a Для преобразования тепловых характеристик.		

4 Методы и условия проведения испытаний

4.1 Определение теплотехнических характеристик

4.1.1 Методы проведения испытаний

Измерение теплотехнических характеристик выполняется по одной из следующих методик:

- по методике ISO 8302 (с применением защитной плиты) или соответствующего национального стандарта;

- по методике ISO 8301 (измерение теплового потока) или соответствующего национального стандарта;

- по методике ISO 8990 (с применением калиброванного защищенного бокса).

4.1.2 Условия проведения испытаний

При проведении испытаний среднюю температуру испытываемого образца следует выбирать таким образом, чтобы применение коэффициента, учитывающего влияние температуры на теплопроводность материала, не приводило к изменению расчетного значения теплотехнической характеристики более чем на 2 % по сравнению с измеренным значением.

Перед проведением испытаний следует определить следующие данные:

- толщину и плотность материала или изделия для его идентификации;
- средняя температура испытания;
- влагосодержание в образце во время проведения испытаний;
- (для состаренных материалов) возраст образцов и процедуры кондиционирования перед проведением испытаний.

4.2 Определение влажностных характеристик

Измеренные значения коэффициента сопротивления диффузии водяного пара или эквивалентную толщину слоя воздуха относительно диффузии водяного пара следует определять по методике ISO 12572.

5 Определение декларируемых значений теплопроводности и термического сопротивления

Декларируемое значение теплопроводности или термического сопротивления строительного материала или изделия определяют в соответствии с условиями проведения испытаний (а или b) при стандартных температурах испытания I (10 °C) или II (23 °C), представленными в таблице 1.

Таблица 1 — Условия проведения испытаний при определении декларируемых значений теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий

Наименование параметра	Условия проведения испытаний			
	I (10 °C)		II (23 °C)	
	a)	b)	a)	b)
Температура	10 °C	10 °C	23 °C	23 °C
Влагосодержание	u_{dry}^a	$u_{23,50}^b$	u_{dry}^a	$u_{23,50}^b$
Старение	учитывается	учитывается	учитывается	учитывается

^a u_{dry} — влагосодержание образцов после высушивания до постоянной массы в соответствии с техническими условиями или стандартами на конкретный материал.

^b $u_{23,50}$ — влагосодержание образцов после выдержки их до постоянной массы при температуре воздуха 23 °C и относительной влажности воздуха 50 %.

Заявленные значения характеристик следует определять на образцах достаточной толщины, чтобы можно было пренебречь влиянием толщины, а для материалов с меньшими толщинами заявленные значения характеристик должны быть основаны на измерениях, проведенных на образцах такой же толщины.

Декларируемое значение теплотехнической характеристики может быть установлено на основании одного из следующих способов:

- непосредственно, по результатам проведения испытаний методами, перечисленными в разделе 4, либо
- косвенно, посредством установления корреляционной зависимости между теплопроводностью и какой-либо иной характеристикой материала или изделия, например с его плотностью.

Если не все измеряемые параметры были определены при одинаковых условиях проведения испытаний, их следует привести к одинаковым расчетным условиям (см. 4.1.2). Затем следует выполнить оценку погрешности вычисленного результата.

Результаты вычислений следует округлять не менее чем до трех значащих цифр.

Декларируемое значение теплотехнической характеристики должно быть представлено одним числом, округленным по одному из представленных ниже правил:

- а) для теплопроводности λ , Вт/(м · К):
 - при $\lambda \leq 0,08$ декларируемое значение округляют до ближайшего большего числа с точностью до 0,001 Вт/(м · К);
 - при $0,08 < \lambda \leq 0,20$ декларируемое значение округляют до ближайшего большего значения с точностью до 0,005 Вт/(м · К);
 - при $0,20 < \lambda \leq 2,00$ декларируемое значение округляют до ближайшего большего числа с точностью до 0,01 Вт/(м · К);
 - при $\lambda > 2,00$ декларируемое значение округляют до ближайшего большего значения с точностью до 0,1 Вт/(м · К);

б) для термического сопротивления R , м² · К/Вт, в качестве декларируемого значения принимают ближайшее меньшее значение, округленное не более чем до двух десятых или трех значащих цифр.

Правила определения декларируемых значений теплотехнических характеристик для определенных типов изделий могут быть установлены в стандартах на эти изделия.

6 Определение расчетных значений теплотехнических характеристик

6.1 Основные положения

Расчетные значения теплотехнических характеристик могут быть получены из заявленных, измеренных или табличных значений (см. раздел 8).

Измеренные значения могут быть:

- непосредственными, в соответствии с условиями проведения испытаний, описанными в разделе 4;
- косвенными, посредством установления корреляционной зависимости между теплопроводностью и какой-либо иной характеристикой материала или изделия, например с его плотностью.

Если при определении декларируемых, измеренных или табличных значений теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий условия проведения испытаний соответствуют расчетным условиям их эксплуатации, указанные значения могут быть приняты в качестве расчетных. В ином случае следует выполнить их преобразование к расчетным условиям. Методика преобразования декларируемых, измеренных или табличных значений теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий к расчетным условиям приведена в разделе 7.

6.2 Округление расчетных значений

Расчетные значения теплотехнических характеристик материалов и изделий округляют в соответствии с правилами, представленными в разделе 5:

- для теплопроводности — ближайшее большее значение в Вт/(м · К);
- для термического сопротивления — ближайшее меньшее значение в м² · К/Вт.

6.3 Расчетные значения, полученные на основании декларируемых значений

В случае, если расчетное значение теплотехнической характеристики устанавливают на основании декларируемого значения и обосновывают на использовании той же статистической оценки, декларируемое значение должно быть преобразовано к расчетным условиям.

В приложении С приведена информация о том, как получить расчетное значение теплотехнической характеристики на основании статистической оценки, отличной от той, которая была использована при определении заявленного значения теплотехнической характеристики.

6.4 Расчетные значения, полученные на основании измеренных значений

При необходимости все данные должны быть преобразованы к расчетным условиям. Затем должна быть рассчитана статистическая погрешность полученного значения. Ссылки на международные стандарты, которые могут быть использованы при этом, представлены в приложении С.

7 Правила преобразования теплопроводности и термического сопротивления к расчетным условиям

7.1 Основное уравнение преобразования

Преобразование теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий из одних условий (λ_1, R_1) к другим условиям (λ_2, R_2) производят по следующим формулам:

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T F_m F_a, \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{F_T F_m F_a}. \quad (2)$$

Значения коэффициентов пересчета могут быть взяты из таблиц настоящего стандарта. Альтернативно коэффициенты могут быть вычислены из результатов измерений, полученных методами, ссылки на которые даны в 4.1, при условии, что процедура определения коэффициентов пересчета, отличных от указанных в таблице 4, подтверждена независимыми испытательными институтами.

7.2 Преобразование по температуре

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры на расчетные значения теплотехнических характеристик материалов и изделий, рассчитывают по формуле

$$F_T = \exp [f_T (T_2 - T_1)], \quad (3)$$

где f_T — коэффициент преобразования по температуре;

T_1 — температура при условиях 1;

T_2 — температура при условиях 2.

Значения коэффициентов преобразования по температуре (f_T) для ряда строительных материалов и изделий представлены в приложении А.

П р и м е ч а н и е — Влияние температуры на тепловые свойства других материалов обычно несущественно при расчетах процессов теплопередачи, и им обычно пренебрегают.

Расчетные значения теплотехнических характеристик следует определять при средней расчетной температуре материала или изделия, используемого в составе ограждающей конструкции, эксплуатируемых в соответствующих климатических условиях.

7.3 Преобразование по влажности

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние влажности на расчетные значения теплотехнических характеристик материалов и изделий F_m , рассчитывают по формулам:

а) в зависимости от массового содержания влаги:

$$F_m = \exp [f_u (u_2 - u_1)], \quad (4)$$

где f_u — коэффициент преобразования по влажности в зависимости от массового содержания влаги;

u_1 — массовое влагосодержание при условиях 1;

u_2 — массовое влагосодержание при условиях 2;

б) в зависимости от объемного содержания влаги:

$$F_m = \exp [f_\psi (\Psi_2 - \Psi_1)], \quad (5)$$

где f_ψ — коэффициент преобразования по влажности в зависимости от объемного содержания влаги;

Ψ_1 — объемное влагосодержание при условиях 1;

Ψ_2 — объемное влагосодержание при условиях 2.

Значения коэффициентов преобразования по влажности для теплоизоляционных и каменных материалов представлены в таблице 4.

7.4 Преобразование по старению

Старение зависит от типа материала, его структуры, наличия облицовочных покрытий, применяемого вспенивающего реагента, температуры и толщины материала. Для конкретного материала эффект старения может быть смоделирован с использованием теоретических моделей, подтвержденных экспериментальными данными.

Если декларируемое значение теплотехнической характеристики учитывает влияние старения, то при определении расчетного значения не следует применять другие способы его преобразования по старению.

Если применяется поправочный коэффициент по старению F_a , то теплотехнические характеристики должны быть вычислены с учетом старения в течение времени, составляющего не менее половины срока службы изделия в рассматриваемых условиях его применения.

Примечание 1 — Срок службы материала или изделия в составе ограждающей конструкции, как правило, принимают равным 50 лет.

Примечание 2 — В настоящем стандарте отсутствуют справочные значения поправочных коэффициентов, учитывающих влияние старения материала на его теплопроводность или термическое сопротивление F_a .

7.5 Естественная конвекция

Для теплоизоляционных материалов с открытой пористой структурой влияние естественной конвекции на теплопроводность зависит от воздухопроницаемости слоя теплоизоляции, его толщины и разности температур на внутренней и наружной его поверхностях. Естественная конвекция в порах теплоизоляционного материала может быть описана с использованием числа Рэлея для воздуха Ra_m , представляющего собой безразмерное число, которое для целей настоящего стандарта может быть рассчитано по формуле:

$$Ra_m = 3 \cdot 10^6 \frac{d k \Delta T}{\lambda}, \quad (6)$$

где $3 \cdot 10^6$ — коэффициент, принимаемый для воздуха, Вт/(м⁴ · К²);

ΔT — разность температур в поперечном сечении теплоизоляции, К;

d — толщина теплоизоляции, м;

k — воздухопроницаемость теплоизоляции, м²;

λ — теплопроводность теплоизоляции без учета влияния конвекции, Вт/(м · К).

Если число Рэлея для соответствующих направлений теплового потока не превышает критических значений, представленных в таблице 2, коррекцию влияния естественной конвекции на теплотехнические характеристики теплоизоляционных материалов и изделий выполнять не следует.

Примечание 1 — Обобщенное уравнение для определения числа Рэлея выглядит следующим образом:

$$Ra_m = \frac{g \beta \rho c_p}{\nu} \cdot \frac{d k \Delta T}{\lambda}, \quad (7)$$

где g — ускорение свободного падения (9,81 м/с²);

β — коэффициент теплового расширения для воздуха;

ρ — плотность воздуха;

c_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении;

ν — кинематическая вязкость воздуха (равная отношению динамической вязкости к плотности);

Уравнение (6) для воздуха получено при температуре 10 °С (см. ISO 10292).

Примечание 2 — Для одномерного случая и стационарных условий воздухопроницаемость определяют из уравнения

$$\frac{\Delta P}{d} = \frac{\eta \cdot V}{k \cdot A}, \quad (8)$$

где ΔP — разность давлений;

η — динамическая вязкость воздуха;

V — объемный расход воздуха;

A — площадь.

Воздухопроницаемость может быть определена по методике ISO 9053 при определении сопротивления воздухопроницанию изделий g с использованием следующего выражения:

$$k = \frac{\eta}{r}, \quad (9)$$

где r — удельное статическое сопротивление воздухопроницанию.

Примечание 3 — Для холодных климатических условий риск возникновения естественной конвекции в порах теплоизоляционного материала выше, т. к. больше значение разности температур ΔT в уравнении (6).

Таблица 2 — Критические значения числа Рэлея (для воздушной среды)

Направление теплового потока ^a	Ra_m
Горизонтальное	2,5
Вертикальное, снизу вверх, верхняя поверхность открыта (не защищена ветрозащитным покрытием)	15
Вертикальное, снизу вверх, верхняя поверхность защищена ветрозащитным покрытием (непроницаемым для воздуха)	30
^a Для углов Θ , отличных от 0 (с учетом того, что для горизонтального направления $\Theta = 0$), при определении критических значений числа Рэлея следует использовать линейную интерполяцию в зависимости от $\cos \Theta$.	

В настоящее время не существует общепринятых правил для учета конвекции в теплоизоляционных материалах. Если число Рэлея превышает критические значения, представленные в таблице 2, для количественной оценки влияния эффекта конвекции на теплотехнические характеристики теплоизоляционных материалов требуются испытания и анализ их результатов.

8 Табличные значения теплотехнических характеристик

8.1 Основные положения

В таблицах 3, 4 и 5 приведены типовые расчетные значения теплотехнических характеристик материалов или изделий, которые, при отсутствии конкретной информации о соответствующем продукте, могут быть использованы при расчете тепло- и влагопереноса. Там, где это возможно, вместо табличных значений следует использовать значения, полученные при сертификации изделий.

В таблице 3 приведены расчетные значения теплопроводности, удельной теплоемкости и коэффициента сопротивления диффузии водяного пара строительных материалов и изделий. Если фактическая плотность какого-либо материала или изделия отличается от принятых в таблице 3 значений, расчетные значения его теплотехнических характеристик допускается определять методом линейной интерполяции.

В таблице 4 приведены расчетные значения удельной теплоемкости и влагосодержания, а также коэффициенты преобразования по влажности и коэффициенты сопротивления диффузии водяного пара для ряда строительных материалов и изделий. Равновесное влагосодержание в материалах и изделиях приведено при температуре воздуха 23 °С и относительной влажности 50 % и 80 %. Диапазоны значений плотности и влагосодержания, представленные в таблице 4, указывают пределы применимости расчетных данных.

В таблице 5 приведены значения эквивалентной толщины слоя воздуха относительно диффузии водяного пара для некоторых типов специальных и отделочных тонкослойных покрытий.

Примечание — Для каменных кладок значения теплопроводности в сухом состоянии приведены в EN 1745.

8.2 Расчетные значения теплотехнических характеристик

Расчетные значения теплотехнических характеристик теплоизоляционных и каменных материалов следует преобразовать в соответствии с расчетными условиями применения материалов, используя коэффициенты преобразования, численные значения которых приведены в приложении А и таблице 4.

Значения, относящиеся к влагосодержанию, указанные в таблице 4 (при температуре воздуха 23 °С и относительной влажности 50 % и 80 %), характеризуют равновесное влагосодержание соответствующих материалов в стандартных условиях эксплуатации. Указанные значения не применимы к условиям, когда имеет место повышенное влагосодержание материалов, например применяемых в составе строительных конструкций, контактирующих с грунтом. Данные о равновесном влагосодержании для конкретных условий эксплуатации могут быть представлены в национальных стандартах.

8.3 Расчетные значения влажностных характеристик

В таблицах 3 и 4 приведены значения коэффициентов сопротивления диффузии водяного пара строительных материалов и изделий для сухих и влажных условий эксплуатации (в терминах ISO 12572: для условий «сухой чашки» и «влажной чашки» соответственно).

При низкой относительной влажности воздуха водяной пар проходит через пористые материалы преимущественно за счет процесса диффузии. При повышении относительной влажности воздуха поры материала (преимущественно микро- и мезопоры) заполняются водой, и этот механизм влагопереноса становится преобладающим. По этой причине с увеличением относительной влажности воздуха сопротивление паропроницанию падает. Этот эффект суммируется для значений, полученных при сухих условиях, когда средняя относительная влажность воздуха, содержащегося в порах материала, меньше 70 %, и значений, полученных при влажных условиях, когда средняя относительная влажность воздуха, содержащегося в порах материала, больше или равна 70 %. Для отапливаемых зданий значения, полученные при сухих условиях, применяют, в основном, для материалов, расположенных за слоем теплоизоляции (со стороны помещения), а значения, полученные при влажных условиях, применяют для материалов, находящихся с внешней стороны теплоизоляционного слоя (с внешней стороны ограждающей конструкции). Если в конструкции отсутствует слой теплоизоляции (например, в однородных каменных стенах), то значения, полученные при сухих условиях, применяют, когда строительная конструкция находится в состоянии перехода из сухого состояния во влажное, а значения, полученные при влажных условиях, применяют, когда строительная конструкция находится в состоянии перехода из влажного состояния в сухое.

Таблица 3 — Расчетные значения теплотехнических характеристик строительных материалов и изделий

Наименование материалов и изделий/тип		Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)	Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ в условиях:	
					влажных	сухих
Асфальт		2 100	0,70	1 000	50 000	50 000
Битум	без примесей	1 050	0,17	1 000	50 000	50 000
	рубероид	1 100	0,23	1 000	50 000	50 000
Бетон^a	Средней плотности	1 800	1,15	1 000	100	60
		2 000	1,35	1 000	100	60
		2 200	1,65	1 000	120	70
	Высокой плотности	2 400	2,0	1 000	130	80
	Железобетон (коэфф. армирования — 1 %)	2 300	2,3	1 000	130	80
	Железобетон (коэфф. армирования — 2 %)	2 400	2,5	1 000	130	80

Продолжение таблицы 3

Наименование материалов и изделий/тип		Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)	Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ в условиях:	
					влажных	сухих
Напольные покрытия	Резина	1 200	0,17	1 400	10 000	10 000
	Пластик	1 700	0,25	1 400	10 000	10 000
	Подложка из ячеистой резины или пластика	270	0,10	1 400	10 000	10 000
	Подложка из войлока	120	0,05	1 300	20	15
	Подложка из шерсти	200	0,06	1 300	20	15
	Подложка из пробки	< 200	0,05	1 500	20	10
	Плитка из пробки	> 400	0,065	1 500	40	20
	Ковровое/текстильное покрытие	200	0,06	1 300	5	5
	Линолеум	1 200	0,17	1 400	1 000	800
Газы	Воздух	1,23	0,025	1 008	1	1
	Углекислый газ	1,95	0,014	820	1	1
	Аргон	1,70	0,017	519	1	1
	Гексафторид серы	6,36	0,013	614	1	1
	Криптон	3,56	0,009 0	245	1	1
	Ксенон	5,68	0,005 4	160	1	1
Стекло	Обычное листовое (включая полированное «float glass»)	2 500	1,00	750	∞	∞
	Кварцевое	2 200	1,40	750	∞	∞
	Мозаичное	2 000	1,20	750	∞	∞
Вода	Лед при минус 10 °С	920	2,30	2 000	—	—
	Лед при 0 °С (в начале процесса таяния)	900	2,20	2 000	—	—
	Снег свежеснеженный (< 30 мм)	100	0,05	2 000	—	—
	Снег неуплотненный (30—70 мм)	200	0,12	2 000	—	—
	Снег, незначительно уплотненный (70—100 мм)	300	0,23	2 000	—	—
	Снег уплотненный (< 200 мм)	500	0,60	2 000	—	—
	Вода при 10 °С	1 000	0,60	4 190	—	—
	Вода при 40 °С	990	0,63	4 190	—	—
	Вода при 80 °С	970	0,67	4 190	—	—

Продолжение таблицы 3

Наименование материалов и изделий/тип		Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)	Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ в условиях:	
					влажных	сухих
Металлы	Алюминиевые сплавы	2 800	160	880	∞	∞
	Бронза	8 700	65	380	∞	∞
	Латунь	8 400	120	380	∞	∞
	Медь	8 900	380	380	∞	∞
	Чугун литейный	7 500	50	450	∞	∞
	Свинец	11 300	35	130	∞	∞
	Сталь	7 800	50	450	∞	∞
	Сталь нержавеющая ^b аустенитная или аустенитно-ферритная	7 900	17	500	∞	∞
	Сталь нержавеющая ^b ферритная или мартенситная	7 900	30	460	∞	∞
	Цинк	7 200	110	380	∞	∞
Пластики твердые	Акрил	1 050	0,20	1 500	10 000	10 000
	Поликарбонат	1 200	0,20	1 200	5 000	5 000
	Политетрафторэтилен (PTFE)	2 200	0,25	1 000	10 000	10 000
	Поливинилхлорид (PVC)	1 390	0,17	900	50 000	50 000
	Полиметилметакрилат (PMMA)	1 180	0,18	1 500	50 000	50 000
	Полиацетат	1 410	0,30	1 400	100 000	100 000
	Полиамид (нейлон)	1 150	0,25	1 600	50 000	50 000
	Полиамид 6.6 с содержа- нием 25 % стекловолокна	1 450	0,30	1 600	50 000	50 000
	Полиэтилен высокой плотности	980	0,50	1 800	100 000	100 000
	Полиэтилен низкой плотности	920	0,33	2 200	100 000	100 000
	Полистирол	1 050	0,16	1 300	100 000	100 000
	Полипропилен	910	0,22	1 800	10 000	10 000
	Полипропилен с содержа- нием 25 % стекловолокна	1 200	0,25	1 800	10 000	10 000
	Полиуретан (PU)	1 200	0,25	1 800	6 000	6 000
	Эпоксидная смола	1 200	0,20	1 400	10 000	10 000
	Фенольная смола	1 300	0,30	1 700	100 000	100 000
	Полиэфирная смола	1 400	0,19	1 200	10 000	10 000

Продолжение таблицы 3

Наименование материалов и изделий/тип		Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)	Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ в условиях:	
					влажных	сухих
Резина (каучук)	Натуральная	910	0,13	1 100	10 000	10 000
	Неопрен (полихлоропрен)	1 240	0,23	2 140	10 000	10 000
	Бутил (изобутан) твердый/ горячего расплава	1 200	0,24	1 400	200 000	200 000
	Вспененная (пенорезина)	60—80	0,06	1 500	7 000	7 000
	Жесткая (эбонит)	1 200	0,17	1 400	∞	∞
	Этилен-пропилен с диеновым мономером (EPDM)	1 150	0,25	1 000	6 000	6 000
	Полиизобутилен	930	0,20	1 100	10 000	10 000
	Полисульфид	1 700	0,40	1 000	10 000	10 000
	Бутадиен	980	0,25	1 000	100 000	100 000
Герметики, герметизи- рующие и предотвращающие тепло- обмен	Силикагель (влагопоглотитель)	720	0,13	1 000	∞	∞
	Силикон без добавок	1 200	0,35	1 000	5 000	5 000
	Силикон наполненный	1 450	0,50	1 000	5 000	5 000
	Силикон пена	750	0,12	1 000	10 000	10 000
	Уретан/полиуретан (для заделки швов)	1 300	0,21	1 800	60	60
	Поливинилхлорид (PVC) гибкий, с содержанием 40 % пластификатора	1 200	0,14	1 000	100 000	100 000
	Вспененная резина гибкая	60—80	0,05	1 500	10 000	10 000
	Полиуретановая пена вспененная	70	0,05	1 500	60	60
	Вспененный полиэтилен	70	0,05	2 300	100	100
Гипс	Гипс	600	0,18	1 000	10	4
		900	0,30	1 000	10	4
		1 200	0,43	1 000	10	4
		1 500	0,56	1 000	10	4
	Гипсокартон ^c	700	0,21	1 000	10	4
		900	0,25	1 000	10	4
Штукатурные покрытия	Гипсовая теплоизоляционная штукатурка, раствор	600	0,18	1 000	10	6
	Гипсовая штукатурка	1 000	0,40	1 000	10	6
		1 300	0,57	1 000	10	6

Продолжение таблицы 3

Наименование материалов и изделий/тип		Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)	Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ в условиях:	
					влажных	сухих
Грунты	Глина или ил	1 200—1 800	1,5	1 670—2 500	50	50
	Песок и гравий	1 700—2 200	2,0	910—1 180	50	50
Камень	Естественный, кристаллическая горная порода	2 800	3,5	1 000	10 000	10 000
	Естественный, осадочная горная порода	2 600	2,3	1 000	250	200
	Естественный, осадочная горная порода, легкая	1 500	0,85	1 000	30	20
	Естественный, поризованная горная порода, например лава	1 600	0,55	1 000	20	15
	Базальт	2 700—3 000	3,5	1 000	10 000	10 000
	Гнейс	2 400—2 700	3,5	1 000	10 000	10 000
	Гранит	2 500—2 700	2,8	1 000	10 000	10 000
	Мрамор	2 800	3,5	1 000	10 000	10 000
	Сланец	2 000—2 800	2,2	1 000	1 000	800
	Известняк очень мягкий	1 600	0,85	1 000	30	20
Камень	Известняк мягкий	1 800	1,1	1 000	40	25
	Известняк полутвердый	2 000	1,4	1 000	50	40
	Известняк твердый	2 200	1,7	1 000	200	150
	Известняк очень твердый	2 600	2,3	1 000	250	200
	Песчаник (кремнезем)	2 600	2,3	1 000	40	30
	Натуральная пемза	400	0,12	1 000	8	6
	Искусственный камень	1 750	1,3	1 000	50	40
Черепица (плиты)	Керамическая (глиняная)	2 000	1,0	800	40	30
	Бетонная	2 100	1,5	1 000	100	60
Плиты (другие типы)	Керамическая/фарфоровая	2 300	1,30	840	∞	∞
	Пластиковая	1 000	0,20	1 000	10 000	10 000
Дерево^d		450	0,12	1 600	50	20
		500	0,13	1 600	50	20
		700	0,18	1 600	200	50

Окончание таблицы 3

Наименование материалов и изделий/тип		Плотность ρ , кг/м ³	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)	Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ в условиях:	
					влажных	сухих
Панели на основе древесины ^d	Фанера ^a	300	0,09	1 600	150	50
		500	0,13	1 600	200	70
		700	0,17	1 600	220	90
		1 000	0,24	1 600	250	110
	ДСП на цементной основе	1 200	0,23	1 500	50	30
	ДСП	300	0,10	1 700	50	30
		600	0,14	1 700	50	10
		900	0,18	1 700	50	15
	Панели с ориентированной стружкой (OSB)	650	0,13	1 700	50	20
	ДВП, включая MDF ^f	250	0,07	1 700	5	3
		400	0,10	1 700	10	5
		600	0,14	1 700	20	12
		800	0,18	1 700	30	20

Примечание 1 — Для компьютеризированных расчетов значение ∞ можно заменить произвольным большим значением, например 106.

Примечание 2 — Значения коэффициентов сопротивления диффузии водяного пара приведены для условий «сухой чаши» и «влажной чаши».

^a Плотность приведена для бетона, находящегося в сухом состоянии.

^b EN 10088-1 содержит подробный перечень свойств марок нержавеющей стали, которые можно использовать, если известен их точный состав.

^c Значение теплопроводности представлено с учетом покрытий из бумаги.

^d Для изделий из дерева и изделий на основе древесины представлены значения плотности, измеренные при температуре 20 °C и относительной влажности воздуха 65 %, включая массу гигроскопической воды.

^e До получения достаточного количества достоверных данных, в качестве промежуточной меры, для панелей из твердых пород дерева (SWP), а также ламинированного клееного бруса (LVL) допускается использовать в расчетах теплотехнические характеристики, установленные для фанеры.

^f MDF: Древесно-волокнистая плита средней плотности, изготовленная способом сухого прессования.

Таблица 4 — Параметры коррекции по влажности и удельная теплоемкость теплоизоляционных и каменных материалов

Материал, изделие	Плотность ρ , кг/м ³	Содержание влаги при 23 °С и 50 % RH ^a		Содержание влаги при 23 °С и 80 % RH ^a		Коэффициент преобразования по влажности ^b				Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ , при условиях:		Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)
		u , кг/кг	ψ , м ³ /м ³	u , кг/кг	ψ , м ³ /м ³	u , кг/кг	f_u	f_v	f_w	сухих	влажных	
Пенополистирол вспененный	10—50		0		0					60	60	1 450
Экструзионный пенополистирол	20—65		0		0					150	150	1 450
Пенополиуретан жесткий	28—55		0		0					60	60	1 400
Минеральная вата	10—200		0		0					1	1	1 030
Фенольный пенопласт	20—50		0		0					50	50	1 400
Пеностекло	100—150	0		0		0	0			∞	∞	1 000
Перлитовая плита	140—240	0,02		0,03		0—0,03	0,8			5	5	900
Вспененная пробка	90—140		0,008		0,011					10	5	1 560
ДСП	250—450		0,03		0,05					5	3	1 470
ДВП	40—250	0,2 ¹⁾		0,03 [*]						5	3	2 000
Пенопласт мочевино- формальдегидный	10—30	0,1		0,15		< 0,15	0,7			2	2	1 400
Пенополиуретан напыляемый	30—50		0		0					60	60	1 400
Задумываемая минеральная вата	15—60		0		0					1	1	1 030
Засынов целлюлозное волокно	20—60	0,11		0,18		< 0,20	0,5			2	2	1 600
Засынов вспученный перлит	30—150	0,01		0,02		0—0,02	3			2	2	900
Засынов вспученный вермикулит	30—150	0,01		0,02		0—0,02	2			3	2	1 080
Засынов керамзит	200—400	0		0,001		0—0,02	4			2	2	1 000

1) Техническая поправка [ISO 10456:2007/Cor.1:2009(E)].

Окончание таблицы 4

Материал, изделие	Плотность ρ , кг/м ³	Содержание влаги при 23 °С и 50 % RH ^а		Содержание влаги при 23 °С и 80 % RH ^а		Коэффициент преобразования по влажности ^б					Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара μ , при условиях:		Удельная теплоемкость c_p , Дж/(кг · К)
		u , кг/кг	W , м ³ /м ³	u , кг/кг	W , м ³ /м ³	u , кг/кг	f_d	W , м ³ /м ³	f_v	сухих	влажных		
Засыпной пенополистирол (в гранулах)	10—30		0		0	<0,10		4	4	2	2		1 400
Керамика	1 000—2 400		0,007		0,012			0—0,25	10	16	10		1 000
Силикат кальция	900—2 200		0,012		0,024			0—0,25	10	20	15		1 000
Шлакопемзобетон	500—1 300		0,02		0,035			0—0,25	4	50	40		1 000
Бетон на гравии или щебне	1 600—2 400		0,025		0,04			0—0,25	4	150	120		1 000
Полистиролбетон	500—800		0,015		0,025			0—0,25	5	120	60		1 000
Керамзитобетон	400—700	0,02		0,03		0—0,25	2,6			6	4		1 000
Керамзитобетон на керамзитовом песке	800—1 700	0,02		0,03		0—0,25	4			8	6		1 000
Бетон с содержанием более 70 % доменного шлака	1 100—1 700	0,02		0,04		0—0,25	4			30	20		1 000
Бетон с преобладающим содержанием отходов металлургических производств	1 100—1 500	0,02		0,04		0—0,25	4			15	10		1 000
Изделия из автоклавного газобетона	300—1 000	0,026		0,045		0—0,25	4			10	6		1 000
Бетон с другими видами легких заполнителей	500—2 000		0,03		0,05			0—0,25	4	15	10		1 000
Строительный раствор (для кладки и оштукатуривания)	250—2 000		0,04		0,06			0—0,25	4	20	10		1 000

Примечание — В данной таблице представлены обобщенные значения. В национальных стандартах могут быть приведены другие значения, зависящие от типа материала и области его применения.

^а См. 8.2.

^б Эти значения не учитывают переноса воды и пара, а также фазовых превращений влаги. Для коэффициентов преобразования по влажности указаны диапазоны, для которых представленные данные справедливы.

^с Значение недействительно, когда происходит непрерывное поступление влаги к теплой стороне теплоизоляции.

Примечание — В данной таблице представлены обобщенные значения. В национальных стандартах могут быть приведены другие значения, зависящие от типа материала и области его применения.

^а См. 8.2.

^б Эти значения не учитывают переноса воды и пара, а также фазовых превращений влаги. Для коэффициентов преобразования по влажности указаны диапазоны, для которых представленные данные справедливы.

^с Значение недействительно, когда происходит непрерывное поступление влаги к теплой стороне теплоизоляции.

Таблица 5 — Значения эквивалентной толщины слоя воздуха относительно диффузии водяного пара для некоторых типов специальных и отделочных покрытий

Наименование материала/изделия	Эквивалентная толщина слоя воздуха относительно диффузии водяного пара s_{eq} , м
Полиэтилен 0,15 мм	50
Полиэтилен 0,25 мм	100
Полиэфирная пленка 0,2 мм	50
Поливинилхлоридная (PVC) фольга	30
Алюминиевая фольга 0,05 мм	1 500
РЕ фольга (армированная) 0,15 мм	8
Битумная бумага 0,1 мм	2
Картон, кашированный алюминием 0,4 мм	10
Воздухопроницаемая мембрана	0,2
Краска-эмульсия	0,1
Краска-глянец	3
Виниловые обои	2
Примечание 1 — Эквивалентная толщина слоя воздуха относительно диффузии водяного пара показывает толщину неподвижного слоя воздуха, имеющего такое же сопротивление паропрооницанию, как и указанное изделие. Представляет собой показатель, характеризующий сопротивление материала или изделия диффузии водяного пара. Примечание 2 — Толщину изделий, представленных в таблице 5, как правило, не измеряют. Их рассматривают как очень тонкие изделия, обладающие сопротивлением водяному пару. Таблица 5 приводит номинальные значения толщин представленных изделий в качестве вспомогательного средства для их идентификации.	

Приложение А
(обязательное)

Коэффициенты преобразования теплопроводности по температуре

Для значений теплопроводности, промежуточных по отношению к значениям, указанным в таблицах А.1—А.15, применима линейная интерполяция.

Если не указано иное, то приведенные коэффициенты преобразования применяют как для изделий заводского изготовления, так и для материалов, используемых в качестве засыпки.

Значения теплопроводности приведены для идентификации параметров и не предназначены для любых иных целей. Значения, приведенные в таблицах А.1—А.15, действительны для средних температур от 0 °С до 30 °С.

Данные для экструзионного пенополистирола (XPS) и пенополиуретана (PU) справедливы для всех типов вспенивающих агентов.

Таблица А.1 — Минеральная вата

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Плиты, маты и задуваемые материалы	0,035	0,004 6
	0,040	0,005 6
	0,045	0,006 2
	0,050	0,006 9
Плиты жесткие	0,032	0,003 8
	0,034	0,004 3
	0,036	0,004 8
	0,038	0,005 3
Плиты повышенной жесткости	0,030	0,003 5
	0,033	0,003 5
	0,035	0,003 5

Таблица А.2 — Вспененный пенополистирол

Толщина d , мм	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
$d < 20$	0,032	0,003 1
	0,035	0,003 6
	0,040	0,004 1
	0,043	0,004 4
$20 < d < 40$	0,032	0,003 0
	0,035	0,003 4
	0,040	0,003 6
$40 < d < 100$	0,032	0,003 0
	0,035	0,003 3
	0,040	0,003 6
	0,045	0,003 8
	0,050	0,004 1

Окончание таблицы А.2

Толщина d , мм	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
$d > 100$	0,032	0,003 0
	0,035	0,003 2
	0,040	0,003 4
	0,053	0,003 7

Таблица А.3 — Экструзионный пенополистирол

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Без облицовки	0,025	0,004 6
	0,030	0,004 6
	0,040	0,004 5
С облицовкой, мелкоячеистые изделия без облицовки	0,025	0,004 0
	0,030	0,003 6
	0,035	0,003 5
С герметичным покрытием	0,025	0,003 0
	0,030	0,002 8
	0,035	0,002 7
	0,040	0,002 6

Таблица А.4 — Пенополиуретан

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Без покрытия	0,025	0,005 5
	0,030	0,005 0
С герметичным покрытием	0,022	0,005 5
	0,025	0,005 5

Таблица А.5 — Фенольно-резольный пенопласт

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Пена с закрытыми порами (> 90 %) при 0 °С — 20 °С	до 0,025	0,002 0
		0,005 0
Пена с открытыми порами при 0 °С — 30 °С	0,032	0,002 9
^a Для интервалов температур между 0 °С и 20 °С и между 20 °С и 30 °С преобразование должно применяться по отдельности. Преобразование для интервала от 10 °С до 25 °С проводят в два этапа: сначала от 10 °С до 20 °С, затем от 20 °С до 25 °С. ^b Коэффициенты преобразования, представленные в таблице А.5, справедливы для следующих типов вспенивающих агентов: пентана и гидрофторуглерода (HFC). Для других типов вспенивающих агентов данные, представленные в таблице А.5, могут отличаться.		

Таблица А.6 — Пеностекло

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	0,035	0,004 3
	0,040	0,004 7
	0,045	0,003 3
	0,050	0,003 0
	0,055	0,002 7

Таблица А.7 — Жесткие плиты на основе перлита, волокон и связующих веществ

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	все значения	0,003 3

Таблица А.8 — Древесно-стружечные плиты

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	0,070	0,004 0
	0,080	0,004 1
	0,090	0,004 6

Таблица А.9 — Вспученная пробка

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	все значения	0,002 7

Таблица А.10 — Целлюлозное волокно (насыпное)

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Плотностью < 40 кг/м ³	все значения	0,004 0
Плотностью ≥ 40 кг/м ³	все значения	0,003 5

Таблица А.11 — Бетон, керамика и строительный раствор

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Легкий бетон	0,100	0,003
	0,150	0,002
	0,400	0,001
Бетон, керамика и строительный раствор	все значения	0,001

Таблица А.12 — Силикат кальция

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	все значения	0,003

Таблица А.13 — Вспученный перлит (насыпной)

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	0,040	0,004 1
	0,050	0,003 3

Таблица А.14 — Керамзит (насыпной)

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	0,070—0,150	0,004

Таблица А.15 — Вслученный вермикулит (насыпной)

Тип изделий	Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	Коэффициент преобразования f_T , 1/К
Все изделия	все значения	0,003

Приложение В
(справочное)

Примеры расчетов

В.1 Введение

В приложении представлены три примера, иллюстрирующие правила установления декларируемых или расчетных значений характеристик по имеющимся данным. Числовые значения исходных величин не заимствованы из настоящего стандарта, а являются полностью ориентировочными.

В.2 Декларируемое значение, определенное на основании результатов испытаний 10 образцов

Производитель минеральной ваты имеет результаты испытаний 10 образцов, отобранных из минераловатных плит. Измерения выполнены при средней температуре испытываемого образца 11 °С. Перед проведением испытаний образцы выдержаны при температуре 23 °С и относительной влажности воздуха 50 %.

Декларируемое значение теплопроводности следует представить для температуры 10 °С и влагосодержания, которое имеет материал при температуре воздуха 23 °С и относительной влажности 50 %.

Результаты испытаний представлены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Измеренные значения теплопроводности

Номер образца i	1	2	3	4	5
Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	0,033 1	0,034 3	0,034 6	0,033 8	0,033 6
Номер образца i	6	7	8	9	10
Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	0,034 1	0,033 4	0,034 2	0,033 5	0,033 9

Декларируемое значение следует установить с 90 %-ным квантилем при доверительной вероятности 90 %. Статистическая формула, используемая для нахождения предела этого одностороннего доверительного интервала, L_s , выглядит следующим образом (см. приложение А ИСО 16269)

$$L_s = \bar{\lambda} + k_2(\pi p; 1 - \alpha)s, \quad (\text{В.1})$$

где $\bar{\lambda}$ — среднее значение;

k_2 — коэффициент, применяемый для определения L_s , когда стандартное отклонение оценивается по одностороннему доверительному интервалу;

n — число образцов (измерений);

p — квантиль распределения, обеспечивающий минимальную выборку значений, которые лежат в заданном доверительном интервале;

$1 - \alpha$ — уровень доверительной вероятности, для которого данная выборка, лежащая в пределах доверительного интервала, больше или равна уровню квантиля p ;

s — среднее отклонение.

Среднее значение теплопроводности $\bar{\lambda}$ составляет:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum \lambda_i}{10} = 0,03386, \quad (\text{В.2})$$

где λ_i — i -е измеренное значение.

Согласно данным приложения с для $n = 10$: $k_2 = 2,07$.

Среднее квадратическое отклонение s составляет:

$$s = \sqrt{\sum (\lambda_i - \bar{\lambda})^2 / (n - 1)} = 0,000460. \quad (\text{В.3})$$

Предел доверительного интервала

$$L_s = 0,03386 + 2,07 \cdot 0,000460 = 0,03480. \quad (\text{В.4})$$

Полученное значение для температуры 10 °С преобразуется по формуле (1)

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T. \quad (\text{B.5})$$

Поправочный коэффициент влияния температуры F_T рассчитывают по формуле (3)

$$F_T = \exp [f_T (T_2 - T_1)]. \quad (\text{B.6})$$

Коэффициент преобразования для плит из минеральной ваты с теплопроводностью 0,034 8 Вт/(м · К) определяют методом линейной экстраполяции по таблице А.1

$$f_T = 0,004\ 5. \quad (\text{B.7})$$

Тогда поправочный коэффициент

$$F_T = \exp [0,004\ 5(10 - 11)] = 0,995\ 51. \quad (\text{B.8})$$

Пересчитанное значение теплопроводности с учетом температуры:

$$\lambda_2 = 0,034\ 8 \cdot 0,995\ 51 = 0,034\ 64. \quad (\text{B.9})$$

Полученное значение теплопроводности округляют до ближайшего большего значения с точностью до 0,001 Вт/(м · К), которое принимают в качестве декларируемого значения теплопроводности для этого изделия:

$$\lambda = 0,035\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}). \quad (\text{B.10})$$

В.3 Определение расчетного значения теплопроводности на основании известного декларируемого значения

В.3.1 Исходные условия

Условия эксплуатации плит из вспененного пенополистирола предполагают, что объемное влагосодержание изделий составит 0,02 м³/м³. Декларируемое значение теплопроводности для данного изделия, определенное как 90 %-ный квантиль с доверительной вероятностью 90 %, составляет 0,036 Вт/(м · К).

Требуется определить два расчетных значения теплопроводности, одно из которых представляет указанный выше квантиль, второе — среднее значение теплопроводности.

В.3.2 90 %-ный квантиль

Преобразование декларируемого значения необходимо провести только по содержанию влаги. Корреляционный коэффициент F_m вычисляется по формуле (7)

$$F_m = \exp [f_\Psi (\Psi_2 - \Psi_1)]. \quad (\text{B.11})$$

Коэффициент преобразования по влажности f_Ψ для данного типа изделий представлен в таблице 4 и составляет

$$f_\Psi = 4,0. \quad (\text{B.12})$$

Тогда для заданных исходных данных корреляционный коэффициент и пересчитанное значение теплопроводности составят:

$$F_m = \exp [4 (0,02 - 0)] = 1,083\ 3. \quad (\text{B.13})$$

$$\lambda_2 = 0,036 \cdot 1,083\ 3 = 0,038\ 988\ 8. \quad (\text{B.14})$$

Ближайшее расчетное значение теплопроводности, округленное до 0,001 Вт/(м · К)

$$\lambda = 0,039\ \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}). \quad (\text{B.15})$$

В.3.3 Среднее значение

Среднее значение может быть найдено с использованием уравнения (С.1), как показано в формуле (В.16)

$$\bar{\lambda} = \lambda_{90} - \Delta\lambda. \quad (\text{В.16})$$

Значение $\bar{\lambda}$ может быть вычислено, если известны число измерений и среднее квадратическое отклонение.

Если эти данные неизвестны, значение $\Delta\lambda$ может быть установлено в стандартах или других документах, в которых приведены значения $\bar{\lambda}$ и λ_{90} .

В данном примере для $\Delta\lambda$ использовано значение 0,002, тогда:

$$\bar{\lambda} = 0,036 - 0,002 = 0,034. \quad (\text{В.17})$$

Полученное значение затем следует пересчитать, используя корреляционный коэффициент F_m

$$\lambda_2 = 0,034 \cdot 1,083\,3 = 0,036\,832\,2. \quad (\text{В.18})$$

За расчетную теплопроводность следует принимать ближайшее большее значение, округненное до 0,001 Вт/(м · К), т. е.

$$\lambda = 0,037 \text{ Вт/(м · К)}. \quad (\text{В.19})$$

Приложение С
(справочное)

Статистические расчеты

С.1 Квантили

Как правило, функция распределения случайной величины неизвестна, но допускается, что она представляет собой закон распределения Гаусса. Вычисление доверительных интервалов (доверительных квантилей) осуществляется в соответствии с методикой, представленной в ИСО 16269-6. Оценку средних значений проводят согласно [1]. Сравнение двух средних значений проводят в соответствии с требованиями ИСО 2854.

В таблице С.1 представлены коэффициенты k_1 и k_2 для 90 %-ной доверительной вероятности ($1 - \alpha$, в процентах) и доверительных интервалов (квантилей, p) 50 % и 90 %. Коэффициент k_1 используется в том случае, если известна величина стандартного отклонения; коэффициент k_2 — когда стандартное отклонение оценивается.

С.2 Преобразование статистических значений

Если расчетное значение теплопроводности должно быть определено для другой статистической оценки (90 % или медианное значение), следует использовать формулы:

$$\lambda_T = \bar{\lambda} \pm \Delta \lambda_T, \quad (\text{С.1})$$

$$R_T = \bar{R} \pm \Delta R_T, \quad (\text{С.2})$$

где λ_T , R_T — верхний или нижний квантили;

$\Delta \lambda_T$, ΔR_T — разница между средним значением и выбранным квантилем.

Значения $\Delta \lambda_T$ и ΔR_T могут быть установлены на основе статистической обработки результатов измерений или приняты на основании стандартов или документов, содержащих сведения 50 %-ных и 90 %-ных квантилей.

Т а б л и ц а С.1 — Коэффициенты k_1 и k_2 для одностороннего доверительного интервала

л	k_1 $1 - \alpha = 0,90$		k_2 $1 - \alpha = 0,90$	
	$p = 50 \%$	$p = 90 \%$	$p = 50 \%$	$p = 90 \%$
3	0,74	2,02	1,09	4,26
4	0,64	1,92	0,82	3,19
5	0,57	1,86	0,69	2,74
6	0,52	1,81	0,60	2,49
7	0,48	1,77	0,54	2,33
8	0,45	1,74	0,50	2,22
9	0,43	1,71	0,47	2,13
10	0,41	1,69	0,44	2,07
11	0,39	1,67	0,41	2,01
12	0,37	1,65	0,39	1,97
13	0,36	1,64	0,38	1,93
14	0,34	1,63	0,36	1,90
15	0,33	1,62	0,35	1,87
16	0,32	1,60	0,34	1,84
17	0,31	1,59	0,33	1,82

Окончание таблицы С.1

n	k_1 $1 - \alpha = 0,90$		k_2 $1 - \alpha = 0,90$	
	p = 50 %	p = 90 %	p = 50 %	p = 90 %
18	0,30	1,58	0,32	1,80
19	0,30	1,58	0,31	1,78
20	0,29	1,57	0,30	1,77
22	0,27	1,56	0,28	1,74
25	0,25	1,54	0,26	1,70
30	0,23	1,52	0,24	1,66
35	0,22	1,50	0,22	1,62
40	0,20	1,49	0,21	1,60
45	0,19	1,47	0,19	1,58
50	0,18	1,46	0,18	1,56
75	0,15	1,43	0,15	1,50
100	0,13	1,41	0,13	1,47
200	0,09	1,37	0,08	1,40
500	0,06	1,34	0,06	1,36
1 000	0,04	1,32	0,04	1,34
∞	0,00	1,28	0,00	1,28

Приложение ДА
(справочное)

**Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов
национальным и межгосударственным стандартам**

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 7345	MOD	ГОСТ Р 55655—2013 (ИСО 7345:1987) «Тепловая изоляция. Физические величины и определения»
ISO 8990	—	*
ISO 12572	NEQ	ГОСТ 25898—2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропропусканию»
* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - MOD — модифицированный стандарт; - NEQ — неэквивалентный стандарт.		

Библиография

- [1] ISO 2602, *Statistical interpretation of test results — Estimation of the mean — Confidence interval* (Статистическая интерпретация результатов испытаний. Оценка среднего. Доверительный интервал)
- [2] ISO 2854, *Statistical interpretation of data — Techniques of estimation and tests relating to means and variances* (Статистическая обработка данных. Методы оценки и проверки гипотез о средних значениях и дисперсиях)
- [3] ISO 8301, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Heat flow meter apparatus*
- [4] ISO 8302, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Guarded hot plate apparatus*
- [5] ISO 9053, *Acoustics — Materials for acoustical applications — Determination of airflow resistance*
- [6] ISO 9346, *Hygrothermal performance of buildings and building materials — Physical quantities for mass transfer — Vocabulary*
- [7] ISO 10292, *Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing*
- [8] ISO 16269-6:2005, *Statistical interpretation of data — Part 6: Determination of statistical tolerance intervals*
- [9] EN 1745, *Masonry and masonry products — Methods for determining design thermal values*
- [10] EN 10088-1, *Stainless steels — Part 1: List of stainless steels*
- [11] EN 12524, *Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values*
- [12] EN 12664, *Thermal performance of building materials and products — Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods — Dry and moist products of medium and low thermal resistance*
- [13] EN 12667, *Thermal performance of building materials and products — Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods — Products of high and medium thermal resistance*
- [14] EN 12939, *Thermal performance of building materials and products — Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods — Thick products of high and medium thermal resistance*
- [15] ANDERSON B.R. et al., *Analysis, selection and statistical treatment of thermal properties of building materials for the preparation of harmonised design values*. Final report of the Thermal Values Group, coordinated by Building Research Establishment (BRE), UK
- [16] CAMPANALE M., *Determination of thermal resistance of thick specimens by means of a guarded hot plate or heat flow meter*. Istituto di Fisica Tecnica, Università di Padova, Padua, Italy
- [17] CAMPANALE M. and DE PONTE, F., *Temperature effect on steady-state heat transfer properties of insulating materials*. Istituto di Fisica Tecnica, Università di Padova, Padua, Italy
- [18] BISIOL B., CAMPANALE M. and MORO L., *Theoretical and experimental characterization of insulating cork boards*. Istituto di Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria, Università di Padova, Padua, Italy
- [19] CAMPANALE, M., DE PONTE, F., MORO, L. and ZARDO V., *Separation of radiative contribution in heat transfer in polyurethanes*. Istituto di Fisica Tecnica, Università di Padova, Padua, Italy
- [20] CAMPANALE M., DE PONTE F. and MORO L., *Theoretical characterization of homogeneous cellular plastic materials*. Istituto di Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria, Università di Padova, Padua, Italy
- [21] DE PONTE F., *High Temperatures — High Pressures*, Vol. 19, 1987, pp. 237—249. Combined radiation and conduction heat transfer in insulating materials. 10 ETPC Proceedings, p. 349
- [22] KUMARAN M.K., IEA Annex 24, *Heat, air and moisture transfer in insulated envelope parts*, Volume 3, Task 3: Material Properties. Reviewed by Per Jostein Hovde; edited by Fatin Ali Mohamed. Final report. Leuven: Laboratorium Bouwfysica, Departement Burgerlijke Bouwkunde, 1996, ISBN 90-75741-01-4

Ключевые слова: строительный материал, строительное изделие, температура, влагосодержание, старение, теплопроводность, термическое сопротивление

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 01.09.2021. Подписано в печать 27.09.2021. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,34.

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.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru