

# ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме

ГОСТ 7076-99

УДК 691:536.2.08:006.354

Группа Ж19

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**

**МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ СТРОИТЕЛЬНЫЕ**

**Метод определения теплопроводности и термического сопротивления  
при стационарном тепловом режиме**

**BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS**

**Method of determination of steady-state thermal  
conductivity and thermal resistance**

ОКС 27.220

ОКСТУ 5709

*Дата введения 2000-04-01*

**Предисловие**

1 РАЗРАБОТАН Научно-исследовательским институтом строительной физики (НИИСФ) Российской Федерации

ВНЕСЕН Госстроем России

2 ПРИНЯТ Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС) 20 мая 1999 г.

За принятие проголосовали

Наименование государства	Наименование органа государственного управления строительством
Республика Армения	Министерство градостроительства Республики Армения
Республика Казахстан	Комитет по делам строительства Министерства энергетики, индустрии и торговли Республики Казахстан
Кыргызская Республика	Государственная инспекция по архитектуре и строительству при Правительстве Кыргызской Республики
Республика Молдова	Министерство развития территорий, строительства и коммунального хозяйства Республики Молдова
Российская Федерация	Госстрой России
Республика Таджикистан	Комитет по делам архитектуры и строительства Республики Таджикистан
Республика Узбекистан	Государственный Комитет по архитектуре и строительству Республики Узбекистан
Украина	Государственный Комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины

3 ВЗАМЕН ГОСТ 7076-87

4 ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ с 1 апреля 2000 г. в качестве государственного стандарта Российской Федерации постановлением Госстроя России от 24 декабря 1999 г. № 89

## Введение

Настоящий стандарт гармонизирован со стандартами ИСО 7345:1987 [1] и ИСО 9251:1987 [2] в части терминологии и соответствует основным положениям ИСО 8301:1991 [3], ИСО 8302:1991 [4], устанавливающих методы определения термического сопротивления и эффективной теплопроводности с помощью прибора, оснащенного тепломером, и прибора с горячей охранной зоной.

В соответствии со стандартами ИСО в настоящем стандарте установлены требования к образцам, прибору и его градуировке, приняты две основные схемы испытания: асимметричная (с одним тепломером) и симметричная (с двумя тепломерами).

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на строительные материалы и изделия, а также на материалы и изделия, предназначенные для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов, и устанавливает метод определения их эффективной теплопроводности и термического сопротивления при средней температуре образца от минус 40 до + 200 °С.

Стандарт не распространяется на материалы и изделия с теплопроводностью более 1,5 Вт/(м×К).

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 166—89 Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 427—75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

[ГОСТ 17177—94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний](#)

ГОСТ 24104—88 Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия

## 3 Определения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями.

**Тепловой поток** — количество теплоты, проходящее через образец в единицу времени.

**Плотность теплового потока** — тепловой поток, проходящий через единицу площади.

**Стационарный тепловой режим** — режим, при котором все рассматриваемые теплофизические параметры не меняются со временем.

**Термическое сопротивление образца** — отношение разности температур лицевых граней образца к плотности теплового потока в условиях стационарного теплового режима.

**Средняя температура образца** — среднеарифметическое значение температур, измеренных на лицевых гранях образца.

**Эффективная теплопроводность  $\lambda_{eff}$  материала** (соответствует термину «коэффициент теплопроводности», принятому в действующих нормах по строительной теплотехнике) — отношение толщины испытываемого образца материала  $d$  к его термическому сопротивлению  $R$ .

$$\lambda_{eff} = \frac{d}{R} \quad (1)$$

3.2 Обозначения величин и единицы измерения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение	Величина	Единица измерения
$\lambda_{eff}$	Эффективная теплопроводность	Вт/(м×К)
$R$	Термическое сопротивление	м <sup>2</sup> ×К/Вт
$d$	Толщина образца до испытания	м
$R_{S1}, R_{S2}$	Термические сопротивления стандартных образцов	м <sup>2</sup> ×К/Вт

$DT_1, DT_2$	Разность температур лицевых граней стандартных образцов	К
$e_1, e_2$	Выходные сигналы тепломера прибора при его градуировке при помощи стандартных образцов	мВ
$f_1, f_2$	Градуировочные коэффициенты тепломера прибора при его градуировке при помощи стандартных образцов	Вт/(мВ×м <sup>2</sup> )
$d_u$	Толщина образца в процессе испытания	м
$R_u$	Термическое сопротивление испытываемого образца	м <sup>2</sup> ×К/Вт
$m_r$	Относительное изменение массы образца после сушки	—
$m_w$	Относительное изменение массы образца в процессе испытания	—
$M_1$	Масса образца при его получении от изготовителя	кг
$M_2$	Масса образца после сушки	кг
$M_3$	Масса образца после испытания	кг
$DT_u$	Разность температур лицевых граней испытываемого образца	К
$T_{ти}$	Средняя температура испытываемого образца	К
$T_{1u}$	Температура горячей лицевой грани испытываемого образца	К
$T_{2u}$	Температура холодной лицевой грани испытываемого образца	К
$f_u$	Значение градуировочного коэффициента тепломера прибора, соответствующее значению теплового потока, протекающего через испытываемый образец после установления стационарного теплового режима (при асимметричной схеме испытания)	Вт/(мВ×м <sup>2</sup> )
$e_u$	Выходной сигнал тепломера прибора после установления стационарного теплового потока через испытываемый образец (при асимметричной схеме испытания)	мВ
$R_k$	Термическое сопротивление между лицевой гранью образца и рабочей поверхностью плиты прибора	м <sup>2</sup> К/Вт
$l_{effu}$	Эффективная теплопроводность материала испытываемого образца	Вт/(м×К)
$r_l$	Термическое сопротивление листового материала, из которого изготовлены дно и крышка ящика для образца насыпного материала	м <sup>2</sup> ×К/Вт
$f_{\phi_u}, f_{\phi_u}^2$	Значения градуировочного коэффициента первого и второго тепломеров прибора, соответствующие значению теплового потока, протекающего через испытываемый образец после установления стационарного теплового режима (при симметричной схеме испытания)	Вт/(мВ×м <sup>2</sup> )
$e_{\phi_u}, e_{\phi_u}^2$	Выходной сигнал первого и второго тепломеров после установления стационарного теплового потока через испытываемый образец (при симметричной схеме испытания)	мВ
$q_u$	Плотность стационарного теплового потока, проходящего через испытываемый образец	Вт/м <sup>2</sup>
$A$	Площадь зоны измерения	м <sup>2</sup>
$\Phi$	Электрическая мощность, подаваемая на нагреватель зоны измерения горячей плиты прибора	Вт

#### 4 Общие положения

4.1 Сущность метода заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым (наибольшим) граням образца, измерении плотности этого теплового потока, температуры противоположных лицевых граней и толщины образца.

4.2 Число образцов, необходимое для определения эффективной теплопроводности или термического сопротивления, и порядок отбора образцов должны быть указаны в стандарте на конкретный материал или изделие. Если в стандарте на конкретный материал или изделие не указано число образцов, подлежащих испытанию, эффективную теплопроводность или термическое сопротивление определяют на пяти образцах.

4.3 Температура и относительная влажность воздуха помещения, в котором проводят испытания, должны быть соответственно  $(295 \pm 5)$  К и  $(50 \pm 10)$  %.

#### 5 Средства измерения

Для проведения испытания применяют:

прибор для измерения эффективной теплопроводности и термического сопротивления, аттестованный в установленном порядке и удовлетворяющий требованиям, приведенным в приложении А;

прибор для определения плотности волокнистых материалов по ГОСТ 17177;

прибор для определения толщины плоских волокнистых изделий по ГОСТ 17177;

электрошкаф сушильный, верхний предел нагрева которого не менее 383 К, предел допустимой погрешности задания и автоматического регулирования температуры — 5 К;

штангенциркуль по ГОСТ 166:

- для измерения наружных и внутренних размеров с диапазоном измерения 0—125 мм, значением отсчета по нониусу — 0,05 мм, пределом допускаемой погрешности — 0,05 мм;

- для измерения наружных размеров с диапазоном измерения 0—500 мм, значением отсчета по нониусу — 0,1 мм, пределом допускаемой погрешности — 0,1 мм;

линейка металлическая измерительная по ГОСТ 427 с верхним пределом измерения 1000 мм, пределом допускаемого отклонения от номинальных значений длины шкалы и расстояний между любым штрихом и началом или концом шкалы — 0,2 мм;

весы лабораторные общего назначения по ГОСТ 24104:

- с наибольшим пределом взвешивания 5 кг, ценой деления — 100 мг, среднее квадратичное отклонение показаний весов — не более 50,0 мг, погрешность от неравноплечности коромысла — не более 250,0 мг, предел допустимой погрешности — 375 мг;

- с наибольшим пределом взвешивания 20 кг, ценой деления — 500 мг, среднее квадратичное отклонение показаний весов — не более 150,0 мг, погрешность от неравноплечности коромысла — не более 750,0 мг, предел допустимой погрешности — 1500 мг.

Допускается применение других средств измерения с метрологическими характеристиками и оборудования с техническими характеристиками не хуже указанных в настоящем стандарте.

## 6 Подготовка к испытанию

6.1 Изготавливают образец в виде прямоугольного параллелепипеда, наибольшие (лицевые) грани которого имеют форму квадрата со стороной, равной стороне рабочих поверхностей плит прибора. Если рабочие поверхности плит прибора имеют форму круга, то наибольшие грани образца также должны иметь форму круга, диаметр которого равен диаметру рабочих поверхностей плит прибора (приложение А, п. А. 2.1).

6.2 Толщина испытываемого образца должна быть меньше длины ребра лицевой грани или диаметра не менее чем в пять раз.

6.3 Грани образца, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, должны быть плоскими и параллельными. Отклонение лицевых граней жесткого образца от параллельности не должно быть более 0,5 мм.

Жесткие образцы, имеющие разнотолщинность и отклонения от плоскостности, шлифуют.

6.4 Толщину образца-параллелепипеда измеряют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм в четырех углах на расстоянии  $(50,0 \pm 5,0)$  мм от вершины угла и посередине каждой стороны.

Толщину образца-диска измеряют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм по образующим, расположенным в четырех взаимно перпендикулярных плоскостях, проходящих через вертикальную ось.

За толщину образца принимают среднеарифметическое значение результатов всех измерений.

6.5 Длину и ширину образца в плане измеряют линейкой с погрешностью не более 0,5 мм.

6.6 Правильность геометрической формы и размеры образца теплоизоляционного материала определяют по ГОСТ 17177.

6.7 Средний размер включений (гранулы заполнителя, крупные поры и т.п.), отличных по своим теплофизическим показателям от основного образца, должен составлять не более 0,1 толщины образца.

Допускается испытание образца, имеющего неоднородные включения, средний размер которых превышает 0,1 его толщины. В протоколе испытания должен быть указан средний размер включений.

6.8 Определяют массу образца  $M_1$  при его получении от изготовителя.

6.9 Образец высушивают до постоянной массы при температуре, указанной в нормативном документе на материал или изделие. Образец считают высушенным до постоянной массы, если потеря его массы после очередного высушивания в течение 0,5 ч не превышает 0,1 %. По окончании сушки определяют массу образца  $M_2$  и его плотность  $\rho$ , после чего образец немедленно помещают либо в прибор для определения его термического сопротивления, либо в герметичный сосуд.

Допускается испытание влажного образца при температуре холодной лицевой грани более 273 К и перепаде температуры не более 2 К на 1 см толщины образца.

6.10 Образец высушенного сыпного материала должен быть помещен в ящик, дно и крышка которого изготовлены из тонкого листового материала. Длина и ширина ящика должны быть равны соответствующим размерам рабочих поверхностей плит прибора, глубина — толщине испытываемого образца. Толщина образца сыпного материала должна быть не менее чем в 10 раз больше среднего размера гранул, зерен и чешуек, из которых состоит этот материал.

Относительная полусферическая излучательная способность поверхностей дна и крышки ящика должна быть более 0,8 при тех температурах, которые эти поверхности имеют в процессе испытания.

Термическое сопротивление  $R_L$  листового материала, из которого изготавливают дно и крышку ящика, должно быть известно.

6.11 Пробу сыпного материала делят на четыре равные части, которые поочередно насыпают в ящик, уплотняя каждую часть так, чтобы она заняла соответствующую ей часть внутреннего объема ящика. Ящик закрывают крышкой. Крышку прикрепляют к боковым стенкам ящика.

6.12 Взвешивают ящик с образцом сыпного материала. По определенному значению массы ящика с образцом и предварительно определенным значениям внутреннего объема и массы пустого ящика вычисляют плотность образца сыпного материала.

6.13 Погрешность определения массы и размера образцов не должна быть более 0,5 %.

## 7 Проведение испытания

7.1 Испытания должны проводиться на предварительно градуированном приборе. Порядок и периодичность градуировки приведены в приложении Б.

7.2 Подлежащий испытанию образец помещают в прибор. Расположение образца — горизонтальное или вертикальное. При горизонтальном расположении образца направление теплового потока сверху вниз.

В процессе испытания разность температур лицевых граней образца  $\Delta T_u$  должна составлять 10—30 К. Средняя температура образца при испытании должна быть указана в нормативном документе на конкретный вид материала или изделия.

7.3 Устанавливают заданные значения температур рабочих поверхностей плит прибора и последовательно через каждые 300 с проводят измерения:

сигналов тепломера  $e_u$  и датчиков температур лицевых граней образца, если плотность теплового потока через испытываемый образец измеряют при помощи тепломера;

мощности, подаваемой на нагреватель зоны измерения горячей плиты прибора, и сигналов датчиков температур лицевых граней образца, если плотность теплового потока через испытываемый образец определяют путем измерения электрической мощности, подаваемой на нагреватель зоны измерения горячей плиты прибора.

7.4 Тепловой поток через испытываемый образец считают установившимся (стационарным), если значения термического сопротивления образца, вычисленные по результатам пяти последовательных измерений сигналов датчиков температур и плотности теплового потока, отличаются друг от друга менее чем на 1 %, при этом эти величины не возрастают и не убывают монотонно.

7.5 После достижения стационарного теплового режима измеряют толщину помещенного в прибор образца  $d_u$  штангенциркулем с погрешностью не более 0,5 %.

7.6 После окончания испытания определяют массу образца  $M_3$ .

## 8 Обработка результатов испытания

8.1 Вычисляют относительное изменение массы образца вследствие его сушки  $m_r$  и в процессе испытания  $m_w$  и плотность образца  $\rho_u$  по формулам:

$$m_r = (M_1 - M_2)/M_2, \quad (2)$$

$$m_w = (M_2 - M_3)/M_3, \quad (3)$$

$$\rho_u = \frac{M_u}{V_u}. \quad (4)$$

Объем испытываемого образца  $V_u$  вычисляют по результатам измерения его длины и ширины после окончания испытания, а толщины — в процессе испытания.

8.2 Вычисляют разность температур лицевых граней  $\Delta T_u$  и среднюю температуру испытываемого образца  $T_{mu}$  по формулам:

$$\Delta T_u = T_{1u} - T_{2u}, \quad (5)$$

$$T_{mu} = (T_{1u} + T_{2u})/2 \quad (6)$$

8.3 При вычислении теплофизических показателей образца и плотности стационарного теплового потока в расчетные формулы подставляют среднеарифметические значения результатов пяти измерений сигналов датчиков разности температур и сигнала тепломера или электрической мощности, выполненных после установления стационарного теплового потока через испытываемый образец.

8.4 При проведении испытания на приборе, собранном по асимметричной схеме, термическое сопротивление образца  $R_u$  вычисляют по формуле

$$R_k = \frac{\Delta T_k}{q_k} - 2R_L, \quad (7)$$

где  $R_k$  принимают равным  $0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , а для теплоизоляционных материалов и изделий — нулю.

8.5 Эффективную теплопроводность материала образца  $\lambda_{\text{eff}}$  вычисляют по формуле

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{d_s}{\frac{\Delta T_s}{q_s} - 2R_L}. \quad (8)$$

8.6 Термическое сопротивление  $R_u$  и эффективную теплопроводность  $\lambda_{\text{eff}}$  образца насыпного материала вычисляют по формулам:

$$R_u = \frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_L, \quad (9)$$

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{d_s}{\frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_L}. \quad (10)$$

8.7 Плотность стационарного теплового потока  $q_u$  через образец, испытываемый на приборе, собранном по асимметричной и симметричной схемам, вычисляют соответственно по формулам:

$$q_u = f_u e_u, \quad (11)$$

$$q_u = \frac{(f_{u1} e_{u1} + f_{u2} e_{u2})}{2}. \quad (12)$$

8.8 При проведении испытания на приборе с горячей охранной зоной, в котором плотность теплового потока определяют путем измерения электрической мощности, подаваемой на нагреватель зоны измерения горячей плиты прибора, термическое сопротивление, эффективную теплопроводность и плотность стационарного теплового потока через образец вычисляют по формулам:

$$R_k = \frac{P \Delta T_k}{\Phi} - 2R_L, \quad (13)$$



$$\lambda_{\text{эф}} = \frac{d_1}{\frac{A\Delta T_1}{\Phi} - 2R_k}, \quad (14)$$

$$q_1 = \frac{\Phi}{A}. \quad (15)$$

При испытании насыпных материалов в формулы (13) и (14) вместо  $R_k$  подставляют значение  $R_L$ .

8.9 За результат испытания принимают среднеарифметические значения термического сопротивления и эффективной теплопроводности всех испытанных образцов.

## 9 Протокол испытания

В протоколе испытания должны быть приведены следующие сведения:

- наименование материала или изделия;
- обозначение и наименование нормативного документа, по которому изготовлен материал или изделие;
- предприятие-изготовитель;
- номер партии;
- дата изготовления;
- общее число испытанных образцов;
- тип прибора, на котором проведено испытание;
- положение испытываемых образцов (горизонтальное, вертикальное);
- методика изготовления образцов насыпного материала с указанием термического сопротивления дна и крышки ящика, в котором испытывались образцы;
- размеры каждого образца;
- толщина каждого образца перед началом испытания и в процессе испытания с указанием, проводилось ли испытание при фиксированном давлении на образец или при фиксированной толщине образца;
- фиксированное давление (если оно было фиксировано);
- средний размер неоднородных включений в образцах (если они есть);
- методика сушки образцов;
- относительное изменение массы каждого образца вследствие его сушки;
- влажность каждого образца до начала и после окончания испытания;

- плотность каждого образца в процессе испытания;
- относительное изменение массы каждого образца, произошедшее в процессе испытания;
- температура горячей и холодной лицевых граней каждого образца;
- разность температур горячей и холодной лицевых граней каждого образца;
- средняя температура каждого образца;
- плотность теплового потока через каждый образец после установления стационарного теплового режима;
- термическое сопротивление каждого образца;
- эффективная теплопроводность материала каждого образца;
- среднеарифметическое значение термического сопротивления всех испытанных образцов;
- среднеарифметическое значение эффективной теплопроводности всех испытанных образцов;
- направление теплового потока;
- дата испытания;
- дата последней градуировки прибора (если испытание проведено на оснащённом тепломером приборе);
- для стандартных образцов, использованных при градуировке прибора, должно быть указано: тип, термическое сопротивление, дата поверки, срок действия поверки, организация, проводившая поверку;
- оценка погрешности измерения термического сопротивления или эффективной теплопроводности;
- заявление о полном соответствии или частичном несоответствии процедуры испытания требованиям настоящего стандарта. Если при проведении испытания были допущены отклонения от требований настоящего стандарта, то они должны быть указаны в протоколе испытания.

#### **10 Погрешность определения эффективной теплопроводности и термического сопротивления**

Относительная погрешность определения эффективной теплопроводности и термического сопротивления по данному методу не превышает  $\pm 3\%$ , если испытание проведено в полном соответствии с требованиями настоящего стандарта.

---