

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
Кафедра автомобильных дорог и строительных материалов

Т.И. Шевцова

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 Строительство

Оренбург  
2019

УДК 691.3(076.5)  
ББК 38.3я7  
ШЗ7

Рецензент – доцент, кандидат технических наук В.И. Турчанинов

**Шевцова, Т.И.**

ШЗ7 Определение теплопроводности теплоизоляционных материалов: методические указания / Т.И. Шевцова; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2019. – 21 с.

Методические указания содержат методику определения теплопроводности теплоизоляционных материалов и предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теплоизоляционные и акустические материалы и системы», а также возможно использование представленного материала для самостоятельной работы обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, профиль «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в строительном материаловедении».

УДК 691.3(076.5)  
ББК 38.3я7

©Шевцова Т.И., 2019  
© ОГУ, 2019

## Содержание

Общие положения .....	3
Определение теплопроводности теплоизоляционных материалов.....	6
1 Определение показателей коэффициента теплопроводности по эмпирическим зависимостям .....	7
2 Определения коэффициента теплопроводности материалов при стационарном тепловом режиме с помощью прибора ИТП-МГ4 «100».....	11
3 Контрольные вопросы.....	16
Список использованных источников .....	17
Приложение А Справочные данные по материалам .....	20

### Общие положения

Теплоизоляционные материалы – разновидность строительных материалов, характеризующихся высокопористым строением (от 70 % до 98 %.), большое количество закрытых разобщенных и открытых сообщающихся между собой пор, которые заполнены воздухом или газом, малой средней плотностью (не более 500 кг/м<sup>3</sup>) и низкой теплопроводностью (коэффициент теплопроводности не более 0,175 Вт/(м °С)), предназначенные для минимизации теплообмена с окружающей средой через ограждающие конструкции зданий и поверхности оборудования и трубопроводов [1,3,4] .

В строительстве зданий применение теплоизоляционных материалов дает экономию основных строительных материалов, уменьшение толщины и массы стен, конструкций покрытий и перекрытий, а также снижение стоимости строительства. При изоляции тепловых установок (печей, сушилок), трубопроводов и оборудования сокращаются теплотери, расход топлива и энергии, что позволяет сэкономить до 1 млн. тонн условного топлива в год.

Низкая способность проводить тепло - это основное свойство теплоизоляционных материалов. Теплопроводность - способность материала передавать теплоту сквозь свою толщину, так как именно от нее напрямую зависит термическое сопротивление ограждающей конструкции. Количественно определяется коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  (лямбда) Вт/(м<sup>0</sup>С), выражающим количеством тепла, проходящим через образец материала толщиной 1м и площадью 1м<sup>2</sup> при разности температур на противоположных поверхностях 1°С за 1 ч.

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(t_1 - t_2)F\tau}, \quad (1)$$

где Q – количество тепла, Вт;

$\delta$  – толщина слоя, м;

$(t_1 - t_2)$  – разность температур на противоположных поверхностях;

F – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – время, ч.

Распространение тепла за счет теплопроводности обусловлено движением молекул, атомов, свободных электронов. Более нагретые частицы, совершая

колебательные движения, сталкиваются с соседними, менее нагретыми частицами, и передают им избыток кинетической энергии. Происходит обмен энергией между структурными частицами, движущимися с разными скоростями. В результате одно тело будет нагреваться, а другое – остывать. Для возникновения теплообмена между телами обязательным условием является наличие разности температур.

Теплоизоляционные материалы замедляют движение молекул. Но остановить это движение совсем невозможно. Наилучший коэффициент теплопроводности – это теплопроводность сухого воздуха (неподвижного) составляет  $0,023 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$ , т.е молекулы медленнее всего движутся в сухом воздухе. Поэтому, при производстве теплоизоляционных материалов используют основной принцип – удержание воздуха в порах или ячейках материала. И, следовательно, чем ниже коэффициент теплопроводности – тем лучше теплоизоляция. Как правило, теплоизоляционные материалы - это правильно упакованный воздух. Лучшими изоляторами являются газы. Коэффициент теплопроводности газов возрастает с увеличением температуры и составляет от  $0,006$  до  $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$ . Следует отметить, что верхнее значение относится к гелию и водороду, коэффициент теплопроводности которых в 5—10 раз больше, чем у других газов.

Для жидкости  $\lambda$  составляет от  $0,07$  до  $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$  и, как правило, уменьшается с увеличением температуры. Коэффициент теплопроводности воды с увеличением температуры возрастает до максимального значения  $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$  при  $t=120^0\text{С}$  и дальше уменьшается. [1,2]

Наилучшими проводниками теплоты являются металлы, у которых  $\lambda$  составляет от  $20$  до  $418 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$ . Самый теплопроводный металл — серебро. Для большинства металлов коэффициент теплопроводности убывает с возрастанием температуры, а также при наличии разного рода примесей. Поэтому коэффициент теплопроводности легированных сталей значительно ниже, чем чистого железа.

По теплопроводности при  $25^0\text{С}$  теплоизоляционные материалы делят на три класса: [1,2]

класс А - низкой теплопроводности [до 0,058 Вт/(м°С)];

класс Б - средней теплопроводности [0,058—0,116 Вт/(м°С)];

класс В - повышенной теплопроводности [не более 0,18 Вт/(м°С)] [2].

На величину теплопроводности оказывают влияние плотность материала, вид, размер и расположение пор, влажность, химический состав, структура твердых каркасных частей, коэффициент излучения поверхностей, вид и давление газа в порах.

В методических указаниях изложены способы определения теплопроводности теплоизоляционных материалов, с описанием используемых для этого лабораторного оборудования и приборов.

**Определение теплопроводности теплоизоляционных материалов**

Цель работы: Изучение методики определения теплопроводности теплоизоляционных материалов в лабораторных условиях. Приобретение навыков работы с используемыми приборами и умения анализировать полученную информацию.

Продолжительность работы - 4 часа.

## **1 Определение показателей коэффициента теплопроводности по эмпирическим зависимостям**

По формуле Некрасова В.П. ориентировочно можно вычислить коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м<sup>°С</sup>) материала в воздушно-сухом состоянии, при известной средней плотности:

$$\lambda = 1,163 \sqrt{0,0196 + 0,22 \rho_{\text{ср}}^2} - 0,16 \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{ср}}$  — средняя плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент теплопроводности минераловатных изделий рассчитывают по эмпирической формуле:

$$\lambda = 1,163 \cdot (0,03 + 0,00007 \rho_{\text{ср}}) \quad (3)$$

где  $\rho_{\text{ср}}$  — средняя плотность минераловатных изделий, кг/м<sup>3</sup>.

Для примерной оценки показателей коэффициента теплопроводности пенопластов можно воспользоваться экспериментальными зависимостями. Так, коэффициент теплопроводности пенопластов с закрытой пористостью (жесткий пенополиуретан, экструзионный пенополистирол и др.) можно рассчитать:

$$\lambda_3 = 0,026 + 0,00008 \rho_{\text{ср}}, \quad (4)$$

где  $p_{cp}$  — плотность пенопласта, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент теплопроводности пенопластов с открытой пористостью (карбамидный пенопласт, эластичный пенополиуретан) можно рассчитать по следующей формуле:

$$\lambda_o = 1,16 (0,026 + 0,00036 p_{cp}), \quad (5)$$

При расчете  $\lambda$  для пенопластов со смешанной пористостью (беспрессовый пенополистирол, фенольный пенопласт) можно принять [10]:

$$\lambda_{cm} = 0,5 (\lambda_3 + \lambda_o) \quad (6)$$

### **Определение коэффициента теплопроводности влажных материалов.**

Значительно возрастает теплопроводность материалов с увлажнением. Это объясняется тем, что коэффициент теплопроводности воды составляет 0,58 Вт/(м·°C), а воздуха 0,023 Вт/(м·°C), т.е. превышает его в 25 раз. Коэффициенты теплопроводности отдельных материалов приведены в приложении А.

В определенных пределах теплопроводность повышается прямо пропорционально возрастанию объемной влажности. Коэффициент теплопроводности влажных материалов:

$$\lambda_w = \lambda_c + \delta W_o \quad (7)$$

где  $\lambda_w, \lambda_c$  — теплопроводность влажного и сухого материала, Вт/(м·К);

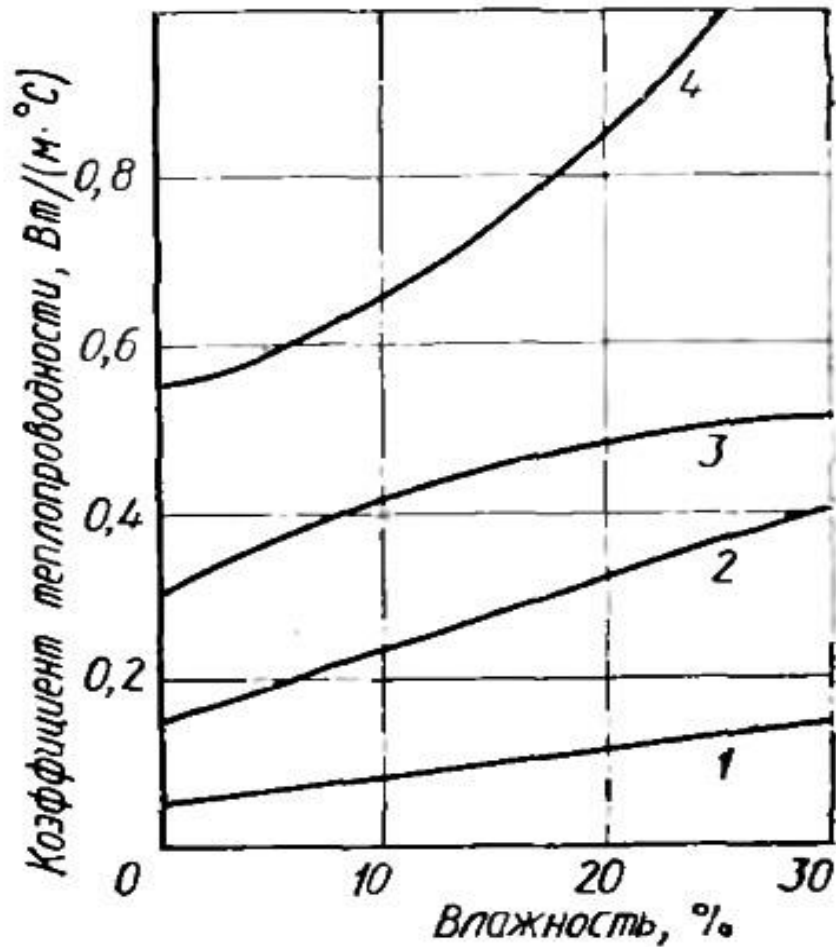
$W_o$  — объемная влажность материала, %;

$\delta$  — приращение теплопроводности на 1 % объемной влажности,  $\delta = 0,002$  Вт/(м·°C) — для неорганических материалов при положительной температуре,  $\delta = 0,003$  Вт/(м·°C) — для органических,  $\delta = 0,004$  Вт/(м·°C) — при отрицательной температуре.

Для снижения теплопроводности необходимо уменьшить размер пор; верхняя граница радиуса пор  $R < 1$  мм. Если размер пор увеличить в 2 — 3 раза,



то за счет конвекции коэффициент теплопроводности воздуха в таких порах будет выше, следовательно, увеличится  $\lambda$  материала. Нежелательно применять теплоизоляционные материалы со значительным количеством микропор, так как в них происходит сорбция влаги из воздуха за счет гигроскопичности. Оптимальный размер пор для теплоизоляционных материалов находится в интервале  $20... 50 \text{ мкм} < R < 1 \text{ мм}$ .



1 – минеральная вата; 2 – пенобетон; 3 – керамзитобетон; 4 - кирпич

Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности от влажности

### **Влияние температурных воздействий на теплопроводность.**

Установлено, что повышение температуры приводит к линейному возрастанию коэффициента теплопроводности  $\lambda$ . Для пересчета значений теплопроводности,

полученных при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на значения их при других температурах служит эмпирическая формула:

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 + \beta t) \quad (8)$$

где  $\lambda_t, \lambda_0$  — теплопроводность материала соответственно при температуре  $t$  и  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Вт/(м· $^{\circ}\text{C}$ )

$\beta$  — коэффициент, показывающий приращение теплопроводности на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  повышения температуры. Для неорганических материалов ( $\beta = 0,002$  при положительной температуре и  $\beta = 0,004$  при отрицательной); для органических материалов соответственно  $\beta = 0,003$  и  $\beta = 0,004$ .

Результаты расчетов заносят в таблицу и сравнивают с табличными.

Таблица 1– Результаты расчета коэффициента теплопроводности материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ Вт/(м· $^{\circ}\text{C}$ )	
	Расчетный	Табличный

Кроме расчетных методик существуют экспериментальные методы определения коэффициента теплопроводности, они основаны на измерении количества тепла, проходящего через испытываемый образец нормированных размеров за определенное время при заданном перепаде температур и делятся на

методы стационарного и нестационарного теплового режима. Стационарным называется режим, при котором все рассматриваемые теплофизические параметры не меняются со временем.

Нестационарным называется режим, который основан на зависимости температуры внедренного в материал нагреваемого тела (цилиндрического зонда) от теплопроводности окружающего зонд материала.

## **2 Определения коэффициента теплопроводности материалов при стационарном тепловом режиме с помощью прибора ИТП-МГ4 «100»**

Сущность метода заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенных размеров и направленного перпендикулярно к лицевым граням образца, измерении толщины образца, плотности теплового потока и температуры противоположных лицевых граней [6,10,12].

Приборы и материалы: измеритель теплопроводности прибор ИТП-МГ4 (рисунок 2), измерительная линейка, штангенциркуль, испытываемый материал: минераловатная плита, пенопласт.

Прибор ИТП-МГ4 «100» предназначен для определения теплопроводности и термического сопротивления строительных материалов, а также материалов, предназначенных для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов при стационарном режиме по ГОСТ 7076-99[15]



Рисунок 2 - Внешний вид прибора ИТП-МГ4 «100»

Порядок проведения измерений:

1 Для проведения испытаний изготавливают образцы, в виде прямоугольного параллелепипеда, наибольшие (лицевые) грани которого имеют форму квадрата  $100 \times 100$  мм. Длину и ширину образца в плане измеряют линейкой с погрешностью не более 0,5 мм. Отклонение лицевых граней жесткого образца от параллельности не должно быть более  $\pm 0,5$  мм. Жесткие образцы, имеющие отклонения от плоскостности и параллельности шлифовать. Толщина измеряемого образца должна составлять от 3 до 28 мм. Толщину образца-параллелепипеда измеряют штангенциркулем с погрешностью не более  $\pm 0,1$  мм в четырех углах на расстоянии  $(50 \pm 5)$  мм от вершины угла и центру каждой стороны. Грани образца, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, должны быть плоскими и параллельными.

2 Подготовка прибора к использованию. Прибор состоит из блока управления нагревателем и холодильника, термометра, платиновых датчиков температуры, устройства преобразования первичных сигналов датчиков, а также источника питания. На боковых стенках установки расположены выключатель питания, клемма заземления, предохранитель и гнезда для подключения кабеля

электронного блока и шнура сетевого питания, а также эксцентриковый замок. Питание на электронный блок подается от установки по соединительному кабелю. В верхней части установки находится прижимной винт, снабженный отсчетным устройством для измерения толщины образца и динамометрическим устройством с трещоткой для создания постоянного усилия прижатия испытываемого образца.

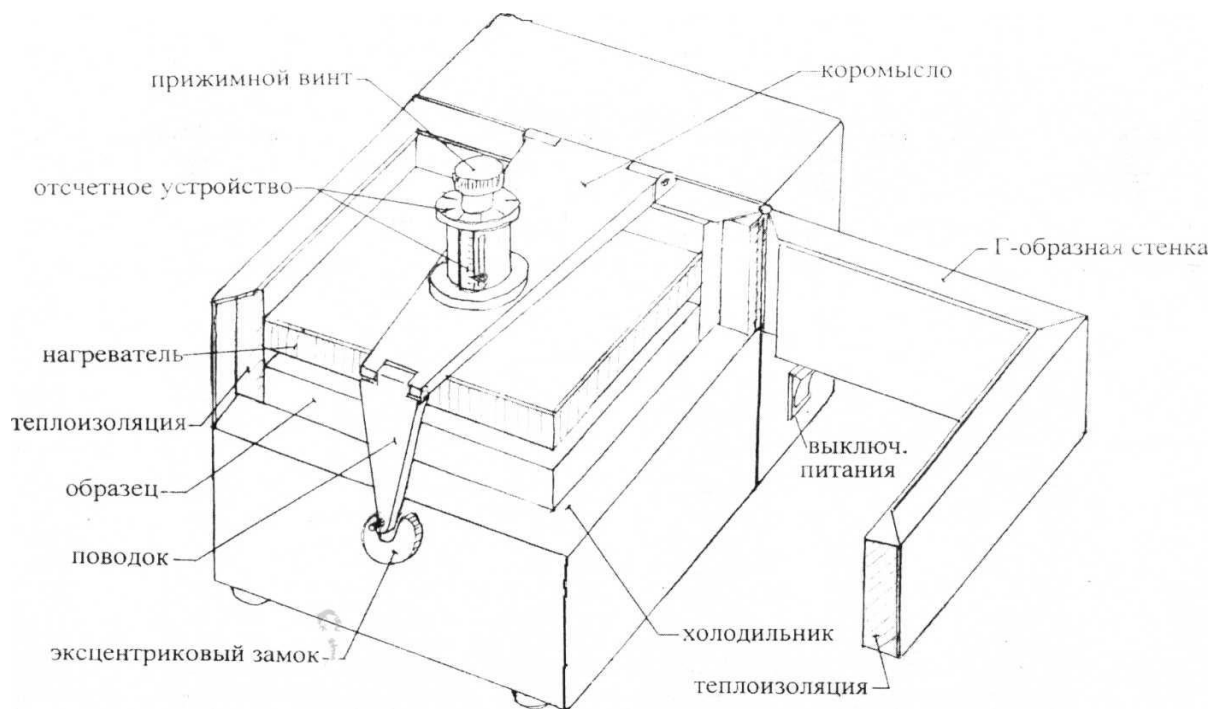


Рисунок 3 – Общий вид установки ИТП-МГ4

Открыть установку (рисунок 3), для чего:

- ослабить прижимной микрометрический винт;
- повернуть против часовой стрелки эксцентриковый замок, освободив поводок коромысла (паз замка направлен вверх);
- поднять поводок и отвести на  $90^{\circ}$  подвижную Г-образную стенку установки;
- поднять коромысло с закрепленной на нем плитой нагревателя;
- чистой ветошью протереть поверхности нагревателя и термометра, прилегающие к образцу.

Установить образец в установку и опустить коромысло. Зазор между плитой нагревателя и образцом должен составлять от 2 до 5 мм, при необходимости установить зазор, вращая микрометрический винт;

– поднять поводок и закрыть Г-образную стенку;

– опустить поводок в паз эксцентрикового замка и, повернув его по часовой стрелке, закрепить поводок.

Подключить нагревательную установку к блоку управления и нажать на кнопку “СТАЦИОНАРНЫЙ”. Подключить блок управления к сети переменного тока 220 В, соединить его с электронным блоком и включить питание прибора переключателем “СЕТЬ” на блоке управления, при этом в младшем разряде индикатора высвечивается “0” и мигающий символ “°C”, свидетельствующий о необходимости ввода в память прибора толщины образца. Ввести толщину образца путем последовательного нажатия кнопок клавиатуры блока электронного.

*Например:* Толщина образца 25,3 мм. Ввод в память осуществляется последовательным нажатием кнопок “2” “5” “3” “ЗП” “h”. Правильность набора визуально контролируется по индикатору прибора. При ошибке ввода необходимо нажать кнопку “С” (сброс) и повторить ввод. Контроль числа записанного в память осуществляется нажатием кнопок “Чт” “h”. При повторном вводе числа в память ранее записанное число автоматически стирается. Толщина образца вводится в память с точностью 0,1 мм (один знак после запятой). Запятая на индикаторе, если она вводилась, высвечивается только после окончания ввода числа.

Кратковременно нажать кнопку “ПУСК”, при этом включается нагреватель установки. Включение нагревателя индицируется высвечиванием символа “~” на левой части индикатора. Если после нажатия кнопки “ПУСК” символ “~” не высвечивается, необходимо на 5-10 секунд отключить питание прибора и после повторного включения ввести в память значение “h”, выполнив опять последовательно все операции и нажать кнопку “ПУСК”.

В дальнейшем прибор работает в автоматическом режиме, периодически высвечивая промежуточные значения температуры верхней плиты.

По достижении установкой стационарного состояния (через 120...200 минут) автоматически отключается нагреватель установки, после чего прибор вычисляет коэффициент теплопроводности испытуемого образца по формуле и высвечивает на индикаторе его значение в Вт/(м<sup>2</sup>С). Одновременно на 10 секунд включается прерывистый звуковой сигнал, свидетельствующий об окончании испытаний. Через 10 секунд полученное значение коэффициента теплопроводности автоматически записывается в память прибора и в дальнейшем (до отключения прибора) может извлекаться из памяти последовательным нажатием кнопок “ЧТ”, “λ”.

По окончании испытаний питание прибора отключить, нагревательную установку открыть, и извлечь испытанный образец. Испытание последующего образца может производиться через 10-15 минут. Повторное испытание уже испытанного образца может производиться не ранее чем через 30 минут.

Результаты испытания занести в журнал и сравнить с табличными (приложение А).

**Выводы:** После проведения испытаний анализируют полученные показатели теплопроводности теплоизоляционных материалов, сравнивают их с нормативными требованиями.

### 3 Контрольные вопросы

- 1 Какие материалы и изделия называют теплоизоляционными?
- 2 Какие факторы оказывают влияние на теплопроводность материалов?
- 3 Как изменится теплопроводность при увлажнении материала?
- 4 Как изменится теплопроводность при повышении температуры?
- 5 Что такое коэффициент теплопроводности, от чего он зависит и в чем выражается?
- 6 Какое значение имеет теплопроводность при выборе материалов для ограждающих конструкций зданий и сооружений?
- 7 Методы определения теплопроводности материалов.
- 8 Какие приборы существуют для определения коэффициента теплопроводности?
- 9 Какой коэффициент теплопроводности у воздуха?
- 10 Какой коэффициент теплопроводности у воды?
- 11 Какой коэффициент теплопроводности у минеральной ваты?
- 12 Какой коэффициент теплопроводности у пенопласта?
- 13 Какие теплоизоляционные материалы применяют для изоляции промышленного оборудования с температурой более 900°C?
- 14 Какие теплоизоляционные материалы применяют для изоляции стен?



## Список использованных источников

1 Горлов, Ю. П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: учеб. для вузов / Ю. П. Горлов. — М. : Высш. шк., 1989. — 383 с. : ил. - Библиогр.: с. 381. — ISBN 5-06-000155-5.

2 Горяйнов, К. Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий: учеб. для вузов / К. Э. Горяйнов, С. К. Горяйнова. — М. : Стройиздат, 1982. — 376 с.

3 Жуков, А.Д. Технология теплоизоляционных материалов. Часть 1. Теплоизоляционные материалы. Производство теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие/ А.Д. Жуков — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. — 432 с. — Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=26866>.

4 Игнатова, О.А. Технология изоляционных строительных материалов и изделий. В 2 ч. Ч. 2. Тепло- и гидроизоляционные материалы и изделия : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / О. А. Игнатова. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 288 с. (Сер. Бакалавриат). — ISBN 978-5-7695-6592-2

5 Пухаренко, Ю.В. Определение показателей качества теплоизоляционных материалов и изделий. Методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю.В Пухаренко, И.У. Аубакирова. — СПб гос. архит.-строит. ун-т. — СПб, 2010. — 31 с.

6 Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы на строительные материалы и изделия. Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций. Теплоизоляционные, звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы [Электронный ресурс]: Сборник нормативных актов и документов. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. — 422 с. — Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=30257>.

7 ГОСТ 16381-77 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования. — Введ.

1977-06-30. Дата последнего изменения: 10.04.2018. — Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/15701/>

8 ГОСТ 17177-94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. — Введ. 1996-31-03. Дата последнего изменения: 2018-10-04. — Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/27900/>

9 ГОСТ 9758-2012 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний. — Введ. 2013-11-01. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200100905>

10 Рекомендации по комплексному определению теплофизических характеристик строительных материалов / НИИ строит. физики. — М.: Стройиздат, 1987. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293801/4293801329.htm>

11 ГОСТ 30256-94 Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности цилиндрическим зондом. — Введ. 1996-01-01. Дата последнего изменения: 10.04.2018. — Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/27902/>

12 ГОСТ 30290-94 Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности поверхностным преобразователем. — Введ. 1996-01-01. Дата последнего изменения: 10.04.2018. — Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/18816/>

13 ГОСТ Р ЕН 823-2008 Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы измерения толщины. Введ. 2008-05-11. — Режим доступа: [https://znaytovar.ru/gost/2/gost\\_r\\_en\\_8232008\\_izdeliya\\_tep.html](https://znaytovar.ru/gost/2/gost_r_en_8232008_izdeliya_tep.html)

14 ГОСТ Р ЕН 1604-2008 Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения стабильности размеров при заданной температуре и влажности. Дата введения 2009-07-01. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200067578>

15 ГОСТ 7076-99 Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. — Введ. 2000-03-31. Дата последнего

изменения:10.04.2018. — Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/10941/>

16 СТО 02069024.110-2008. Издания для образовательного процесса. Общие требования и правила оформления. — Введ. 2009-10-30. Дата последнего изменения: 28.02.2017 г. — Режим доступа: [http://www.osu.ru/docs/official/standart/standart\\_110\\_2015\\_16.06.2017.pdf](http://www.osu.ru/docs/official/standart/standart_110_2015_16.06.2017.pdf)

# Приложение А

(обязательное)

## Справочные данные по материалам

Таблица А.1 – Свойства материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м*С)	Паропроницаемость, Мг/(м*ч*Па)	Эквивалентная1(при сопротивлении теплопередаче = 4,2м <sup>2</sup> *С/Вт) толщи на, м	Эквивалентная2(при сопротивление паропроницанию = 1,6м <sup>2</sup> *ч*Па/мг) толщина, м
Железобетон	2500	1.69	0.03	7.10	0.048
Бетон	2400	1.51	0.03	6.34	0.048
Керамзитобетон	1800	0.66	0.09	2.77	0.144
Керамзитобетон	500	0.14	0.30	0.59	0.48
Кирпич красный глиняный	1800	0.56	0.11	2.35	0.176
Кирпич, силикатный	1800	0.70	0.11	2.94	0.176
Кирпич керамический пустотелый (брутто1400)	1600	0.41	0.14	1.72	0.224
Кирпич керамический пустотелый (брутто1000)	1200	0.35	0.17	1.47	0.272
Пенобетон	1000	0.29	0.11	1.22	0.176
Пенобетон	300	0.08	0.26	0.34	0.416
Гранит	2800	3.49	0.008	14.6	0.013
Мрамор	2800	2.91	0.008	12.2	0.013
Сосна, ель поперек волокон	500	0.09	0.06	0.38	0.096
Дуб поперек волокон	700	0.10	0.05	0.42	0.08
Сосна, ель вдоль волокон	500	0.18	0.32	0.75	0.512
Дуб вдоль волокон	700	0.23	0.30	0.96	0.48
Фанера клееная	600	0.12	0.02	0.50	0.032
Дсп, осп	1000	0.15	0.12	0.63	0.192
Пакля	150	0.05	0.49	0.21	0.784
Гипсокартон	800	0.15	0.075	0.63	0.12
Картон облицовочный	1000	0.18	0.06	0.75	0.096
Минвата	200	0.070	0.49	0.30	0.784
Минвата	100	0.056	0.56	0.23	0.896
Минвата	50	0.048	0.60	0.20	0.96
Пенополистирол	33	0.031	0.013	0.13	0.021
Пенополистирол экструдированный	45	0.036	0.013	0.13	0.021
Пенополистирол	150	0.05	0.05	0.21	0.08
Пенополистирол	100	0.041	0.05	0.17	0.08
Пенополистирол	40	0.038	0.05	0.16	0.08
Пенопласт ПВХ	125	0.052	0.23	0.22	0.368
Пенополиуретан	80	0.041	0.05	0.17	0.08
Пенополиуретан	60	0.035	0.0	0.15	0.08
Пенополиуретан	40	0.029	0.05	0.12	0.08
Пенополиуретан	30	0.020	0.05	0.09	0.08
Керамзит	800	0.18	0.21	0.75	0.336
Керамзит	200	0.10	0.26	0.42	0.416
Песок	1600	0.35	0.17	1.47	0.272
Пеностекло	400	0.11	0.02	0.46	0.032
Пеностекло	200	0.07	0.03	0.30	0.048
Ацп	1800	0.35	0.03	1.47	0.048
Битум	1400	0.27	0.008	1.13	0.013
Полиуретановая мастика	1400	0.25	0.00023	1.05	0.00036
Полимочевина	1100	0.21	0.00023	0.88	0.00054
Рубероид, пергамин	600	0.17	0.001	0.71	0.0016
Полиэтилен	1500	0.30	0.00002	1.26	0.000032
Асфальтобетон	2100	1.05	0.008	4.41	0.0128
Линолеум	1600	0.33	0.002	1.38	0.0032

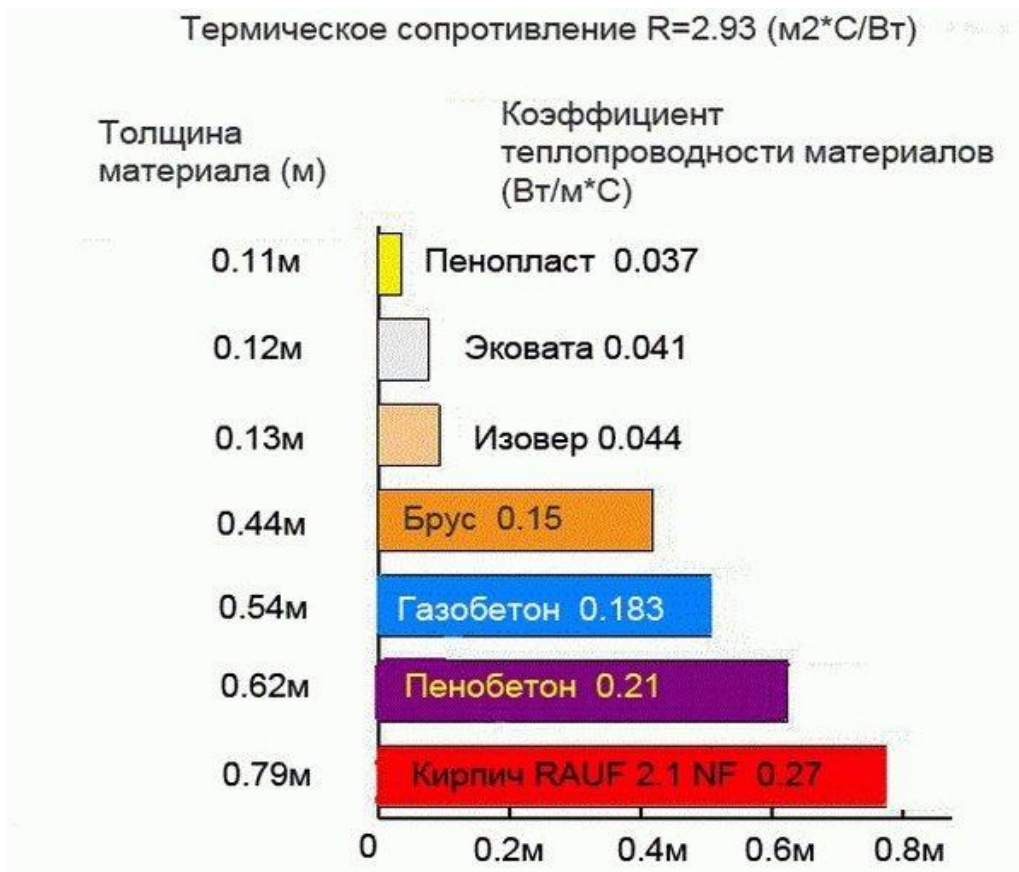


Рисунок А 1 – Сравнительный график коэффициентов теплопроводности материалов