МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСТИТЕТ»

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

«Изучение влияния структуры и состояния пористых материалов на их теплоизоляционные свойства»

по курсу

«Технология изоляционных материалов и систем»

Ростов-на-Дону
ДГТУ

2022

УДК 666.973.6(07)

Составитель: к.т.н., доцент, декан факультета «Инженерно-строительный» Х.С. Явруян

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология изоляционных материалов и систем» для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Методические указания направлены на изучение студентами влиянии структуры и состояния пористых материалов на их теплоизоляционные свойства. Предназначены для систематизации и закрепления студентами теоретических разделов курса, углублению знаний в области изучения свойств теплоизоляционных материалов. – Ростов н/Д: Донс. гос. техн. ун-т, 2022. – 15.

УДК 666.973.6(07)

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

В печать __.__.2022г.
Формат 60×84/16. Объем ___усл.п.л.
Тираж 50 экз. Заказ № ___.
Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Доской государственный
технический университет, 2022

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И СОСТОЯНИЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Цель работы – ознакомление с методикой измерения теплопроводности строительных материалов и исследование влияния пористой структуры и влажности материалов на их теплозащитные свойства.

Общие теоретические сведения

Большинство свойств строительных материалов определяется их структурой. Структура материала в первую очередь характеризуется наличием пор, их видом, распределением. Пористость материала влияет на его прочность, водопоглощение, морозостойкость, теплопроводность и другие свойства.

Главной особенностью строения теплоизоляционных материалов является их высокая пористость. Неподвижный воздух в порах плохо проводит тепло. Его коэффициент теплопроводности составляет всего 0,025 Вт/м°С. Следовательно, чем больше его объем в теле материала, тем выше будут теплоизоляционные свойства самого материала. При этом необходимым условием является наличие мелкой замкнутой пористости.

Теплопроводность материала оценивается по величине коэффициента теплопроводности.

Теплопроводность строительных материалов зависит от целого ряда факторов:

1) физического состояния и строения, определяющихся фазовым состоянием вещества, степенью кристаллизации и размерами кристаллов, анизотропией кристаллов и направлением теплового потока; содержанием пор и характеристиками пористой структуры;

2) химического состава и наличия примесей, особенно влияющих на теплопроводность кристаллических материалов;

3) условий эксплуатации материала, которые определяются температурой, давлением, влажностью, наличием радиоактивного облучения, интенсивностью отвода теплоты с холодной поверхности материала.

Влияние каждого из перечисленных факторов не равнозначно. Наибольшее влияние на теплопроводность оказывают физическое состояние и строение материала.

Значение теплопроводности того или иного строительного материала позволяет правильно оценить его теплозащитные свойства и рассчитать толщину ограждающих конструкций из этого материала по формуле

$$\delta = \lambda \cdot R, \quad м$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м°С;

R – требуемое термическое сопротивление строительной конструкции. $м^2$°С/Вт.

Для большинства материалов теплопроводность является линейной функцией температуры, т.е.

$$\lambda_t = \lambda_0 + (1 + \alpha\, t), \qquad Вт/м°С.$$

где λ_t - теплопроводность материала при данной температуре;

λ_0 - теплопроводность при 0°С;

t - средняя температура материала °С;

α - коэффициент, учитывающий изменение теплопроводности при изменении температуры на 1 °С (коэффициент α = 0,0025 при температуре до 100 °С).

Для большинства материалов α является величиной положительной. Однако некоторые материалы характеризуются понижением теплопроводности с увеличением температуры (например магнезитовый и корундовый кирпич).

Большое влияние на теплопроводность материалов особенно пористых, оказывает их влажность, так как гигроскопическая и адсорбционная влага как бы скрепляют отдельные частицы твердого тела. Зависимость теплопроводности материала от его влажности может быть выражена формулой

$$\lambda_w = \lambda_c + \Delta\lambda \cdot W_v, \qquad Вт/м°С.$$

где λ_w, - теплопроводность влажного материала;

λ_c - теплопроводность сухого материала;

$\Delta\lambda$ - приращение теплопроводности на 1% объемной влажности, которое составляет для неорганических материалов при положительных температурах 0,002 Вт/м °С, при отрицательных - 0.004 Вт/м°С, для органических соответственно 0.003 и 0.004 Вт/м°С;

W_v - объемная влажность материала, %.

Все существующие способы определения теплопроводности можно разделить на две группы: стационарного теплового режима и нестационарного. Стационарные методы являются наиболее точными, особенно в области высоких температур.

В настоящей лабораторной работе для определения теплопроводности материалов применяется электронный измеритель теплопроводности ИТП-МГ4, в дальнейшем прибор, который предназначен для оперативного определения теплопроводности, строительных материалов в образцах методом измерения плотности стационарного теплового потока по ГОСТ 7076-87 и методом теплового зонда в образцах и изделиях.

Диапазон рабочих температур от минус 10°С до плюс 40°С, относительная влажность воздуха до 80% при температуре окружающей среды +35°С и атмосферном давлении от 630 до 800 мм рт.ст.(84... 106 кПа).

В соответствии с поставленной в работе целью необходимо ознакомиться с методикой измерения теплопроводности строительных материалов, а также определить влияние средней плотности, характера пористости и влажности материала на его теплопроводность.

1 Изучение влияния средней плотности, пористости и влажности материала на его теплопроводность

1.1 Определение средней плотности и пористости

В работе используется серия образцов в количестве 2-4 штук из одного и того же строительного материала, но с различной средней плотностью. Для

каждого образца определяется теплопроводность и строится график зависимости $\lambda = \rho_m$ при W = const.

Для изучения влияния пористости подбираются образцы с различной средней плотностью. Для этой цели предварительно изготовляются образцы из одного и того же сырья, но разными способами образования пористости.

Определение пористости проводят в следующей последовательности. Подготовленный материал измельчают до порошкообразного состояния (размер зерен менее 0,125 мм) в чугунной или фарфоровой ступке, насыпают в стаканчик для взвешивания или фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы. После этого отвешивают две навески массой по 50 г каждая.

Прибор Ле-Шателье (рис. 1) заполняют водой до нижней отметки, уровень воды определяют по нижнему мениску.

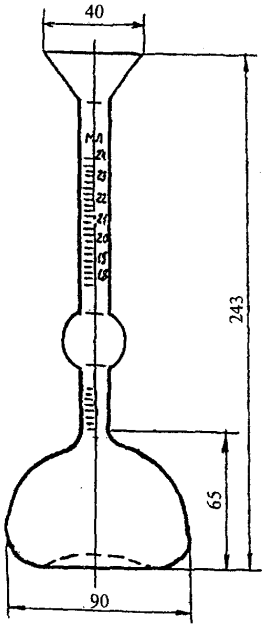

Рисунок 1 - Прибор Ле Шателье

Каждую навеску через воронку прибора всыпают небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определяемый по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 мл или с другим делением в пределах верхней градуированной части прибора.

Для удаления пузырьков воздуха прибор рекомендуется слегка встряхнуть.

Остаток измельченной пробы материала, не вошедший в прибор, взвешивают и определяют плотность порошка ρ, г/см^3, по формуле

$$\rho_{ист} = \frac{m - m_1}{V},$$

где m — масса высушенной навески порошка, г;

m_1 — масса остатка, г;

V — объем воды, вытесненной порошком, определяемый по градуированной шкале, см^3.

Расхождение между результатами двух определений плотности не должно быть более 0,02 г/см^3. В случае больших расхождений производят третье определение и принимают для расчета два ближайших значения.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

Полный объем пор материала серии образцов $П_п$ в процентах определяют с погрешностью до 0,1 % по формуле

$$П = \left(\frac{\rho_{ист} - \rho_{ср}}{\rho_{ист}} \right) \cdot 100$$

где $\rho_{ист}$ — плотность измельченного в порошок материала, определенная при помощи пикнометра или прибора Ле-Шателье, кг/м^3.

$\rho_{ср}$ — средняя плотность материала, кг/м^3.

1.2 Определение влажности и теплопроводности

Для определения влияния влажности материала на его теплопроводность используются образцы одного и того же материала одинаковой средней плотности в количестве 2-4 штук с различной относительной влажностью.

Для изучения влияния характера пористости материала на его теплопроводность используют образцы из одного и того же материала, но полученные различными способами порообразования. Например, ячеистый бетон, полученный способами пенообразования и газообразования; кера-

мические теплоизоляционные материалы, полученные способами выгорающих добавок, пенообразования и газообразования, и др.

Три серии образцов из одного и того же материала (по 2-3 образца) и с одинаковой средней плотностью, но различной относительной влажностью используются для изучения влияния влажности на теплопроводность материала. Относительная влажность материала создается выдержкой его в эксикаторе, в нижнюю часть которого наливается вода.

Влажность W в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_4 - m_5}{m_5} \cdot 100$$

где m_4 - масса образца до сушки, г;

m_5 - масса образца после сушки, г.

Результат вычисления округляют до 0,1%.

Методика определения теплопроводности на приборе ИТП-МГ4 изложена в прил. 1.

Данные, полученные при определении средней плотности, пористости, влажности и теплопроводности заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Результаты изучения влияния строения и влажности теплоизоляционных материалов на их теплопроводность

№№ п/п	Наименование материала	Средняя плотность, кг/м	Пористость, %	Влажность, %	Теплопроводность, Вт/м °С	
					сух	влажн

По полученным данным строится график зависимости теплопроводности от средней плотности, пористости и влажности.

Полученные экспериментальные данные анализируются с целью оценки влияния средней плотности, пористости и влажности материала на его теплоизоляционные свойства. Одновременно делаются выводы и рекомендации, направленные на изменение структурных показателей свойств материала с целью повышения эффективности его теплозащитных свойств.

Приложение 1

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА ИТП-МГ4

Принцип работы прибора основан на измерении перепада температуры на поверхностях образца при установлении стационарного теплового потока (метод стационарного теплового потока) или на измерении скорости изменения температуры зонда (метод теплового зонда).

1. Определение коэффициента теплопроводности проводят согласно ГОСТ 7076-99 на лабораторной установке ИТП-МГ4 «100» (рис. 1).

Рис. 1 Общий вид прибора ИТП-МГ4 «100» и «250»

Конструктивно прибор выполнен в виде четырех блоков (рис. 2.):

- блока электронного;
- установки для нагрева;
- теплового зонда;
- блока управления.

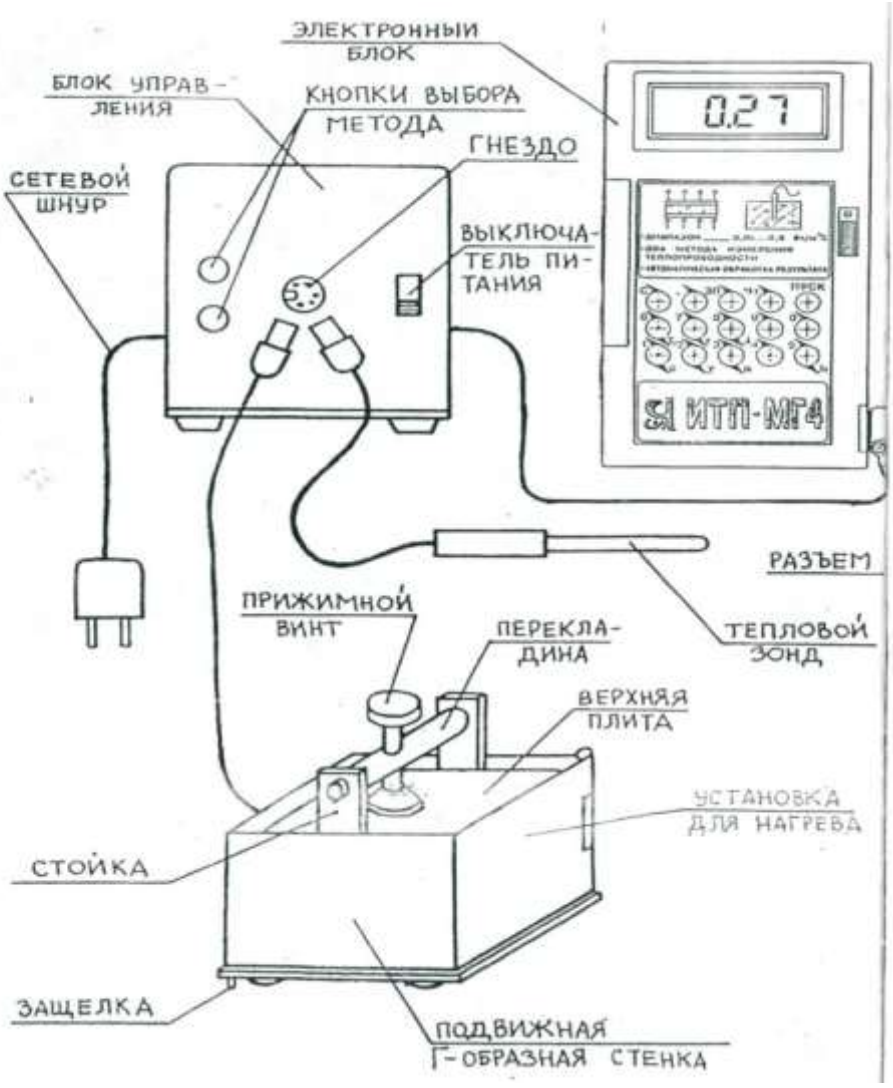

Рис. 2 Конструктивные блоки прибора ИТП-МГ4

2. Порядок работы методом измерения плотности стационарного теплового потока.

Подключить нагревательную установку к блоку управления и нажать кнопку «СТАЦИОНАРНЫЙ».

Подключить блок управления к сети переменного тока, соединить его с электронным блоком и включить питание прибора.

Ввести толщину образца путем последовательного нажатия кнопок клавиатуры электронного блока.

Например: Толщина образца 25,3 мм. Ввод в память осуществляется последовательным нажатием кнопок «2» «5» «,» «3» «ЗП» «h». 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.

Кратковременно нажать кнопку «ПУСК», при этом включается нагреватель установки. включение нагревателя индицируется высвечиванием символа « ~ » в 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 операции по п. 4.2 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 λ, испытуемого образца и высвечивает на индикаторе его значение в Вт/(м °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.

3. Порядок работы в режиме теплового зонда.

Перед проведением измерений необходимо подготовить прибор к работе:

- подключить зонд к блоку управления (см. рис. 1.) и нажать кнопку «ЗОНДОВЫЙ»;

- подключить блок управления к электронному блоку (вставить штекер в гнездо разъема электронного блока);

- смазать зонд тонким слоем технического вазелина (литола) или глицерина и вставить его в отверстие образца или изделия;

- подключить блок управления к сети переменного тока (вставить вилку шнура питания в розетку сети 220В, 50Гц);

- переключателем «СЕТЬ» на блоке управления включить питание прибора, при этом на индикаторе появляется «0» с мигающим символом «°С», что свидетельствует о готовности прибора к работе и необходимости ввода в память прибора исходных данных:

γ - объемная плотность материала, кг/м^3;

С - удельная теплоемкость материала, кДж/(кг °С);

α - коэффициент теплообмена в зоне контакта, см^2/час (для глицерина а = 3, 630 см^2 /час, для вазелина, литола α = 3,050см^2/ час).

Ввести в память прибора значения γ, С и α , для чего последовательно нажать необходимые кнопки клавиатуры блока электронного.

<u>Например:</u> γ = 1026 кг/м^3; С = 0,840 кДж/(кг °С); α =3,630 см^2/час.

Значение γ вводится последовательным нажатием кнопок «1» «0» «2» «6» «ЗП» «γ».

Значение С вводится последовательным нажатием кнопок «0» «,» «8» «4» «0» «ЗП» «С».

Значение (α вводится последовательным нажатием кнопок «3» «,» «6» «3» «0» «ЗП» «α» (для глицерина).

Если какое либо из значений γ, С, α в память не введено, на индикаторе высвечиваются значения «00» либо «000», свидетельствующие о необходимости проверки правильности ввода.

Проверка правильности ввода информации в память прибора производится последовательным нажатием кнопок «Чт» «γ»; «Чт» «С»; «Чт» «α».

При повторном вводе числа в память ранее записанное число автоматически стирается.

Нажать кнопку «ПУСК». При этом на индикаторе с интервалом 10 секунд высвечивается температура зонда до тех пор, пока не будет получено подряд два одинаковых значения температуры, после этого автоматически включается нагреватель зонда. Включение нагревателя индицируется свечением символа « ~ » в левой части индикатора.

В дальнейшем, автоматически управляя нагревом зонда, прибор выполняет замеры промежуточных значений его температуры, кратковременно высвечивая их на индикаторе.

По окончании цикла измерения (через 8-10 минут) автоматически отключается нагреватель зонда, после чего прибор вычисляет коэффициент теплопроводности λ испытуемого материала (образца) и высвечивает на индикаторе его значение в Вт/(м °С), одновременно на 10 секунд включается 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, зонд извлечь из образца и насухо протереть ветошью.

Испытание последующего образца может производиться через 10-12 минут.

Повторное испытание уже испытанного образца может производиться не ранее чем через 30 минут.

Подготовка образцов к испытанию на теплопроводность методом стационарного теплового потока.

Сущность метода заключается в создании теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшим граням плоского образца определенной толщины, измерении плотности стационарного теплового потока и температур на противоположных гранях образца.

Температура помещения, в котором проводятся испытания, должна быть 20±2°С.

Теплопроводность определяют на образцах, высушенных до постоянной массы при температуре 105 ±5°С, если в нормативно-технической документации (НТД) на материал или изделие конкретного вида не указана другая температура.

Образцы считают высушенными до постоянной массы, если потеря их массы после повторного высушивания в течение 0,5 часов не превышает 0,1%.

Перед испытаниями образцы необходимо выдержать не менее 1 часа при температуре помещения, в котором будут проводиться испытания.

Теплопроводность неорганических волокнистых материалов и изделий определяют с учетом деформации образцов при удельной нагрузке, предусмотренной НТД на материал (изделие конкретного вида).

Образцы для определения теплопроводности изготавливают виде пластины размером в плане 100х100мм или образца-диска диаметром от 90 до 100мм, толщиной от 15 до 30мм.

Отклонения размеров образцов в плане не должны превышать ± 1мм.

Образцы материалов и изделий с теплопроводностью менее 0,1 Вт/м°С) должны иметь толщину не более 20мм.

Разнотолщинность и отклонение от плоскостности наибольших граней образца не должны превышать 0,5мм.

Образцы, имеющие разнотолщинность и неплоскостность более 0,5мм, шлифуют, а затем высушивают и взвешивают в соответствии с п. 3.

Толщину образца измеряют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1мм в четырех углах на расстоянии 50мм от вершины угла и посередине каждой стороны.

За толщину образца принимают среднее арифметическое значение результатов всех измерений.

Разнотолщинность и неплоскостность образцов определяют по ГОСТ 17177.

Подготовка образцов (изделия) к испытанию на теплопроводность методом теплового зонда.

Для проведения испытаний в изделии (образце) сверлится отверстие соответствующее длине и диаметру зонда. Диаметр отверстия не должен превышать 8,5 мм, глубина отверстия 80 ± 5мм.

Для надежного термического контакта с материалом образца зонд необходимо смазывать тонким слоем технического вазелина (литола) или глицерином.

Расстояние между отверстиями должно быть не менее 150 мм, расстояние от отверстия до ближайшей параллельной оси грани изделия должно быть не менее 75мм.

Определение коэффициента теплопроводности строительных материалов в лабораторных условиях производится на образцах кубах размером 150х150х150 мм или 200х200х200 мм с соответствующим отверстием в центре.

Пред испытанием образцы выдерживают в помещении при температуре 22 ± 5°С не менее 1 часа. При испытании они помещаются в пассивный термостат (ящик из пенополистирола).

Для проведения испытаний материала при отрицательной температуре пассивный термостат с образцом материала и вставленным зондом устанавливают в морозильной камере и термостатируют при заданной температуре в течение 2-3 часов.