

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

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА 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 08.03.01 Строительство

Оренбург
2018

УДК 691.3(076.5)
ББК 38.3я7
Ш37

Рецензент – доцент, кандидат химических наук В.Н. Рубцова

Шевцова, Т.И.

Ш37 Основные свойства теплоизоляционных материалов: методические указания/
Т.И. Шевцова; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2018. – 44 с.

Методические указания содержат методику определения основных свойств теплоизоляционных материалов

Методические указания 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 08.03.01 Строительство.

УДК 691.3(076.5)
ББК 38.3я7

© Шевцова Т.И., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа	7
Определение основных свойств теплоизоляционных материалов	7
Методика определения свойств	7
1 Определение плотности	7
1.1 Определение средней плотности жестких материалов	8
1.2 Определение средней плотности мягких теплоизоляционных материалов ...	11
1.3 Определение средней плотности рыхлых волокнистых материалов	12
1.4 Насыпная плотность зернистых и порошкообразных материалов	14
2 Определение гидрофизических свойств	15
2.1 Определение водопоглощения при полном погружении образца в воду	16
2.2 Определение водопоглощения при частичном погружении образца в воду ..	18
3 Определение пористости	19
4 Определение теплопроводности	23
4.1 Определения коэффициента теплопроводности материалов при стационарном тепловом режиме с помощью прибора ИТП-МГ4 «100»	26
5 Определение сжимаемости и упругости	30
5.1 Обработка результатов	32
6 Механические свойства	34
6.1 Определение прочности на сжатие при 10 % деформации	34
6.2 Определение предела прочности при сжатии	35
6.3 Определение предела прочности при изгибе	36
7 Контрольные вопросы	37
Список использованных источников	39
Приложение А	42

**«Расскажи мне и я забуду.
Покажи мне и я пойму.
Позволь мне сделать самому,
и я научусь»**

Конфуций

Введение

Россия одна из ведущих держав мира по производству энергии, тем не менее, значительно уступает экономически развитым странам в вопросах рационального использования тепловых ресурсов. Ежегодно на отопление зданий расходуется 240 млн. тонн условного топлива, что составляет около 20 % от общего расхода энергоресурсов в стране, эти потери оцениваются в 20-25 % от отпускаемой потребителям энергии. В Европе этот показатель в 1,5-2 раза ниже за счёт более эффективной теплоизоляции. По последним данным жилые здания в средней полосе России требуют на отопление на 1 м² общей площади в среднем около 500 кВт/ч энергии, тогда как в Германии - 250, в Швеции и Финляндии -135.

Такой высокий удельный расход энергоресурсов на отопление в России связан не только с особенностями климатических условий, но и с низкой теплоизоляцией ограждающих конструкций.

Для обеспечения качественной теплозащиты зданий, способствующей энерго- и ресурсосбережению, с 2000 года в нашей стране строительство, реконструкция и капитальный ремонт зданий, осуществляется в соответствии с новыми, повышенными требованиями к теплозащите ограждающих конструкций, определяемыми СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий», актуализированная редакция Свод правил СП 50.13330.2012., предоставляющий более широкие возможности в выборе технических решений и способов соблюдения нормируемых параметров. Согласно этим документам установлены новые нормативные значения теплового сопротивления стен, они в 3...3.5 раза выше прежних. Это повлекло за

собой переоценку всех существующих конструктивных решений ограждающих конструкций с целью повышения теплоизоляционных свойств и эксплуатационной долговечности.

Наиболее реальным в удовлетворении новых нормативных значений теплопередачи оказалось создание многослойных стеновых конструкций с применением высокоэффективных теплоизоляционных материалов.

Теплоизоляционные материалы – разновидность строительных материалов, характеризующихся высокопористым строением (70-98 %), малой средней плотностью (не более 500 кг/м^3) и низкой теплопроводностью (коэффициент теплопроводности не более $0,175 \text{ Вт/(м С)}$), предназначенные для минимизации теплообмена с окружающей средой через ограждающие конструкции зданий и поверхности оборудования и трубопроводов [3,4] .

В строительстве жилых и промышленных зданий применение тепловой изоляции 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.

Теплоизоляционные материалы классифицируют согласно ГОСТ 16381-77:

- по виду исходного сырья на органические, состоящие из волокон или вспененного полимера, и неорганические, получаемые из минеральных расплавов или обжигом минерального сырья;
- по структуре на волокнистые, ячеистые, зернистые (сыпучие);
- по содержанию связующего вещества на: содержащие и не содержащие связующее вещество;
- по форме на плоские (плиты, блоки, маты и др.), шнуровые (жгуты, шнуры), сыпучие и рыхлые (перлит, стекловата и др.), фасонные (цилиндры, сегменты и др.), (см. приложение А). [7]

Теплоизоляционные материалы (ТИМ) и изделия должны изготавливаться в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на эти

материалы и обладать стабильными физико-механическими и теплотехническими свойствами, не выделять токсических веществ и пыли в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

Теплоизоляционные материалы отличаются друг от друга строением, различными специфическими свойствами и особенностями, обуславливающими область их применения и технико-экономическую эффективность. При выборе таких материалов следует учитывать, что на долговечность и стабильность теплофизических и физико-механических свойств оказывают существенное влияние условия эксплуатации, температурно-влажностный режим, механические повреждения в процессе воздействия различного вида нагрузок.

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

Лабораторная работа

Определение основных свойств теплоизоляционных материалов

Цель работы: Изучение методики определения основных свойств теплоизоляционных материалов. Сравнение качественных и количественных показатели свойств испытанных материалов.

Продолжительность работы - 6 часов.

Методика определения свойств

1 Определение плотности

Плотность материала - это физическая величина, определяющая отношения массы материала к занимаемому объему.

У теплоизоляционных материалов рассматривают среднюю и насыпную плотности. Средняя плотность – масса единицы объема материала в естественном состоянии.

В отличие от многих других строительных материалов, марка теплоизоляционного материала отражает величину не прочности, а средней плотности, которая выражается в кг/м^3 ($\rho_{\text{ср}}$). Согласно этому показателю ТИМ имеют следующие марки и группы:

Таблица 1.1 – Классификация теплоизоляционных материалов по средней плотности [7]

Обозначение	Группа	Марки	Материалы
1	2	2	4
ОНП	Особо низкой плотност и	15; 25;35; 50; 75	Минеральная вата марки 75 и ниже; каолиновое волокно; пенопоропласты; супертонкое стекловолокно; базальтовое волокно; вспученный перлит; плиты минераловатные и стекловолокнистые и др.
ПН	Низкой плотност и	100; 125; 150; 175	Минеральная вата марки выше 75; стеклянная вата из непрерывного стекловолокна; плиты минераловатные на синтетическом связующем; прошитые минераловатные маты и др.

Продолжение таблицы 1.1				
1		2	3	4
СП	Средней плотности и	200; 225; 250; 300; 350	Изделия совелитовые; вулканитовые; известково-кремнеземистые; перлитоцементные; плиты минераловатные на битумном связующем; шнуры минераловатные и др.	
ПЛ	Плотные	400; 450; 500; 600	Изделия пенодиатомитовые; диатомитовые; из ячеистого бетона; битумоперлит и др.	

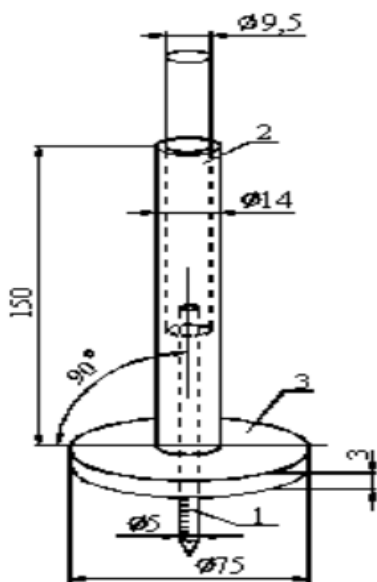
Теплоизоляционные материалы, которые имеют промежуточные значения плотности, не совпадающие с указанными выше, относятся к ближайшей большей марке. Например, изделия марки 100 могут иметь $\rho_{\text{ср}} = 75-100 \text{ кг/м}^3$.

Средняя плотность материала в основном зависит от его пористости, в то же время пористость является главным фактором, от которого зависит теплопроводность материала, поэтому косвенно, по значению величины средней плотности, можно судить об эффективности теплозащитных свойствах материала. Чем меньше средняя плотность материала, тем больше в нем пор и тем ниже его теплопроводность.

Насыпная плотность – отношение массы сыпучего материала к занимаемому им объему. Насыпная плотность является характеристикой кусковых (дробленых, гранулированных), сыпучих, порошкообразных твердых материалов. Объем сыпучего материала зависит от степени его уплотнения (высоты падения, толщины слоя и т.п.), влажности, гранулометрии и прочих факторов. Значение насыпной плотности в совокупности с данными о плотности зерен позволяет рассчитать пустотность (объем межзерновых пустот) сыпучего материала.

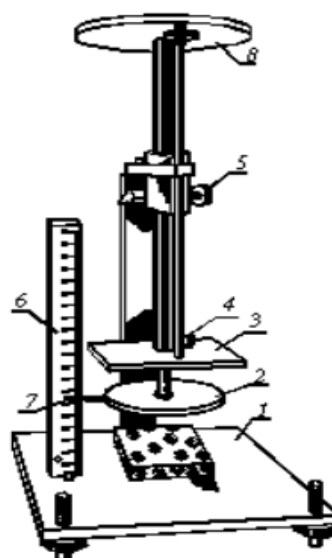
1.1 Определение средней плотности жестких материалов

Приборы и материалы: сушильный шкаф, технические весы с разновесами, металлическая линейка, игольчатый толщиномер (рисунок 1), штангенциркуль, прибор для определения толщины эластичных материалов под нагрузкой (рисунок 2), испытываемые образцы: пенопласт, минераловатная плита, ячеистый бетон.



1 - игла с делениями, 2 – трубка,
3 – опорный диск.

Рисунок 1 - Толщиномер



1 - стрелка, 2 – шкала, 3 – подвижная
пластина, 4,5 – винт, 6,7 – пластинки.

Рисунок 2 – Прибор для определения
толщины эластичных материалов под
нагрузкой

Высушенный образец взвешивают с точностью до 0,1 г и измеряют.

Измерение толщины может производиться штангенциркулем или специальным прибором – толщиномером. Толщиномер применяют для измерения толщины торфяных, жестких минераловатных и теплоизоляционных древесноволокнистых плит. Точность измерения толщины плит при использовании штангенциркуля и толщиномера составляет 0,1 мм, а при использовании линейки – 1 мм. [8,13].

Объем образца или изделия вычисляют как среднюю арифметическую величину всех проведенных измерений.

Среднюю плотность партии материала $\rho_{\text{ср}}$ ($\text{кг}/\text{м}^3$) вычисляют как среднюю арифметическую величину не менее чем трех определений по формулам:

- для штучных изделий и рулонных материалов без обкладки:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

где m – масса сухого образца, кг;

V – объем образца, м^3 .

- для штучных изделий с плоской поверхностью с обкладками:

$$\rho_m = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (1.2)$$

где m_1 – масса сухого образца с обкладками, кг;

m_2 – масса обкладок после отделения от них теплоизоляционного слоя, кг;

V – объем образца, м^3 .

- для шнуровых материалов:

$$\rho_m = \frac{4(m_3 - m_4 \cdot l)}{\pi d^2 \cdot l}, \quad (1.3)$$

где m_3 – масса сухого образца с оплёткой, кг;

m_4 – масса оплетки на один погонный метр шнура, кг/м;

l – длина шнура, м;

d – диаметр шнура.

Результаты определения заносят в таблицу 1.2

Таблица 1.2 – Результаты определения средней плотности штучных изделий

Наименование образца	Размеры, см; (м)	Масса, г; (кг)	Средняя плотность $\rho_{\text{ср.}}$, г/см ³ ; кг/м ³	Марка
Газобетон				
Мин. плита				

По результатам определений делается заключение о марке теплоизоляционного материала.

1.2 Определение средней плотности мягких теплоизоляционных материалов

Приборы по п. 1.1.

Материалы: войлок.

Из разных мест каждого из трех полотнищ войлока, отобранных для испытаний, вырезают по три образца размером 100x100 мм. Взвешенный с точностью до 0,01 г образец укладывают на основание специального прибора (рисунок 2). Пластинку 7 массой 0,5 кг подводят вплотную к пластинке 6 и закрепляют винтом 5. Затем пластинки 7 и 6 опускают вниз, не доводя нижнюю поверхность пластинки 7 на 1-2 см до поверхности образца, и закрепляют их винтом 4. Ослабив винт 5, опускают пластинку 7 на поверхность образца, оставляют ее в этом положении 5 мин., после чего с помощью стрелки 1 производят отсчет по шкале 2 и определяют толщину образцов войлока под давлением 0,0005 МПа. Подвижная пластина 3 используется и при других испытаниях минераловатных изделий [8,13].

Среднюю плотность войлока $\rho_{\text{ср}}$ (кг/м³) вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V(1+0.01W)}, \quad (1.4)$$

где W - влажность образца, %.

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.3 и делают вывод о марке теплоизоляционного материала.

1.3 Определение средней плотности рыхлых волокнистых материалов

Приборы и материалы: сушильный электрошкаф, технические весы с разновесами, прибор для определения плотности рыхлых волокнистых материалов (рисунок 3), испытываемый материал: минвата или стекловата, асбест.

Пробу материала массой $(500+10)$ г взвешивают на технических весах и укладывают горизонтальными слоями в металлический цилиндр 1 (рисунок 3). На материал опускают при помощи подъемного устройства 4 металлический диск 2, создающий удельное давление 2000 Па ($0,02 \text{ кгс/см}^2$).

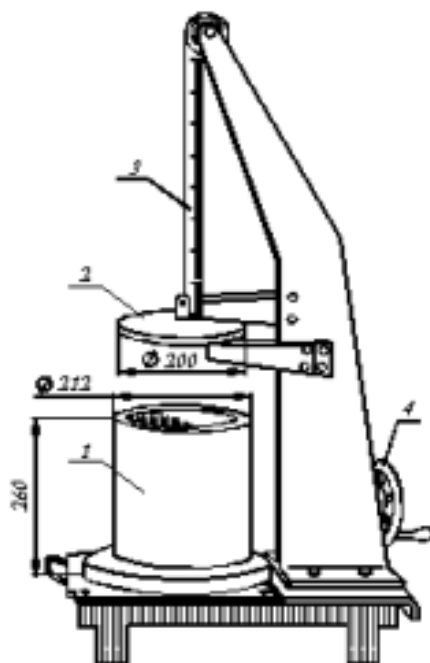
Через 5 минут высоту h сжатого слоя материала в цилиндре определяют по шкале 3, находящейся на стержне 5, с погрешностью не более $0,5 \text{ мм}$. [8].

Объем рыхлого волокнистого материала V (м^3), под удельной нагрузкой 2000 Па ($0,02 \text{ кгс/см}^2$) вычисляют в см^3 по формуле:

$$V = \pi R^2 \cdot h, \quad (1.5)$$

где R - радиус цилиндра, см;

h - высота сжатого слоя материала в цилиндре, см.



1- цилиндр; 2 – металлический диск; 3 – шкала; 4 – подъемное устройство.

Рисунок 3 – Прибор для определения плотности рыхлых материалов

Плотность материала $\rho_{\text{ср}}$ ($\text{г}/\text{см}^3$), под удельной нагрузкой 2000 Па (0,02 кгс/см²) вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V(1+0,01W)}, \quad (1.6)$$

где m - масса рыхлого волокнистого материала, г;

V - объем, занимаемый материалом в приборе под удельной нагрузкой 2000 Па (0,02кгс/см²), см³;

W - влажность материала, %.

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.3 и делают вывод о марке теплоизоляционного материала.

Таблица 1.3 – Результаты определения средней плотности мягких и рыхлых волокнистых материалов

Показатели	Единицы измерения	Наименование образца	
Масса волокнистого материала, m	г		
Высота сжатого слоя, h	см		
Радиус цилиндра, R	см		
Объем материала, V	см ³		
Влажность материала, W	%		
Средняя плотность материала, ρ_m	г/см ³		
$\rho_m * 1000$	кг/м ³		
Марка материала			

1.4 Насыпная плотность зернистых и порошкообразных материалов

Насыпную плотность определяют путем взвешивания зернистых материалов в мерных сосудах, размеры которых приведены в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Соотношение крупности зерен материала с объемами мерных цилиндров [9]

Объем мерного цилиндра	Размеры цилиндра, мм		Наибольшая крупность зерен, мм
	Диаметр	Высота	
1	108	108	Менее 5
5	185	185	От 5 до 10
10	234	234	Св. 10 до 20
20	294	294	Св. 20 до 40
50	400	400	Св. 40

При определении насыпной плотности в стандартном неуплотненном состоянии материал насыпают в предварительно взвешенный мерный цилиндр с высоты 10 см от верхнего края до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой, после чего сосуд взвешивают [8,9].

Насыпную плотность (ρ_n) в кг /м³ вычисляют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m_0}{V}, \quad (1.7)$$

где m_0 – масса мерного сосуда, кг;

m_1 – масса мерного сосуда, заполненного неуплотненным материалом, кг;

V – объем сосуда, м³.

Таблица 1.5 – Результаты определения насыпной плотности

Показатели	Единицы измерения	Наименование материала	
Масса мерного сосуда, m_0	кг		
Масса мерного сосуда, заполненного неуплотненным материалом, m_1	кг		
Объем сосуда, V	м ³		
Насыпная плотность материала, ρ_n	кг/м ³		
Марка материала			

2 Определение гидрофизических свойств

Гидрофизические свойства проявляют материалы и изделия при контакте с водой и паром. Наиболее важные из них – гигроскопичность, влажность, водопоглощение, водопроницаемость. Увлажнение и насыщение водой оказывает большое влияние на многие важные эксплуатационные характеристики материалов и изделий. В результате насыщения водой существенно изменяются их весовые характеристики, тепло- и электропроводность, линейные размеры и объем, физико-механические свойства. В зависимости от вещественной природы материала способность материалов притягивать к своей поверхности молекулы воды различна.

Свойства материала поглощать (сорбировать) влагу из окружающего воздуха называют гигроскопичностью, а достигнутое при этом увлажнение — сорбционной или равновесной влажностью.

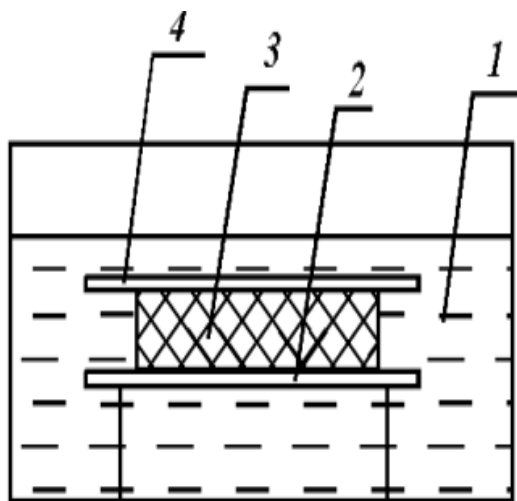
Свойство материала увлажняться при соприкосновении одной из поверхностей с водой называют капиллярным подсосом (насыщением). Величина капиллярного подсоса главным образом зависит от пористой структуры материала и смачиваемости его водой. Чем больше капиллярных пор, тем выше при прочих равных условиях этот показатель. Крупные поры в процессе капиллярного подсоса не участвуют. Способность материала впитывать и удерживать влагу при погружении в воду характеризует его водопоглощение.

Водопоглощение теплоизоляционных материалов характеризуется количеством воды, которое впитывает сухой материал при выдерживании в воде, отнесенным к массе или объему сухого материала. Водопоглощение не только ухудшает теплоизоляционные свойства материала, но и понижает его прочность и долговечность. Материалы с закрытыми порами, например, пеностекло, отличаются небольшим водопоглощением. Для снижения водопоглощения при изготовлении материалов вводят гидрофобизирующие добавки, используют гидроизоляцию.

2.1 Определение водопоглощения при полном погружении образца в воду

Сущность метода заключается в измерении массы воды, поглощенной образцом сухого материала при полном погружении в воду в течение заданного времени [8].

Приборы и материалы: Емкость с водой, снабженная устройством для поддержания уровня воды в пределах ± 2 мм; пригруз, удерживающий образец в частично погруженном положении. Подставки для образца, которые не должны закрывать более 15 % площади грани образца, погружаемой в воду (рисунок 4); приспособления для стекания воды; поддон для взвешивания; водопроводная вода температурой $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, испытываемый материал: минераловатная плита, пенопласт.



1 – ванна; 2 – сетчатая подставка; 3 – образец; 4 – сетчатый пригруз.

Рисунок 4 – Схема определение водопоглощения при полном погружении образца в воду

Из изделия вырезают образец размером в плане 100x100 мм и толщиной, равной толщине изделия, высушивают его до постоянной массы и взвешивают.

Из органических ячеистых изделий вырезают образец размером 50x50x50 мм. При толщине изделий меньше 50 мм высоту образца принимают равной толщине изделия.

Образец 3 (рисунок 4) помещают в ванну 1 на сетчатую подставку 2 и фиксируют положение сетчатым пригрузом. Затем заливают в ванну воду температурой $(22\pm 5)^\circ\text{C}$ так, чтобы уровень воды был выше пригруза на 20-40 мм. Через 24 часа после залива воды образцы переносят на сетчатую подставку и через 30 с переносят сухой поддон и взвешивают. Массу воды, вытекающей из образца во время взвешивания, включают в массу насыщенного водой образца.

Образцы из органических ячеистых (пенополистирол) изделий через 24 часа после залива воды вынимают, протирают фильтровальной бумагой и взвешивают.

Водопоглощение при полном погружении образца $W(\%)$, вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где m_1 - масса образца после насыщения водой, г;

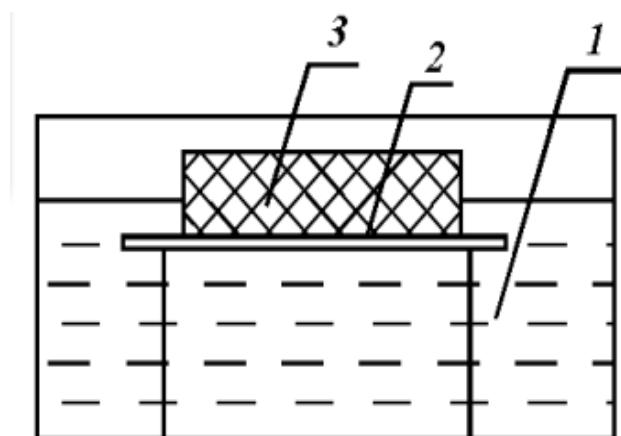
m_2 - масса сухого образца, г;

m_3 - масса сухого поддона для взвешивания, г.

2.2 Определение водопоглощения при частичном погружении образца в воду

Сущность метода заключается в измерении массы воды, впитанной образцом сухого материала, частично погруженным в воду, в течение заданного времени [8].

Используемые приборы и материалы по п. 2.1



1 – ванна; 2 – сетчатая подставка; 3 – образец; 4 – сетчатый пригруз.

Рисунок 5 – Схема определения водопоглощения при частичном погружении образца в воду

Из изделия вырезают образец размером в плане 100x100 мм и толщиной 30 мм. Если толщина изделия больше 30 мм, то излишек срезают с одной стороны.

Образец высушивают до постоянной массы, взвешивают и помещают несрезанной плоскостью в ванну 1 на сетчатую подставку 2 (рисунок 5.).

Затем заливают в ванну воду с температурой $(22+5)^\circ\text{C}$ так, чтобы образец был погружен в воду примерно на 5 мм. При этом уровень воды в ванне поддерживается постоянным. После выдержки в течение 24 ч образец вынимают из воды и переносят на сетчатую подставку, через 30 с помещают в сухой поддон и взвешивают. Массу воды, вытекшей из образца во время взвешивания в поддон, включают в массу насыщенного водой образца.

Водопоглощение, %, при частичном погружении образца в воду вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100, \quad (2.1)$$

Результаты определений заносят в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Результаты определения водопоглощения

Показатели	Единицы измерения	Длительность выдержки в воде, час	Водопоглощение %	
			При полном погружении	При частичном погружении
Масса сухого образца, m_2	г			
Масса образца после насыщения водой, m_1	г			
Масса сухого поддона для взвешивания	г			
Наименование образца	1 2			

3 Определение пористости

Теплоизоляционные материалы характеризуются большим количеством пор, которые заполнены воздухом или газом. Теплоизолирующая способность материала зависит не только от количества, но и от характера пор, их распределения, размеров,

открыты они или замкнуты. Поры в материале могут быть открытыми, сообщающимися между собой, и закрытыми, т.е. разобщенными, крупными, мелкими. В теплоизоляционных материалах имеется тот и другой вид пористости.

Наиболее высокими теплоизоляционными свойствами обладают материалы, содержащие большое количество мелких закрытых пор. Стремление к замкнутой пористости отличает структуру теплоизоляционных материалов от структуры звукопоглощающих.

Большое значение имеет характер структуры пор материала, которая в зависимости от вида пор может быть ячеистой, зернистой или волокнистой.

Для материала волокнистого строения (минеральная вата и т. п.) определение размеров пор и тем более характер их распределения по объему весьма затруднительно, и, как правило, такие материалы характеризуется лишь общей пористостью, величина которой может достигать 95-97 %.

Зернистое строение присуще сыпучим теплоизоляционным материалам. Их общая пористость выражена интегральной величиной суммы межзерновых пустот и собственной пористости зерен.

Для теплоизоляционных материалов ячеистой структуры важное значение, помимо величины общей пористости, играют величина пор, их характер и распределение по размерам.

В пористых материалах различают истинную (общую) и открытую пористость, измеряемые в процентах.

Истинная пористость – степень заполнения объема материала порами.

Истинную (общую) пористость (Пи) определяют по формуле:

$$\text{Пи} = 1 - \frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ист}}} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ – средняя плотность материала, г /см³

$\rho_{\text{и}}$ – истинная плотность материала, г /см³

Открытая пористость (P_o) – это отношение объема пор, сообщающихся между собой и с атмосферой, к объему материала. Для определения величины открытой пористости в ванну на сетчатую подставку помещают высушенный до постоянной массы образец определенных размеров и фиксируют его положение сетчатым пригрузом. Затем заливают в ванну воду температурой (22 ± 5) °С так, чтобы уровень воды был выше пригруза на (20-40) мм. Через 24 ч после залива воды образец взвешивают. При этом образцы из органических ячеистых материалов перед взвешиванием протирают фильтровальной бумагой, а образцы из других материалов переносят на подставку и через 30 секунд взвешивают на сухом поддоне, включая массу воды, вытекшей из образца во время взвешивания в поддон, в массу насыщенного водой образца. Иначе, открытая пористость – объемное водопоглощение.

$$P_o = \frac{m_1 - m_0}{V} \cdot \frac{1}{\rho_{H_2O}} \cdot 100 \%, \quad (3.2)$$

где m_0 – масса образца в сухом состоянии, г;

m_1 – масса образца, насыщенного водой, г;

V – объем образца, см^3 ;

ρ_{H_2O} – плотность воды, равная 1 г/см^3 .

Для ускорения процесса определения величины открытой пористости возможно применять способ водонасыщения под вакуумом в вакуум-шкафе при создании в нем разряжения до 650 мм рт.ст. Разница между истинной и открытой пористостью дает значение условно-замкнутых (т.е. не сообщающихся между собой и с атмосферой) пор.

Закрытая пористость определяется по формуле:

$$П (\text{закр}) = П (\text{общ}) - П (\text{отк}) (\%), \quad (3.3)$$

где $П(\text{закр})$ - закрытая пористость материала (%);

$П(\text{общ})$ – истинная пористость материала (%);

$П(\text{отк})$ - открытая пористость (%).

Закрытая пористость материала снижает его прочность, но не влияет на морозостойкость, водостойкость, водопоглощение, водопроницаемость. Истинная, средняя плотности и пористость материалов — взаимосвязанные величины. От них зависят прочность, теплопроводность, морозостойкость и другие свойства материалов.

Таблица 3.1 – Характеристические значения пористости для теплоизоляционных материалов различной структуры [1,2,3]

Структура	Материалы	Пористость		
		общая	открытая	Закрытая
Ячеистая	Ячеистый бетон	85-90	40-50	40-45
	Пеностекло	85-90	2-5	83-85
	Пенопласты	92-99	1-55	45-98
Волокнистая	Минераловатные	85-92	85-92	0
Зернистая	Перлитовая	85-88	60-65	22-25
	Стеклопоровые	92-99	60-65	30-35

Для сыпучих (зернистых) материалов введено понятие пустотности (межзерновая пористость) $V_{п.м}$, которая характеризует объем межзерновых пустот.

Определяется пустотность по формуле:

$$V_{п.м} = \left(1 - \frac{\rho_{н}}{\rho_{ср}}\right) \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

где $\rho_{ср}$ – средняя плотность материала, г /см³;

$\rho_{н}$ – насыпная плотность материала, г /см³.

Таблица 3.2 – Результаты определения пористости и пустотности

Показатели	Единицы измерения	Наименование материала	
Масса образца в сухом состоянии, m_0	г		
Масса образца, насыщенного водой m_1	г		
Объем образца, V	см ³		
Средняя плотность материала, $\rho_{\text{ср}}$	г /см		
Насыпная плотность материала, $\rho_{\text{н}}$	г /см		
Общая пористость материала $\Pi(\text{общ})$	%		
Закрытая пористость материала, $\Pi(\text{закр})$	%		
Открытая пористость, $\Pi(\text{отк})$	%		
Пустотность, $V_{\text{п.м}}$	%		

4 Определение теплопроводности

Главный фактор, определяющий теплопроводность, – средняя плотность материала. С увеличением средней плотности материала, температуры окружающего воздуха теплопроводность увеличивается. 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 λ (лямбда) Вт/(м⁰С), выражающим количеством тепла, проходящим через образец материала толщиной 1м и площадью 1м² при разности температур на противоположных поверхностях 1°С за 1 ч.

$$\lambda = \frac{Q\delta}{t_1 - t_2 F\tau} \quad (4.1)$$

где Q – количество тепла, Вт;

δ – толщина слоя, м;

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

F – площадь поверхности, м²;

τ – время, ч.

Распространение тепла теплопроводностью 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 $0,006 \div 0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$. Следует отметить, что верхнее значение относится к гелию и водороду, коэффициент теплопроводности которых в 5—10 раз больше, чем у других газов.

Для жидкости $\lambda=0,07 \div 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$ 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.

Наилучшими проводниками теплоты являются металлы, у которых $\lambda=20 \div 418 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С})$. 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°C теплоизоляционные материалы делят на три класса: [1,2]

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

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

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

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.

Пользуясь нижеприведенной формулой, ориентировочно можно вычислить коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м°C) материала в воздушно-сухом состоянии, при известной средней плотности:

$$\lambda = 1,163 \sqrt{0,0196 + 0,22 \rho_{\text{ср}}^2} - 0,14 \quad (4.2)$$

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 таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Коэффициенты теплопроводности отдельных материалов [1,3,5]

Наименование	Плотность, кг/м ³		Пористость, %	Теплопроводность, Вт / (м°C)
	истинная	средняя		
Гранит	2700	2500	7,4	2,8
Вулканический туф	2700	1400	52	0,5
Кирпич обыкновенный	2650	1800	32	0,8
Кирпич пустотелый	2650	1300	51	0,55
Тяжелый бетон	2600	2400	10	1,16
Пенобетон	2600	700	85	0,18
Полистиролбетон	2100	400	91	0,1
Сосна	1530	500	67	0,17
Пенополистирол	1050	40	96	0,03

Существующие экспериментальные методы определения коэффициента теплопроводности 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.

4.1 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 6), 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 6 - 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 100×100 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 плоско 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 ± 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.

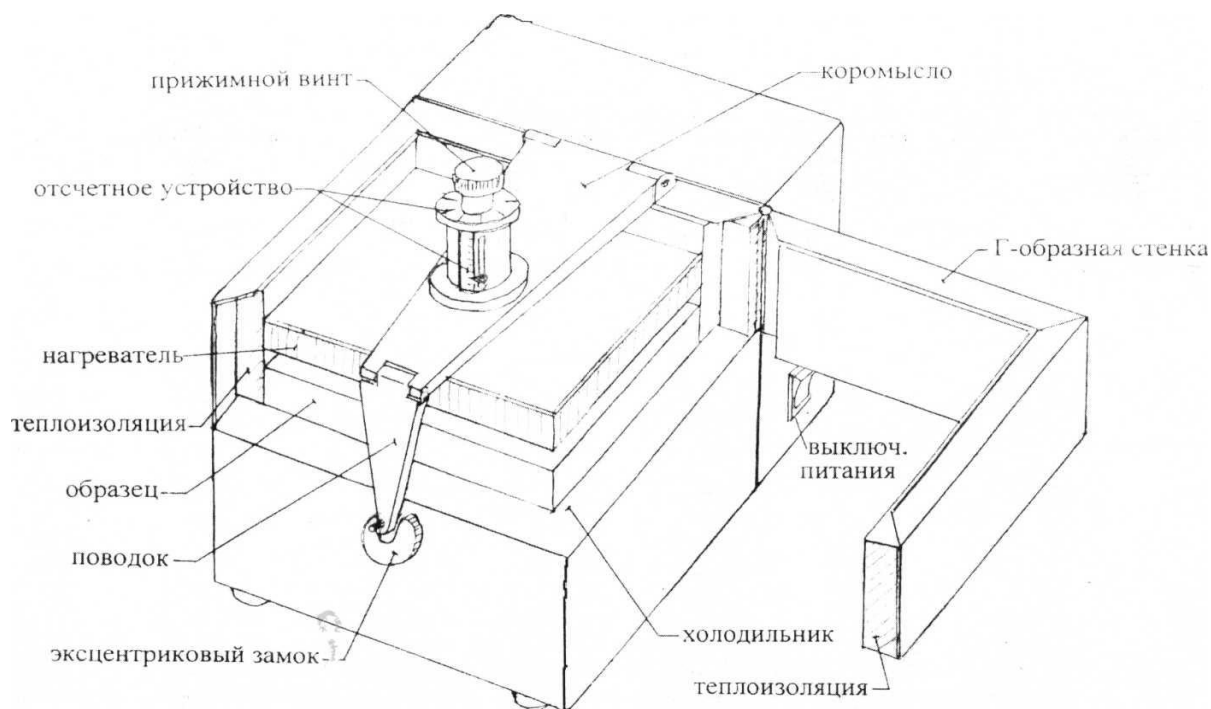


Рисунок 7 – Общий вид установки ИТП-МГ4

Открыть установку (рисунок 7), для чего:

- ослабить прижимной микрометрический винт;
- повернуть против часовой стрелки эксцентриковый замок, освободив поводок коромысла (паз замка направлен вверх);
- поднять поводок и отвести на 90^0 подвижную Г-образную стенку установки;
- поднять коромысло с закрепленной на нем плитой нагревателя;

– чистой ветошью протереть поверхности нагревателя и термомера, 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 220В, 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 “°С”, 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[°]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.

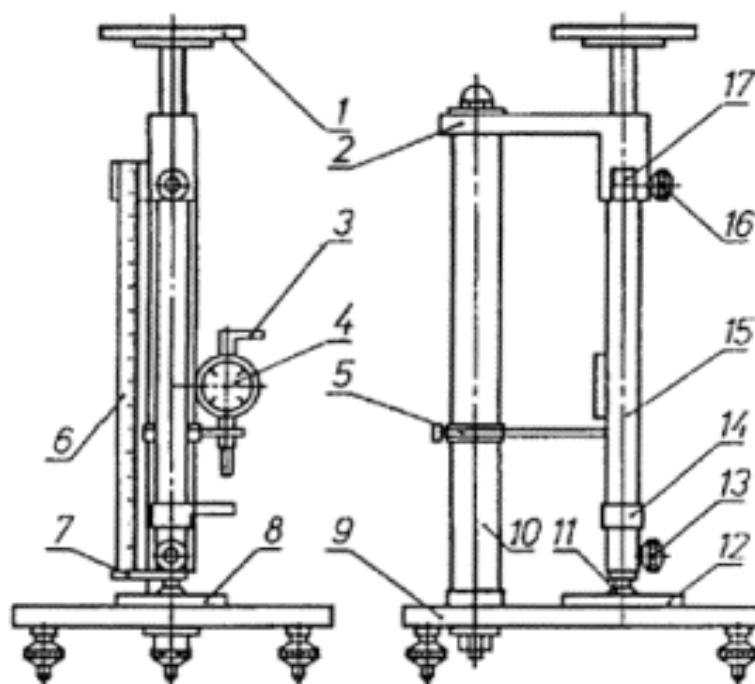
Результаты испытания занести в журнал и сравнить с табличными (4.1).

5 Определение сжимаемости и упругости

Сущность метода заключается в измерении величины относительного сжатия образца изделия при воздействии сжимающей удельной нагрузки [8].

Приборы и материалы: Прибор для определения сжимаемости и упругости (рисунок 8). Из изделия изготавливают образец, имеющий в плане форму квадрата со стороной (100 ± 1) мм, толщиной, равной толщине изделия.

В исходном положении подвижные части прибора (рисунок 8) зафиксированы в верхнем положении.



1 — столик; 2 — направляющая; 3 — фиксатор; 4 — индикатор; 5 — держатель; 6 — шкала; 7 — кронштейн; 8 — пластина; 9 — основание; 10 — опора; 11 — палец; 12 — держатель; 13 — винт; 14 — опора; 15 — шток; 16 — винт; 17 — кронштейн.

Рисунок 8 — Прибор для определения сжимаемости и упругости

Испытуемый образец устанавливают на основание 9. Отпустив винт 16, пластину 8 приближают к поверхности образца, винт 16 снова зажимают. Далее отпускают винт 13 и, придерживая рукой кронштейн 7, опускают на образец пластину 8, создавая удельную нагрузку $(500 \pm 7,5)$ Па, и выдерживают при данной нагрузке 5 мин. После этого зажимают винт 13, по миллиметровой шкале отсчитывают первоначальную толщину образца (h). Затем при помощи держателя 5 индикатор 4 подводят к опоре 14, устанавливают на его шкале показание 10 мм и арретируют его измерительную ось фиксатором 3. Далее освобождают винт 16 и, придерживая рукой кронштейн 7, нагружают образец удельной нагрузкой (2000 ± 30) Па и выдерживают при данной нагрузке 5 мин. После этого винт 16 зажимают, фиксатор 3 опускают и по шкале индикатора отсчитывают изменение толщины Δh .

Если h превышает 10 мм, толщину образца после деформации h_1 под удельной нагрузкой (2000 ± 0) Па отсчитывают по миллиметровой шкале 6.

Подняв измерительную ось индикатора и зафиксировав ее индикатором 3, освобождают винт 16, поднимают движущуюся часть прибора вместе с пластиной 8 и вновь закрепляют винтом 16. Через 15 мин после снятия нагрузки на поверхность образца повторно опускают пластину 8, выдерживают в таком положении 5 мин, если в нормативных документах на изделия конкретного вида не указано другое время выдержки, и затем закрепляют ее винтом 13. Отжав фиксатор 3, дают измерительной оси индикатора опуститься на пластину 8 и по шкале индикатора отсчитывают изменение толщины Δh_I .

Если Δh_I превышает 10 мм, толщину образца после снятия нагрузки (2000 ± 30) Па под нагрузкой ($500 \pm 7,5$) Па отсчитывают по миллиметровой шкале б.

5.1 Обработка результатов

Марку мягких теплоизоляционных материалов по жесткости определяют по величине относительного сжатия (сжимаемости).

Удельная нагрузка ($500 \pm 7,5$) Па, создаваемая на поверхности образца, равна $0,005 \text{ кг/см}^2$ (при площади образца 100 см^2 , масса груза составит 0,5 кг).

Образец плавно нагружают дополнительным грузом до общей удельной нагрузки в соответствии с таблицей 5.1. При ее величине (2000 ± 30) П равной $0,02 \text{ кг/см}^2$ масса груза составит 2 кг.

Сжимаемость $C_{\text{ж}}$ в процентах вычисляют по формулам:

- при отсчете по индикатору

$$C_{\text{ж}} = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100, \quad (5.1)$$

- при отсчете по миллиметровой шкале

$$C_{\text{ж}} = \frac{h-h_1}{h} \cdot 100, \quad (5.2)$$

где Δh – изменение толщины образца под нагрузкой 2 кг, мм;

h – толщина образца под нагрузкой 0,5 кг, мм;

h_1 – толщина образца под нагрузкой 2 кг, мм.

По величине сжимаемости в соответствии с таблицей 2 определяют марку ТИМ по жесткости.

Таблица 5.1 – Марка теплоизоляционных материалов по жесткости [1,2,3]

Марка	Величина относительного сжатия, % при удельной нагрузке, кг/см ²		
	0,02	0,4	1,0
М – мягкие	свыше 30	–	–
П – полужесткие	6 – 30	–	–
Ж – жесткие	до 6	–	–
ПЖ – повышенной жесткости	–	до 10	–
Т – твердые	–	–	до 10

Упругость ТИМ – важная характеристика, так как от способности материала восстанавливать свою первоначальную форму после прекращения действия нагрузки зависит их теплопроводность. Для мягких ТИМ величина упругости должна быть не менее 70 %.

Упругость теплоизоляционного материала $У$ в процентах определяют по формуле:

$$У = 1 - \frac{h-h_2}{h} \cdot 100, \quad (5.3)$$

где h_2 – толщина образца под нагрузкой 0,5 кг, определяемая после снятия нагрузки 2 кг, мм.

Сделайте вывод об упругих свойствах исследуемых теплоизоляционных материалов.

6 Механические свойства

6.1 Определение прочности на сжатие при 10 % деформации

Сущность метода заключается в определении величины сжимающих усилий, вызывающих деформацию образца по толщине на 10% при соответствующих условиях испытания [8].

Приборы и материалы: прибор, обеспечивающий скорость нагружения образца (5±0,5) мм/мин и позволяющий измерить величину нагрузки с погрешностью, не превышающей 1 % от величины сжимающего усилия, индикатор часового типа, линейка металлическая, испытываемый материал пенопласта.

Из изделия выпиливают образец размером в плане 100x100 мм и толщиной, равной толщине изделия. Линейкой измеряют длину и ширину образца, затем его помещают в прибор и определяют нагрузку, при которой он уплотняется (деформируется) на 10 %.

Прочность на сжатие при 10%-ной деформации $R_{сж}$ (Па (кгс/см²)), вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{l \cdot b}, \quad (6.1)$$

где P - нагрузка, при которой образец уплотняется на 10 %, Н (кгс);

l - длина образца, см;

b - ширина образца, см.

Результат испытания округляют до 0,01 МПа. и заносят в таблицу 6.1

Таблица 6.1 – Результаты определения механических свойств

Показатели	Единицы измерения	Прочностные показатели		
		$R_{сж}$ при 10% деформации	$R_{сж}$ МПа (кгс/см ²)	$R_{игн}$ МПа (кгс/см ²)
Длина образца, a	см			
Ширина образца, b	см			
Высота образца, h	см			
Расстояние между опорами, l	см			
Разрушающая нагрузка, P	Н (кгс)			
Наименование образца				

6.2 Определение предела прочности при сжатии

Сущность метода заключается в определении величины сжимающих усилий, вызывающих разрушение образца при соответствующих условиях испытаний [8].

Приборы и материалы: прибор, обеспечивающий скорость нагружения образца (5±0,5) мм/мин и позволяющий измерить величину нагрузки с погрешностью, не превышающей 1% от величины разрушающего усилия, штангенциркуль, испытываемый материал ячеистого бетона, фенопласта.

Из изделия выпиливают образец в форме куба с размером ребра (100±1) мм. Если толщина изделия не позволяет вырезать куб указанного размера, из изделия вырезают 2 образца в форме прямоугольного параллелепипеда высотой (50±0,5) мм, путем наложения которых друг на друга составляют куб указанного размера.

Две половины составленного образца притирают друг к другу и измеряют длину каждого ребра штангенциркулем с погрешностью не более 0,2 мм. Затем целый или составной по высоте образец устанавливают в прибор и определяют разрушающую нагрузку.

Предел прочности на сжатие $R_{сж}$, МПа (кгс/см²), вычисляют по формуле 6.1 и заносят в таблицу 6.1

6.3 Определение предела прочности при изгибе

Сущность метода заключается в определении величины усилий при изгибе образца, вызывающих его разрушение или прогиб при соответствующих условиях испытания [8].

Приборы и материалы: прибор, обеспечивающий скорость нагружения образца центральной сосредоточенной нагрузкой (5±0,5) мм/мин, оборудованный устройством для фиксации прогиба образца и позволяющий снять отсчет разрушающей нагрузки с погрешностью не более 1%, штангенциркуль, испытываемый материал: изоляционной ДВП, фибролита и др.

Из изделия выпиливают образец квадратного сечения со стороной ребра (40±2) мм и длиной (200±3) мм, если в стандартах или ТУ на конкретные материалы и изделия не указаны другие размеры. При толщине изделия менее 40 мм из него выпиливают образец шириной 40 мм и максимально возможной толщины.

Образец укладывают на 2 цилиндрические опоры диаметром 10 мм. Расстояние между осями опор должно быть (160±1) мм. Нагрузка на образец должна передаваться через валик диаметром 10 мм.

Разрушающей считают максимальную нагрузку, отмеченную при испытании образца при его разрушении или прогибе в середине пролета.

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (кгс/см²), определяют по формуле

$$R_{изг} = \frac{3PL}{2bh^2}, \quad (6.2)$$

где P - разрушающая нагрузка, Н (кгс);

L - расстояние между осями опор, см;

b - ширина образца, см;

h - высота образца, см.

Результаты испытаний заносят в таблицу 6.1

Выводы: После проведения всех испытаний анализируют полученные показатели свойств теплоизоляционных материалов, сравнивают их между собой и с нормативными требованиями и дают заключение о возможности применения их в строительстве.

7 Контрольные вопросы

1 Как влияет характер пористости материала на его теплопроводность?
Какие материалы и изделия называют теплоизоляционными?

2 Сырье, применяемое в производстве теплоизоляционных материалов и изделий.

3 Классификация теплоизоляционных материалов.

4 Виды теплоизоляционных материалов и изделий.

5 Неорганические теплоизоляционные материалы и изделия. Виды, основные свойства, область применения.

6 Органические теплоизоляционные материалы и изделия. Виды, основные свойства, область применения.

7 Какие недостатки ТИМ на основе органического сырья, как их можно устранить?

8 Какие преимущества имеют неорганические теплоизоляционные материалы перед органическими?

9 Строение теплоизоляционных материалов. Виды пористого строения. Способы получения пористой структуры.

10 Какие связующие применяют в производстве теплоизоляционных материалов?

11 Основные свойства теплоизоляционных материалов.

12 Что называют маркой теплоизоляционных материалов?

13 Определение средней плотности теплоизоляционных материалов.

14 Основное свойство теплоизоляционных материалов.

- 15 Какую пористость различают у теплоизоляционных материалов?
- 16 Пory какого типа желательно создавать у ТИМ и почему?
- 17 Какие факторы оказывают влияние на теплопроводность материалов?
- 18 Как изменится теплопроводность при увлажнении материала?
- 19 От каких показателей зависит водопоглощение ТИМ?
- 20 Что такое коэффициент теплопроводности, от чего он зависит и в чем выражается?
- 21 Какое значение имеет теплопроводность при выборе материалов для ограждающих конструкций зданий и сооружений?
- 22 Методы определения теплопроводности материалов.
- 23 Как влияет сжимаемость и упругость материалов на теплопроводность?
- 24 Механические свойства теплоизоляционных материалов, методы определения.
- 25 Какие теплоизоляционные материалы Вы примените для изоляции промышленного оборудования с температурой более 900°С?

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

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_2008_16.06.2017.pdf

Приложение А (обязательное)

Таблица А.1 – Свойства теплоизоляционных материалов

Изделие	Плотность кг/м ³	Теплопроводность Вт/м	Предельные температуры	Горючесть
Маты	50...85	0,046	+700	НГ
Легкие плиты	30..40	0,036	+400	НГ
Мягкие плиты	50...75	0,036	+400	НГ
Полужесткие плиты	75...125	0,0326	+400	НГ
Жесткие плиты	175...225	0,043	+100	НГ
Цилиндры	200	0,046	+400	НГ
Рыхлая вата	30	0,050	+600	НГ

Таблица А.2 – Свойства строительных материалов







Показатель	Кирпич 	Дерево 	Керамзито-бетон 	Пено-бетон 	Газо-бетон 	Полистиролбетон 
Плотность, кг/м	1400-1700	500	850-1800	600-1000	400-600	300-600
Теплопроводность, Вт/м °С	0,5	0,14	0,4-0,8	0,14-0,22	0,10-0,14	0,1-0,145
Прочность, кгс/см ²	100-200	385-440	35-75	15-25	25-45	15-35
Водопоглощение, %	12-18	28-30	8-14	10-16	25	До 4
Морозостойкость, циклы	100	От 70	От 50	От 35	От 25	75-150
Рекомендуемая толщина стены, м	От 1,2	От 0,5	От 1	От 0,6	От 0,4	От 0,4

Таблица А.3 – Классификационные признаки теплоизоляционных материалов

Наименование материалов и изделий	Классификационные признаки													
	Вид исходного сырья		Структура			Содержание связующего вещества		Форма				Возгораемость (горючесть)		
	Неорганические	Органические	Волокнистые	Ячеистые	Зернистые	Содержащие	Несодержащие	Рыхлые	Плоские	Фасонные	Шнуровые	Несгораемые	Трудногораемые	Сгораемые
Вата минеральная	+		+				+	+				+		
Вата стеклянная	+		+				+	+				+		
Вата керам-кая (каолиновая)	+		+				+	+				+		
Маты	+		+			+	+		+			+		
Шнуры	+		+				+				+		+	
Войлок	+		+			+			+			+		
Маты вертикально-слоистые	+		+						+				+	
Войлок вертикально-слоистый	+		+			+			+				+	
Плиты	+		+			+			+			+	+	+
Плиты вертикально-слоистые	+		+			+			+				+	
Цилиндры и полуцилиндры	+		+			+				+			+	
Плиты минерватные армированные	+		+			+			+				+	
Вспученный перлит	+				+		+	+				+		
Изделия перлитобитумные	+			+		+			+	+			+	
Изделия перлитокерамические	+			+					+	+		+		
Изделия перлитоцементные	+			+					+	+		+		
Изделия перлитогипсовые	+			+					+	+		+		
Плиты пенополистирольные		+		+					+					+
Изделия пенополиуретановые		+		+					+	+				+
Плиты из пеностекла	+			+			+		+			+		

Таблица А.4 - Плотность строительных материалов в воздушно-сухом состоянии

Материалы	Значение плотности, кг/м ³		Материалы	Значение плотности, кг/м ³	
	истинной	средней		истинной	средней
Свинец	11300 — 11400	11300 — 11400	Известняк плотный	2400 — 2600	2100 — 2400
Медь	8300 — 8900	8300 — 8900	Песок кварцевый	2600 — 2700	1400 — 1900
Сталь	7800 — 7900	7800 — 7850	Стекло строительное	3000	2500 — 3000
Чугун	7800	6900 — 7400	Цемент	3000 — 3100	800—1300
Алюминиевые сплавы	2800	2700 — 2800	Бетон тяжелый	2600 — 2900	1800 — 2500
			Раствор строитель ный	2500 — 2900	1300 — 2200
Базальт	3300	2700 — 3200	Гравий	2600 — 2800	1400 — 1600
Габбро	3200	2800 — 3200			
Мрамор	3000	2700 — 2800	Кирпич глиняный	2500 — 2800	1600 — 1900
Гранит	2600 — 2900	2600 — 2700	Минеральная вата	2800	75—400
Туф	2200 — 2800	1000 — 2200	Сосна	1600	500—600
Ракушечник	2650 — 2750	1400 — 2200			

В таблице приведены насыпные плотности основных строительных материалов (сколько их в одном кубе) и сколько кубов такого материала в одной тонне.

Таблица А.5 – Характеристические значения насыпной плотности основных строительных материалов

Строительный материал	Насыпная плотность, кг/м ³	Кубов в 1 тонне
Цемент сухой	1500	0,666
Мокрый песок	1920	0,52
Сухой песок	1440	0,694
Гравий крупный	1500	0,666
Гравий мелкий	1700	0,588
Щебень мелкий	1600	0,625