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

«Минеральная вата и минераловатные изделия»

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 включают теоретическое изложение материала, описание применяемых материалов и оборудования, методику проведения опытов и обработки полученных результатов испытаний и предназначены для систематизации и закрепления студентами теоретических разделов курса, углублению знаний в области изучения свойств минеральной ваты и изделий из неё. – Ростов н/Д: Донс. гос. техн. ун-т, 2022. – 12.

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

МИНЕРАЛЬНАЯ ВАТА И МИНЕРАЛОВАТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Цель работы: изучение методики определения свойств минеральной ваты и изделий из нее, методов испытаний, требований стандартов.

Общие сведения

Минеральная вата представляет собой волокнистый материал, получаемый из силикатных расплавов. Сырьем для производства минеральной ваты служат многие горные породы, металлургические шлаки, золы от сжигания каменных углей и торфа, а также бой глиняного, силикатного кирпича и др.

Минеральную вату применяют для изготовления теплоизоляционных и акустических изделий в виде плит, скорлуп, матов, цилиндров и т. п. Ее используют также в производстве кровельных и стеклопластиковых материалов.

При оценке качества минеральной ваты наряду со стандартными определениями средней плотности, теплопроводности производят ряд специфических определений: устанавливают количество «корольков», измеряют толщину, иногда и длину волокон, определяют содержание связующих веществ, для огнеупорных волокон определяют максимальную температуру применения.

При испытании изделий из минеральной ваты тоже возникает необходимость проведения некоторых определений, цель которых полнее охарактеризовать качество изделий, а также организовать контроль технологического процесса при их изготовлении. К таким определениям относятся выявление уплотняемости изделий под нагрузкой, определение коэффициента возвратимости, определение количества связующих, содержащихся в изделиях.

По полученным данным устанавливается тип минеральной ваты и марка минераловатных изделий, делается заключение о соответствии требо-

ваниям ГОСТ 4640-93, 9573-96.

1 Определение среднего диаметра волокон минеральной ваты

Диаметр волокон минеральной ваты определяют с помощью микроскопа при увеличении в 450-720 раз. Удобно пользоваться микроскопом МБ-9 (биологическим). Он позволяет получать различное увеличение, т. к. в комплекте имеется набор объектов и окуляров различной степени увеличения.

Для определения диаметра волокон в окуляр вкладывается линза с делениями (линеечка). При этом предварительно определяют цену делений линеечки с помощью объект-микрометра, который устанавливается в зажимы предметного столика микроскопа. Затем, добившись с помощью регулировочных винтов такой установки микроскопа, при которой получается отчетливое изображение делений объект-микрометра и линеечки окуляра, наложенных друг на друга, определяют цену деления линеечки Ц. Для этого на условном интервале а, границы которого определяются совпадением делений объект-микрометра **N** и линеечки **n**, цену деления линеечки ***Ц*** (мм) определяют по формуле

$$Ц = 0{,}01N \cdot 1000 / n \qquad (1.1)$$

Препараты готовят из пучков волокон, отобранных из различных мест пробы материала. Из каждого отобранного пучка ваты готовят один препарат, содержащий не менее 100 волокон. Пучок волокон берут пинцетом и ножницами обрезают один из его концов на расстоянии около 5 мм от пинцета. Затем делают второй срез ближе к пинцету на расстоянии в 2-3 мм от первого таким образом, чтобы срезанные кусочки волокон расположились по середине предметного стекла. Рядом с ними на стекло наносят каплю 5 %-ного раствора кедрового или пихтового бальзама, либо канифоли в этиловом спирте. Затем, наблюдая через микроскоп, отрезанные кусочки волокон иголкой переносят в ка-плю и равномерно одним слоем распределяют на предметном стекле. Препараты выдерживают в течение 30-40 мин в сушиль-

ном шкафу при температуре (70-105)ºС, затем препарат охлаждают до температуры (22±5)ºС.

Остывший препарат устанавливают в препаратоводитель столика микроскопа. На середину препарата наносят 2-3 капли глицерина и сверху плотно прикладывают покровное стекло. Излишек глицерина удаляют фильтровальной бумагой. Затем включают освещение и движением ручек препаратоводителя добиваются совмещения центра препарата с оптической осью микроскопа. Измерения начинают с волокна, расположенного наиболее близко к центру поля зрения. Движением одной ручки препаратоводителя волокно переводят в центр поля зрения. Вращением столика микроскопа ориентируют волокно в поле зрения вертикально.

Производят измерение диаметра волокна в делениях окуляра микрометра. Записывают результат. Возвращают столик микроскопа в исходное положение. Передвигают препарат до появления второго волокна в центре поля зрения и повторяют все вышеперечисленные приемы измерения. Затем движением ручки препаратоводителя добиваются появления в поле зрения последующих волокон, которые все подряд без пропуска измеряют в точке пересечения их с центром поля зрения независимо от того, попадают ли в эту точку искривленные, утолщенные или утонченные участки волокон.

Средний диаметр **Дс** (мкм) рассчитывают по формуле:

$$Д_С = д \cdot Ц \qquad (1.2)$$

где ***д*** - средний диаметр волокон в делениях окуляр-микрометра;

Ц - цена деления окуляр-микрометра, мкм.

Средний диаметр волокон материала вычисляют с погрешностью до 1 мкм как среднее арифметическое значение измерений 100 волокон.

2 Определение влажности

Теплопроводность минеральной ваты и изделий из нее резко возрастает при увлажнении. Влияние влажности на теплопроводность тепло-

изоляционных материалов объясняется тем, что теплопроводность воздуха и воды отличаются друг от друга примерно в 20 раз, поэтому определение влажности является одним из основных испытаний.

Существует несколько способов определения влажности теплоизоляционных материалов. Это методы, основанные на нагревании (высушивании) материалов в сушильном шкафу, ускоренные методы и методы косвенного определения влажности, например, основанные на изменении электропроводности материалов в зависимости от их увлажнения. Последняя группа методов не нашла широкого применения из-за отсутствия надежных датчиков для определения влажности.

2.1 Метод высушивания материалов

Отобранную пробу материала помещают в герметически закрытый сосуд и взвешивают с точностью до 0,1 г. Затем сосуд с пробой помещают в сушильный шкаф, снимают крышку и высушивают пробу материалов до постоянной массы при температуре 105±5 °С. Содержание влаги в материале **W**(%) вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m}{m - m_2} \cdot 100 \qquad (1.3)$$

где $\mathbf{m_1}$ – масса чашки с навеской влажного материала, г;

m - масса чашки с высушенным материалом, г;

$\mathbf{m_2}$ - масса пустой чашки с крышкой, г.

Отбор проб и установление средней влажности производят следующим образом.

Для минеральной ваты общая проба должна быть не менее 30 г и состоять из трех навесок не менее чем по 10 г каждая. Для определения влажности гибких материалов, например, минерального волокна общая проба должна быть не менее 15 г и состоять из трех навесок по 5 г каждая, взятых из трех различных мест отобранного для испытания полотнища. Для определения влажности жестких минераловатных плит общая проба должна быть не

менее 20 г и состоять из двух навесок по 10 г каждая, взятых из каждого изделия, отобранного для испытания. Влажность проб рассчитывают как среднюю арифметическую величину.

2.2 Ускоренный метод

Этот метод основан на использовании радиационного теплового потока. Высушивание материала производится инфракрасными лучами. Продолжительность высушивания не превышает 15 мин. Применяют влагомер МХТИ, в комплект которого входят весы, инфракрасная лампа мощностью 500 кВт, трансформатор, который позволяет регулировать напряжение переменного тока.

Для удобства отсчета шкала весов имеет две градуировки: верхнюю, по которой можно отсчитывать количество испарившейся влаги в процентах, и нижнюю, которая служит для отсчета убыли массы влаги из материала в граммах.

На этом приборе определение влажности материала производят следующим образом. Навеску материала предварительно измельчают, помещают в чашку влагомера и отвешивают 20 г. С помощью трансформатора постепенно увеличивают накал лампы. При этом следует помнить, что температура материала должна быть не более 110 ºС. Измерение температуры материала производят ртутным термометром, периодически вводя его в материал.

Сушка материала считается законченной после того, как стрелка весов в течение 6-7 мин будет находиться на одном и том же делении шкалы. Отсчет измерений испаренной влаги производят по нижней шкале, а влажности материала – по верхней и данные отсчета записывают в рабочий журнал.

3 Определение содержания «корольков»

«Корольки» представляют собой застывшие капли расплава, не вытянувшиеся в волокна при раздуве. «Корольки» ухудшают свойства минеральной ваты, увеличивают ее плотность и коэффициент теплопроводности.

В соответствии с ГОСТ 4640-93 содержание в минеральной вате «ко-

рольков» размером свыше 0,25 мм определяют на специальном приборе, который представляет собой лабораторный гранулятор с числом оборотов вала 120 об/мин.

Ввиду отсутствия в лаборатории этого прибора, определение содержания «корольков» согласно ГОСТ 4640-93 допускается производить следующим образом.

Отбирают три навески ваты массой (50±1) г каждая. Прокаливают в камерной электропечи при температуре (600±50) °С в течение 20 мин. Охлаждают до комнатной температуры. Затем помещают навеску на сито № 025 и резиновой пробкой диаметром 20-25 мм осторожно растирают. Волокна проходят через сито, а «корольки» остаются. Остаток на сите взвешивают. Содержание «корольков» **С** в (%) рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \qquad (1.4)$$

где $\mathbf{m_1}$ – остаток на сите №025,

г; **m** - масса навески, г.

Содержание «корольков» вычисляют как среднеарифметическое по результатам трех определений.

4 Определение степени уплотнения минераловатных плит под нагрузкой и коэффициента возвратимости

Для определения сжимаемости изделий применяют прибор, приведенный на рисунке 1. Масса подвижной части прибора составляет 0,5 кг, а суммарная масса подвижных частей 3, 4, 5, 6, 7 вместе со стержнем равна 2,0 кг.

Перед испытанием прибор устанавливают по уровню в строго горизонтальное положение во избежание излишнего трения подвижных частей и снижения нагрузки.

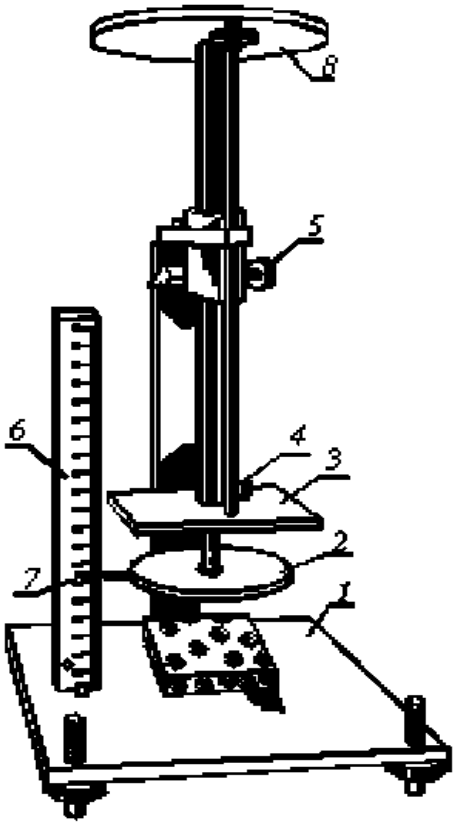

Рис 1. Прибор для определения толщины эластичных материалов под нагрузкой

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

Для испытания из изделий вырезают 6 образцов размером в плане 100х100 мм и толщиной, равной толщине изделия. Испытуемый образец укладывают на основание 8 прибора, после чего на его поверхность с помощью винта 5 опускают пластинку 7. Линейкой 2 измеряют толщину образца **h**. Затем с помощью винта 4 опускают пластину 6. Массой пластин 3, 6, 7, винтов 4, 5 и стержня создается удельная нагрузка на образец, равная 0,002 МПа. Под этой нагрузкой образец выдерживают в течение 15 мин, после чего измеряют его толщину $\mathbf{h_1}$ указателем 1 и линейкой 2.

Сжимаемость $\mathbf{C_ж}$ (%) вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$Сж = \frac{h - h_1}{h} \cdot 100 \qquad (1.5)$$

Результат определяют по трем измерениям как среднеарифметиче-

скую величину.

Определение упругого сжатия (коэффициента возвратимости) проводят, пользуясь прибором, изображенным на рисунке 2 и изготавливают такие же образцы, как и в предыдущем случае.

Толщину образца **h** определяют под удельной нагрузкой 0,0005 МПа, опуская на его поверхность плиту 7. После этого образец нагружают, опуская на него все подвижные части прибора и устанавливая на пластину 3 груз массой 8 кг. Таким образом, удельная нагрузка на образец составляет в этом случае 0,01 МПа. Под этой нагрузкой образец выдерживают 15 мин, после чего всю подвижную часть, включая плиту 7, поднимают и закрепляют винтами 4 и 5. Через 15 мин после снятия нагрузки вновь опускают пластину 7 на образец и оставляют ее в этом положении в течение 5 мин, затем по шкале 2 определяют толщину образца $\mathbf{h_1}$.

Упругое сжатие (коэффициент возвратимости $\mathbf{K_в}$) вычисляют с точностью до 0,01 по формуле:

$$Кв = \frac{h_1}{h} \qquad (1.6)$$

где **h** – толщина образца под нагрузкой 0,0005 МПа, мм;

$\mathbf{h_1}$ – толщина образца после снятия нагрузки 0,01 МПа, мм.

Полученные результаты заносят в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты определений сжимаемости и коэффициента возвратимости

Наименование образца	Толщина образца при нагрузке, мм		Сжимаемость, %	Толщина образца при нагрузке 0,01 МПа, мм	Коэффициент возвратимости
	0,0005МПа, h	0,002 МПа h_1			

5 Определение модуля кислотности

Модуль кислотности ваты ($M_к$) рассчитывают на основании результатов химического анализа по формуле:

$$M_к = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO},$$

где в числителе — суммарное содержание оксидов кремния и алюминия в процентах по массе;

в знаменателе — суммарное содержание оксидов кальция и магния в процентах по массе.

6 Определение теплопроводности

Теплопроводность минераловатных изделий определяют с помощью прибора ИТП-МГ4 по ГОСТ 7076.

На основании полученных данных устанавливается тип минеральной ваты и марка минераловатных изделий, делается заключение о соответствии требованиям ГОСТ 4640-93, 9573-96 (см. таблицы 1.2, 1.3).

Таблица 1.2

Технические требования к минеральной вате ГОСТ 4640-93

Наименование показателя	**Норма для типов**		
	А	Б	В
Водостойкость, pH, не более	5	7	7
Модуль кислотности, не менее	1,6	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4
Плотность, кг/м^3, не более	80	90	100
Теплопроводность, Вт/м*К (ккал/м*ч*^{o}С), не более при температурах:			
(298±5)К	0,045	0,045	0,050
(398±5)К	0,064	0,065	0,066
(573±5)К	0,110	0,112	0,116
Содержание неволокнистых включений «корольков» размером свыше 0,25 мм, % не более	12	20	25
Влажность, %, не более	1	1	1

Таблица 1.3

Физико-механические показатели теплоизоляционных плит из минеральной ваты на синтетическом связующем ГОСТ 9573-96

Наименование показателя	**Норма для марки**					
	50	75	125	175	200	300
1. Плотность, кг/м^3	от 35 до 50	св.50 до 75	св.75 до 125	св.125 до 175	св.175 до 250	
2. Теплопроводность: при температуре (298±5)К ((25±5)°С), Вт/м*К (ккал/ч*м*°С), не более, для плит:						
высшей категории качества	0,044 (0,038)	0,044 (0,038)	0,047 (0,040)	0,050 (0,043)		
первой категории качества	0,047 (0,040	0,047 (0,040)	0,049 (0,042)	0,052 (0,045)		
3. Влажность, %, не более	1	1	1	1	1	1
4. Содержание связующего вещества, %:						
не более	3	3	4	5	7	8
не менее	1,5	2,0	2,5	3,5	5	6
5. Сжимаемость, %, не более, для плит:						
высшей категории качества	-	-	10	4	-	-
первой категории качества	-	20	12	6	-	-
6. Прочность при сжатии при 10% деформации, МПа (кгс/см^2), не менее	-	-	-	-	0,04 (0,40)	0,12 (1,20)
7. Предел прочности при изгибе, МПа (кгс/см^2)	-	-	-	-	0,20 (2,00)	0,40 (4,00)
8. Водопоглощение, % не более	-	-	-	-	30	20