

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии строительных материалов и изделий

Л.Т. РЕДЬКО

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ, АКУСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
федерального агентства по образованию
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2004

ББК 38.113+38.3

Р – 33

УДК 691(07)

Рецензент

кандидат технических наук В.А. Гурьева

Редько Л.Т.

**Р 33 Теплоизоляционные, акустические материалы и системы:
Методические указания к лабораторному практикуму
– Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 56 с.**

Лабораторный практикум состоит из 6 лабораторных работ по теплоизоляционным и акустическим материалам. Каждая работа включает теоретическое изложение материала, описание применяемых материалов и оборудования, методику проведения опытов и обработки полученных результатов испытаний, контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторного практикума студентами, строительных специальностей 270106 всех форм обучения при изучении дисциплин «Теплоизоляционные, акустические материалы и системы» и «Теплоизоляционные строительные материалы»

ББК 38.113+38.3

©Редько Л.Т., 2004
©ГОУ ОГУ, 2004

Содержание

Введение

1	Лабораторная работа №1 Определение основных свойств теплоизоляционных материалов.....	4
2	Лабораторная работа №2 Минеральная вата и минераловатные изделия.....	14
3	Лабораторная работа №3 Теплоизоляционные ячеистые бетоны.....	31
4	Лабораторная работа №4 Асбестоизвестковокремнезёмистые теплоизоляционные материалы...40	
5	Лабораторная работа №5 Вспученный вермикулит и изделия на его основе.....	47
6	Лабораторная работа №6 Пенополистирол.....	51
	Список рекомендуемых источников.....	56

1 Лабораторная работа № 1

Определение основных свойств теплоизоляционных материалов

Цель работы: Изучение методики определения основных свойств теплоизоляционных материалов.

Продолжительность работы-6 часов.

Общие положения

Теплоизоляционные материалы предназначены для защиты от проникновения тепла или холода. Это пористые материалы, имеющие плотность не более 600 кг/м^3 и низкую теплопроводность (не более $0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$).

Теплоизолирующая способность материала зависит не только от количества, но и от характера пор, их распределения, размеров, открыты они или замкнуты. Наиболее высокими теплоизоляционными свойствами обладают материалы, содержащие большое количество мелких закрытых пор. Стремление к замкнутой пористости отличает структуру теплоизоляционных материалов от структуры звукопоглощающих.

Плотность материала оказывает решающее значение на теплопроводность. По величине средней плотности (кг/м^3) теплоизоляционные материалы делят на марки:

- особо легкие: 15, 25, 35, 50, 75, 100
- легкие: 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350
- тяжелые: 400, 450, 500, 600.

1.1 Методика определения свойств

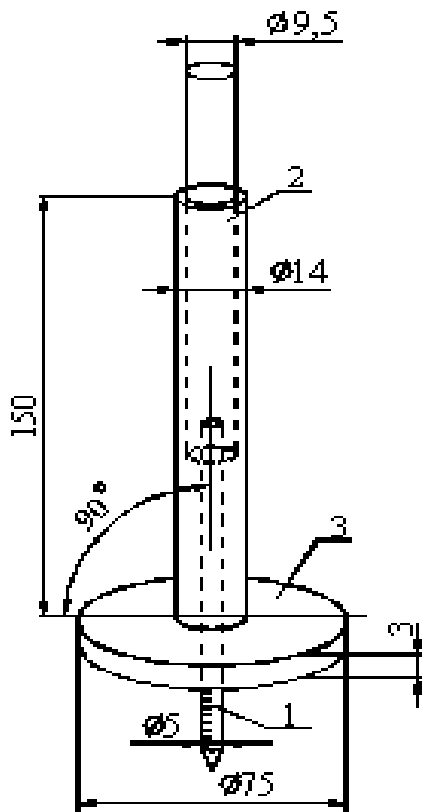
1.1.1 Определение средней плотности жестких материалов (ГОСТ 17177-94)

Приборы и материалы: сушильный шкаф, технические весы с разновесами, металлическая линейка, игольчатый толщиномер, штангенциркуль, прибор для определения толщины эластичных материалов под нагрузкой (рисунок 2), испытываемые образцы пенопласта, минераловатных плит, ячеистого бетона

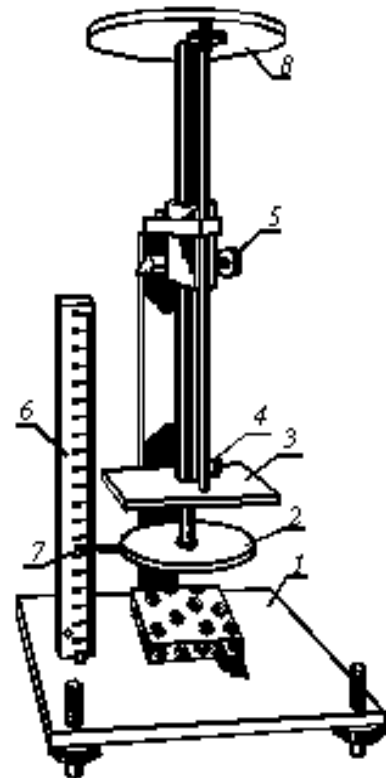
Высушенный образец взвешивают с точностью до $0,1 \text{ г}$ и измеряют.

Измерение толщины может производиться штангенциркулем или специальным прибором – толщиномером (рисунок 1). 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.



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

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

Среднюю плотность партии материала ρ_m (кг/м³) вычисляют как среднюю арифметическую величину не менее чем трех определений по формулам:

— для штучных изделий и рулонных материалов без обкладки

$$\rho_m = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

где m – масса сухого образца, кг;

V – объем образца, м³.

- 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.

- 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 1.1

Таблица 1.1 – Определение средней плотности штучных изделий

Показатели	Единицы измерения	Образец без обкладки	Образец с обкладкой	Шнуровой материал
1	2	3	4	5
Масса образца без обкладки, m	кг			
Масса образца с обкладками, m_1	кг			
Масса обкладок, m_2	кг			
Масса образца в оплетке, m_3	кг			

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Масса оплетки на 1 пог. метр шнура, m_4	кг/м			
Длина шнура, l	м			
Диаметр шнура, d	м			
Средняя плотность, ρ_m	кг/м ³			

По результатам определений делается заключение о марке теплоизоляционного материала.

1.1.2 Определение средней плотности мягких теплоизоляционных материалов

Приборы и материалы по п. 1.1.1.

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.

Среднюю плотность войлока ρ_m (кг/м³) вычисляют по формуле:

$$\rho_m = \frac{m}{V(1 + 0,01W)} \quad (1.4)$$

где W - влажность образца, %.

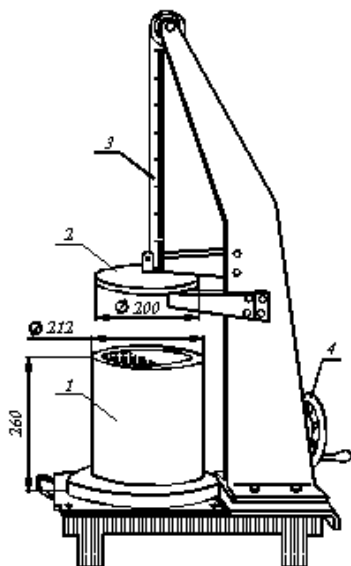
1.1.3 Определение средней плотности рыхлых волокнистых материалов (ГОСТ 17177-94)

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

Пробу материала массой (500±10)г взвешивают на технических весах и укладывают горизонтальными слоями в металлический цилиндр 1 прибора

(рисунок 3). На материал опускают при помощи подъемного устройства 4 металлический диск 2, создающий удельное давление 2000 Па (0,02 кгс/см²).

Через 5 минут высоту h сжатого слоя материала в цилиндре определяют по шкале 3, находящейся на стержне 5, с погрешностью не более 0,5мм.



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

Рисунок 3. Прибор для определения плотности рыхлых волокнистых материалов.

Объем рыхлого волокнистого материала V (м³), под удельной нагрузкой 2000 Па (0,02 кгс/см²) вычисляют в см³ по формуле

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

где R - радиус цилиндра, см;

h - высота сжатого слоя материала в цилиндре, см.

Плотность материала ρ_m (г/см³), под удельной нагрузкой 2000 Па (0,02 кгс/см²) вычисляют по формуле

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

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.

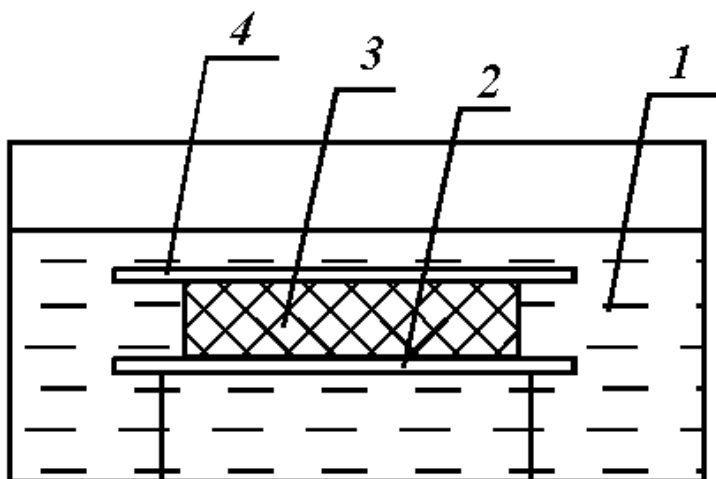
Таблица 1.3 – Определение средней плотности рыхлых волокнистых материалов

Показатели	Единицы измерения	Образец волокнистого материала
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	

1.1.4 Определение водопоглощения (ГОСТ 17177-94)

1.1.4.1 Определение водопоглощения при полном погружении образца в воду

Приборы и материалы: сушильный шкаф, технические весы с разновесами, ванна из нержавеющей материала, имеющая сетчатую подставку и пригруз из нержавеющей материала (рисунок 4), испытываемый материал: минераловатная плита, фенопласт, пенопласт.



1-ванна; 2-сетчатая подставка; 3-образец;
4-сетчатый пригруз

Рисунок 4. Схема определения 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.

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 образец был погружен не более, чем до половины толщины. Через

3 часа в ванну доливают воду в таком количестве, чтобы уровень воды был выше пригруза на 20-40 мм. Через 24 часа после залива первой порции воды образцы переносят на сетчатую подставку и через 30 с взвешивают. Массу воды, вытекающей из образца во время взвешивания, включают в массу насыщенного водой образца.

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

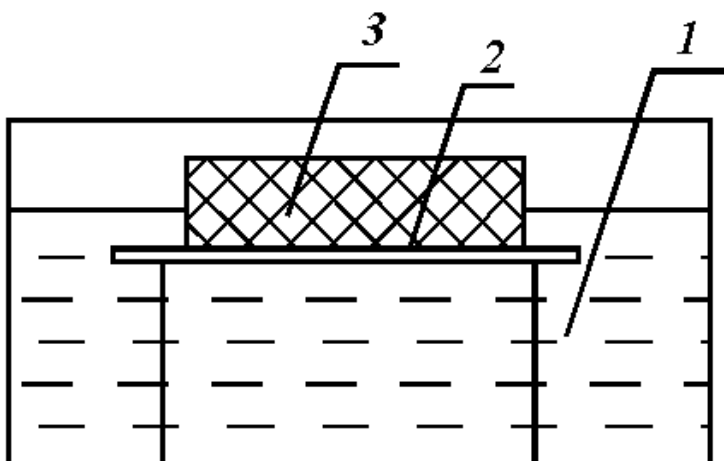
$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (1.7)$$

где m_1 - масса образца после насыщения водой, г;
 m_2 - масса сухого образца, г.

1.1.4.2 Определение водопоглощения при частичном погружении образца в воду

Используемые приборы и материалы по п. 1.1.4.1.

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.).



1-ванна с постоянным уровнем воды; 2-сетчатая подставка; 3-образец

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

Затем заливают в ванну воду с температурой $(22 \pm 5)^\circ\text{C}$ так, чтобы образец был погружен в воду примерно на 5 мм. При этом уровень воды в ванне поддерживается постоянным. После выдержки в течение 4 часов образец вынимают из воды и переносят на сетчатую подставку из

проволоки, через 30 секунд взвешивают. Массу воды, вытекающей из образца во время взвешивания, включают в массу насыщенного водой образца.

Водопоглощение, %, при частичном погружении образца в воду вычисляют по формуле 1.7.

Результаты определений заносят в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Определение водопоглощения

Показатели	Единицы измерения	Длительность выдержки в воде, час	Водопоглощение %	
			При полном погружении в воду	При частичном погружении в воду
Масса сухого образца, m_2	г			
Масса образца после насыщения водой, m_1	г			

1.1.5 Определение содержания органических веществ (ГОСТ 17177-94)

Приборы и материалы: камерная электропечь, сушильный шкаф, аналитические весы, фарфоровый тигель, эксикатор, хлористый кальций, испытываемый материал: минвата, стекловата, изделия на основе минваты.

В предварительно прокаленный и взвешенный тигель помещают пробу массой около 5 г и высушивают до постоянной массы, взвешивают. До проведения испытания пробу хранят в эксикаторе над хлористым кальцием.

Тигель с пробой помещают в камерную электропечь и при температуре $(600 \pm 50)^\circ\text{C}$ выдерживают в течение 2 часов. Затем тигель с пробой охлаждают в эксикаторе до температуры $(22 \pm 5)^\circ\text{C}$ и взвешивают с погрешностью не более 0,0002г.

Содержание органических веществ $Z_0(\%)$ вычисляют по формуле

$$Z_0 = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100 \quad (1.8)$$

где m_1 - масса предварительно прокаленного тигля с пробой, высушенной до постоянной массы, г;

m_2 - масса тигля с пробой после прокаливания, г;

m_3 - масса прокаленного тигля, г.

Результаты определения заносят в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Определение содержания органических веществ

Показатели	Единицы измерения	Образец №1	Образец №2
Масса тигля с пробой, высушенной до постоянной массы, m_1	г		
Масса тигля с пробой после прокаливания, m_2	г		
Масса прокаленного тигля, m_3	г		
Содержание органических связующих, Z_0	%		

1.2 Механические свойства

1.2.1 Определение прочности на сжатие при 10 % - деформации (ГОСТ 17177-94)

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

Приборы и материалы: прибор, обеспечивающий скорость нагружения образца ($5 \pm 0,5$) 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

$$R_{сж} = \frac{P}{a \cdot b} \quad (1.9)$$

где P - нагрузка, при которой образец уплотняется на 10 %, Н (кгс);
 a - длина образца, см;
 b - ширина образца, см.

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Определение механических свойств

Показатели	Единицы измерения	Прочностные показатели		
		Рж при 10 % деформации	$R_{сж}$ МПа (кгс/см ²)	$R_{изг}$ 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)			

1.2.2 Определение предела прочности при сжатии (ГОСТ 17177-94)

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

Приборы и материалы: прибор, обеспечивающий скорость нагружения образца $(5 \pm 0,5)$ 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 $(50 \pm 0,5)$ 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 1.9 и результаты заносят в таблицу 1.6.

1.2.3 Определение предела прочности при изгибе (ГОСТ 17177-94)

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

Приборы и материалы: прибор, обеспечивающий скорость нагружения образца центральной сосредоточенной нагрузкой $(5 \pm 0,5)$ мм/мин, оборудованный устройством для фиксации прогиба образца и позволяющий снять отсчет разрушающей нагрузки с погрешностью не более 1 %, штангенциркуль, испытываемый образец 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

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (1.10)$$

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 1.6.

1.3 Контрольные вопросы

1. Какие материалы и изделия называют теплоизоляционными?
2. Сырье, применяемое в производстве теплоизоляционных материалов и изделий.
3. Виды пористого строения.
4. Классификация теплоизоляционных материалов.
5. Способы получения пористой структуры.
6. Основные свойства теплоизоляционных материалов.
7. Какие связующие применяют в производстве теплоизоляционных материалов?
8. Виды теплоизоляционных материалов и изделий.
9. Какие преимущества имеют неорганические теплоизоляционные материалы перед органическими?
10. Что называют маркой теплоизоляционных материалов?

2 Лабораторная работа №2

Минеральная вата и минераловатные изделия

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

Продолжительность работы – 8 часов.

Общие положения

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 ве-

ществ, 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.

Лабораторная работа предусматривает выполнение следующих определений:

- 1 Расчет состава шихты минеральной ваты.
- 2 Свойства минеральной ваты:
 - определение среднего диаметра волокон;
 - влажность;
 - содержание «корольков» размером свыше 0,25 мм.
- 3 Свойства минераловатных изделий на синтетическом связующем:
 - степень уплотнения под нагрузкой и коэффициент возвратимости.

По полученным данным устанавливается тип минеральной ваты и марка минераловатных изделий, делается заключение о соответствии требованиям ГОСТ 4640-93, 9573-96 (см. таблицы 2.6, 2.7).

2.1 Методика проведения работы

2.1.1 Расчет состава шихты для производства минеральной ваты

Для характеристики химического состава сырья и самой минеральной ваты пользуются величиной модуля кислотности M_k , который представляет собой отношение суммы кислотных оксидов ($SiO_2 + Al_2O_3$), содержащихся в сырье или вате, к сумме основных оксидов ($CaO + MgO$).

В соответствии с ГОСТ 4640-93 модуль кислотности минеральной ваты M_k должен быть не менее 1,2.

$$M_k = \frac{\%SiO_2 + \%Al_2O_3}{\%CaO + \%MgO} \geq 1,2 \quad (2.1)$$

Исходными данными для расчета состава шихты являются: виды сырьевых материалов, их химические составы, модуль кислотности минеральной ваты, который обуславливается назначением минеральной ваты, условиями ее службы в конструкции, влажность сырьевых материалов и способ переработки расплава в волокно.

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 2.1.

Состав шихты рассчитывают двумя методами:

- 1) метод составления и решения системы алгебраических уравнений;
- 2) метод последовательного приближения;

Таблица 2.1 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Наименование сырьевых материалов	Содержание оксидов, % по массе											M _к	Влажность, %	Способ переработки расплава в волокно
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	S	SO ₃	R ₂ O	п. п. п.			
1	Доменный шлак	41,2	3,79	48,14	2,62	-	0,64	3,12	1,35	-	-	-	1,5	6	Многовалковая центрифуга
	Кирпичный бой	71,7	16,2	2,2	1,9	5,6	-	-	-	-	2,4	-			
2	Доменный шлак	33,46	7,83	26,3	8,4	17,77	-	5,25	0,39	-	-	1,51	1,7	7	Пародутьевая установка
	Кирпичный бой	65,6	14,62	6,22	2,25	7,46	-	-	-	0,1	3,71	-			
3	Мартеновский шлак	23,3	3,92	44,0	12,02	8,38	-	8,46	0,11	-	-	-	1,3	8	То же
	Бой силикатного кирпича	84,92	1,35	5,5	0,54	1,15	-	-	-	0,34	1,89	4,5			
4	Доменный шлак	38,24	15,08	33,3	8,11	0,52	-	3,26	0,54	-	-	0,22	1,6	6	Центробежно-дутьевая установка
	Кирпичный бой	61,82	16,75	7,77	2,64	6,89	-	-	-	0,4	3,89	-			
5	Мартеновский шлак	18,66	11,33	37,1	15,57	13,37	-	4,19	0,15	-	-	-	1,2	7	Многовалковая центрифуга
	Бой силикатного кирпича	77	1,4	12,3	0,3	1,2	-	-	-	0,6	-	7,2			

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Наименование сырьевых материалов	Содержание оксидов, % по массе											M _к	Влажность, %	Способы переработки расплава в волокно
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	S	SO ₃	R ₂ O	п. п. п.			
6	Доломитизированный мергель	41,5	6,7	31,1	15,5	5,0	-	-	-	0,2	-	-	1,7	5	Пародутьевая установка
	Глинистый сланец	53,82	18,82	2,32	4,8	11,02	-	-	-	0,81	-	7,41			
7	Гранит	70,29	13,04	2,19	0,98	5,54	-	-	-	0,11	7,58	0,27	1,3	2	Дисковая центрифуга
	Известняк	1,92	0,11	54,1	0,39	0,49	-	-	-	0,2	-	42,79			
8	Базальт	51,15	13,7	9,14	6,06	6,26	9,22	-	-	-	2,11	1,74	1,5	2	Центробежно-дутьевая установка
	Доломит	0,44	0,2	31,84	20,72	0,34	-	-	-	-	-	46,94			
9	Диабаз	47,21	14,09	10,56	6,12	6,49	8,65	1,29	-	-	3,5	1,49	1,4	3	Многовалковая центрифуга
	Известняк	0,7	0,19	54,29	0,71	0,31	-	-	-	-	-	42,79			
10	Сланец хлоритовый	50,08	14,77	9,2	6,41	14,23	-	0,36	-	-	3,62	1,33	1,6	6	Пародутьевая установка
	Доломит	0,72	-	30,9	21,18	-	-	-	-	0,37	-	47,12			

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Наименование сырьевых материалов	Содержание оксидов, % по массе											M _к	Влажность %	Способ переработки расплава в волокно
		SiO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	S	SO ₃	R ₂ O	п.п.п.			
11	Габбро Известняк	46,8	16,96	10,01	6,34	5,5	8,08	-	-	-	3,59	2,72	1,2	2	Центробежно-дутьевая установка
		1,37	0,65	44,18	8,68	1,12	-	-	-	0,05	-	43,95	5		
12	Мартеновский шлак Кирпичная глина	23,3	3,92	44,0	12,02	8,38	-	8,46	0,11	-	-	-	1,4	7	Многовалковая центрифуга
		76,37	8,39	2,19	1,09	2,92	-	-	-	-	-	9,04	8		

2.1.1.1 Метод составления и решения системы алгебраических уравнений

Обычно шихта для производства минеральной ваты состоит из двух видов сырья, поэтому при расчете шихты составляют и решают систему двух уравнений с двумя неизвестными X и Y , выражающими количество составных частей шихты.

Одно из уравнений имеет вид $X+Y=1$, а другое уравнение представляет собой выражение модуля кислотности.

$$\frac{(SiO'_2 + Al_2O'_3) \cdot X + (SiO''_2 + Al_2O''_3) \cdot Y}{(CaO' + MgO') \cdot X + (CaO'' + MgO'') \cdot Y} = M_k \quad (2.2)$$

где SiO'_2 , $Al_2O'_3$, CaO' , MgO' – содержание соответствующих оксидов в первом компоненте шихты, %;

SiO''_2 , $Al_2O''_3$, CaO'' , MgO'' – содержание тех же оксидов во втором компоненте шихты, %;

M_k – величина заданного модуля кислотности.

Решая уравнение относительно X или Y , получают содержание сырьевых материалов в шихте в долях единицы, а затем выражают состав шихты в % по массе. Расхождение величины модуля кислотности заданного и полученного в результате расчета не должно превышать 5 %.

2.1.1.2 Метод последовательного приближения

Этот метод состоит в том, что задаваясь содержанием какого-либо одного химического оксида в расплаве и зная содержание этого оксида в составе сырьевых материалов, в порядке определенной очередности находят количество отдельных частей шихты. Таким оксидом чаще всего является SiO_2 .

Из двух видов сырьевых материалов, составляющих шихту, один принимают за основной, а другой – за дополнительный и его содержание выражают через X . Далее задаются оптимальным содержанием SiO_2 в расплаве a . Зная процентное содержание SiO_2 в основном и дополнительном сырье (b и v), составляют уравнение

$$a = b + X \cdot (v - b), \text{ откуда определяют}$$

$$X = \frac{a - b}{v - b} \quad (2.3)$$

Вычислив количество дополнительного сырья в долях единицы, находят путем вычитания его из единицы количество основного сырья (1-X). Затем определяют процентное содержание отдельных химических оксидов в составе шихты, как показано на следующем примере.

Пусть содержание SiO₂ в основном и дополнительном видах сырья будут **n** и **m**(%), тогда содержание SiO₂ в составе шихты можно выразить равенством:

$$SiO_2 = n \cdot (1 - X) + m \cdot X \quad (2.4)$$

Также находят содержание и других оксидов, определяющих модуль кислотности, т. е. Al₂O₃, CaO и MgO. Затем находят величину M_к. Если модуль кислотности оказался в заданных пределах, то расчет состава шихты на этом заканчивают, пересчитывая только содержание обоих видов сырья с долей единицы в проценты по массе, и вносят поправку на влажность материалов.

Если же полученный модуль кислотности выходит за пределы заданных значений, то задаются другой величиной содержания SiO₂ в составе шихты и проверяют расчет. При излишне высоком значении M_к для повторного расчета принимают меньшее содержание SiO₂, а при недостаточной величине M_к берут большее содержание SiO₂ в составе шихты.

2.1.1.3 Пример расчета шихты

Требуется определить расход сырьевых материалов для получения 1 т минеральной ваты.

Данные для расчета: заданный модуль кислотности M_к = 1,5; основное сырье – доменный шлак; дополнительное сырье – бой глиняного кирпича; влажность доменного шлака – 8 %, кирпичного боя – 2 %; переработка расплава в волокно осуществляется на многовалковой центрифуге, химический состав сырьевых материалов приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Химический состав сырья

Сырьё	Содержание оксидов, % по массе								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	S	P ₂ O
Доменный шлак	41,2	3,79	48,14	2,62	-	0,64	3,12	1,35	-
Кирпичный бой	71,7	16,2	2,2	1,9	5,6	-	-	-	2,4

Рассчитаем шихту по методу составления и решения системы алгебраических уравнений

Обозначая через X содержание в шихте доменного шлака, а через Y - кирпичного боя, составляем два уравнения:

$$X + Y = 1$$

$$\frac{(41,2 + 3,79) \cdot X + (71,7 + 16,2) \cdot Y}{(48,14 + 2,62) \cdot X + (2,2 + 1,9) \cdot Y} = 1,5$$

Систему уравнений решаем методом исключения одного неизвестного $X=1-Y$.

Подставляя значение X , выраженное через Y , во второе уравнение, имеем одно уравнение с одним неизвестным

$$\frac{44,99 \cdot (1 - Y) + 87,9 \cdot Y}{50,76 \cdot (1 - Y) + 4,1 \cdot Y} = 1,5$$

Решая это уравнение относительно Y , получаем его значение. В данном случае $Y=0,276$, тогда $X=1-0,276=0,724$.

Округляя полученные величины до сотых долей, получаем, что $X=0,72$, а $Y=0,28$, т. е. шихта состоит из 72 % шлака и 28 % боя глиняного кирпича по массе.

После этого уточняем величину модуля кислотности, которым будет характеризоваться расплав, полученный из шихты рассчитанного состава. Для этого умножаем количества оксидов исходных компонентов шихты из таблицы 2.2 на значение X и Y , определяя таким образом количества соответствующих оксидов, вносимых в расплав шлаком и кирпичным боем. По результатам расчета составляем таблицу содержания оксидов в расплаве (см. таблицу 2.3).

Таблица 2.3 – Содержание оксидов в расплаве

Составные части	Содержание оксидов, вносимых в расплав								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	S	R ₂ O
Доменный шлак	29,7	2,73	34,6	1,89	-	0,46	2,25	0,97	-
Кирпичный бой	20,1	4,53	0,62	0,53	1,57	-	-	-	0,67
Сумма	49,8	7,26	35,22	2,42	1,57	0,46	2,25	0,97	0,67

Подставляя значения сумм SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и MgO в формулу для определения модуля кислотности, уточняем значение его величины

$$M_k = \frac{49,8 + 7,26}{35,22 + 2,42} = 1,51$$

Расхождение величины модуля кислотности заданного и полученного составляет менее 1 %. Следовательно, рассчитанный состав шихты удовлетворяет условию получения расплава с $M_k=1,5$.

-

Для определения количества дополнительного сырья, в данном случае кирпичного боя, принимаем количество основного сырья (шлака) за единицу и задаемся содержанием в шихте оксида SiO_2 равным 50%. Тогда

$$X = \frac{a - б}{в - б} = \frac{50 - 41,2}{71,7 - 41,2} = 0,289 ,$$

где X – количество кирпичного боя, добавляемого в шихту в долях единицы;

- a – заданное содержание принятого оксида SiO_2 в составе шихты, %;
- $б$ – содержание принятого оксида в шлаке, %;
- $в$ – содержание принятого оксида в кирпичном бое, %.

Следовательно, одна массовая часть шихты будет состоять из 0,711 массовых частей шлака и 0,289 массовых частей кирпичного боя.

В такой шихте будет содержаться, % по массе:

$$\text{SiO}_2 = 0,711 \times 41,2 + 0,289 \times 71,7 = 50,01$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,711 \times 3,79 + 0,289 \times 16,2 = 7,38$$

$$\text{CaO} = 0,711 \times 49,14 + 0,289 \times 2,2 = 33,86$$

$$\text{MgO} = 0,711 \times 2,62 + 0,289 \times 1,9 = 2,41$$

При таком процентном соотношении оксидов модуль кислотности шихты будет равен

$$M_k = \frac{50,01 + 7,38}{33,86 + 2,41} = 1,58$$

Полученное значение модуля кислотности шихты несколько превышает заданное его значение. С целью уменьшения значения M_k необходимо произвести дополнительный расчет. Уменьшим содержание в составе шихты SiO_2 на некоторую величину и примем его равным 49,8 %. Тогда

$$X = \frac{49,8 - 41,2}{71,7 - 41,2} = 0,2756 \quad \text{или } 0,28$$

Т. е. шихта будет состоять из 72 % шлака и 28 % кирпичного боя.

В такой шихте будет содержаться, % по массе:

$$\text{SiO}_2 = 0,72 \times 41,2 + 0,28 \times 71,7 = 49,74$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,72 \times 3,79 + 0,28 \times 16,2 = 7,26$$

$$\text{CaO} = 0,72 \times 48,14 + 0,28 \times 2,2 = 35,28$$

$$\text{MgO} = 0,72 \times 2,62 + 0,28 \times 1,9 = 2,42$$

Модуль кислотности такой шихты будет равен:

$$M_k = \frac{49,74 + 7,26}{35,28 + 2,42} = 1,51$$

т. е. в пределах заданного значения.

Таким образом, расчет шихты, произведенный обоими методами, позволил установить, что шихта должна состоять из 72 % доменного шлака и 28 % кирпичного боя. Следовательно, для получения 1 т минеральной ваты без учета влажности сырьевых материалов и производственных потерь расход компонентов шихты составит: доменного шлака – 720 кг, кирпичного боя – 280 кг.

Введя поправку на влажность, получим: расход доменного шлака – 720 х 1,08 = 777,6 или 778 кг; расход кирпичного боя – 280 х 1,02 = 285,6 или 286 кг.

Предположим, что общие производственные потери при транспортировании и складировании материалов, при их дроблении и отходы при переработке расплава в волокно составляют для шлака 28 %, а для кирпичного боя – 20 %. Тогда практический расход материалов в естественном состоянии на 1 т минеральной ваты составит: доменного шлака – 778 х 1,28 = 995 кг, кирпичного боя – 286 х 1,20 = 343 кг.

Результаты проведенной работы рекомендуется записывать по следующей форме таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты подбора состава шихты минеральной ваты

Наименование сырьевых материалов	Расход сырья на 1 т ваты без учета влажности и производств. потерь, кг	Влажность сырья, %	Производственные потери, %	Практический расход на 1 т ваты, кг

2.2 Определение среднего диаметра волокон минеральной ваты (ГОСТ 17177-94)

Приборы и материалы: микроскоп Биолам (Р1, Р2, Р3, Р4) либо другой, окуляр микрометр МОВ1-15, объект-микрометр ОМП, предметные и покровные стекла, сушильный шкаф, пинцет, ножницы, иголка, минеральная или стеклянная вата.

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 линейки 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 линейки окуляра, наложенных друг на друга, определяют цену деления линейки Ц. Для этого на условном интервале а, границы которого определяются совпадением делений объект-микрометра N и линейки n, цену деления линейки Ц(мм) определяют по формуле

$$Ц = 0,01N \cdot 1000 / n \quad (2.5)$$

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 каплю и равномерно одним слоем распределяют на предметном стекле. Препараты выдерживают в течение 30-40 мин в сушильном шкафу при температуре (70-105) °С, затем препарат охлаждают до температуры (22±5)°С.

Остывший препарат устанавливают в препаратопроводитель 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 препаратопроводителя добиваются совмещения центра препарата с оптической осью микроскопа. Измерения начинают с волокна, расположенного наиболее близко к центру поля зрения. Движением одной ручки препаратопроводителя 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 D_c (мкм) рассчитывают по формуле:

$$D_c = d \cdot Ц \quad (2.6)$$

где d - 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.

2.3 Определение влажности

Приборы и материалы: сушильный электрошкаф, весы лабораторные с разновесами, обеспечивающие взвешивание материалов с погрешностью не более 0,1 г, влагомер конструкции МХТИ.

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

2.3.1 Метод высушивания материалов (ГОСТ 17177-94)

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:

$$W = \frac{m_1 - m}{m - m_2} \cdot 100 \quad (2.7)$$

где m_1 – масса чашки с навеской влажного материала, г;

m – масса чашки с высушенным материалом, г;

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.

2.3.2 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 °С. 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.

2.4 Определение содержания «корольков»

Приборы и материалы: весы лабораторные с разновесами, электропечь, сито № 025, образцы минеральной ваты.

«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 «корольков» 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» C в (%) рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \quad (2.8)$$

где m_1 – остаток на сите №025, г;
 m - масса навески, г.

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

2.5 Определение степени уплотнения минераловатных плит под нагрузкой и коэффициента возвратимости

Приборы и материалы: прибор для определения сжимаемости и упругости ГОСТ 17177-94, штангенциркуль, образцы изделий из минеральной ваты.

Для определения сжимаемости изделий применяют прибор, приведенный на рисунке 2. 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.

Для испытания из изделий вырезают 6 образцов размером в плане 100x100 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 h_1 указателем 1 и линейкой 2.

Сжимаемость $C_{ж}$ (%) вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$C_{ж} = \frac{h - h_1}{h} \cdot 100 \quad (2.9)$$

Результат определяют по трем измерениям как среднеарифметическую 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 h_1 .

Упругое сжатие (коэффициент возвратимости K_B) вычисляют с точностью до 0,01 по формуле:

$$K_B = \frac{h_1}{h} \quad (2.10)$$

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

h_1 – толщина образца после снятия нагрузки 0,01 МПа, мм.

Полученные результаты заносят в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – 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			
1					
2					
3					

Таблица 2.6 – Технические требования к минеральной вате ГОСТ 4640-93

Наименование показателя	Норма для типов		
	А	Б	В
Водостойкость, рН, не более	5	7	7
Модуль кислотности, не менее	1,4	1,2	1,2
Плотность, кг/м ³ , не более	80	100	100
Теплопроводность, Вт/м*К (ккал/м*ч*°С), не более при температурах:			
(298±5)К ((25±5)°С)	0,045 (0,038)	0,045 (0,039)	0,050 (0,043)
(398±5)К ((125±5)°С)	0,064 (0,055)	0,065 (0,056)	-
(573±5)К ((300±5)°С)	0,105 (0,090)	0,112 (0,095)	-
Содержание неволокнистых включений «корольков» размером свыше 0,25 мм, % не более	12	20	25
Влажность, %, не более	1	1	2

Таблица 2.7 - 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
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	-	-	15	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

2.6 Контрольные вопросы

1. Сырьевые материалы для получения минеральной ваты.
2. Типы плавильных агрегатов.
3. Способы раздува расплава в волокно.
4. Связующие вещества в минераловатном производстве.
5. Способы нанесения связующих.
6. Основные свойства минеральной ваты.
7. Виды минераловатных изделий.

3 Лабораторная работа №3

Теплоизоляционные ячеистые бетоны

Цель работы: научиться определять состав теплоизоляционного ячеистого бетона в зависимости от заданных свойств, применяемых сырьевых материалов и порообразователей.

Продолжительность работы – 6 часов

Общие положения

Ячеистыми бетонами называют искусственные каменные материалы, состоящие из затвердевшего вяжущего вещества, тонкодисперсного кремнеземистого компонента и равномерно распределенными между ними порами.

Ячеистую структуру бетона получают путем смешивания минерального раствора с пеной (пенобетон) или путем введения газообразующих веществ (газобетон).

По виду вяжущего ячеистые бетоны подразделяются на следующие разновидности: на цементе (пенобетон и газобетон), на известковом вяжущем (пеносиликат и газосиликат), на гипсовом вяжущем (пеногипс и газогипс). Кроме того, при получении ячеистых бетонов могут быть использованы гипсоцементнопуццолановое и смешанное вяжущее.

В качестве порообразователя при получении газобетонов и газосиликатов используют алюминиевую пудру, значительно реже – технический пергидроль, представляющий собой 30 %-ный раствор перекиси водорода в воде. В качестве мелкого заполнителя в теплоизоляционных ячеистых бетонах применяют молотый кварцевый песок и золу-унос, получаемую при сжигании твердого пылевидного топлива.

Физико-механические свойства теплоизоляционных ячеистых бетонов зависят от ряда факторов: средней плотности, пористости, вида сырьевых материалов и их количественного содержания, тонкости измельчения, водотвердого отношения и условий твердения.

3.1 Методика выполнения работы

3.1.1 Подбор состава теплоизоляционного газобетона

Приборы и материалы: вискозиметр Суттарда, технические весы с разновесами, сферическая чашка, стекло, мерные цилиндры емкостью 500 и 1000 см³, формы-кубы размером 10×10×10 см, лабораторная пропарочная камера, сушильный шкаф, гидравлический пресс, исходные материалы.

Исходными данными для расчета состава газобетона являются: средняя плотность газобетона в сухом состоянии, способ твердения, вид исходных материалов, кубиковая прочность бетона на сжатие и средняя плотность.

Варианты индивидуальных заданий для выполнения расчетов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Наименование ячеистого бетона	Способ твердения	Вид вяжущего	Вид порообразователя	Вид заполнителя	Заданные свойства	
						R _m кг/м ³	R _{сж} МПа
1	Газобетон	Автоклавный	Портландцемент и известь	ПАП-1 ПАП-3	Молотый песок	500	2,5
2	Газобетон	Неавтоклавный	Портландцемент	ПАП-1	Молотый песок	600	2,0
3	Газосиликат	Автоклавный	Известь	ПАП-1	Золаунос	400	1,2
4	Газосиликат	Автоклавный	Известково-шлаковое вяжущее	ПАП-1	Молотый песок	500	1,5
5	Газобетон	Неавтоклавный	Портландцемент и известь	ПАП-1	Золаунос	600	2,0

Для получения ячеистого бетона с заданными показателями средней плотности и прочности опытным путем устанавливают водотвердое отношение (V/T), расход порообразователя и массовое отношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом ($P_K : P_{ВЯЖ} = C$).

Предварительно рассчитывают расход материалов на 1 м^3 исходного состава:

Вяжущего

$$P_{ВЯЖ} = \frac{\rho_m}{K_C(1+C)} \cdot V \quad (3.1)$$

Извести

$$P_{И} = P_{ВЯЖ} \cdot n \quad (3.2)$$

Цементы

$$P_{Ц} = P_{ВЯЖ} - P_{И} \quad (3.3)$$

Кремнеземистого компонента

$$P_{К} = P_{ВЯЖ} \cdot C \quad (3.4)$$

Гипса молотого двухводного

$$P_{Г} = P_{И} \cdot 0,03 \quad (3.5)$$

Воды

$$V = (P_{ВЯЖ} + P_{К}) \cdot \frac{V}{T} \quad (3.6)$$

где ρ_m - заданная средняя плотность ячеистого бетона в сухом состоянии, кг/л;

K_C - коэффициент увеличения массы сухой смеси в результате твердения вяжущего, принимается равным 1,1;

V - объем замеса в л, равный объему форм, заполняемых из одного замеса, умноженному на коэффициент избытка смеси, принимаемый равным 1,05 для пенобетона и 1,1-1,15 для газобетона (при изготовлении лабораторных образцов коэффициент избытка смеси в обоих случаях принимают не менее 1,5);

C - число массовых частей кремнеземистого компонента, приходящихся на 1 массовую часть вяжущего (см. таблицу 3.2);

n - массовая доля извести в вяжущем;

V/T - водотвердое отношение.

Таблица 3.2 – Варианты С для пробных замесов ячеистого бетона

Вид ячеистого бетона	Значение С				
	1	2	3	4	5
Автоклавный с применением извести активностью 70 %	2,4	2,7	3,0*	3,3	3,6
То же, с применением портландцемента или известково-шлакового цемента	0,75	1,0*	1,25	1,5	1,75
То же, с применением смешанного вяжущего или нефелинового цемента	1,0	1,25	1,5*	1,75	2,0
Неавтоклавный с применением портландцемента или смешанного вяжущего	0,8	0,75*	1,0	1,25	1,5

Примечание:

- 1 Значения С, отмеченные значком *, принимают за исходные.
- 2 Для извести с активностью А % варианты С находят умножением табличных данных на величину А/70.
- 3 Исходную долю извести (п) в смешанном цементно-известковом вяжущем принимают для автоклавных бетонов равной 50 %, а для неавтоклавных – 25 %.

Определяем исходное водотвёрдое отношение

За исходные В/Т принимают величины, которые соответствуют значениям текучести раствора, приведенным в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Текучесть раствора в см для определения исходного В/Т

Средняя плотность ячеистого бетона в сухом состоянии, кг/м ³	Пенобетон на цементе, извести, смешанном вяжущем	Газобетон на			
		портландцементе и смешанном вяжущем	извести	нефелиновом цементе	известково-шлаковом цементе
1	2	3	4	5	6
400	34	34	25	42	26
500	30	30	23	38	24

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

600	26	26	21	32	22
700	24	22	19	26	20
900	20	15	15	18	14

Текучесть раствора определяют по его расплыву (в см) на вискозиметре Суттарда.

Вискозиметр Суттарда состоит из медного или латунного цилиндра с внутренним диаметром 5 см, высотой 10 см и квадратного листового стекла со стороной 45 см. На бумагу, подкладываемую под стекло, нанесены концентрические окружности через каждые 0,5-1 см.

Перед испытанием цилиндр и стекло протирают мягкой тканью, смоченной чистой водой. Стекло кладут строго горизонтально и ставят на него цилиндр так, чтобы внешний контур цилиндра совпал с окружностью диаметром 6 см.

Испытываемый раствор наливают в цилиндр доверху и выравнивают поверхность раствора заподлицо с краями цилиндра. Затем быстрым и точным движением поднимают цилиндр снизу вверх. Раствор при этом растекается в виде лепешки, диаметр которой обуславливается консистенцией смеси.

Для приготовления раствора требуется 0,4 кг сухой смеси (исходного состава) и 0,16-0,28 л воды.

Воду затворения для газобетона предварительно нагревают до температуры 70-80 °С. Сухую смесь помещают в чашку и приливают к ней воду отдельными порциями до получения хорошо перемешанной сметанообразной массы.

В/Т, как отношение массы воды затворения к массе сухой смеси, принимают за исходное, если полученная текучесть раствора отклоняется от данных таблицы 3.3 не более чем на ± 1 см.

После подсчета количества воды по формуле (3.6), необходимой для приготовления 1 м³, рассчитывают расход порообразователя.

При расчете расхода порообразователя (пенообразователя или газообразователя) предварительно находят величину пористости, которая должна создаваться порообразователем для получения ячеистого бетона данной средней пористости Π_r

$$\Pi_r = 1 - \frac{\rho_m}{K_c} (W + B/T) \quad (3.7)$$

где W –плотность сухой смеси, л/кг принимают по таблице 3.4 в зависимости от вида кремнеземистого компонента, вида вяжущего вещества и их массового соотношения.

Таблица 3.4 – Значения W для расчета состава ячеистого бетона

Вид кремнеземистого компонента	Вид вяжущего вещества							
	портланд-цемент		смешанное вяжущее (Ц:И=1:1) нефелиновый цемент		Известь		Известково-шлаковый цемент	
	С	W	С	W	С	W	С	W
Песок $\rho = 2,65$	1	0,34	1,5	0,36	3	0,38	1	0,32
Зола $\rho = 2,36$	1	0,38	1,5	0,40	3	0,40	1	0,36
Легкая зола $\rho = 2,0$	1	0,44	1,5	0,48	3	0,48	1	0,42

Количество газообразователя или пены теоретически должно быть таким, чтобы выделенный объем газа или введенный объем пены соответствовал получению пористости, найденной по формуле (3.7).

В действительности порообразователь не полностью используется на создание пористости в растворе. Поэтому расход его P_{II} принимают больше, чем теоретически необходимый, и определяют по формуле

$$P_{II} = \frac{P_{г}}{K\alpha} \cdot V \quad (3.8)$$

где K – выход пор (количество газа или объем пены, получаемые из 1 кг порообразователя) л/кг;

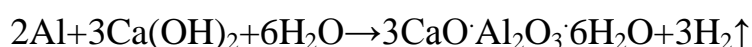
α - коэффициент использования порообразователя.

Принимают $K_C=1,1$; $\alpha = 0,85$; $K=18-20$ л/кг при использовании пенообразователя и $K=1390$ л/кг при использовании алюминиевой пудры.

3.1.2 Приготовление рабочего раствора порообразователя

Алюминиевую пудру вводят в раствор в виде водноалюминиевой суспензии. Для ее приготовления на 1 часть по массе алюминиевой пудры расходуется 0,05 массовых частей сухого поверхностно-активного вещества (канифольного мыла, СДБ и др.) и 10-15 частей воды. Эту воду учитывают в общем количестве воды затворения.

Выход пор при использовании алюминиевой пудры устанавливается расчетным путем



Из этого следует, что при реакции 54 г алюминия с известью выделяется 6 г водорода. Одна грамм-молекула газа занимает при нормальных условиях объем в 22,4 л, следовательно, 1 г алюминия выделяет при нормальных условиях $3 \times 22,4 / 54 = 1,244$ л водорода.

При температуре смеси t , °С, объем водорода K (л/г), выделяемого 1 г алюминия, вычисляют по закону Гей-Люссака

$$K=1,244(1+t/273) \quad (3.9)$$

Для приготовления водноалюминиевой суспензии сначала вливают в сосуд теплую воду (температура (40 ± 5) °С), затем ПАВ и интенсивно перемешивают стеклянной палочкой.

Для получения пены требуемого качества опытным путем определяет соотношение «вода : пенообразователь» (по объему). Исходные значения этого соотношения для различных пенообразователей колеблется в пределах 9÷5.

Выход пор для пенообразователя определяют из отношения объема пены к её массе. Объем пены измеряют в полном цилиндре диаметром 5 – 7 см и высотой 10 – 15 см.

3.1.2 Приготовление замесов и формование образцов

После расчета исходного состава приступают к приготовлению замесов с целью выявления оптимального В/Т. Для этого готовят 3 замеса из исходного состава, отличающиеся друг от друга В/Т на $\pm 0,04$. Из каждого замеса формируют три образца.

В этих и последующих замесах определяют плотность раствора (ρ_p , кг/л), контролируют его температуру (при изготовлении газобетона), а также определяют среднюю плотность ячеистой смеси ($\rho_{я}$, кг/л).

По полученным значениям $\rho_{я}$ и ρ_p в каждом замесе вычисляют фактическую величину пористости Π_{ϕ} , создаваемую порообразователем:

$$\Pi_{\phi} = 1 - \frac{\rho_{я}}{\rho_p} \quad (3.10)$$

Водотвердое отношение состава, не имеющего осадки после его поризации и показавшего наибольшую величину пористости, принимают за оптимальное.

Оптимальное соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом находят изменением числа C , приготавливая три замеса по данным таблицы 3.2 с оптимальным значением В/Т.

Расход порообразователя для этих замесов уточняют путем умножения расчетного расхода его на поправочный коэффициент K' , вычисляемой из соотношения требуемой пористости (Π_1) к пористости фактически получившейся в замесе (Π_{ϕ}).

Из каждого замеса формируют по три образца размером $10 \times 10 \times 10$ см. Перед формованием образцов необходимо хорошо очистить и смазать формы, а при формовании газобетонных образцов еще и подогреть их до температуры $40 - 45^\circ\text{C}$.

Высоту заливки формы h (см) рассчитывают по формуле

$$h = 1.1(1 - \Pi_{\phi}) \quad (3.11)$$

Пенобетонную смесь готовят в следующем порядке. В пеновзбиватель лабораторной пенобетономешалки вливают приготовленный заранее водный раствор пенообразователя в количестве 5 – 6 % от объема барабана пеновзбивателя и включают мотор. Время взбивания пены обычно не превышает 5 – 6 мин. Затем отвешивают определенное расчетом количество пены и вводят его в раствор при непрерывном перемешивании, которое заканчивают после получения однородной массы.

Среднюю плотность пеномассы ($\rho_{я}$) определяют путем взвешивания ее в сосуде емкостью 0,5 – 1 л.

Газобетонную смесь готовят следующим образом. Сначала готовят водноалюминиевую суспензию по методике, указанной выше. Затем полученную водно-алюминиевую суспензию вводят в уже приготовленный раствор при непрерывном перемешивании массы в течение 2 – 2,5 мин.

Для определения средней плотности газобетонной смеси производят ее укладку в заранее подготовленные сосуды кубической формы емкостью 0,5 – 1 л. на высоту, определенную предварительным расчетом.

После окончания вспучивания, примерно через 1 ч., ножом или металлической линейкой удаляют избыток вспученной массы (горбушку), взвешивают сосуды с оставшейся массой и вычисляют ее среднюю плотность.

Тепловлажностная обработка образцов из ячеистого бетона. После формования образцы выдерживают при температуре 20 – 25° С в течение 6 – 8 ч. для пенобетона и 4 – 6 ч. – для газобетона, после чего производят их тепловлажностную обработку в лабораторном автоклаве или в пропарочной камере.

Общий цикл автоклавной обработки складывается из трех периодов:

I – подъем температуры и давления; II – изотермическая выдержка при максимальных температуре и давлении; III – снижение давления до атмосферного.

Рекомендуемые режимы автоклавной обработки образцов: 1) для теплоизоляционного ячеистого бетона средней плотности до 500 кг/м³ – 3 + 8 + 3 ч. при максимальном давлении пара 0,9 МПа и 3 + 6 + 3 ч. при 1,3 МПа; 2) для теплоизоляционно – конструктивного бетона со средней плотностью более 500 кг/м³ – 6 + 8 + 6 ч. при давлении 0,9 МПа и 6 + 6 + 6 при давлении 1,3 МПа.

Режим пропаривания при атмосферном давлении обычно принимают следующий: подъем температуры от 30 до 90 °С – 3 ч; изотермическая выдержка при температуре 90 °С – 14 ч. и снижение температуры до 50 °С – 2 ч.

3.1.3 Испытание образцов и расчет окончательного состава ячеистого бетона.

После автоклавной обработки образцы вынимают из форм, сушат при температуре 105 – 110 °С до постоянной массы и испытывают (определяют среднюю плотность и предел прочности при сжатии). Результаты работы по подбору состава ячеистого бетона рекомендуется записывать по следующей форме:

Таблица 3.5 – Подбор состава ячеистого бетона

Заданная средняя плотность ячеистого бетона, кг/м ³	Соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим	Доля извести в вяжущем веществе	В/Т	Температура раствора, °С	ρ_p , кг/м ³	$\rho_{я}$, кг/м ³	Фактическая средняя плотность ячеистого бетона, кг/м ³	$R_{сж}$, МПа

Состав шихты, при котором образцы показали наибольшую прочность, но не менее заданной, принимают за оптимальный.

Для расчета окончательного расхода материалов на 1 м³ или на один замес для получения ячеистого бетона заданной средней плотности необходимо уточнить принятые при расчете исходные величины K , W , K_c и α .

Выход пор (K) для пенообразователя находят из отношения объема пены к ее массе, а выход пор газообразователя не уточняют.

Удельный объем сухой смеси $W(л)$ находят по средней плотности раствора ρ_p и водотвердому отношению $В/Т$

$$W = \frac{(1 + B/T)}{\rho_p} - B/T \quad (3.12)$$

Коэффициент увеличения массы сухой смеси за счет связанной воды K_c уточняют по фактическим значениям $\rho_{сух}$ и $\rho_{я}$

$$K_c = \frac{\rho_{сух}}{\rho_{я} - m_n} (1 + B/T) \quad (3.13)$$

где m_n – расход порообразователя в кг на 1 л. ячеистого бетона (для газобетона этой величиной пренебрегают).

Коэффициент использования порообразователя α находят по фактическим величинам Π_r , K и V путем расчета

$$\alpha = \frac{P_{\phi}}{K P_n} V \quad (3.14)$$

3.2 Контрольный вопросы

- 1 Классификация ячеистых бетонов.
- 2 Какие газо- и пенообразователи используют для получения ячеистых бетонов?
- 3 В чем отличие технологии газобетона от пенобетона?
- 4 Какие требования предъявляются к сырьевым материалам в производстве теплоизоляционного ячеистого бетона?
- 5 Какие процессы происходят при автоклавной обработке ячеистых бетонов?
- 6 В чем сущность резательной технологии газобетона?

Лабораторная работа № 4

Асбестоизвестковокремнеземистые теплоизоляционные материалы.

Цель работы: исследование влияния степени распушки асбеста и его количественного содержания в шихте на среднюю плотность и прочность изделий.

Продолжительность работы – 6 часов.

Общие положения

Асбестоизвестковокремнеземистые изделия выпускаются в виде плит, скорлуп, сегментов и сухих смесей. В зависимости от состава сырья асбесто-содержащие теплоизоляционные материалы делят на следующие группы: асбестоизвестковокремнеземистые – получают из асбеста, извести и кремнеземистого компонента (песка, трепела или диатомита); асбестодоломитовые изделия получают из доломита и асбеста; асбестотрепельные (диатомитовые) композиции, получаемые из асбеста, трепела или диатомита.

Показатели свойств этих изделий колеблются в широких пределах: средняя плотность от 200 до 400 кг/м³, предел прочности при изгибе – от 0,3 до 1 МПа. Значительное влияние на свойства изделий оказывают следующие технологические факторы:

- сорт, количество и степень распушки асбеста;
- величина удельной поверхности кремнеземистого компонента;
- количество и активность извести;
- влажность формовочной смеси;

— режим автоклавной обработки изделий и режим их сушки

Асбест в производстве асбестоизвестковокремнеземистых изделий выполняет две основные функции: первая – армирование, увеличивающее прочность изделий при изгибе и вторая – повышение водоудерживающей способности формовочных масс, следовательно, уменьшение средней плотности изделий и повышение теплозащитных характеристик.

Асбестом называют минералы группы серпентинов или амфиболов волокнистого строения, способных при механическом воздействии разделяться на тончайшие волокна.

Волокнистое строение наиболее ярко выражено у асбеста серпентиновой группы, куда относится лишь один вид асбеста – хризотил – асбест.

В зависимости от длины волокон хризотил – асбест подразделяют на 9 сортов. Первые три сорта асбеста считаются длиноволокнистыми и относятся к текстильным сортам, а последние сорта – коротковолокнистыми, их называют строительными. Длину волокна оценивают как величину остатка на сите (% по массе). В зависимости от текстуры (степени сохранности агрегатов волокон) асбест подразделяют на жесткий (Ж), в котором преобладают иголки; полужесткий (П) – с равным количеством иголок и распушенного волокна; мягкий (М) – с преобладающим количеством распушенного волокна. Условное обозначение марок асбеста включает три вышеперечисленных признака, например марка М – 6 – 30 соответствует асбесту мягкой текстуры, 6 сорта, дающего 30 % остатка на сите.

Одним из основных технологических переделов производства асбестосодержащих теплоизоляционных материалов является распушка асбеста. Она производится сухим, мокрым и комбинированными способами.

Степень распушки асбеста может быть выражена:

- величиной удельного объема осадки распушенного асбеста, выделенного из водной суспензии (при мокром способе);
- величиной удельной поверхности распушенного асбеста (при сухом способе);
- тонкостью асбестовых волокон, определяемой путем измерения диаметра волокон под микроскопом.

4.1 Методика проведения работы

Лабораторная работа предусматривает выполнение следующих операций и определений:

- распушка асбеста;
- определение степени распушенности асбеста;
- определение водопотребности формовочных масс;
- формование, тепловая обработка;
- испытание образцов и обработка полученных результатов.

4.1.1 Распушка асбеста

Приборы и материалы: лабораторные бегуны, влагомер МХТИ, технические весы с разновесами, пробы асбеста.

Сначала определяют влажность асбеста ускоренным методом на влагомере МХТИ. Затем каждая бригада отвешивает по 2 кг асбеста, считая на сухое вещество, увлажняет на 35 – 37 % и загружает в лабораторные бегуны. Через 10 минут после работы бегунов первая бригада отбирает примерно 600 г асбеста. После этого распушку продолжают еще 10 минут и уже вторая бригада отбирает такое же количество распушенного асбеста. Затем по бригадно определяют степень распушки асбеста по нижеизложенной методике.

4.1.2 Определение степени распушки асбеста

Приборы и материалы: мерные стеклянные цилиндры емкостью 1000 см³, сушильный шкаф или влагомер МХТИ, технические весы с равновесами, пробы асбеста.

Наиболее широкое распространение получил способ определения степени распушки асбеста по удельному объему осадка. Этот способ состоит из следующих операций: отбора средней пробы асбеста, определения влажности асбеста ускоренным методом, приготовление 1 % - ной водной суспензии асбеста и определения объема осадка, образовавшегося после отстаивания суспензии в течение определенного времени.

Зная влажность **W** средней пробы асбеста, навеску его **B** (г) определяют по формуле

$$B = \frac{10}{100 - W} \cdot 100 \quad (4.1)$$

Степень распушки асбеста определяют по объему стандартно приготовленной суспензии. Для этого взвешивают две навески асбеста по 10 г., затем каждую навеску помещают в фарфоровую чашку, заливают 100 мл. воды и размешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником, разминая отдельные комочки до получения кашеобразной массы. Эту массу переносят в мерный цилиндр, в который затем доливают воду до отметки 1000 мл. Закрыв отверстие цилиндра ладонью, попеременно переворачивают его 10 раз на 180⁰.

После взбалтывания цилиндр ставят на стол и оставляют в покое на 15 или 30 минут в зависимости от примененного метода распушки асбеста (15 минут при обработке на бегунах, 30 минут – в быстросходной мешалке). Затем измеряют объем осадка и вычисляют степень распушки асбеста как среднюю величину двух определений. Полученные данные заносят в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Определение степени распушки асбеста

№ опыта	Влажность пробы	Навеска, г	Объем суспензии, см ³	Время отстаивания, мин.	Величина осадка, см ³	Степень распушки, %
1						
2						

Средний результат

Степень распушки асбеста A (%) вычисляют по формуле

$$A = \frac{V_1}{V_2} \cdot 100 \quad (4.2)$$

где V_1 – объем осадка асбеста, см³

V_2 – общий объем суспензии, см³

4.1.3 Определение водопотребности формовочных масс

Приборы и материалы: прибор Суттарда, технические весы с разновесами, пробы сырьевых материалов, сферические чашки, металлическая линейка.

В таблице 4.2 даны варианты для выполнения данной работы.

Таблица 4.2 – Варианты индивидуальных заданий

№ под- группы	№ бри- гады	Способы распушки асбеста	Продолжительность распушки в мин.	Соотношение компонентов смеси в % по ма				
				1	2	3	4	5
I	1	Бегуны	5	38:57:10	34:51:15	34:51:15	32:48:20	28
	2	Бегуны	10					
II	3	Бегуны	15	38:57:10	34:51:15	34:51:15	32:48:20	28
	4	Бегуны	20					

Работа выполняется четырьмя бригадами, объединенные в две подгруппы.

Вначале для определения водопотребности каждая бригада приготавливает замесы, пользуясь соотношением компонентов по таблице 4.2. Для этого берут 100 – 200 г. сухой смеси компонентов. При этом понадобится при соотношении компонентов 38:57:5 (известь: кремнеземистый компонент : асбест)

извести = $100 \cdot 38 / 100 = 38$ г.

песка = $100 \cdot 57 / 100 = 57$ г.

асбеста = $100 \cdot 5 / 100 = 5$ г.

Порядок приготовления массы следующий. Известь и песок тщательно перемешивают всухую, затем затворяют водой, учитывая влажность всех компонентов смеси, и перемешивают в течение 2 – 3 мин. После чего добавляют асбест и продолжают перемешивание еще 1 – 2 мин., до получения однородной массы. Приготовленную массу помещают в цилиндр прибора Суттарда, заполняя его вровень с краями, и быстрым точным движением поднимают цилиндр вертикально вверх. После этого измеряют диаметр расплыва, который должен быть не менее 44 – 45 см. Если диаметр расплыва массы меньше этого значения, то опыт повторяют, добавляя воду и фиксируя В/Т, при котором будет достигнут диаметр расплыва массы заданного значения.

После проведения этого опыта последовательно готовят замесы для всех заданных составов шихты и определяют диаметр расплыва масс. При этом количество воды затворения увеличивают, добиваясь такого же значения диаметра расплыва массы, который был получен для первого состава. Полученные результаты заносят в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Водопотребность формовочных масс

Номер состава	Диаметр расплыва массы, см	В/Т
1		
2		
3		
4		
5		

По полученным данным строят графики зависимостей:

- 1 Содержание асбеста – В/Т;
- 2 Степень распушки асбеста – В/Т (эту зависимость определяют по подгруппам, используя результаты, полученные отдельными бригадами и строя кривые для всех заданных составов шихты).

4.1.4 Формование образцов и их тепловая обработка.

Приборы и материалы: трехгнездные формы размером 4 x 4 x 16 см, технические весы с разновесами, сферическая чашка, масло машинное для смазки форм, пробы подготовленных материалов – асбеста, извести, молотого песка.

Для формования трех образцов размером 4 x 4 x 16 необходимо примерно 500г., смеси сухих компонентов. Расчет составов формовочных масс производят, пользуясь следующими формулами:

$$И = 500и/100; \quad К = 500к/100; \quad А = 500а/100 \quad (4.3)$$

где И, К, А – расход извести, кремнеземистого компонента (песка) и асбеста в г на 1 замес;

и, к, а – заданное содержание извести, кремнеземистого компонента и асбеста в шихте, % по массе;

Расчитав составы смесей, приготавливают формовочные массы для пяти заданных соотношений сухих компонентов, при этом пользуются определенными в первой серии опытов значениями В/Т. Порядок приготовления формовочных масс рекомендуется принимать следующий.

В сферическую чашку помещают распушенный асбест и доливают воду, доводя влажность асбеста до 300 – 350 %. Перемешивают асбест с водой в течение 1 – 2 мин, затем в полученную водную суспензию асбеста вводят заранее приготовленный известково-песчаный шликер и продолжают перемешивание еще 2 – 3 минуты до получения однородной массы. При этом необходимо следить за тем, чтобы общее количество воды, введенной в массу, с учетом влажности материалов соответствовало найденной для данного состава величине В/Т.

Приготовленную массу выливают в предварительно очищенные и смазанные трехгнездные формы с размером ячеек 4 x 4 x 16 см. Избыток массы удаляют металлической линейкой или шпателем.

Отформованные образцы выдерживают в течение 20 – 30 мин, а затем загружают в автоклав.

Рекомендуемый режим автоклавной обработки: подъем давления до 0,9 МПа – 2 ч.; выдерживание образцов при давлении 0,9 МПа – 3 ч.; снижение давления до атмосферного – 1 ч.

Образцы, отформованные всеми бригадами в обеих подгруппах, подвергают автоклавной обработке по одинаковому режиму, так как только в этом случае можно получить сравнимые результаты, по которым можно судить о влиянии, степени распушки асбеста и его содержания в шихте на свойства изделий.

После автоклавной обработки образцы сушат в сушильном шкафу при температуре 130 – 150 °С до остаточной влажности 15 – 20 %.

4.1.5 Испытание образцов и обработка полученных результатов.

Приборы и материалы: испытательная машина МИИ - 100, образцы - балочки размером 4×4×16 см., технические весы с разновесами, штангенциркуль.

Образцы высушивают до постоянной массы и определяют среднюю плотность и предел прочности при изгибе, вычисляя среднее значение этих показателей по результатам испытания трех образцов, изготовленных из данного состава шихты с применением асбеста данного сорта и данной степени распушки.

Ниже приводится рекомендуемая форма записи полученных результатов (таблица 4.4). По полученным данным строят графики зависимостей:

1. количество асбеста – средняя плотность образцов;
2. количество асбеста – $R_{изг}$;

3. степень распушки асбеста – средняя плотность образцов;

4. степень распушки асбеста - $R_{изг}$.

Последние две зависимости будут выражены пятью кривыми каждая, построенные по данным бригад, входящих в состав данной подгруппы. Анализируя данные таблицы и построенные графики, делают общие выводы о влиянии сорта, степени распушки асбеста и его содержания в шихте на свойства изделий.

Таблица 4.4 – Результаты определения средней плотности и предела прочности при изгибе

№ бригады	Степень распушки асбеста	№ состава	Средняя плотность образцов, кг/м				Предел прочности при изгибе, МПа			
			1	2	3	среднее	1	2	3	среднее
1		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
2		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
3		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
4		1								
		2								
		3								
		4								
		5								

4.1.6 Контрольные вопросы

- 1 Классификация асбестосодержащих изделий.
- 2 С какой целью используют асбест в асбестосодержащих изделиях?
- 3 Способы распушки асбеста.
- 4 В чем состоит принципиальное отличие технологии изготовления вулканитовых изделий от известково-кремнеземистых?
- 5 Назовите способы формования асбестосодержащих изделий.
- 6 Асбестодиатомитовые массы для мастичной теплоизоляции.

5 Лабораторная работа № 5

Вспученный вермикулит

Цель работы: ознакомление с технологией получения вспученного вермикулита, методами его испытания, с технологией изготовления изделий на основе вспученного вермикулита.

Продолжительность – 4 часа.

Общие положения

Вспученный вермикулит получают кратковременным нагревом до температуры 850-1100 °С минерала вермикулита.

Вермикулит представляет собой минерал группы гидрослюд. Быстрое превращение в пар воды, заключенной между чешуйками, вызывает вспучивание материала. Вспученный вермикулит - легкий зернистый материал.

Вспученный вермикулит применяют как теплоизоляционный материал для засыпки при температуре до 900 °С, для изготовления теплоизоляционных изделий, как заполнитель в легких бетонах, для теплоизоляционных, огнезащитных, акустических штукатурок.

5.1 Методика выполнения работы

На первом занятии производится определение насыпной плотности исходной вермикулитовой породы и вспученного вермикулита, его обжиг с определением коэффициента вспучивания и изготовление асбестовермикулированных плит. На втором занятии плиты испытывают и делают заключение по всей работе.

5.1.1 Определение насыпной плотности вермикулита- сырца

Приборы и материалы: сосуд емкостью 1 л, технические весы с разновесами, линейка, испытываемый материал.

Вермикулит-сырец насыпают в установленный на столе и предварительно взвешенный сосуд емкостью 1 л с высоты 10 см до образования над верхом сосуда конуса из вермикулита, который затем снимают вровень с краями сосуда линейкой. После этого сосуд с вермикулитом взвешивают и вычисляют насыпную плотность ρ_n (кг/м³) сырца по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (5.1)$$

где m_1 - масса сосуда, кг;

m_2 - масса сосуда с вермикулитом, кг;

V- объем сосуда, м³.

5.1.2 Обжиг вермикулита–сырца и определение коэффициента вспучивания

Приборы и материалы: стеклянная мензурка емкостью 10-20 см³, муфельная печь с температурой обжига до 1000 °С, термопара, фарфоровые тигли, металлический держатель, металлический лист, испытываемый материал.

В стеклянную мензурку до отметки 10 см³ насыпается вермикулит-сырец. Обжиг вермикулита производится в муфельной печи, контроль температуры обжига (850-950 °С) осуществляется термопарой.

Печь вместе с фарфоровым тиглем нагревается до температуры 850-950 °С, затем с помощью металлического держателя тигель выдвигается из печи, в него засыпают вермикулит – сырец, после чего тигель задвигают в печь и дверца печи закрывается.

Обжиг ведут 3-5 минут. По истечении указанного времени тигель извлекается из печи и вспученный вермикулит высыпает на металлический лист. По охлаждении вспученного вермикулита измеряют его объем и вычисляют коэффициент вспучивания $K_{всп}$ по формуле:

$$K_{всп} = \frac{V_1}{V} , \quad (5.2)$$

где V- объем сырца, 10 см³;

V_1 - объем вспученного вермикулита, см³.

Коэффициент вспученного вермикулита по описанной выше методике находится в пределах от 2-6. Это важнейшая характеристика вермикулита.

5.1.3 Определение насыпной плотности (марки) вспученного вермикулита.

Насыпную плотность вспученного вермикулита определяют по методике, описанной для вермикулита-сырца.

По величине насыпной плотности вспученного вермикулита делают заключение о марке.

ГОСТ 12865-67 предусматривает следующие марки вспученного вермикулита: 100,150,200.

5.2 Изготовление асбестовермикулированных плит

Приборы и материалы: формы, фарфоровая чашка, металлическая ложка, ручной гидравлический пресс, сушильный шкаф, испытуемые материалы.

Теплоизоляционные изделия с заполнением из вермикулита изготавливают с применением различных связующих: цемента, глины, жидкого стекла, магниевых вяжущих, синтетических смол. В данной работе в качестве связующих используется жирная огнеупорная глина и декстрин (органический клей, полученный из крахмала).

Декстрин вводят в шихту для усиления связующих свойств глины. С целью увеличения прочности при изгибе в шихту вводят асбест. Плиты на связующем из глины и декстрина для отвердевания требуют только сушку.

Необходимо изготовить образцы асбестовермикулитовых плит размером 12 x 7 x 2 см следующего состава:

- декстрин – 5 г;
- глина – 5 г;
- асбест – 15 г;
- вермикулит – 30 г;
- воды – 150 см³.

Приготовление смеси производя в следующей последовательности. В фарфоровую чашку высыпают отвешенные 5 г декстрина, к нему приливают 20 см³ воды и затем, с помощью металлической ложки, получают однородный клеевой раствор. Далее приливают остальное количество воды, вводят асбест и производят тщательное перемешивание. В полученную асбестовую смесь вводят глину и снова перемешивают. Продолжительность перемешивания после введения в нее каждого из компонентов – 1 минута.

Формовку плит осуществляют прессованием смеси нагрузкой 0,15 кгс/см² в форме с перфорированным поддоном, пуансоном и сетчатыми прокладками, обеспечивающими удаление отжимаемой при прессовании воды.

Отформованные плитки помещаются в сушильный шкаф и сушатся при 70 – 80 °С до постоянной массы.

5.2.1 Определение средней плотности вермикулитовых плит

Приборы и материалы: технические весы с разновесами, штангенциркуль, образцы.

Взвешивают образцы на чашечных весах, с помощью штангенциркуля измеряют их размеры. Среднюю плотность ρ_m (кг/м³) рассчитывают по формуле:

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \quad (5.3)$$

где m – масса образца, кг;

V – объем образца, м³.

5.2.2 Определение предела прочности при изгибе асбестовермикулитовых плит

Этот показатель определяют путем испытания образцов плашмя по схеме работы балки, свободно лежащей на двух опорах, сосредоточенным грузом по середине пролета в 10 см (рисунок 5.1)

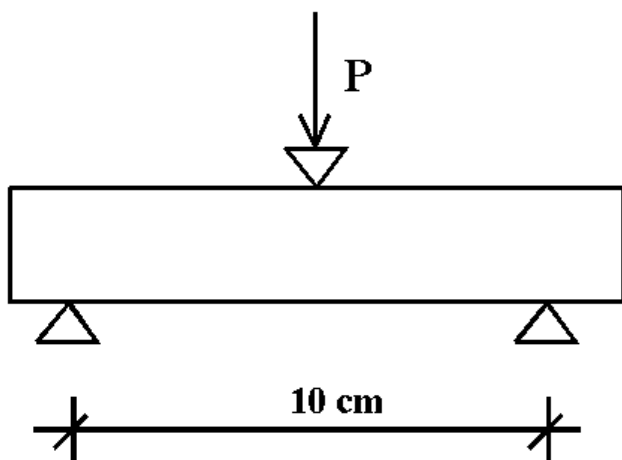


Рисунок 5.1. Схема испытания образца на изгиб

Перед испытанием измеряют ширину и толщину образца по его середине. Нагрузка передается через ролик, расположенный на верхней части образца.

Результаты испытаний сводят в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Определение предела прочности при изгибе.

Номер образца	Ширина образца b, см	Толщина образца h, см	Разрушающая нагрузка P, кгс	Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, кгс/см ²

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ (кгс/см²) рассчитывается с точностью до 0,1 кгс/см² по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (5.4)$$

где **P** – разрушающая нагрузка, кгс;

l – расстояние между опорами прибора, см;

b – ширина образца, см;

h – высота образца, см.

Сделать заключение о марке асбестовермикулированных плит и их соответствии стандарту по $R_{изг}$.

Таблица 5.2 – Технические условия на асбестовермикулированные плиты.
ГОСТ 13450-68

Марка плит	250	300	350	400
предел прочности при изгибе, не менее, кгс/см ² (МПа)	1,5 (0,15)	2,0 (0,2)	2,5 (0,25)	3,0 (0,3)

5.3 Контрольные вопросы

- 1 Какие горные породы используют для получения вспученного вермикулита?
- 2 В каких печах производят вспучивание вермикулита?
- 3 Что является причиной вспучивания вермикулита?
- 4 Какие факторы влияют на вспучивание зерен вермикулита?
- 5 Основные свойства вспученного вермикулита.
- 6 Назовите виды вермикулитовых изделий.

6 Лабораторная работа № 6

Пенополистирол

Цель работы: ознакомление с технологией получения плит пенополистирола беспрессовым способом и их свойствами.

Продолжительность работы – 4 часа.

В течение первых двух часов производят:

- 1) определение коэффициента вспучивания бисерного полистирола в горячей воде;
- 2) определение насыпной плотности вспученного полистирола.

На втором занятии студенты испытывают плиты: определяют среднюю плотность, водопоглощение, предел прочности при изгибе и делают заключение по всей работе.

Общие положения

Пенополистиролом называют теплоизоляционный формовочный материал, состоящий из склеенных между собой частиц – гранул вспененного полистирола. Из полистирольного пенопласта изготавливают плиты и полуцилиндры. Плиты выпускают двух видов: ПСБ-С с добавкой антипирена и ПСБ – без антипирена. Плиты с добавкой антипирена не должны поддерживать самостоятельного горения в течение 5 секунд после удаления источника огня.

По плотности плиты подразделяются на марки: 15, 25, 35 и 50. Плиты могут также выпускаться с государственным знаком качества. Предел прочно-

сти при сжатии при 10-процентной деформации составляет не менее 0,05 МПа (для марки 15) и 0,16 МПа (для марки 50).

Применяют пенополистирол для тепловой и звуковой изоляции стен, холодильников, рефрижераторов, в самолетостроении и вагоностроении.

Известно несколько способов получения пенополистирола: прессовый, автоклавный и беспрессовый (из гранул). Наиболее простым является последний. Он заключается в следующем: при нагревании выше 80 °С зернистый (бисерный) полистирол переходит из стеклообразного состояния в эластичное, увеличиваясь при этом в объеме в 10-20 раз. Увеличение объема происходит за счет разложения изопентана, находящегося в массе полистирола.

Степень увеличения размера гранул зависит от скорости подъема температуры и ее максимального значения. Наиболее эффективно вспенивание происходит при температуре около 100 °С. Теплоносителем служит горячая вода, пар или горячий воздух.

Вспенивание бисерного полистирола осуществляется в две стадии: первая стадия – предварительное вспенивание, после которого материал сохраняет зернистое строение;

вторая стадия – окончательное вспенивание, в результате которого полистирол превращается из сыпучего материала в формованные изделия; оно производится в перфорированных формах, размеры которых соответствуют размерам изделий.

Предварительное вспенивание необходимо для сокращения длительности вспучивания в формах и для снижения средней плотности изделий.

6.1 Методика выполнения работы

6.1.1 Определение коэффициента вспучивания бисерного полистирола в горячей воде

Приборы и материалы: сосуд с горячей водой, технические весы с разновесами, мерные цилиндры емкостью 50 и 500 см³, фарфоровая чашка, чайная ложка, электроплитка.

Для проведения испытания на технических весах отвешивают 10 г бисерного полистирола и определяют его объем, пересыпав чайной ложкой в мерный цилиндр емкостью 50 см³.

Для предварительного вспучивания бисерный полистирол высыпают из мензурки в кипящую воду. По истечении 2-3 минут вспученные гранулы перекладывают шумовкой в фарфоровую чашку. Определение объема вспученного полистирола производят мерным цилиндром емкостью 500 см³. Коэффициент вспучивания **K** определяют по формуле

$$K = V_1 / V, \quad (6.1)$$

где **V** – объем полистирола до испытания, см³;

V₁ – объем полистирола после испытания, см³.

6.1.2 Определение насыпной плотности вспученного полистирола

Приборы и материалы: сушильный шкаф, мерный цилиндр емкостью 500 см³, технические весы с разновесами, столовая ложка.

Вспученные гранулы полистирола от предыдущего испытания подсушивают в сушильном шкафу при температуре 70-80 °С в течение 15 минут. Затем взвешивают мерный цилиндр емкостью 500 см³ и насыпают в него подсушенные вспученные гранулы. После этого мерный цилиндр снова взвешивают и измеряют объем, занятый полистиролом. Насыпную плотность ρ_n (г/см³) вычисляют по формуле

$$\rho_n = \frac{1000(m_1 - m)}{V}, \quad (6.2)$$

где m – масса мерного цилиндра, г;

m_1 – масса мерного цилиндра с полистиролом, г;

V - объем, занятый гранулами полистирола, см³.

6.1.3 Изготовление образцов плит

Приборы и материалы: форма 7×12×2 см с хомутами, проба предварительно вспученного полистирола, сосуд с горячей водой на электроплитке, щипцы.

Каждая бригада изготавливает по две плиты размером 12x7x2 см. В разборные металлические формы плотно укладывают вспученные гранулы полистирола и объем фиксируют путем наложения накладок с винтами (рисунок 6.1)

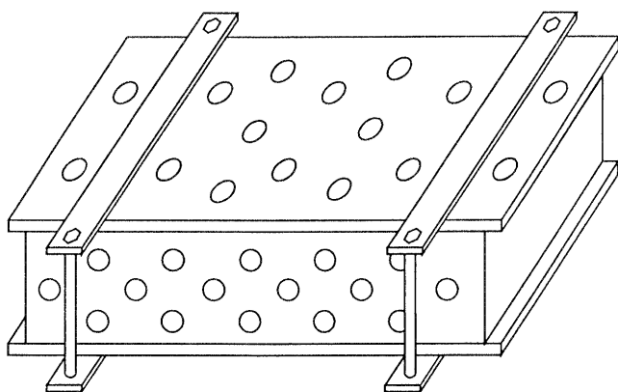


Рисунок 6.1. Форма для изготовления плит из пенополистирола

На дно и сверху (под крышку) укладывают сетчатые прокладки. Затем формы опускают в кипящую воду на 8-15 минут. В результате нагревания гранулы полистирола, увеличиваясь в объеме, сначала заполняют все межзерновое пространство, а затем, сплавляясь между собой, образуют сплошную массу затвердевшей плиты.

После вспенивания плиты охлаждаются в формах в течение 10-30 минут и извлекаются из формы.

6.2. Испытание плит

Приборы и материалы: весы технические с разновесами, линейка металлическая, сосуд с водой и пригрузами, гидравлический пресс.

6.2.1 Определение средней плотности пенополистирольных плит

Плиты высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре не выше 60 °С, затем взвешивают на технических весах с точностью до 0,1 г и с помощью металлической линейки измеряют размеры. Плотность ρ (кг/см³) вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{1000m}{V}, \quad (6.3)$$

где m - масса образца, г;

V - объем образца, см³;

Значение средней плотности плит определяют как среднее арифметическое результатов испытания всех образцов. По показателю средней плотности устанавливается марка изделия.

6.2.2 Определение водопоглощения пенополистирольных плит

Для определения водопоглощения используют полистирольные плиты, на которых определяли среднюю плотность. Три плиты, масса и объем которых известны из предыдущего испытания, помещают в сосуд с водой. Уровень воды над образцами должен быть не менее 3 см. Для погружения плит в воду на них следует положить груз. Образцы выдерживают (при отсутствии вакуум-камеры) 24 часа под водой, затем их вынимают, вытирают мягкой тканью и взвешивают. Объемное водопоглощение $V_{об}$ (%) вычисляют по формуле

$$V_{об} = \frac{100(m_1 - m)}{V}, \quad (6.4)$$

где m - масса сухого образца, г;

m_1 - масса образца в насыщенном водой состоянии, г;

V - объем образца, см³

Водопоглощение вычисляют как среднее арифметическое значение из результатов испытаний трех образцов.

6.2.3 Определение предела прочности при изгибе пенополистирольных плит

Для определения предела прочности при изгибе пользуются гидравлическим прессом. Образец укладывают на опоры с таким расчетом, чтобы расстояние между ними было 10 см. Схема нагружения образца приведена на рисунке 5.1.

Предел прочности при изгибе вычисляют с точностью до 0,01 МПа по формуле (5.4)

Предел прочности плит при изгибе вычисляют как среднее арифметическое значение из результатов испытаний не менее трех образцов.

6.2.4 Заключение

Полученные в лабораторной работе характеристики плит пенополистирола сравнивают с требованиями стандарта, приведенными в таблице 6.3, после чего делают заключение о их соответствии требованиям ГОСТ 15588-86.

Таблица 6.1. Технические условия на плиты пенополистирола ПСБ (ГОСТ 15588-86)

Показатели	Марка							
	15	25	35	50	15	25	35	50
	Категория качества							
	Высшая				Первая			
Предел прочности не менее, при : сжатии при 10 % - ой линейной деформации	0,05	0,10	0,16	0,2	0,04	0,08	0,14	0,16
изгибе	0,07	0,18	0,25	0,35	0,06	0,16	0,20	0,30
Водопоглощение за 24 ч, % по объему, не более	3	2	2	2	4	3	2	2
Теплопроводность, при температуре (25±5) °С, Вт/(м °С), не более	0,042	0,039	0,037	0,04	0,043	0,041	0,038	0,041

6.3 Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные виды теплоизоляционных пластмасс.
- 2 Основные свойства пенопластов.
- 3 С какой целью проводят предварительное вспенивание бисерного полистирола?
- 4 Какое оборудование применяют для предварительного и окончательного вспенивания?
- 5 В чем особенности непрерывного и блочного способа производства пенополистирола?

Список рекомендуемых источников

1. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. – М.: Высшая школа, 1989 – 384с.
2. Горяинов К.Э., Горяйкова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. – М.: Стройиздат, 1982 – 376с.
3. Горлов Ю.П. Лабораторный практикум по курсу технологии теплоизоляционных материалов. – М.: Высшая школа, 1989 – 239с.
4. Соков В.Н. Лабораторный практикум по технологии отделочных, теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов. – М.: Высшая школа, 1991 – 111с.
5. ГОСТ 4.201 – 79. Строительство. Материалы и изделия теплоизоляционные. Номенклатура показателей. – М.: Издательство стандартов. 1979. – 9с.
6. ГОСТ 4.209 – 79. Строительство. Материалы и изделия звукопоглощающие и звукоизоляционные. Номенклатура показателей. – М.: Издательство стандартов. 1979. – 7с.
7. ГОСТ 17177 – 94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. – М.: 1994.- 49с.
8. ГОСТ 4640 – 93. Вата минеральная. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1993.
9. ГОСТ 9573 – 96. Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем. Теплоизоляционные технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 9с.
- 10.ГОСТ 25485 – 89. Бетоны ячеистые. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 22с.
- 11.ГОСТ 5742 – 76. Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные. – М.: Издательство стандартов, 1980.
- 12.ГОСТ 12865 – 67. Вермикулит вспученный. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 3с.
- 13.ГОСТ 13450-68. Асбестовермикулитовые изделия. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1980.
- 14.ГОСТ 15588 – 86. Плиты пенополистирольные. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1986.– 7с.

Рецензия
методической комиссии по специальности 270106

«Производство строительных материалов, изделий и конструкций»
на методические указания к лабораторному практикуму
«Теплоизоляционные, акустические материалы и системы»

Методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Теплоизоляционные, акустические материалы и системы» написаны старшим преподавателем кафедры ТеСМИ Редько Л.Т. для студентов строительных специальностей всех форм обучения при изучении дисциплины «Теплоизоляционные, акустические материалы и системы» и «Теплоизоляционные строительные материалы».

Методические указания составлены в соответствии с рабочими программами дисциплин и учебными планами. В методических указаниях, состоящих из лабораторных работ, приведено теоретическое изложение материалы, приборы и оборудование, методички проведения испытаний, расчёты составов шихты минеральной ваты, теплоизоляционного ячеистого бетона, асбестосодержащих изделий, указаны основные технические параметры для получения ячеистого бетона, вспученного вермикулита, пенополистирола, вулканитовых изделий.

Данная методическая разработка будет способствовать более полному освоению студентами изучаемых курсов, развитию теоретических навыков по расчёту составов шихт теплоизоляционных материалов, облегчит выполнение курсового проекта.

Председатель МСК
к.х.н., доцент

/Рубцова В.Н./

Мотивированное заключение

кафедры «Технология строительных материалов и изделий»
о методических указаниях к лабораторному практикуму
«Теплоизоляционные, акустические материалы и системы»

Методические указания к лабораторному практикуму «Теплоизоляционные, акустические материалы и системы» написаны старшим преподавателем кафедры ТеСМИ Редько Л.Т. для студентов строительных специальностей всех форм обучения при изучении дисциплин «Теплоизоляционные, акустические материалы и системы» и «Теплоизоляционные строительные материалы». Имеют объём 56 страниц машинописного текста и планируются к изданию типографическим способом в 2004 году.

Методические указания составлены в соответствии с рабочими программами дисциплин и учебными планами и состоят из 6 лабораторных работ. Каждая работа включает теоретическое изложение материала, описание исходного сырья и оборудования, методику проведения опытов и обработку полученных результатов, контрольные вопросы для самоподготовки.

Данная методическая разработка будет способствовать более полному освоению студентами изучаемых курсов, развитию теоретических навыков по расчёту состава шихты минеральной ваты по подбору состава теплоизоляционного ячеистого бетона, асбестосодержащих изделий; приобретению практических навыков получения пенополистирольного пенопласта, вспученного вермикулита, вулканитовых изделий.

Мотивированное заключение рассмотрено на заседании кафедры ТеСМИ 2004 года, протокол №4.

Зав. каф. ТеСМИ, к.х.н., доцент _____ В.Н. Рубцова

Председатель МСК
к.х.н., доцент

/Рубцова В.Н./

Рецензия

на методическое указание к лабораторному практикуму
«Теплоизоляционные, акустические материалы и системы»

Методические указания, написанные старшим преподавателем кафедры ТеСМИ Редько Л.Т., предназначены для выполнения лабораторных работ лабораторного практикума студентами, обучающимися по программам высшего профессионального образования по строительным специальностям всех форм обучения при изучении дисциплин «Теплоизоляционные, акустические материалы и системы» и «Теплоизоляционные строительные материалы».

Методические указания составлены в соответствии с рабочими программами по вышеуказанным дисциплинам и учебными планами. В лабораторный практикум включены лабораторные работы по теплоизоляционным и акустическим материалам. В ходе выполнения лабораторных работ студенты знакомятся с различными видами материалов данной группы и изучают методику оценки их свойств.

Методические указания изложены в доступной форме, имеются ссылки на стандарты; студенты приобретают практические навыки при изучении основ технологии получения теплоизоляционных материалов и изделий. Объем методических указаний – 56 страниц машинописного текста, в список литературы включены 14 наименований.

Рецензия представлена на методическую комиссию специальности
270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»
« ____ » _____ 2004

к.х.н., доцент кафедры ТеСМИ

Гурьева В.А.

Председатель МСК
к.х.н., доцент

/Рубцова В.Н./