

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

Ю. И. Киреева

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, ОРГАНИЧЕСКИЕ И НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания
к выполнению лабораторных и практических работ
по дисциплине «Материаловедение»
для студентов специальностей 1-70 02 01, 1-70 02 02,
1-70 03 01, 1-69 01 01, 1-70 04 03, 1-70 04 02,
1-19 01 01-02

Новополоцк
2019

УДК 691.(035.5)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-строительного факультета в качестве методических указаний (протокол № 17 от 29.11.2017)

Кафедра строительного производства

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. техн. наук, доц., глав. специалист ООО «Проектно-изыскательская компания» Е. Н. БАДАЛОВА

канд. техн. наук, доц., доц. кафедры строительного производства
О. В. ЛАЗАРЕНКО

Приведены цели выполнения лабораторных работ, общие сведения по теории, методика проведения экспериментальных исследований, формулы расчета, требования стандартов, контрольные вопросы.

Составлены в соответствии с требованиями рабочих программ по дисциплине «Материаловедение» для студентов специальностей: 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью», 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-69 01 01 «Архитектура», 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», 1-19 01 01-02 «Дизайн» (предметно-пространственной среды).

© Киреева Ю. И., 2019

© Полоцкий государственный университет, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основное назначение дисциплины «Материаловедение» – дать студентам фундаментальные знания, базирующиеся на четкой логической взаимосвязи: **сырье** (его свойства и формообразующая способность) – **технология** (возможность получения различных по структуре, свойствам и назначению материалов) – **свойства** (как результирующие состава сырья и технологии) – **номенклатура и применение выпускаемых изделий**, обладающих долговечностью при заданных условиях эксплуатации.

В результате изучения дисциплины «Материаловедение» студенты должны **знать**:

- классификацию и свойства строительных материалов;
- номенклатуру выпускаемых строительных материалов и изделий специального назначения;
- номенклатуру выпускаемых конструкционных и отделочных материалов, требования стандартов;
- новые материалы различного назначения, используемые в строительстве, способы повышения их долговечности.

Студент должен **уметь** обоснованно применять необходимые экологически безопасные строительные материалы с учетом архитектурного и конструктивного решений, назначения объекта и помещения при выполнении курсовых и дипломной работ.

При проведении лабораторных и практических работ приняты следующие методы обучения: учебно-исследовательский и творческий.

Учебно-исследовательские работы с лабораторным компонентом («Исследование влияния макроструктуры на физические свойства материалов», «Исследование влияния структуры и влажности древесины на ее физико-механические свойства», «Исследование физических и механических свойств керамических материалов различного назначения», и др.) предусматривают выполнение экспериментальной части с использованием стандартных методов, анализ полученных результатов, построение графических зависимостей и выводов. К этому виду работ относятся также те, которые направлены на определение основных показателей качества материалов с выводами по соответствию их стандартам и применению рассматриваемых материалов в строительстве. Степень эффективности выполненной работы оценивается по 10-бальной системе в форме устного опроса по представленным вопросам.

Самостоятельные практические работы носят закрепляющий характер и выполняются после рассмотрения темы на лекциях и проведения лабораторной работы. Данный вид практических работ выполняется студентами с использованием коллекций строительных материалов, различных по составу, структуре и назначению, а также нормативно-учебных изданий. Эффективность проделанной работы оценивается по 10-бальной системе в форме защиты принятого решения по рассматриваемому вопросу с представлением и обоснованием конкретных материалов.

Лабораторная работа № 1 (6 ч)
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАКРОСТРУКТУРЫ
НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Классификация строительных материалов по назначению.
2. Что служит сырьем для производства строительных материалов?
3. Чем отличаются искусственно полученные материалы от природных?
4. Классификация свойств строительных материалов.
5. От каких факторов зависят следующие свойства материалов:
 - механические;
 - гидрофизические;
 - теплофизические;
 - акустические;
 - технологические?
6. Виды макроструктуры материалов.
7. Понятие стандартизации строительных материалов.
8. Назначение государственных стандартов: «Технические условия», «Методы испытания».
9. Этапы контроля качества строительных материалов.

Долговечность строящихся зданий и сооружений во многом определяется качеством применяемых при строительстве материалов, т.е. суммой важнейших свойств, которые обеспечивают их надежную работу в процессе эксплуатации объекта.

Свойства материалов и изделий оценивают путем проведения испытаний по соответствующим стандартным методикам (ГОСТам, СТБ). Отступление от этих методик может привести к большому разбросу полученных при испытании значений, неправильным выводам по применению материалов и, как следствие, их разрушению.

Свойства материалов зависят от их состава и структуры. При одинаковом вещественном составе макроструктура оказывает существенное влияние на их свойства и применение. В зависимости от происхождения природных материалов (древесина, горные породы) и технологии получения искусственных материалов и изделий (стеклянных, керамических и др.) макроструктура может быть плотной, мелкопористой, ячеистой и волокнистой. Абсолютно плотные материалы (стекло, металлы) имеют ρ (истинная плотность) = ρ_{cp} (средняя плотность). Они обладают высокой прочностью,

морозостойкостью, хорошо пропускают тепло и звук. Для пористых материалов (пенопласт, кирпич и др.) истинная плотность всегда больше средней. Чем больше эта разность, тем больший объем занимают поры. Это обеспечивает материалу низкую среднюю плотность, хорошие акустические и теплоизоляционные свойства.

Студент должен приобрести навыки:

- определения основных физических свойств строительных материалов;
- работы с используемыми приборами и оборудованием;
- обработки полученных результатов.

Умения:

- устанавливать общую зависимость между характеристиками физических и механических свойств материалов;
- анализировать полученные результаты, оценивать влияние структуры исследуемых материалов на их эксплуатационные свойства;
- делать выводы о рациональном применении материалов.

Используемые приборы и оборудование:

1. Лабораторные и настольные циферблатные весы.
2. Штангенциркуль и металлическая линейка.
3. Воронка и мерные металлические цилиндры емкостью 1 и 2 л.
4. Мерный стеклянный цилиндр.
5. Емкость для кипячения образцов.
6. Шкаф сушильный.

Перечень используемых ГОСТов и СТБ:

1. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия теплоизоляционные. Методы испытаний.
2. СТБ 4. 201-94. Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы и изделия теплоизоляционные.
3. СТБ 1338-2002. Пенопласты жесткие полиуретановые. Технические условия.
4. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

Для изучения влияния макроструктуры материалов на их свойства в работе использованы неорганические и органические материалы с разной структурой: плотной, волокнистой, ячеистой, рыхло-зернистой.

Для этих материалов определяют показатели, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1. – Основные физические свойства строительных материалов

Наименование показателей	Единица измерения	Материалы			
		Пенопласт	Ячеистое стекло	Щебень плотных горных пород	Стекловата
Истинная плотность	г/см ³				
Средняя плотность	г/см ³				
Насыпная плотность	г/см ³	–	–		–
Общая пористость	%				
Пустотность	%	–	–		–
Коэффициент теплопроводности	Вт/м°С				

Примечание: Прочерк здесь и в следующих таблицах лабораторного практикума означает, что для материала данные испытания не проводят.

1. Определение истинной плотности

Истинная плотность численно равна массе единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии без пор, пустот и трещин. Следовательно, истинная плотность – это плотность вещества, из которого состоит материал. Для материалов и изделий, имеющих одинаковый вещественный состав, истинная плотность одинакова (ячеистое стекло, стекловата).

Истинную плотность материалов выбирают из таблицы 1.2 и заносят в таблицу 1.1.

Таблица 1.2. – Истинная плотность некоторых строительных материалов

Вид материала	Истинная плотность, г/см ³
Щебень плотных горных пород	2,6 – 2,8
Ячеистое стекло, стекловата	2,5 – 2,6
Пенопласт	1,1 – 1,2

2. Определение средней плотности

Средняя плотность численно равна массе единицы объема высушенного материала в естественном состоянии (с пустотами и порами) с точностью до 0,1 г. Объем образца **правильной формы** (ячеистое стекло,

стекловата, пенопласт) рассчитывают, измеряя геометрические размеры при помощи штангенциркуля или металлической линейки. Точность замера составляет 0,1 мм. На основании полученных данных среднюю плотность ρ_{cp} , г/см³ вычисляют по формуле:

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

где m – масса образца, г; V – объем образца, см³.

Объем образцов **неправильной формы** (зерна щебня) определяют при помощи гидростатического взвешивания. Согласно закону Архимеда, объем тела, погруженного в воду, плотность которой равна 1 г/см³, равен объему вытесненной жидкости. В мерный цилиндр наливают воду до фиксированной отметки, затем в цилиндр с водой помещают высушенный образец, покрытый парафином для исключения водопоглощения, и измеряют изменившийся объем. Путем вычитания получают объем образца в см³.

Щебень используют в строительстве в виде рыхлозернистых смесей. Поэтому для такого материала определяют не только среднюю плотность зерен, но и насыпную плотность.

Насыпная плотность – это масса рыхлозернистых материалов в единице объема в свободном, неуплотненном состоянии.

Для определения насыпной плотности во взвешенный цилиндр известного объема засыпают с высоты 10 см высушенный материал с горкой. Излишки материала снимают линейкой вровень с краями (без уплотнения) движением от себя, взвешивают цилиндр с материалом.

Насыпанную плотность ρ_n , г/см³ определяют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (1.2)$$

где m – масса мерного цилиндра, г; m_1 – масса мерного цилиндра с материалом, г; V – объем мерного цилиндра, см³ (1 л = 1000 см³).

Полученные результаты занести в таблицу 1.1.

3. Определение пористости и пустотности

Пористость – один из важнейших показателей структуры любого материала. Общая пористость материала состоит из объема замкнутых пор, изолированных от внешней среды, и открытых (капиллярных), доступных проникновению воды, газов. В зависимости от характера пор эксплуатаци-

онные свойства материалов – морозостойкость, теплопроводность, звукопоглощение, водонепроницаемость, коррозионная стойкость – различны. Так, при одинаковой общей пористости, свойства материалов будут зависеть от объема открытых пор.

Общая пористость P_n , % зависит от плотности вещества, из которого состоит материал, – ρ и его плотности в естественном состоянии – ρ_{cp} . Показатель рассчитывают по формуле:

$$P_n = \left(1 - \frac{\rho_{cp}}{\rho} \right) 100, \quad (1.3)$$

где ρ_{cp} – средняя плотность, г/см³; ρ – истинная плотность, г/см³.

Пустотность – объем пустот между зернами, заполненный воздухом, выраженный в процентах от общего объема, занимаемого материалом. Это важный показатель для рыхлозернистых материалов.

Пустотность щебня V_n , % определяют по формуле:

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_{cp} \cdot 1000} \right) 100, \quad (1.4)$$

где ρ_n – насыпная плотность материала, кг/м³; ρ_{cp} – средняя плотность зерен материала, г/см³. Полученные результаты заносят в таблицу 1.1.

4. Определение теплопроводности

Теплопроводность зависит от многих факторов, но при равных условиях эксплуатации на теплопроводность влияет структура материала.

Косвенно теплопроводность можно оценить по формуле Некрасова, определив коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22\rho_{cp}^2} - 0,16, \quad (1.5)$$

где ρ_{cp} – средняя плотность материала в высушенном состоянии, г/см³.

На основании полученных результатов требуется обосновать рациональную область применения исследуемых материалов. Оценить влияние структуры материалов на гидрофизические, теплофизические, механические свойства материалов.

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Какие экспериментальные данные надо иметь, чтобы рассчитать истинную плотность материала?
2. От чего зависит истинная плотность материала?
3. Какие экспериментальные данные нужны для расчета средней плотности материала?
4. Как рассчитать среднюю плотность образца правильной и неправильной формы?
5. От чего зависит средняя плотность материала?
6. Истинная и средняя плотность материала. Что в этих показателях общее, что различно?
7. Что такое насыпная плотность? Как определить этот показатель?
8. Как определить пустотность рыхло-зернистых материалов? От чего зависит этот показатель?
9. Какое влияние оказывают открытая и замкнутая пористость на морозостойкость материала?
10. Какое влияние оказывает открытая и замкнутая пористость на теплопроводность материалов?
11. Какая зависимость существует между водопоглощением по объему и общей пористостью материала? Всегда ли эта зависимость справедлива?
12. Можно ли ориентировочно определить область применения материала (изделия), если известно его водопоглощение?
13. Какие сравнительные выводы по структуре, механическим свойствам можно сделать для нескольких материалов (изделий), если известна их средняя плотность, при условии идентичности вещественного состава?
14. Как влияет величина открытой и замкнутой пористости на акустические свойства материала?
15. Какие сравнительные выводы по структуре, тепло- и гидрофизическим свойствам можно сделать для нескольких материалов (изделий), если известна их средняя плотность, при условии идентичности вещественного состава?
16. На основании полученных результатов обоснуйте применение ячеистого стекла.
17. На основании полученных результатов обоснуйте применение пенопласта.
18. Укажите, в чем общие и различные свойства и назначение ячеистого стекла и пенопласта?

Лабораторная работа № 2 (6 ч)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НА ЕЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. К какому классу строительных материалов относится древесина?
2. Каковы отрицательные и положительные свойства древесины?
3. Какой микро- и макроструктурой обладает древесина?
4. Как Вы понимаете выражение: «Древесина – материал анизотропный»?
5. Что такое поздняя и ранняя древесина?
6. Причины коробления изделий из древесины.
7. Причины загнивания изделий из древесины.
8. Что такое стандартная влажность?
9. Какие изделия и конструкции получают из древесины, каково их применение в строительстве?
10. Способы защиты древесины от загнивания.
11. Способы защиты древесины от возгорания.

Древесина представляет собой природный органический материал волокнистого строения.

Многовековое применение ее в качестве строительного материала обусловлено высокой прочностью в сочетании с относительно низкой средней плотностью, хорошими акустическими и теплоизоляционными свойствами, легкостью обработки, декоративностью и способностью регулировать микроклимат в помещении.

В дизайне интерьера используют изделия из древесины лиственных пород, которые имеют разную текстуру, цвет и достаточно легко обрабатываются (дуб, береза, ясень и др.). В интерьере применяют древесину как в качестве отделочного материала (деревянные и пробковые обои, паркет, ламинат, резные, кружевные стеновые панели, спилы, вагонка, панели пробковые, бамбуковые, и из модифицированной фанеры с декоративным покрытием шпоном) так и конструкционно-отделочного – балки, арки, фермы. Она хорошо сочетается с камнем, кирпичом, кожей, металлом, штукатуркой.

При использовании древесины в строительстве необходимо учитывать недостатки этого материала, зависящие от его строения и состава, такие как неоднородность свойств по разным направлениям (анизотропия), наличие природных пороков, гигроскопичность, приводящие к изменению размеров древесины, короблению и растрескиванию, загниванию при эксплуатации во влажных условиях и возгоранию под воздействием огня.

Студент должен приобрести навыки:

- проведения испытаний по определению влажности, плотности, прочности древесины стандартными методами;
- определению прочности древесины расчетными методами.

Умения:

- устанавливать зависимости между влажностью древесины и ее плотностью, прочностью, теплопроводностью;
- анализировать влияние структуры древесины на ее механические свойства.

Используемые приборы и оборудование:

1. Психрометр.
2. Эксикатор.
3. Сушильный шкаф.
4. Лабораторные весы.
5. Гидравлический пресс.
6. Металлические линейки.
7. Штангенциркуль.
8. Емкости для водопоглощения.

Перечень используемых ГОСТов:

1. ГОСТ 16483.0-89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям.
2. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Методы определения плотности.
3. ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Методы определения влажности (с изменением № 3 от 19.02.88).
4. ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон (с изменением № 3 от 10.88).
5. ГОСТ 16483.18-72. Древесина. Методы определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое.

Для выявления влияния влажности и структуры древесины на ее физико-механические свойства в работе используют стандартные образцы одной породы в виде прямоугольных призм с основанием 20 × 20 мм и длиной 30 мм.

Результаты всех испытаний заносят в таблицу 2.1 тетради для лабораторных работ.

Таблица 2.1. – Физические и механические свойства древесины

Условия хранения образцов	Влажность W, %	Средняя плотность $\rho_{ср}$, кг/м ³	Предел прочности на сжатие σ_w , МПа		Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К
			Разрушающий метод	Неразрушающий метод по содержанию поздней древесины / средней плотности	
Хранение в комнатных условиях до равновесной влажности				+/+	
Выдерживание в воде (24 ч.)				-/+	
Высушенный до постоянной массы				+/+	

1. Определение влажности древесины

Вода, содержащаяся в древесине, может находиться в свободном состоянии (капиллярная), располагаясь между волокнами; физически связанном, адсорбируясь на стенках пор и капилляров из воздуха (гигроскопическая) и химически связанном (входит в состав целлюлозы). Древесина относится к гидрофильным материалам, легко впитывающим и отдающим воду при изменении температуры и влажности окружающей среды. Изменение влажностного состояния влияет на ее физические и механические свойства.

Насыщение древесины водой вызывает увеличение плотности, повышение электро- и теплопроводности, снижение прочности. Поэтому оценку качества древесины в строительстве проводят только по показателям, пересчитанным на стандартную влажность 12 %.

Наибольший интерес для строителей представляет равновесная влажность, приобретенная древесиной в результате длительного нахождения при определенной влажности в помещении.

Равновесную влажность можно определить двумя способами: по стандартной методике, используя психрометр и номограмму, и ориентировочно по диаметру расплыва капли окрашенного ацетона, нанесенного на торец стандартного образца (табл. 2.2).

Таблица 2.2. – Определение равновесной влажности древесины при помощи окрашенного ацетона

Средний диаметр следа, мм	Равновесная влажность, %	Средний диаметр следа, мм	Равновесная влажность, %
12 – 13	10	21 – 22	30
14 – 15	15	22 – 23	35
15	20	23 – 24	40
16	25	24 – 26	50

По первому методу на номограмме (рис. 2.1) находят точку пересечения координат относительной влажности и температуры воздуха в лаборатории, которые были определены при помощи психрометра. Ближайшая к точке пересечения наклонная линия и будет определять равновесную влажность образца.

По второму методу на центр поперечного сечения стандартного образца № 1 с помощью пипетки наносят каплю окрашенного ацетона. Полученный диаметр расплыва замеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точностью до 1 мм. Рассчитывают среднее значение и по таблице 2.2, определяют равновесную влажность древесины. По двум, полученным значениям вычисляют среднее, которое заносят в таблицу 2.1.

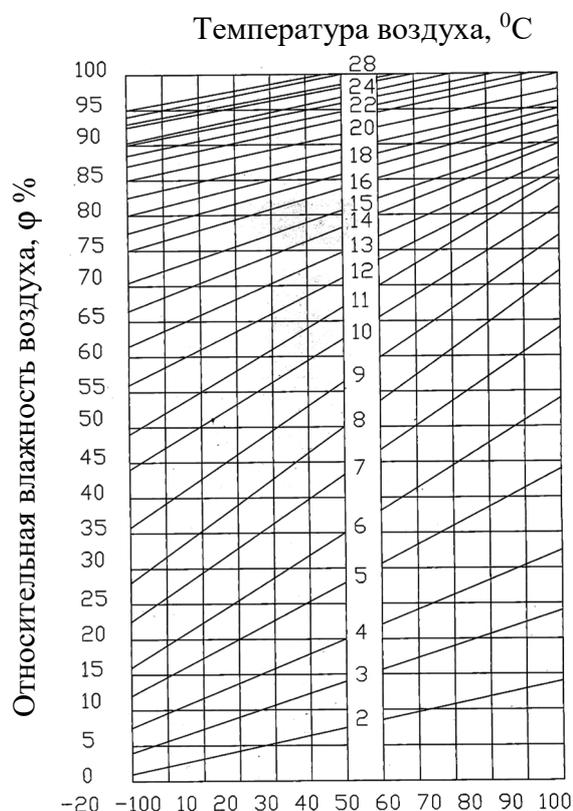


Рисунок 2.1. – Номограмма равновесной влажности древесины (2 – 28 – равновесная влажность древесины, %)

Влажность образца № 1 с равновесной влажностью в процентах определяют по полученным результатам как среднее арифметическое значение. Влажность образца № 2 в процентах определяют по формуле:

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

где m_1 – масса образца, г; m_2 – масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы, г.

2. Определение средней плотности и коэффициента теплопроводности древесины

Для определения средней плотности каждый образец взвешивают с точностью не менее 0,01 г. Среднюю плотность древесины при определенной влажности ρ_{cpw} , г/см³ рассчитывают по формуле:

$$\rho_{cpw} = \frac{m}{V}, \quad (2.2)$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см³.

Влияние влажности древесины на теплопроводность косвенно оценивают по коэффициенту теплопроводности λ , Вт/м^{°С}, который рассчитывают для каждого образца по формуле Некрасова:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22\rho_{cpw}^2}, \quad (2.3)$$

где ρ_{cpw} – средняя плотность древесины при влажности W , г/см³.

Полученные данные заносят в таблицу 2.1.

3. Определение предела прочности древесин при сжатии вдоль волокон

3.1. Неразрушающий метод

Древесина представляет собой растущий природный материал, веществом состоящий в основном из целлюлозы. Строение древесины зависит от температурно-влажностных условий роста и объема поступающих питательных веществ и оказывает существенное влияние на ее свойства. Так, средняя плотность зависит от породы дерева, его пористости, содержания ранней и поздней древесины. С увеличением плотности прочность древесины возрастает. Именно эти зависимости положены в основу эмпирических фор-

мул расчета прочности древесины при сжатии, которые были получены в результате анализа большого объема экспериментальных данных. На поперечном срезе ствола изучают годовичные кольца, каждое из которых состоит из слоя ранней древесины (весна – лето), светлоокрашенной пористой малопрочной и недолговечной, и слоя поздней древесины (лето – осень), темного плотного прочного и водостойкого за счет насыщения смолой. Чем больше в породе дерева поздней древесины, тем она плотнее и прочнее.

Для определения процентного содержания поздней древесины на поперечном сечении образца № 1 наносят линию, перпендикулярную годовым кольцам, на ней выбирают отрезок не менее 20 мм, на котором с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм измеряют ширину поздней древесины (темные участки) в каждом годовичном слое (рис. 2.2). Все полученные величины суммируют и вычисляют по формуле содержание поздней древесины m , %:

$$m = \frac{(a_1 + a_2 + \dots + a_n)100}{l} = \frac{\sum a_n}{l} 100, \quad (2.4)$$

где a_1, a_2, a_n – ширина поздней древесины в каждом годовичном слое, мм; l – расстояние между границами определения содержания поздней древесины, мм.

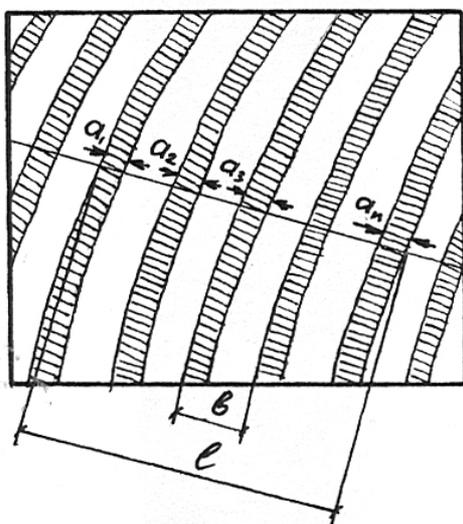


Рисунок 2.2. – Определение процентного содержания поздней древесины

Прочность древесины при сжатии вдоль волокон σ_{12} , кгс/см², в зависимости от содержания поздней древесины при стандартной влажности рассчитывают по формуле:

$$\sigma_{12} = Am + B, \quad (2.5)$$

где m – содержание поздней древесины, %; A, B – коэффициенты, принимаемые по таблице 2.3.

Таблица 2.3. – Значение коэффициентов для определения прочности древесины по процентному содержанию поздней древесины и средней плотности

Вид испытания	Коэффициенты			
	A		B	
	Лиственные	Хвойные	Лиственные	Хвойные
Сжатие вдоль волокон	3,2	6	300	300
	C		D	
	68	61	–	10

Средняя плотность исследуемой древесины ρ_{cp12} , г/см³ при стандартной влажности равна

$$\rho_{cp12} = \rho_{cpw} + 2,5(12 - W), \quad (2.6)$$

где ρ_{cpw} – средняя плотность древесины при влажности W , г/см³; W – влажность древесины, %; 12 – стандартная влажность, %; 2,5 – поправочный коэффициент.

Прочность древесины при сжатии вдоль волокон σ_{12} , МПа, в зависимости от средней плотности при стандартной влажности, определяют по формуле:

$$\sigma_{12} = C\rho_{cp12} + D, \quad (2.7)$$

где ρ_{cp12} – среднее значение средней плотности древесины при стандартной влажности, г/см³; C , D – коэффициенты (см. табл. 2.3).

Полученные значения записывают в таблицу 2.1 и сравнивают с результатами испытания древесины разрушающим методом.

3.2. Разрушающий метод

Предел прочности определяют на образцах сечением 20 × 20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм. Образцы замеряют с точностью до 0,1 мм. С целью исследования влияния влажности древесины на ее механические свойства предел прочности при сжатии вдоль волокон определяют на двух образцах с различной влажностью.

Испытуемый образец устанавливают торцевой поверхностью на плиту гидравлического пресса, зажимают и равномерно подают нагрузку до разрушения образца. Предел прочности σ_w , кгс/см², МПа, при сжатии вдоль волокон образцов с различной влажностью вычисляют по формуле:

$$\sigma_w = \frac{P}{ab}, \quad (2.8)$$

где P – разрушающая нагрузка, кгс; a , b – размеры поперечного сечения, см.

Полученный результат заносят в таблицу 2.1.

На основании полученных данных необходимо сделать выводы о влиянии структуры и влажности на физико-механические свойства древесины.

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Как определить среднюю плотность древесины?
2. От чего зависит средняя плотность древесины?
3. Как определить влажность древесины?
4. Как определить равновесную влажность древесины?
5. С какой целью при оценке свойств древесины введен показатель стандартной влажности?
6. Какое влияние оказывает влажность древесины на ее плотность, теплопроводность, прочность?
7. Какое влияние на свойства древесины оказывает ее строение?
8. Как влияет на свойства древесины содержание поздней древесины?
9. Каково влияние анизотропности на свойства древесины?
10. Что такое эмпирические формулы? На основании каких данных их выводят?
11. Какие данные необходимо иметь для расчета прочности древесины неразрушающими методами?
12. Как определить прочность древесины разрушающим методом?
13. Назовите причины коробления – изменения размеров изделий из древесины.
14. К какому классу материалов относится древесина (по природе, составу, микро- и макроструктуре)?
15. Дайте определения понятий: «поздняя» и «ранняя» древесины. Как их содержание влияет на свойства древесины?

Лабораторная работа № 3 (4 ч)
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПИГМЕНТОВ
НА ПРОЧНОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ
ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Назначение лакокрасочных материалов.
2. Что представляют собой лакокрасочные материалы?
3. Какие основные компоненты входят в состав лакокрасочных композиций?
4. Что такое связующее?
5. Какова роль связующего в составе лакокрасочных композиций?
6. Что представляет собой наполнитель?
7. С какой целью пигмент вводят в состав лакокрасочных композиций?
8. Что представляет собой пигмент?
9. Для чего в состав красочных композиций вводят наполнители?
10. Назначение разбавителей и растворителей в лакокрасочных составах.
11. Чем растворитель отличается от разбавителя?
12. Какова роль отвердителя в красочных составах?
13. Для чего в красочные составы вводят пластификатор?
14. С какой целью и в какие красочные составы вводят сиккативы?
15. По какому признаку проводят классификацию красочных составов?
16. Что общего и в чем отличие между лаком, эмалью и краской?
17. Что такое грунтовка? С какой целью ее применяют в строительстве?
18. Что такое шпатлевка и для чего она применяется в строительстве?

Лакокрасочные материалы – это составы, наносимые в жидком виде на защищаемую поверхность. Образовавшаяся в результате твердения пленка – лакокрасочное покрытие – прочно связана с поверхностью дерева, металла, бетона силами адгезии. **Красочные составы** – это многокомпонентные системы, в которые входят в качестве основных составляющих связующие, пигменты, наполнители, а также добавки, улучшающие технологические и эксплуатационные свойства лакокрасочных материалов и покрытий.

Связующие вещества (смолы, масла, клеи, неорганические вяжущие: цемент, известь, гипс) определяют консистенцию краски, прочность, атмосферостойкость, долговечность покрытия и прочность сцепления с защищаемой поверхностью.

Наполнителями называют нерастворимые слабоокрашенные тонкомолотые минеральные вещества, используемые для придания лакокрасочным покрытиям повышенной прочности, кислотостойкости, огнестойкости, а также для повышения трещиностойкости.

В качестве **пигментов** применяют цветные тонкоизмельченные минеральные или органические вещества, нерастворимые в воде и органических растворителях. Пигменты обладают такими свойствами, как укрывистость, тонкость помола (дисперсность), маслосоемкость, светостойкость и др. Они предназначены для придания цвета малярным составам и улучшения механических свойств пленочного покрытия.

Студент должен приобрести навык экспериментального определения основных показателей качества пигментов и пленочного покрытия; **умение** анализировать влияние тонкости помола пигмента на его укрывистость и маслосоемкость.

Используемые приборы и оборудование:

1. Набор сит.
2. Лабораторные технические весы с разновесами.
3. Бюретка со связующим.
4. Стеклопластины 10 × 10 см для определения укрывистости.
5. Шкала гибкости, жестяные пластины.
6. Прибор У-1 (для определения сопротивления удару).
7. Трафарет с тремя контрастными полосами (две черные и одна белая).

Перечень ГОСТов:

1. ГОСТ 4765-73. Материалы лакокрасочные. Методы определения прочности пленки при ударе.
2. ГОСТ 6806-73. Материалы лакокрасочные. Методы определения эластичности пленки при изгибе.
3. ГОСТ 19487-74. Пигменты и наполнители неорганические. Термины и определения.
4. ГОСТ 21119.4-75. Общие методы испытаний пигментов и наполнителей. Методы определения остатка на сите.
5. ГОСТ 21119.8-75. Общие методы испытаний пигментов и наполнителей. Определение маслосоемкости.

Полученные данные опытов и вычислений заносят в таблицу 3.1.

Таблица 3.1. – Экспериментальные данные

Вид пигмента	Дисперсность, %	Укрывистость, г/м ²	Маслоемкость, мл/г	Сопротивление удару, см	Пластичность пленки, мм

1. Определение качества пигмента

Дисперсность или степень измельчения пигмента определяют просеиванием через сито, номер которого указан в технических условиях на испытываемый пигмент. Для этого навеску пигмента (10 г) просеивают до тех пор, пока в течение 0,5 мин через сито не будет проходить порошок. После этого остаток снимают кисточкой и взвешивают. Дисперсность (D , %) определяют по формуле:

$$D = \frac{b}{a} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где a – первоначальная навеска, г; b – остаток пигмента на сите, г.

Укрывистость пигмента устанавливают по минимальному расходу пигмента в граммах для получения непрозрачного покрытия на квадратный метр поверхности. Чем выше укрывистость, тем меньше пигмента расходуется и экономичнее состав.

Определение выполняют в следующей последовательности:

- взвешивают стеклянную пластинку 10×10 см;
- навеску пигмента (5 г) растирают и доводят до малярной консистенции, обеспечивающей равномерное распределение однородного состава по поверхности, после чего наносят на пластинку кистью до тех пор, пока полосы на используемом трафарете не перестанут быть заметны (окрашивание сначала производят вдоль, а затем поперек);
- определяют количество израсходованной краски по разности в весе пластинки до и после окрашивания. Укрывистость (Y , г/м²) рассчитывают формулой:

$$Y = \frac{m}{F} \cdot 1000, \quad (3.2)$$

где m – количество краски малярной консистенции, г.

$$m = m_2 - m_1, \quad (3.3)$$

где m_2 – масса окрашенной пластинки, г; m_1 – первоначальная масса пластинки, г; F – площадь окраски, см².

Маслоемкость пигмента определяет минимальное количество связующего, необходимое для получения лакокрасочного состава малярной конси-

стенции. Этот показатель очень важен, т.к. разрушение лакокрасочного состава происходит в основном из-за старения масляной пленки. Для определения маслостойкости используют бюретку с делением, из которой приливают масло в стакан с отвешенной навеской (5 г) сухого пигмента в следующей последовательности: 2 – 3 капли и далее – по одной. После каждого приливания следует тщательно перемешивать компоненты стеклянной палочкой. Момент, когда весь пигмент смешивается с маслом и образует сплошной комок с блестящей масляной поверхностью, является окончанием опыта. Это означает, что точка насыщения пигмента достигнута. Количество масла, израсходованного на пигмент, определяют по разности уровней в бюретке до начала и после окончания опыта. Маслостойкость M , мл/г определяют:

$$M = \frac{V \cdot \rho}{m} \cdot 100, \quad (3.4)$$

где V – количество израсходованного масла, мл; ρ – плотность масла, 0,93 г/см³; m – навеска пигмента, г.

2. Определение качества лакокрасочного покрытия

Для определения качества лакокрасочного покрытия рассчитывают необходимое количество краски для окрашивания 200 см² поверхности по формуле (3.2), окрашивают образцы жести размером 2 × 10 см (для определения пластичности пленки) и 10 × 10 см (для определения сопротивления пленки удару).

Сопротивление пленки удару определяют на приборе У-1. После высыхания металлической пластины (10 × 10 см) помещают ее окрашенной стороной вверх на наковальню прибора, под боек. Груз устанавливают на заданной высоте, а затем отпускают для свободного падения на боек, передающий удар образцу. Образец осматривают. При отсутствии трещин и отслаивания пленки высоту падения груза увеличивают до тех пор, пока не обнаружится разрушение. Таким образом, сопротивление пленки удару характеризуется максимальной высотой (см), с которой падающий груз весом в 1 кг не вызывает ее механических разрушений.

Пластичность пленки характеризует ее способность выдерживать изгибающие нагрузки при использовании стержней различного диаметра без разрушения. Это испытание производится после высыхания пленки при помощи шкалы гибкости, представляющей собой набор стальных стержней различного диаметра (20, 15, 10, 5, 3, 1 мм). Начинают испытывать пленку на стержне с большим диаметром и оканчивают на том стержне, после изгиба на котором осмотр покажет наличие трещин.

Таким образом, пластичность пленки выразится минимальным диаметром стержня, на котором лакокрасочное покрытие не имело повреждений.

На основании опытных данных требуется построить графические зависимости укрывистости и маслосъемности от дисперсности пигмента и сделать вывод о влиянии качества пигмента на свойства лакокрасочного состава и пленочного покрытия (рис. 3.1).



Рисунок 3.1. – Графики зависимости укрывистости ($У$, г/м²) и маслосъемности ($М$, мл/г) от дисперсности пигмента ($Д$, %)

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Какие компоненты входят в состав красочных композиций?
2. С какой целью в состав красочных составов вводят связующие?
3. Какой вид связующего использован в работе?
4. Какие свойства связующего являются основными и почему?
5. С какой целью в состав красочного состава вводят пигмент?
6. Какие свойства пигмента являются основными?
7. Что такое укрывистость пигмента, в каких единицах измеряют этот показатель?
8. Что такое маслосъемность пигмента, в каких единицах измеряют этот показатель?
9. Что такое дисперсность пигмента (тонкость помола)? Как определить этот показатель?
10. Какое влияние дисперсность пигмента оказывает на маслосъемность?
11. Как влияет дисперсность пигмента на укрывистость?
12. Какие показатели характеризуют качество лакокрасочного покрытия?
13. Как определить эластичность (гибкость) лакокрасочного покрытия?
14. Как определить ударную прочность пленочного защитного покрытия?
15. От чего зависит ударная прочность красочного покрытия?
16. Назначение лакокрасочных материалов.
17. Что общего и в чем отличие между лаком, эмалью и краской?
18. Какой состав использован в работе?

Лабораторная работа № 4 (2 ч)
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какие органические вяжущие вещества Вы знаете, назовите область их применения?
2. Основные свойства органических вяжущих.
3. Положительные свойства битумов.
4. Отрицательные свойства битумов.
5. Способы улучшения качества битума.
6. Какое влияние на свойства битума оказывают смолы, масла, парафины?
7. Какие свойства битума используют при получении на его основе кровельных и гидроизоляционных материалов?
8. Какие свойства битумов используют при получении на их основе лакокрасочных составов?
9. Какие материалы и изделия получают на основе битумов? Их применение в строительстве.
10. Как можно повысить термостойкость материалов на основе битума?

Битумные вяжущие материалы представляют собой смолу черного цвета, состоящую, как и все полимерные материалы, из сложной смеси органических высокомолекулярных углеводов. Различают природные и искусственные нефтяные битумы, получаемые путем переработки нефти. Битумы, как полимерные материалы, обладают аморфным строением, низкой термостойкостью, химической стойкостью по отношению к кислым и щелочным средам, горючи, гидрофобны, водостойки, пористость их практически равна нулю. Анализ свойств определяет их рациональное применение при получении кровельных, гидроизоляционных, антикоррозионных материалов и дорожных покрытий. Качество и применение битума оценивают по трем основным показателям, определяющим технологию получения изделий на их основе и их долговечность при эксплуатации: температуре размягчения, твердости и растяжимости. Эти показатели зависят от химического состава битума. Чем больше в битуме масел, тем ниже температуростойкость, в то время как увеличение содержания смол повышает твердость и жесткость материала.

Все показатели качества битума взаимосвязаны. Зная, например, температуру размягчения нескольких битумов, можно ориентировочно

оценить их растяжимость, твердость и, следовательно, определить рациональную область использования каждого. Так, чем ниже температура размягчения, тем больше растяжимость и меньше твердость рассматриваемого материала.

Студент должен приобрести навыки:

- определения основных показателей качества битумов;
- определения марки битумов;
- работы с используемыми приборами и оборудованием.

Умения:

- установить зависимость твердости и растяжимости битумов от температуры размягчения;
- определять рациональную область использования битумного вяжущего в зависимости от его свойств.

Используемые приборы и оборудование:

1. Прибор для определения твердости – пенетрометр.
2. Прибор для определения растяжимости – дуктилометр.
3. Аппарат для определения температуры размягчения.

Перечень ГОСТов:

1. ГОСТ 9548-74. Битумы нефтяные кровельные. Технические условия.
2. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Методы определения глубины проникания иглы.
3. ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные. Методы определения растяжимости.
4. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Методы определения температуры размягчения по кольцу и шару.
5. ГОСТ 22245 – 90. Битумы нефтяные.

Результаты испытаний заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1. – Физико-механические свойства битумов

Температура размягчения, °С	Растяжимость, см	Глубина проникания иглы, мм	Марка битума

1. Определение температуры размягчения

Температура размягчения является важным показателем, который необходимо учитывать при использовании битумов для мастичных покрытий верхнего слоя кровель, при изготовлении и эксплуатации рулонных кровельных материалов.

Определение температуры размягчения – перехода битума из упругопластичного состояния в жидкотекучее – проводят на аппарате «кольцо-шар». Показатель характеризует **теплостойкость битума**.

При проведении испытания латунное кольцо, заполненное застывшим битумом, устанавливают горизонтально в отверстия на верхней пластинке аппарата. В центр каждого кольца укладывают стальной шарик. Аппарат с кольцом и термометром помещают в термостойкий стеклянный стакан с водой, который ставят на нагревательный прибор. Уровень жидкости над поверхностью колец должен быть не менее 50 мм.

При нагревании битум размягчается, и стальной шарик вместе с битумом проходит сквозь отверстие кольца. Температуру, при которой шарик коснется нижней пластинки прибора, принимают за **температуру размягчения**.

2. Определение растяжимости

Растяжимость – способность битумов под влиянием растягивающей силы удлиняться без нарушения сплошности. Показатель растяжимости – абсолютное удлинение образца до момента разрыва в сантиметрах. Это свойство имеет большое значение в тех случаях, когда битум используют для создания непроницаемых мастичных монолитных покрытий (гидроизоляционных, кровельных), работающих на растягивающие нагрузки. Растяжимость битума определяют на приборе дуктилометр. Так как битум относится к термопластичным материалам, и, следовательно, все его свойства зависят от температуры проведения опыта, то для обеспечения постоянных условий в дуктилометр наливают воду с фиксированной температурой 25 °С, слой воды над образцом – не менее 25 мм.

Заранее подготовленные образцы-восьмерки устанавливают одним концом на неподвижной опоре, а другим – на подвижных салазках, закрепленных на винте, расположенном по центру. Фиксируют начальное положение стрелки. При включении электродвигателя винт начинает вращаться, а образцы – растягиваться. По линейке, установленной на приборе, из-

меряют удлинение образца (растяжимость) в сантиметрах в момент разрыва. При растяжимости до 10,0 см результат округляют до 0,1 см, при большем значении – до целого числа.

3. Определение твердости битума

Твердость битума зависит от температуры и состава. При пониженных температурах твердость битума велика, и он приобретает свойства твердого тела. С увеличением температуры твердость уменьшается, и битум переходит в жидкое состояние. Для характеристики твердости используют условный показатель – глубина проникания иглы (пенетрация), который определяют на приборе пенетрометре при температуре 25 °С.

Чашку с битумом помещают в емкость с водой, установленную на столике пенетрометра. Температура воды 25 °С. Иглу пенетрометра доводят до соприкосновения с поверхностью битума, фиксируют ее положение, записывая значение. Затем нажимают на кнопку-фиксатор и дают игле свободно входить в битум до упора. Записывают второе значение. Полученная разница показателей определяет глубину проникновения иглы в битум (**твердость**) в градусах или в миллиметрах (1 градус соответствует 0,1 мм). За результаты испытания принимают среднее арифметическое не менее трех определений.

Таблица 4.2. – Физико-механические свойства нефтяных битумов

Марка битума	Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	Растяжимость при 25 °С, не менее	Температура размягчения, °С, не ниже
БН-50/50	41 – 60	40	50
БН-70/30	21 – 40	3	70
БН-90/10	6 – 20	1	90
БНК-45/180	140 – 220	не нормируется	40 – 50
БНК-90/40	35 – 45		85 – 95
БНК-90/30	25 – 35		85 – 95
БНД-200/300	201 – 300		35
БНД-130/200	131 – 200	65	39
БНД-90/130	91 – 130	60	43
БНД-60/90	61 – 90	50	47
БНД-40/60	40 – 60	40	51

На основании полученных результатов, используя показатели таблицы 4.2, требуется сделать выводы о марке битума и рациональной области его использования.

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Основные свойства битумных вяжущих.
2. Назовите положительные свойства битумов.
3. Назовите отрицательные свойства битумов.
4. Какие свойства битума используют при получении на его основе кровельных и гидроизоляционных материалов?
5. Какие свойства битумов используют при получении на их основе лакокрасочных составов, каково их назначение?
6. По каким показателям определяют марку битума?
7. Почему определение твердости и растяжимости битума необходимо проводить при температуре 25 °С?
8. Как и на каком приборе определяют растяжимость битума?
9. Методика определения температуры размягчения битума.
10. Методика определения твердости битума. От чего зависит этот показатель?
11. Какое влияние оказывает температура размягчения на твердость и растяжимость битума?
12. Что обозначают буквы и цифры в марке материала БН-90/10, БНК-45/180?
13. Для каких материалов на основе битумов важен показатель растяжимости?
14. Назовите способы повышения твердости и термостойкости битумов.

Лабораторная работа № 5 (6 ч)
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Общая технология получения керамических изделий.
2. Какими свойствами обладает глина?
3. От чего зависит способ подготовки сырьевой массы?
4. Классификация керамических изделий по их назначению.
5. Какие стеновые керамические материалы Вы знаете?
6. По каким свойствам оценивают качество стеновых материалов?
7. Какие отделочные керамические материалы Вы знаете?
8. С какой целью при производстве керамических изделий применяют глазурирование и ангобирование?
9. Какие свойства определяют качество материалов, применяемых для внутренней отделки пола и стен?
10. Какие свойства определяют качество материалов, применяемых для наружной отделки стен?

Керамическими называют искусственные каменные материалы, полученные из минерального глинистого сырья путем его добычи, тонкого измельчения, формования изделий с последующей их сушкой и обжигом. Сушка изделий обеспечивает первоначальную прочность, достаточную для сохранения формы, целостности при транспортировке в печь обжига, а также снижает усадочные деформации, возникающие в процессе спекания.

Обжиг проводят при температуре 900 – 1100 °С для придания высокой водостойкости и прочности керамическим материалам.

В зависимости от свойств используемой глины и назначения материалов и изделий их формуют методом полусухого прессования, пластичного формования и литья (шликерный). Влажность массы при этом составляет 8 – 12; 20 – 25; до 60 % соответственно.

Первый метод применяют, используя малопластичные глины, для получения изделий точного размера с ровной поверхностью (кирпич и камни облицовочные), а также изделий, обладающих высокой прочностью и плотностью (плитка напольная). Вторым методом (при наличии пластичных глин) используют для изготовления кирпича и камня обыкновенного, труб, черепицы, плитки фасадной. Шликерный способ предусматривает заливку высокоподвижной глинистой массы в специальные высокопористые гипсовые фор-

мы сложной конфигурации (ванны, раковины и т.д.) или заполнение ею специальных форм-матриц (тонкие коврово-мозаичные плитки).

По назначению керамические материалы подразделяют на стеновые – камни пустотелые, кирпич пустотелый и полнотелый; кровельные – черепица; облицовочные – кирпич и камни лицевые, плитки; трубы канализационные и дренажные, а также материалы теплоизоляционные с высокой замкнутой пористостью – кирпичи, сегменты, скорлупы, оболочки, гравий керамзитовый, щебень аглопоритовый; кислотостойкие – плитки, кирпичи; огнеупорные – кирпичи и плитки. Такие свойства, как прочность, теплопроводность, зависят от применяемой технологии, специальные свойства изделий (кислотостойкость, огнеупорность) определяются только составом используемого сырья – глины.

Керамические изделия, используемые в экстерьере и дизайне интерьера, могут быть различными по размеру – от мозаичной плитки до объемных, сложной конфигурации, цвета, фактуры, поверхности (от глянцевой до полной копии текстуры натурального камня, кожи или древесины).

Отделку керамическими изделиями используют как в классических, так и в современных стилях, например, ар-деко, неоклассика, фьюжн.

Керамические изделия с учетом условий эксплуатации применяют в экстерьере и интерьере помещений любого назначения: от промышленных, общественных, офисных до жилых и детских. Это настенные мозаичные панно, светильники, декорирование каминов, печей, бассейнов и фонтанов, парковые скульптуры, малые формы, отделка фасадов.

С целью ознакомления студентов с керамическими материалами различных свойств и применения, в лабораторной работе предусмотрено изучение кирпича керамического, плитки напольной, гравия керамзитового. Последний материал, вследствие технологического вспучивания, обладает высокой замкнутой пористостью, поэтому его наиболее эффективная область применения – засыпная теплоизоляция стен, полов и перекрытий, а также в качестве заполнителя для легких бетонов.

Показатели, по которым оценивают качество перечисленных материалов, зависят от условий эксплуатации изделий. Так, кирпич должен быть прочным по отношению к сжимающим и изгибающим нагрузкам, а при кладке наружных стен обладать низкой теплопроводностью и определенной морозостойкостью. Для облицовочных напольных плиток важны декоративность, высокая износостойкость, низкое водопоглощение. Керамзитовый гравий должен быть определенной плотности, теплопроводности и прочности.

Студент должен приобрести навыки:

- контроля внешнего вида керамических материалов и изделий;
- определения физико-механических свойств керамики стандартными и ускоренными методами;
- работы с испытательными приборами и оборудованием.

Умения:

- анализировать полученные результаты исследований;
- устанавливать зависимости физико-механических свойств керамических материалов от различных факторов: сырья, технологии получения.

Используемые приборы и оборудование:

1. Гидравлический пресс.
2. Круг истирания типа ЛКИ-3.
3. Весы лабораторные и настольные циферблатные.
4. Штангенциркуль, мерные линейки.
5. Угольник поверочный 90°.
6. Шкаф сушильный лабораторный.
7. Емкость для кипячения.

Перечень ГОСТов и СТБ:

1. СТБ 1160-99. Кирпич и камни керамические. Технические условия.
2. СТБ 1217-2000. Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия.
3. ГОСТ 6787-2000. Плитка керамическая для полов. Технические условия.
4. ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.
5. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
6. ГОСТ 9758-2012. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний.
7. ГОСТ 27180-2001. Плитки керамические. Методы испытаний.

Результаты испытаний записывают в таблицы 5.1, 5.2.

Таблица 5.1. – Результаты контроля размеров и правильности формы изделий

Вид дефекта	Наименование материалов	
	Кирпич	Плитка напольная
Отклонения размеров от номинальных, мм по длине по ширине по толщине		
Косоугольность, мм	–	
Кривизна лицевой поверхности, мм	–	
Искривление граней, ребер, мм		
Отбитости ребер и углов, мм		
Трещины		
Щербины и зазубрины: шириной в направлении, перпендикулярном ребру, мм; общей длиной, мм	–	
Посечка длиной, мм	–	

Таблица 5.2. – Физико-механические свойства керамических материалов

Перечень определяемых показателей	Наименование материалов		
	Керамзитовый гравий	Кирпич глиняный	Плитка напольная
Физические свойства			
Средняя плотность, кг/м ³ ,	–	+	+
Насыпная плотность, кг/м ³	+	–	–
Водопоглощение по массе W_M , %	+	+	+
Открытая пористость W_0 , %	+	+	+
Теплопроводность Вт/м ⁰ К	+	+	+
Содержание расколотых зерен Π , %	+	–	–
Механические свойства			
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа	+	+	–
Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа	–	+	–
Износостойкость Q , г/см ²	–	–	+

1. Оценка качества керамических материалов по внешнему осмотру и обмеру

Дефекты формы, отклонения от размеров, наличие трещин, отбитостей, не только ухудшают эстетический вид изделий, но и снижают эксплуатационные свойства, их долговечность.

По способу изготовления различают кирпичи пластического формования и полусухого прессования. Они отличаются по внешнему виду. Прессованный кирпич имеет плотную гладкую поверхность, более ровные

границы и ребра. Поверхности кирпича, в зависимости от их размера и расположения, подразделяют на тычок – наименьшая поверхность изделия, ложок – поверхность изделия средней величины и плашок – наибольшая по величине поверхность, которой изделие укладывают в конструкцию.

Плитки подразделяют на отделочные и бордюрные, по форме – на квадратные, прямоугольные, многогранные и фигурные. Они могут быть глазурованные и неглазурованные, гладкие и рельефные.

1.1. Контроль внешнего вида

Нормально обожженный кирпич должен быть по всему объему одинакового цвета, при ударе молотком он «звонит». При недожоге цвет кирпича алый, при ударе молотком он издает глухой звук. Пережженный кирпич, как правило, бурого цвета, искривлен, имеет участки оплавления и вспучивания.

Величины искривлений, отбитости ребер и углов кирпича и плиток определяют, прикладывая угольник к плоскостям изделий. Замеры производят штангенциркулем с точностью до 0,1 мм (рис. 5.1).

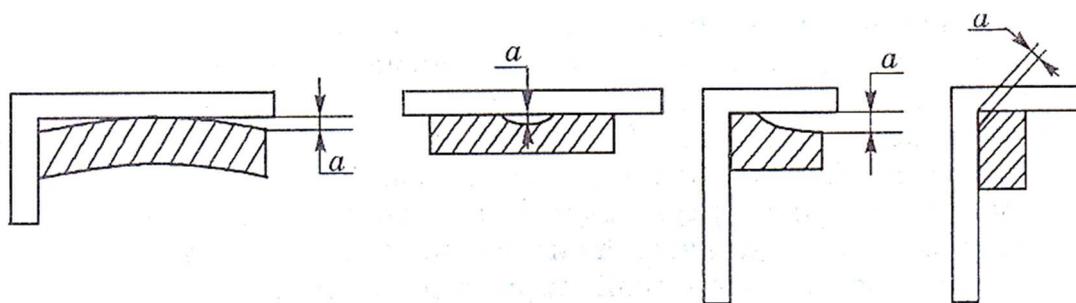


Рисунок 5.1. – Определение дефектов кирпича и керамической плитки:
 a – измеряемая величина, мм

При равномерном обжиге плитки однотонны по цвету. Контроль цвета (оттенка), рисунка и рельефа плиток проводят, раскладывая их на ровной поверхности попеременно с образцами-эталоном и рассматривая с расстояния 1 м. Цвет, рисунок или рельеф должны соответствовать эталону. На лицевой поверхности не допускаются плешины, пятна, волнистость глазури, пузыри, нечеткость рисунка.

Величину зазубрин, щербин, посечек измеряют штангенциркулем или линейкой.

Равномерно обожженный **керамзитовый гравий** не должен содержать зерна с оплавленной поверхностью. Допускается содержание расколотых зерен не более 15%, так как их наличие ухудшает его теплоизоляционные и прочностные показатели.

Количество расколотых зерен определяют следующим образом. Пробу гравия помещают в предварительно взвешенный цилиндр объемом 2 л. Определяют массу гравия в цилиндре (m_i). Внешним осмотром выделяют расколотые зерна, к которым относят зерна, расколотые пополам; зерна, имеющие повреждение поверхности (сколы, потертости) более чем наполовину. Расколотые зерна взвешивают (m_2 %).

Содержание расколотых зерен $Щ$ в пробе с точностью до 1% вычисляют по формуле:

$$Щ = \frac{m_2}{m_1} 100, \quad (5.1)$$

где m_1 – масса пробы, кг; m_2 – масса поврежденных зерен, кг.

1.2. Контроль размеров и правильности формы

Контроль размеров кирпича и плитки производят штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. В толщину плитки включают величину рельефа и рифления на монтажной поверхности.

Искривление граней кирпича измеряют щупом с использованием металлического угольника.

Кривизну лицевой поверхности плитки определяют, используя прибор в соответствии с приложением Б ГОСТа 27180-2001, либо прикладывая к поверхности ребро металлической линейки и измеряя зазор щупом.

Искривление граней плитки измеряют при помощи прибора, согласно приложению В ГОСТа 27180-2001, или щупом, прикладывая ребро линейки к каждой грани.

Косоугольность ребер плитки измеряют, прикладывая угольник ко всем углам плитки.

Результаты осмотра и обмера материалов сравнивают с данными таблиц 5.3 – 5.5, определяют вид и количество дефектов и записывают в таблицу 5.1.

Делают вывод о качестве испытываемых материалов по внешнему виду и результатам обмеров, соответствии их требованиям ГОСТа 27180-2001.

Таблица 5.3. – Размеры кирпича

Вид изделий	Номинальные размеры, мм		
	длина	ширина	толщина
Кирпич одинарный	250	120	65
Кирпич утолщенный	250	120	88
Кирпич модульных размеров одинарный	288	138	65
Кирпич модульных размеров утолщенный	250	54	88

Таблица 5.4. – Размеры плиток для полов

Координационные размеры, <i>K</i> , мм		Номинальные размеры, <i>H</i> , мм		
длина	ширина	длина	ширина	толщина
Квадратные плитки		Устанавливает предприятие-изготовитель таким образом, чтобы ширина шва составляла от 2 до 5 мм		Устанавливает предприятие-изготовитель, но не менее 7,5 мм
500, 400, 330, 300, 250, 200, 150	500, 400, 330, 300, 250, 200, 150			
Прямоугольные плитки				
500, 400, 300, 250, 200	300, 300, 200, 200, 150			

Примечание. Координационный размер соответствует суммарной величине номинального размера плитки и ширины шва.

Таблица 5.5. – Допускаемые отклонения в размерах и дефекты керамических материалов

Вид дефекта	Наименование материалов	
	Кирпич	Плитка напольная
Отклонения размеров от номинальных, мм		
по длине	±5	±1,5
по ширине	±4	±1,5
по толщине	±3	±0,5
Косоугольность, мм	–	не более 1,5
Кривизна лицевой поверхности, мм	–	не более 1,5
Отклонение от перпендикулярности граней, мм	3	не более 1,5
Отбитости ребер, углов, мм	Длина не более 10 – 15, глубина не более 5, не более 2-х на кирпич	не допускаются
Трещины	Протяженность до 30 мм по плашке полнотелого кирпича и пустотелого не более чем до первого ряда пустот глубиной на всю толщину кирпича или на ½ толщины тычковой или ложковой грани не более одной на ложковой или тычковой грани	не допускаются
Щербины и зазубрины: шириной в направлении, перпендикулярном ребру, мм	–	значение для одной плитки, не более 1
общей длиной, мм	–	значение для одной плитки, не более 10
Посечка длиной, мм	–	значение для одной плитки, не более 10

2. Определение средней плотности, водопоглощения

Среднюю плотность ρ_{cp} , г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V}, \quad (5.2)$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см³.

Насыпанную плотность ρ_n , г/см³ определяют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (5.3)$$

где m – масса мерного цилиндра, г; m_1 – масса мерного цилиндра с материалом, г; V – объем мерного цилиндра, см³ (1 л = 1000 см³).

Водопоглощение определяют насыщением образцов водой кипячением. Высушенные и взвешенные образцы (плитка, кирпич, керамзит) помещают в емкость с водой и кипятят в течение 30 минут. Затем охлаждают в холодной воде и взвешивают. Водопоглощение по массе W_m , и объему W_o , %, вычисляют по формулам:

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100, \quad (5.4)$$

$$W_o = |W_m \cdot \rho_{cp}, \quad (5.5)$$

где m_2 – масса насыщенного водой образца, г; m_1 – масса высушенного образца, г; ρ_{cp} – средняя плотность, г/см³.

Водопоглощение керамических материалов сравнивают с показателями таблицы 5.6.

Ускоренный способ определения водопоглощения состоит в том, что на поверхность материала капают воду или чернила. Водопоглощение оценивают по скорости впитывания капли. При водопоглощении до 3% капля практически не впитывается, при 5 – 8% – впитывается частично, более 10% – капля впитывается быстро.

Таблица 5.6. – Допускаемое водопоглощение керамических материалов

Наименование материала	Водопоглощение по массе W_m , %
Кирпич глиняный:	
полнотелый рядовой лицевой	не менее 8
пустотелый рядовой лицевой	не менее 6
Керамзитовый гравий по насыпной плотности:	
марка по насыпной плотности до 400	не более 25
марка по насыпной плотности 450 – 800	не более 20
Плитка для полов:	
неглазурованная	не более 3,5
глазурованная	не более 1,5

Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/м·К рассчитать по формуле Некрасова:

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22\rho_{cp}^2} - 0,16, \quad (5.6)$$

где ρ_{cp} – средняя плотность материала в высушенном состоянии, г/см³.

Для керамзита, т.к. этот материал используют в качестве теплоизоляционных засыпок при утеплении пола и крыш, в формулу расчета необходимо ввести насыпную плотность этого материала.

3. Определение прочности керамических материалов

Кирпич является стеновым материалом, поэтому при эксплуатации он испытывает сжимающие и изгибающие нагрузки.

3.1. Определение предела прочности кирпича при изгибе

Предел прочности при изгибе определяют на целом кирпиче, используя прессовое оборудование (рис. 5.2).

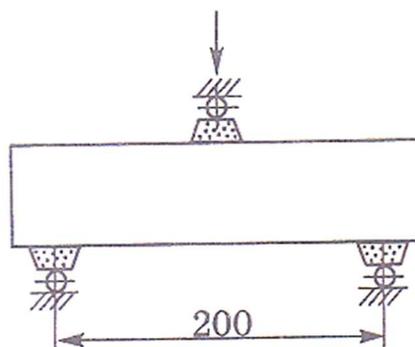


Рисунок 5.2. – Схема испытания кирпича на изгиб

Для этого в местах опирания и приложения нагрузки поверхность выравнивают прокладками из технического войлока, резиновыми пластинами.

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа, образца вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3Fl}{2ab^2}, \quad (5.7)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н (кгс); l – расстояние между осями опор, мм (см); a – ширина образца, мм (см); b – высота образца по середине пролета, мм (см).

3.2. Определение предела прочности кирпича при сжатии

Предел прочности при сжатии определяют на образцах, состоящих из двух целых кирпичей или двух его половинок. ГОСТ допускает определять предел прочности при сжатии на половинках кирпича после его испытания на изгиб. Для определения предела прочности при сжатии кирпича пластического формования из двух половинок изготавливают образцы в виде куба. При этом поверхности излома, при использовании половинок кирпича, должны быть направлены в противоположные стороны.

Определяя предел прочности при сжатии, для выравнивания поверхностей сухих образцов применяют прокладки из технического войлока, резиновых пластин, картона.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа, определяют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{F}{A}, \quad (5.8)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н (кгс); A – площадь поперечного сечения образца как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхности, мм² (см²). При вычислении предела прочности при сжатии образцов утолщенных кирпичей результаты вычислений (4) умножают на коэффициент 1,2. По значениям пределов прочности при сжатии и изгибе определяют марку кирпича по таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Марки кирпича глиняного обыкновенного

Марка изделия	Предел прочности МПа, не менее							
	при сжатии		при изгибе					
	Всех видов изделий		Полнотелого кирпича пластического формования		Кирпича полусухого прессования и одностороннего пустотелого кирпича		Пустотелого утолщенного кирпича	
	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца
300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8	1,4	0,7
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7	1,2	0,6

В условное обозначение стеновых керамических материалов (кирпичи, камни), кроме показателя марки по прочности, входит значение морозостойкости в количествах циклов замораживания и оттаивания и буквенные обозначения: К – керамический, Р – рядовой, Л – лицевой, П – пустотелый, О – одинарный, У – утолщенный (для кирпича), У – укрупненный (для камня), Пр – профильный. В конце обозначения указывается СТБ.

Например:

- кирпич керамический рядовой пустотелый одинарный марки по прочности 150, по морозостойкости F15: кирпич КРПО-150/15/СТБ1160-99;
- камень керамический рядовой укрупненный марки по прочности 150, по морозостойкости F15: камень КРУ 150/15/СТБ1160-99.

3.3. Определение прочности керамзитового гравия

Прочность керамзитового гравия определяют при сдавливании зерен в стальном цилиндре с внутренним диаметром, равным высоте. Цилиндр заполняют керамзитом до краев, закрывают плунжером и помещают на нижнюю плиту пресса. Сдавливают заполнитель при помощи пресса до погружения плунжера в цилиндр на 20 мм, в этот момент отмечают показания стрелки манометра.

Прочность заполнителя при сдавливании в цилиндре $\sigma_{сд.з}$, МПа, вычисляют по формуле:

$$\sigma_{сд.з} = \frac{F}{A}, \quad (5.9)$$

где F – усилие сдавливания, Н; A – площадь поперечного сечения цилиндра, равная 177 см².

По результатам испытаний керамзита, используя таблицу 5.8, определяют марку гравия по прочности и марку бетона, для получения которого он может быть использован.

Таблица 5.8. – Марки гравия керамзитового по прочности

Прочность гравия при сдавливании в цилиндре, МПа	Марки гравия по прочности	Проектная марка легкого бетона
1	2	3
до 0,5 вкл.	П15	Меньше 35
св. 0,5 до 0,7 вкл.	П25	35
св. 0,7 до 1,0 вкл.	П35	50
св. 1,0 до 1,5 вкл.	П50	75
св. 1,5 до 2,0 вкл.	П75	100
св. 2,0 до 2,5 вкл.	П100	150

Окончание таблицы 5.8

1	2	3
св. 2,5 до 3,3 вкл.	П125	250
св. 3,3 до 4,5 вкл.	П150	300
св. 4,5 до 5,5 вкл.	П200	350
св. 5,5 до 6,5 вкл.	П250	400
св. 6,5 до 8,0 вкл.	П300	400
св. 8,0 до 10,0 вкл.	П350	450
св. 10,0	П400	Более 450

3.4. Определение износостойкости напольной плитки

Износостойкость – это способность материала противостоять действию истирающей нагрузки. Для напольной плитки этот показатель связан с трением о поверхность подошв обуви, перемещением механизмов. Оценивают износостойкость потерей массы плитки к единице ее площади на круге истирания. Для определения потери массы при истирании выбирают образец 70 × 70 мм или 50 × 50 мм, который предварительно взвешивают с точностью до 0,1 г, измеряют длину и ширину и вычисляют площадь с точностью до 0,1 см². Образец устанавливают в держатель на металлический диск (диск истирания). При вращении диска, на который равномерно подается песок, и нагрузке на образец не более 0,06 МПа происходит истирание поверхности образца, т.е. потеря его массы. После 30 м пути диск останавливают, образец извлекают и взвешивают. Процесс повторяют на образце еще три раза, каждый раз поворачивая его на 90° в одном направлении.

Износостойкость Q , г/см² вычисляют по формуле:

$$Q = \frac{3m_4}{S}, \quad (5.10)$$

где m_4 – суммарная потеря массы после 4 циклов истирания, г; S – площадь образца, см²; 3 – коэффициент приведения к 12 циклам испытания.

Результат вычисления округляют до 0,01 г/см².

Полученные данные сравнивают с требованиями ГОСТа, согласно которому потери в массе при испытании неглазурованных плиток не должны превышать 0,18 г/см².

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Какие показатели характеризуют качество стенового материала?
2. Какое заключение о качестве кирпича можно сделать по результатам визуального осмотра?

3. Как определить марку кирпича?
4. Что значит выражение «марка кирпича по прочности 75, 100, 300»?
5. Какие показатели характеризуют качество материала, применяемого для наружной отделки (облицовки) зданий?
6. Какие показатели характеризуют качество материала, применяемого для отделки пола?
7. Почему согласно ГОСТу к испытуемым материалам (кирпич, напольная плитка, керамзит) предъявляют различные требования по водопоглощению?
8. Поясните условное обозначение «кирпич КРУ (КЛУ)-125/75/СТБ1160-99».
9. За счет каких технологических приемов можно повысить теплоизоляционные свойства стеновых материалов?
10. Как технология получения исследуемых материалов повлияла на их свойства и применения?
11. По каким показателям оценивают соответствие стандарту керамической напольной плитки?
12. Как определить прочность керамзитового гравия? Почему этот показатель важен для данного материала?
13. Каково влияние средней плотности материала на его прочность и теплопроводность?
14. Обоснуйте применение керамзитового гравия в строительстве.
15. Какое заключение о качестве напольной плитки можно сделать по результатам визуального осмотра?

Лабораторная работа № 6 (2 ч)
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какие вещества называют металлами?
2. Охарактеризуйте строение металлов.
3. Почему реальная прочность металлов значительно ниже теоретической?
4. Какие физические свойства металлов Вы знаете?
5. Перечислите технологические свойства металлов.
6. Назовите механические свойства металлов.
7. Как классифицируют железоуглеродистые сплавы в зависимости от содержания углерода?
8. Какой металл более широко применяют в строительстве – сталь или чугун? Почему?
9. Общая классификация сталей.
10. Классификация сталей по назначению.
11. Что представляют собой металлические сплавы?
12. Виды и назначение арматуры.
13. Расскажите о применении стали в строительстве.
14. Классификация стали по составу.

Металлы – абсолютно плотные кристаллические материалы, которые в нормальных условиях (при комнатной температуре) имеют высокую плотность, прочность, тепло- и электропроводность, особый металлический блеск.

Атомно-кристаллическое строение металлов характеризуется упорядоченным расположением атомов в кристаллической решетке. Чистые металлы редко используют в строительстве, так как их свойства не всегда соответствуют требованиям эксплуатации. Например, чистое железо имеет достаточную прочность, но низкую коррозионную стойкость. Для улучшения и регулирования свойств металлов их сплавляют с другими металлами и неметаллами, получая сплавы, и вводят легирующие добавки. Широкое распространение в строительстве находят железоуглеродистые черные сплавы, к которым относятся сталь и чугун. Сталь содержит углерода до 2,14%, чугун, используемый в строительстве, – от 2,14% до 4,2%.

Свойства этих сплавов зависят от содержания в них углерода. С его увеличением прочность на сжатие, твердость, хладноломкость увеличива-

ются; ударная вязкость, пластичность, электро- и теплопроводность, магнитная проницаемость – снижаются.

На свойства сталей влияют форма и размер кристаллов. Сталь с мелкими кристаллами имеет большую ударную вязкость и повышенное сопротивление усталостному разрушению при циклических нагрузках. Крупнокристаллическая сталь прочнее при высоких температурах эксплуатации.

Форму и размер кристаллов регулируют дополнительной термообработкой, включающей нагрев и охлаждение готовых изделий по определенному режиму. Термическая обработка позволяет целенаправленно изменять свойства стали, снимать внутренние напряжения, возникающие при изготовлении металлических изделий.

Для придания сплавам специальных свойств, термообработку сочетают с механическим воздействием (термомеханическая) или насыщением поверхности химическими элементами (термохимическая).

В маркировку стали входят цифры и буквы. Первые цифры соответствуют содержанию углерода в сотых долях процента (для конструкционных сталей) и десятых долях – для инструментальных. Буквы обозначают легирующие элементы: Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, П – фосфор, Р – бор, Т – титан, С – кремний, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ю – алюминий.

После буквы записывают цифру, указывающую содержание элемента, если оно превышает 1,5% (если меньше, цифру не ставят). Например, сталь 15Х содержит 0,15% С, 1 – 1,5% Сг. Кроме того, в марку вводят буквы: А – высококачественная сталь, Ш – особо высококачественная, Л – используемая для литья, которые записывают в конце марки, например, 40ХНМА. Буквы «т.о» в конце марки указывают на проведение термической обработки.

В строительстве металлы используют при возведении каркасов промышленных и гражданских зданий, пролетных строений мостов, изготовлении железобетонных(арматура) и металлических конструкций, труб, кровельной стали и других изделий.

В дизайне интерьера используют как черные металлы (сталь, чугун), так и цветные (медь, алюминий, цинк, титан и их сплавы). Это могут быть крупноразмерные изделия (межкомнатные перегородки сплошные и ажурные, колонны, подвесные потолки, мебель: столики, стулья, кровати, люстры) и мелкоштучные. К последним относятся: металлическая мозаика и металлическая плитка. Плитка представляет собой мелкоштучное двухслойное изделие, нижний слой которого выполнен из керамогранита.

Верхний – текстурированная или гладкая (до зеркальной) листовая сталь или цветной металл. К отделочным материалам относятся также рулонные металлические обои на бумажной основе. Изделия из металла особенно популярны в современных стилях интерьеров, в частности хай-тек, лофт, эклектика и минимализм.

Основные марки и свойства конструкционных строительных сталей представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. – Основные марки и свойства конструкционных строительных сталей

Группа (прочность)	Вид стали	Марка стали	Механические свойства		Назначение сталей
			Временное сопротивление, кгс/мм ²	Ударная вязкость кгс·м/см ²	
Обычная	Малоуглеродистая, обыкновенного качества (C = 0,14 – 0,22%)	Ст3 (СП, ПС, К)	37 – 49	5 – 8	Вспомогательные конструкции и элементы (лестницы, ограждения)
Повышенная	Малоуглеродистая термически упрочненная и низколегированная конструкционная	09Г2, 10Г2С1, 14Г2АФ 10ХСНД	43 – 54	8 – 11	Фермы, ригели, балки, колонны, перекрытия
Высокая	Низколегированная сталь термически упрочненная	15Г2СФ 12Г2СМФ	Свыше 60	8 – 11	Подкрановые балки, фасонки ферм, элементы эстакад

Студент должен приобрести навыки:

- экспериментального определения твердости и ударной вязкости стали;
- расчета временного сопротивления по значению твердости.

Умения:

- определения марки стали и ее применения в строительстве по основным контролируемым показателям;
- ориентировочной оценки состава и свойств стали по характеру поверхности излома образца;

Используемые приборы и оборудование:

1. Стационарный прибор гидравлического типа – шариковый твердомер ТШ.
2. Измерительный микроскоп.
3. Маятниковый копер.
4. Линейка для замера рабочего сечения образца.

Перечень ГОСТов:

1. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и технические требования.
2. ГОСТ 9012-59 (с изм.). Металлы. Методы испытаний. Измерение твердости по Бринеллю.
3. ГОСТ 9454-78. Металлы. Методы испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах.

Данные, полученные в результате испытаний сталей различных марок, записывают в таблицу 6.2.

Таблица 6.2. – Физико-механические свойства сталей

№ образца	Основные характеристики				Марка стали	Область применения в строительстве
	Твердость кгс/мм ²	Ударная вязкость, кгс·м/см ²	Прочность (временное сопротивление) кгс/мм ²	Содержание углерода %		

1. Определение твердости стали

Твердостью называют способность металла или сплава сопротивляться внедрению в его поверхность другого, более твердого, тела определенной формы и размера. Существует несколько методов определения твердости: по Бринеллю (*HB*), Виккерсу (*HV*) и Роквеллу (*HR*) в зависимости от формы вдавливаемого тела (шарика, алмазной пирамиды или конуса). Между различными методами существует взаимосвязь, поэтому, зная твердость, определенную одним из методов, можно по специальным таблицам узнать число твердости по другому методу.

Твердость стали по методу Бринелля определяют путем вдавливания в поверхность образца закаленного шарика под заданной нагрузкой.

Испытания проводят в следующей последовательности.

Образец с предварительно отшлифованной поверхностью устанавливают на столик прибора и вращением маховика доводят его соприкосновение с шариком до упора. Включают твердомер в сеть. Включенный электродвигатель через систему рычагов создает требуемое общее усилие – нагрузку, передаваемую на шарик.

По окончании испытания (сигнальная лампа погасла, электродвигатель остановлен) вращением маховика в обратном направлении опускают стол, снимают образец.

Измеряют диаметр отпечатка d при помощи измерительного микроскопа с точностью до 0,05 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Цена деления шкалы – 0,05 мм. Диаметр отпечатка вычисляют как среднеарифметическое из четырех измерений.

Вычисляют число твердости по Бринеллю HB , кгс/мм² по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (6.1)$$

где P – нагрузка, 3000 кгс; D – диаметр шарика, 10 мм; d – диаметр отпечатка, мм.

По твердости, определяемой методом Бринелля, можно ориентировочно, по эмпирической зависимости, установить предел прочности строительных сталей (низкоуглеродистых и низколегированных) при растяжении (временное сопротивление – σ_B).

При твердости 120 – 175 кгс/мм² $\sigma_B = 0,34 HB$.

При твердости 175 – 450 кгс/мм² $\sigma_B = 0,35 HB$.

2. Определение ударной вязкости стали

Важнейшей характеристикой сопротивления металлов динамическим нагрузкам является ударная вязкость, определяемая при испытании на ударный изгиб.

Для испытания на ударную вязкость применяют образцы, имеющие форму бруска квадратного сечения с надрезом посередине. Образец укладывают на опоры копра так, чтобы надрез был расположен симметрично опорам и противоположно наносимому удару.

Перед испытанием маятник поднимают вверх и закрепляют. Затем маятник освобождают; падая, он ударяет по образцу и разрушает его. Ра-

бота, необходимая для разрушения, фиксируется положением стрелки по шкале.

Ударную вязкость a_n , кгс·м/см² рассчитывают по формуле:

$$a_n = \frac{A_n}{F}, \quad (6.2)$$

где A_n – работа, затраченная, на разрушение, кгс·м; F – площадь поперечного сечения образца в месте надреза, см².

По полученным экспериментальным данным – твердости, ударной вязкости, рассчитанному значению прочности – по таблице 6.1 определяют ориентировочно марку стали, делают вывод об области ее применения.

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Какое свойство металлов оценивается твердостью?
2. Какой показатель характеризует способность стали воспринимать динамическую нагрузку?
3. Какие экспериментальные данные необходимо иметь для расчета твердости по методу Бринелля?
4. Какие выводы по свойствам стали можно сделать при изучении поверхности излома образца?
5. Какие экспериментальные данные надо иметь для расчета ударной вязкости стали?
6. С какой целью проводят термообработку металлических изделий?
7. Какое влияние на пластичность стали оказывает содержание углерода?
8. Какое влияние оказывает содержание углерода на ударную вязкость стали?
9. Какая зависимость существует между показателем твердости стали и содержанием углерода?
10. Расшифруйте марку стали 40ХНМА.
11. Расшифруйте марку стали 35Г2.
12. Какие металлы применяют для изготовления несущих конструкций, стеновых панелей? Какими свойствами они должны обладать?
13. Какие металлы применяют для изготовления кровельных изделий и конструкций? Какими свойствами они должны обладать?
14. Какие металлы и сплавы применяют для отделки интерьера помещений различного назначения?

Лабораторная работа № 7 (4 ч)
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какие материалы называют теплоизоляционными?
2. По каким основным показателям оценивают качество теплоизоляционного материала?
3. Классификация теплоизоляционных материалов по форме изделий.
4. Классификация теплоизоляционных материалов по характеру структуры.
5. Способы получения пористой структуры.
6. Классификация теплоизоляционных материалов по природе происхождения.
7. Классификация теплоизоляционных материалов по степени сжимаемости.
8. Классификация теплоизоляционных материалов по степени огнестойкости.
9. Чем теплоизоляционные материалы отличаются от звукопоглощающих?
10. Какие органические теплоизоляционные материалы Вы знаете?
11. Неорганические теплоизоляционные материалы.
12. Чем теплоизоляционные материалы отличаются от звукоизоляционных?
13. Применение органических теплоизоляционных материалов.
14. Применение неорганических теплоизоляционных материалов.

Теплоизоляционные материалы – разновидность строительных материалов, которые характеризуются высокопористым строением и низким коэффициентом теплопроводности. В строительстве жилых и промышленных зданий применение тепловой изоляции позволяет уменьшить толщину и массу стен, конструкций покрытий и перекрытий, а также снизить теплопотери и энергозатраты на отопление зданий. При изоляции тепловых установок (печей, сушилок), трубопроводов и оборудования сокращаются теплопотери, расход топлива и энергии, что позволяет сэкономить до миллиона тонн условного топлива в год.

По виду исходного сырья теплоизоляционные материалы можно разделить на органические, состоящие из волокон или вспененного поли-

мера, и неорганические, получаемые из минеральных расплавов или обжигом минерального сырья.

По **форме и внешнему виду** теплоизоляционные материалы (ТИМ) бывают штучные (плиты, блоки, кирпичи и др.), рулонные (маты, полосы), шнуровые (жгуты, шнуры), сыпуче-зернистые (перлит, керамзит), фасонные (цилиндры, сегменты).

Теплоизоляционные материалы характеризуются большим количеством закрытых, разобщенных, и открытых, сообщающихся между собой, пор, которые заполнены воздухом или газом.

По **структуре** ТИМ делят на *волокнистые* – минераловатные, древесноволокнистые; *ячеистые* – пеностекло, пенопласты; Лучшую теплоизолирующую способность имеют материалы с мелкими замкнутыми сферическими порами. С увеличением размеров пор ухудшаются теплозащитные свойства материалов, так как воздух, заключенный в порах, свободно перемещается и теплопроводность материала увеличивается. Кроме того, такие материалы обладают высоким водопоглощением, что также ухудшает теплоизоляционные свойства, так как вода имеет высокий коэффициент теплопроводности. Общая пористость материала складывается из открытой и закрытой пористости. Для теплоизоляционных материалов общая пористость должна находиться в пределах 40% – 98%. Величина открытой пористости зависит от структуры материала. Так, для материалов волокнистой структуры величина открытой пористости приближается к общей. У материалов ячеистой структуры преобладают закрытые поры (табл. 7.1)

Таблица 7.1. – Пористость теплоизоляционных материалов

Структура материала	Пористость, %		
	Общая	Открытая	Закрытая
Ячеистая	85 – 98	1 – 50	40 – 97
Волокнистая	85 – 92	85 – 92	0 – 10
Зернистая	40 – 75	30 – 65	10 – 20

Теплоизоляционные свойства материалов зависят от величины средней плотности: чем ниже средняя плотность, тем лучше теплоизоляционные свойства.

В зависимости от средней плотности (кг/м³) ТИМ делят на четыре группы: особо низкой плотности (ОНП) с маркой по плотности 15, 25, 35, 50, 75; низкой плотности (НП) – 100, 125, 150, 175; средней плотности (СП) – 200, 225, 250, 300, 350; плотные (Пл) – 400, 500, 600.

Важнейшим показателем теплоизоляционных свойств материалов является **теплопроводность**. В зависимости от этой величины ТИМ делят на классы:

А – низкой теплопроводности – до 0,06 Вт/м·К;

Б – средней теплопроводности – от 0,06 до 0,115 Вт/м·К;

В – высокой теплопроводности – от 0,115 до 0,175 Вт/м·К.

Теплоизоляционные свойства материалов зависят также от условий хранения и эксплуатации. При длительном хранении, а также эксплуатации под действием значительных нагрузок мягкие теплоизоляционные материалы сжимаются, уменьшается их пористость, ухудшаются теплоизоляционные свойства.

В зависимости от **жесткости**, степени сжимаемости при определенной нагрузке, ТИМ делят на марки:

М – мягкие,

П – полужесткие,

Ж – жесткие,

ПЖ – повышенной жесткости,

Т – твердые.

Независимо от структуры теплоизоляционные материалы обладают существенным недостатком – способностью увлажняться. Материалы адсорбируют влагу из воздуха или поглощают ее при непосредственном контакте с водой. При этом средняя плотность увеличивается, а теплоизоляционные свойства ухудшаются, так как коэффициент теплопроводности воздуха, заполняющего поры, равен 0,023 Вт/м·К, а воды 0,58 Вт/м·К. Поэтому теплоизоляционные материалы необходимо хранить в закрытых помещениях с сухим режимом эксплуатации.

Температура эксплуатации теплоизоляционных материалов определяет возможность их применения. Органические материалы используют при более низких температурах, чем неорганические. Каждый теплоизоляционный материал характеризуют интервалом температурного применения (табл. 7.2).

Студент должен приобрести навыки:

– определения физико-механических свойств теплоизоляционных материалов;

– работы с используемыми приборами и оборудованием;

– поиска информации по справочно-нормативной литературе.

Умения:

- анализировать полученную информацию;
- делать выводы о свойствах исследуемых материалов, их зависимости от состава и структуры;
- определять рациональную область использования теплоизоляционных материалов.

Таблица 7.2. – Температурный интервал применения теплоизоляционных материалов

Группы теплоизоляционных материалов	Истинная плотность, кг/м ³	Интервал температурного применения, ΔТ, °С («минус» – «плюс»)
Органические		
рыхлозернистые	1100	70 – 180
ячеистые	1200	–“–
волокнистые полимерные	1150	–“–
волокнистые растительные	1200	20 – 100
Неорганические		
рыхлозернистые	2650	200 – 875
волокнистые	2500	120 – 700
ячеистые	2500	200 – 400

Используемые приборы и оборудование:

1. Линейка металлическая измерительная.
2. Штангенциркуль.
3. Весы лабораторные технические.
4. Устройство для определения сжимаемости.

Перечень ГОСТов и СТБ:

1. СТБ 4.201-94. Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы и изделия теплоизоляционные. Номенклатура показателей.
2. СТБ 1246-2000. Пенопласт теплоизоляционный на основе карбамидоформальдегидной смолы. Технические условия.
3. ГОСТ 9573-96. Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия.
4. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.

5. ГОСТ 4598-86. Плиты древесно-волокнистые. Технические условия.

6. ГОСТ 10832-91. Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия.

7. ГОСТ 15588-86. Плиты пенополистирольные. Технические условия.

8. ГОСТ 16381-77. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования.

9. ГОСТ 25546-77. Изделия теплоизоляционные из пенопласта ФРП-1. Технические условия.

Данные, полученные при выполнении работы, занести в таблицу 7.3.

Таблица 7.3. – Теплоизоляционные материалы и изделия

Наименование материала	Используемое сырье	Структура	Форма изделия	Класс, группа материала			Температура применения, °С	Область использования
				по средней плотности	по теплопроводности	по жесткости		

1. Определение средней плотности

Среднюю плотность материала определяют после предварительного высушивания до постоянной массы или в состоянии естественной равновесной влажности.

Среднюю плотность ρ_o , кг/м³, сухого образца правильной геометрической формы определяют по формуле:

$$\rho_o = \frac{m}{V}, \quad (7.1)$$

где m – масса сухого образца, кг; V – объем образца, м³.

По величине средней плотности определяют группу теплоизоляционного материала.

2. Определение пористости

Общую пористость материала P_o , % определяют по формуле:

$$P_o = \left(1 - \frac{\rho_{cp}}{\rho}\right) \cdot 100, \quad (7.2)$$

где ρ_{cp} – средняя плотность материала, кг/м³; ρ – истинная плотность материала, кг/м³ (см. табл. 7.2).

Полученную величину общей пористости сравнивают с данными таблицы 7.1, проводят визуальный осмотр материала и делают вывод о его структуре, а также интервале открытой и закрытой пористости.

3. Определение теплопроводности

Главный фактор, определяющий теплопроводность, – средняя плотность материала. С увеличением средней плотности материала, температуры окружающего воздуха теплопроводность увеличивается.

Теплопроводность материала λ , Вт/м·К определяют при температуре 25 °С экспериментально либо по формуле:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22\rho_{cp}^2} - 0,16, \quad (7.3)$$

где ρ_{cp} – средняя плотность материала, г/см³.

По значению теплопроводности определите класс материала по этому показателю.

На основании полученных данных:

– охарактеризуйте исследуемый материал по виду исходного сырья, форме изделия, структуре;

– определите группу по средней плотности, марку по сжимаемости, интервал температуры использования и рациональные области применения в жилых, общественных, промышленных и административных помещениях.

Вопросы для защиты выполненной работы:

1. Какие материалы называют теплоизоляционными?
2. По каким основным показателям оценивают качество теплоизоляционного материала?
3. Классификация теплоизоляционных материалов по форме изделий и характеру структуры.
4. Назовите способы получения пористой структуры.
5. Какую классификацию теплоизоляционных материалов по природе происхождения и степени сжимаемости Вы знаете?
6. Чем теплоизоляционные материалы отличаются от звукопоглощающих?
7. Какие органические и неорганические теплоизоляционные материалы Вы знаете?
8. Поры какого типа желательно создавать у ТИМ и почему?
9. Каковы недостатки ТИМ на основе органического сырья, как их можно устранить?
10. Обосновать влияние влажности материала на его теплопроводность.
11. Какие материалы необходимо применить для теплозащиты ограждающих стеновых конструкций?
12. Какие материалы необходимо применить в качестве акустических при отделке стен и потолка?
13. Какую классификацию теплоизоляционных материалов по средней плотности и теплопроводности Вы знаете?

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Лабораторная работа № 1. Исследование влияния макроструктуры на физические свойства материалов	5
Лабораторная работа № 2. Исследование влияния структуры и влажности древесины на ее физико-механические свойства	11
Лабораторная работа № 3. Исследование влияния качества пигментов на прочность и пластичность лакокрасочного покрытия	19
Лабораторная работа № 4. Исследование физико-механических свойств битумных материалов	24
Лабораторная работа № 5. Исследование физических и механических свойств керамических материалов различного назначения	29
Лабораторная работа № 6. Исследование механических свойств строительных сталей	42
Лабораторная работа № 7. Исследование свойств теплоизоляционных материалов	48

Учебное издание

КИРЕЕВА Юлия Иосифовна

**ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, ОРГАНИЧЕСКИЕ
И НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Методические указания
к выполнению лабораторных и практических работ
по дисциплине «Материаловедение»
для студентов специальностей 1-70 02 01, 1-70 02 02,
1-70 03 01, 1-69 01 01, 1-70 04 03, 1-70 04 02,
1-19 01 01-02

Редактор *И. Н. Чапкевич*

Подписано в печать 28.01.19. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 2,83. Тираж 30 экз. Заказ 71.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.