

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Л. А. Максименко

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ДЛЯ КАДАСТРА

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве практикума для обучающихся по направлению подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2025

УДК 620.22:528.44

М171

Рецензенты: доктор технических наук, доцент НГАСУ (Сибстрин)

О. А. Коробова

кандидат технических наук, доцент СГУГиТ *В. Е. Мизин*

Максименко, Л. А.

М171 Материаловедение для кадастра : практикум / Л. А. Максименко. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 111 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-907998-60-5

Практикум подготовлен кандидатом технических наук, доцентом кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости СГУГиТ Л. А. Максименко.

Практикум предназначен для проведения лабораторных и практических занятий, организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Материаловедение для кадастра» по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата), профиль «Кадастр недвижимости».

Практикум содержит краткие сведения по основным разделам дисциплины, примеры решения задач, индивидуальные задания и указания по их выполнению, а также задачи для самостоятельного решения.

Рекомендовано к изданию кафедрой геоматики и инфраструктуры недвижимости, Ученым советом Института кадастра и природопользования СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 620.22:528.44

ISBN 978-5-907998-60-5

© СГУГиТ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Измерения основных величин и характеристик строительных материалов	5
Лабораторная работа № 2. Свойства строительных материалов	19
Лабораторная работа № 3. Природные строительные материалы	39
Лабораторная работа № 4. Искусственные каменные материалы	57
Лабораторная работа № 5. Металлы и металлические изделия	79
Библиографический список	98
Приложение 1. Старинные русские меры длины и площади	100
Приложение 2. Государственные стандарты (ГОСТ) на основные строительные материалы и методы их испытаний (по состоянию на 01.09.2025)	102
Приложение 3. Терминологический словарь	104
Приложение 4. Рекомендации для решения задач и тестов	107
Приложение 5. Порошковые композиционные и неметаллические материалы	109

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Материаловедение для кадастра» является формирование у обучающихся профессиональных компетенций в соответствии с основной образовательной программой высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

Материаловедение для кадастра выделяется среди других направлений тем, что оно сосредоточено на изучении свойств и характеристик строительных материалов в контексте их использования в объектах недвижимости. В рамках кадастровых работ материалы выступают как важные компоненты конструкций зданий и сооружений, влияющие на их техническое состояние, прочность, безопасность и стоимость. Материаловедение для кадастра опирается на стандарты (например, ГОСТ, СП, ТУ), что обеспечивает точность и однородность данных при учете материалов в кадастровой документации. Знания по материалам позволяют оценить износ, определить необходимость ремонта или замены, что важно для определения стоимости объекта и его технического состояния и требует знания инженерных, строительных и кадастровых аспектов.

В процессе обучения, согласно компетентностной модели, на лекционных, лабораторных и практических занятиях необходимо развивать кругозор и развивать у обучающихся способности, умения и навыки для проведения наблюдений и измерений, обработки и представления полученных результатов. Изучение «Материаловедения для кадастра» связано с актуализацией информации по объекту капитального строительства, способствует повышению эффективности кадастрового учета и управления недвижимостью.

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН И ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: приобретение необходимых практических навыков для обработки и анализа информации о строительных материалах.

Задачи работы:

- ознакомление с нормативной литературой ГОСТ 8.417-2024 «Государственная система обеспечения единства измерений»;
- изучение правил написания обозначений единиц измерения (Международной системы единиц (СИ));
- ознакомление с современными методиками, приборами и инструментами для исследования свойств строительных материалов;
- выполнение визуальных исследований, измерений и фотографирование образцов для проведения испытаний строительных материалов;
- решение задач на преобразование единиц измерения.

Перечень обеспечивающих средств:

- персональные компьютеры (ПК);
- программное обеспечение (ПО);
- учебно-методическая литература;
- линейка, штангенциркуль, лупа и др.

Время выполнения: 6 часов (4 часа – аудиторная работа, 2 часа – самостоятельная).

Общие теоретические сведения

Законодательство Российской Федерации об обеспечении единства измерений основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя федеральный закон № 102-ФЗ, другие федеральные законы, регулирующие отношения в области обеспечения единства измерений, а также принимаемые в соответствии с ними иные нормативные правовые акты Российской Федерации [1, 2].

При работе с кадастровой информацией зачастую возникает необходимость в представлении сведений о строительных материалах, которые применялись при возведении как здания в целом, так и его отдельных конструктивных элементов. Сведения о строительных материалах необходимы при оценке стоимости, при реконструкции объектов [3–8].

Строительный рынок богат разнообразными материалами, и в первую очередь для их учета важно как оперировать единицами измерения, так и знать правила обозначения этих единиц. С учетом гармонизации стандартов и перехода на международный рынок необходимо уметь производить преобразование единиц измерений.

Рассмотрим несколько фактов из истории развития единиц измерения. Природные и бытовые меры, такие как локоть, вершок, пядь, сажень и другие относят к системе древнерусских мер длины. Соотношения между этими величинами наглядно представлены на рис. 1.1.

Для измерения веса применяли такие меры, как пуд, безмен, золотник и другие, а объем определяли бочками, ведрами и более мелкими частями, как показано на рис. 1.2.

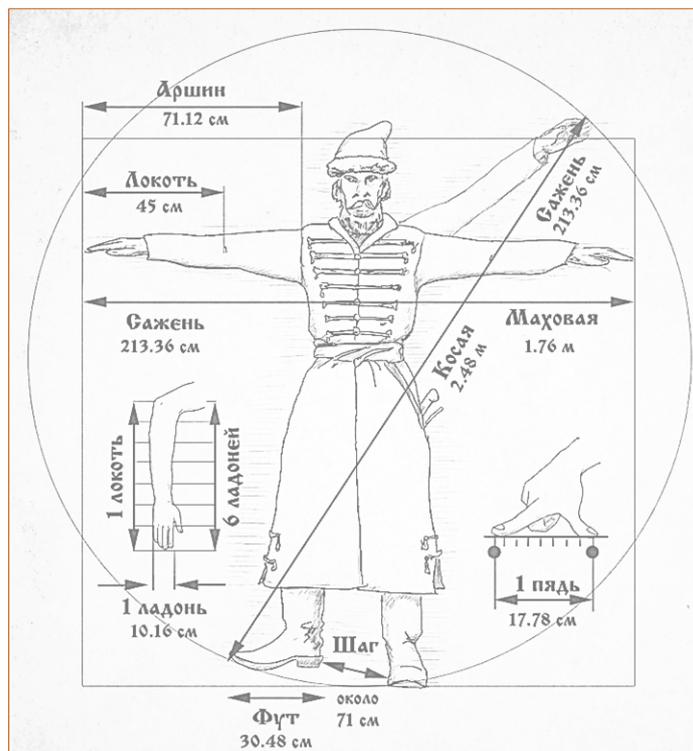


Рис. 1.1. Старинные меры длины



Рис. 1.2. Старинные меры объема и веса

В старорусское время для учета и оценки земельных участков, землепользования и земельной собственности применяли такие меры, как десятина, четверть, казенная трехаршинная сажень и др. Десятина в 2 400 квадратных сажен была примерно равна 1,093 га.

Соотношения древнерусских мер и современных стандартов единиц длин и весов представлены в прил. 1.

К XVIII в. существовало более 400 различных по величине единиц измерений, что мешало торговым связям, обмену товаров как внутри, так и за пределами государства. В XIX в. установили российскую метрическую систему, которая постепенно заменяла устаревшие единицы.

История метрических систем единиц измерений, как принято считать в исторических сведениях, восходит к 1790 г., когда возникла потребность создать универсальные и стандартизированные меры и предложить их в качестве международных единиц измерения. В это время во Франции была создана Комиссия по мерам, которая разработала новую систему измерений, основанную на природных постоянных, в 1795 г. впервые был введен метр – единица длины, равная десяти миллионам части квадрата меридиана Земли, что обеспечивало универсальность и точность. В дальнейшем система развивалась, появились новые единицы измерения массы, объема и времени, что легло в основу современной Международной системы единиц (СИ), официально принятой в 1960 г., на Международной конференции по мерам и весам (CGPM). Эта система стала международным стандартом для измерений и применяется для научных исследований, в строительстве, промышленности и повседневной жизни.

В Советском Союзе государственными стандартами на единицы измерений для преимущественного применения были приняты системы, которые в общей совокупности охватывали 6 основных единиц и воспроизводились с помощью государственных эталонов на основе принятых определений для этих единиц, и 58 производных единиц, которые были предназначены для измерения различных физических величин и рассматривались как составные элементы единой системы единиц. В табл. 1.1. приведены основные системы измерений, применяемые до 1963 г.

Таблица 1.1

Основные системы измерений, применяемые до 1963 г.

Наименование системы	Основное назначение системы	Основные единицы измерения	Примечание
МКС	Для измерения механических и акустических единиц	Единица длины – <i>метр</i> ; единица массы – <i>килограмм</i> ; единица времени – <i>секунда</i>	В качестве составной части вошла в систему СИ, в настоящее время самостоятельного значения не имеет
МКСА	Система единиц измерения электрических и магнитных величин	Единица длины – <i>метр</i> ; единица массы – <i>килограмм</i> ; единица времени – <i>секунда</i> . Единица силы электрического тока – <i>ампер</i>	Используются в СИ в настоящее время: вольт, кулон, ом и др.
МКСК (КСГ)	Система единиц измерения тепловых величин	Единица длины – <i>метр</i> ; единица массы – <i>килограмм</i> ; единица времени – <i>секунда</i> ; единица термодинамической температуры – <i>кельвин</i>	Расширение системы МКС за счет добавления четвертой основной единицы – <i>кельвина</i> (градуса Кельвина)
СГС	Система единиц измерения механических и электромагнитных величин	Основные единицы: сантиметр (единица длины), грамм (единица массы) и секунда (единица времени)	СГС используется параллельно, где ее применение упрощает записи некоторых законов

В октябре 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам, прошедшая в Париже, приняла международную систему единиц (SI), состоящую из шести основных единиц: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина, свеча. Были приняты две дополнительные единицы: радиан и стерадиан. Также были приняты 27 важнейших производных единиц, при этом не были установлены заранее дополнительные производные единицы, которые могли появиться впоследствии. 18 сентября 1961 г. в Советском Союзе был утвержден ГОСТ 9867–61 «Международная система единиц». Этот стандарт установил сокращенное обозначение Международной системы единиц русскими буквами СИ (Система Интернациональная), что соответствует сокращенному обозначению системы латинскими буквами SI (Systeme International). С 1 января 1963 г. было установлено предпочтительное применение системы СИ во всех областях науки, техники и народного хозяйства, в том числе система СИ была внедрена в образовательные процессы вузов.

Ключевые преимущества системы СИ заключаются в следующем:

- приведение единиц физических величин к единству в рамках разных видов измерения;
- универсальность системы;
- связность (когерентность) и стройность системы;
- принципы построения системы СИ допускают и обеспечивают введение новых производных единиц по мере необходимости.

Принятие единой для всех стран международной системы единиц обеспечило согласованность и устранило трудности перевода численных значений физических величин, а также различных констант из какой-либо одной системы в другую.

В настоящее время система в системе СИ выбраны семь основных независимых величин для измерения, что показано на рис. 1.3.

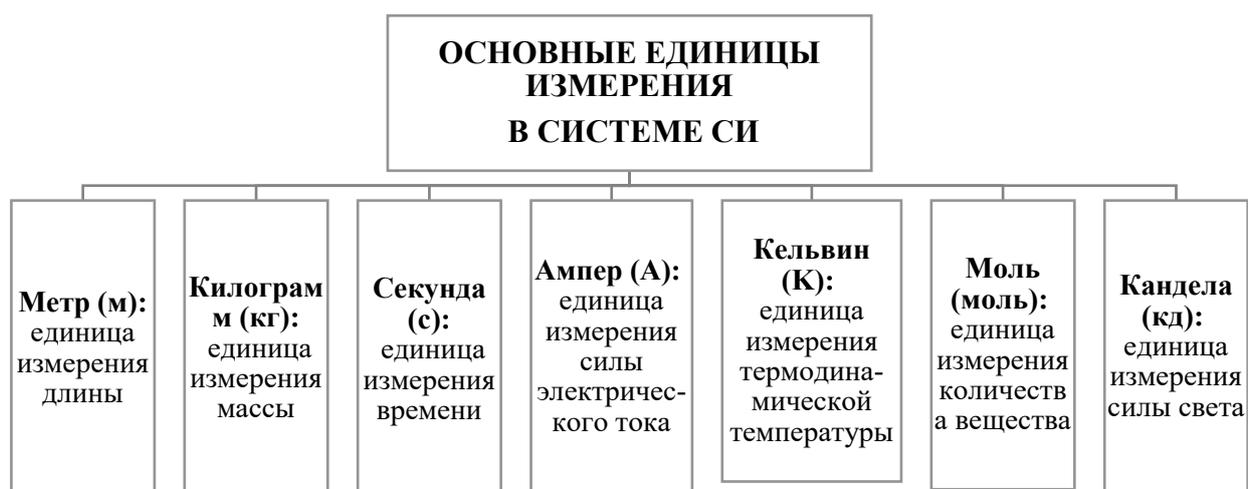


Рис. 1.3. Основные единицы измерения в системе СИ

Следует отметить, что в системе СИ до сих пор существует разночтение в применении термина «вес», который в повседневной практике и разговорном языке часто используется как синоним для характеристики массы (количества вещества), тогда как в механике «вес» – это сила тяжести, действующая на тело. Как известно, вес P равен произведению массы m на ускорение свободного падения g . В связи с тем, что значение g для различных точек земной поверхности имеет разные числовые значения, вес P не является величиной постоянной, но значение массы m имеет постоянную величину и не зависит от места измерения. В системе СИ единицей силы (в том числе и силы тяжести, т. е. веса P) является ньютон H , а единицей массы – килограмм. Во всех случаях, когда речь идет о количестве вещества, необходимо говорить о массе. Например, вычисляя расход металла или бетонной смеси на изготовление строительных изделий, необходимо говорить о массе, выраженной в килограммах (или граммах, кратных или дольных единицах грамма). Если необходимо определить подъемную силу или давление на фундамент, необходимо говорить о силе тяжести и выражать ее в единицах силы P , т. е. в ньютонах. Важно отметить, что при переходе на единицы системы СИ единица измерения силы

Р – ньютон, а единица измерения давления – ньютон на квадратный метр. Так, например, для пересчета единицы силы – килограмм-сила в единицу ньютон, равным $1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ н}$. С точностью 2 % можно принять, что $1 \text{ кгс} = 10 \text{ н}$, тогда, если предоставляется возможным пренебречь указанной разницей в 2 %, можно упростить практические расчеты.

С 1 января 1963 г. ГОСТ 9867–61 «Международная система единиц» СИ была закреплена в стране и принята в качестве предпочтительной во всех областях науки, техники и народного хозяйства, а также в обучении. В настоящее время действует ГОСТ 8.417–2024 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин» [2].

Эталоны единиц измерения предназначены для связи и трассируемости измерений, они обеспечивают сопоставимость результатов между лабораториями и во времени. Эталоны бывают международные, национальные и рабочие. В качестве эталона могут быть приняты физические артефакты. Например, ранее (с 1901 г.) килограммом считалась масса, равная массе прототипа, хранящегося в Международном бюро мер и весов. Этот эталон был создан для того, чтобы по всему миру привести меру массы к единому стандарту. Как оказалось, слиток (цилиндр диаметром и высотой 39 мм из платиноиридиевого сплава – 90 % платины, 10 % иридия), хранящийся под тремя герметичными колпаками, со временем изменился, убавляя в весе примерно по 50 микрограммов за 100 лет. Было принято решение, что с 20 мая 2019 г. слиток платины и иридия, хранящийся в Международном бюро мер и весов, перестает быть эталоном для обозначения килограмма. В настоящее время единицу массы определяют через постоянную Планка. Для измерения постоянной Планка применяют весы Киббла, используя уже имеющиеся эталонные значения длины и времени (рис. 1.4) [9]. Решение об этом приняли на XXVI Генеральной конференции мер и весов.

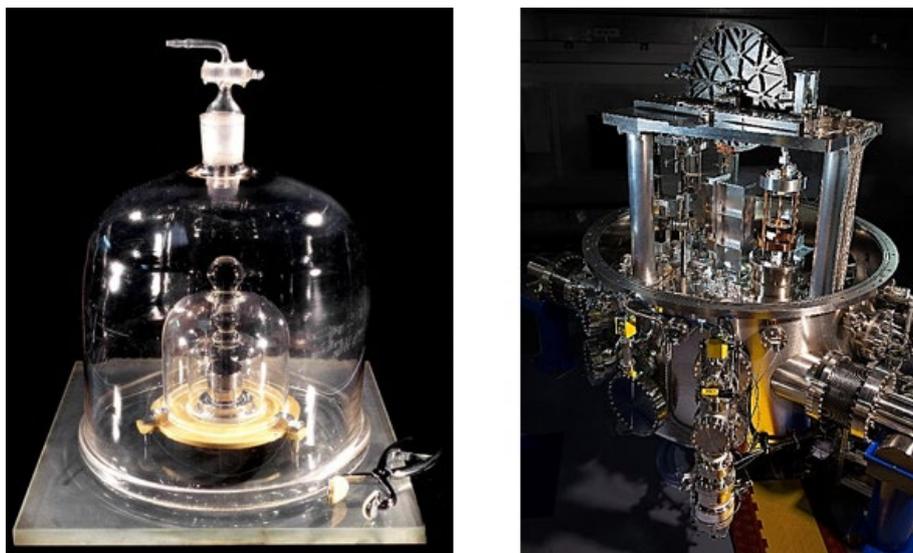


Рис. 1.4. Эталоны для измерения массы

Технология проверки качества материалов для строительства заключается в определении их технологических и эксплуатационных свойств в соответствии с действующими нормативами. Средства измерительной техники представляют собой технические средства, специально предназначенные для измерений. К ним относят средства измерений, эталоны, измерительные системы, измерительные установки, измерительные принадлежности, средства сравнения, стандартные образцы и др. [2]. Стандартные образцы предназначены для воспроизведения, хранения и передачи характеристик состава или свойств веществ (материалов), выраженных в значениях единиц величин, допущенных к применению в стране. В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений применяются стандартные образцы утвержденных типов [1]. Для испытания строительных материалов применяются различные методики. К механическим воздействиям относятся такие испытания, как кручение, растяжение, изгиб, твердость, сжатие, удар и др. Проверка физических свойств материалов проводится на морозостойкость, влагопоглощение, теплопроводность, электрическую проводимость и т. д. Образцы для испытаний материалов на сжатие и срез имеют круглое или прямоугольное (квадратное) постоянное сечение без головок по концам; соотношение расчетной длины и размеров сечения оговаривается ГОСТ 9017–74, 10180–78, 25503–80 и другие. Форма

и размеры образцов для испытаний строительных материалов приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Типы образцов для испытаний

Материал	Образец	Форма образца	Расчетная длина (l_0), мм	Поперечные размеры, мм
Испытание на растяжение				
Сталь	Стандартный	Цилиндр	100	10
		Цилиндр	50	10
		Цилиндр	30	6
Испытание на сжатие				
Чугун		Цилиндр	20	30...60
Камень		Куб	70	70
Цемент		Куб	70	70
Бетон		Куб	100; 150	100; 150
Кирпич		Параллелепипед	120	120 × 160

На рис. 1.5 представлены приборы и инструменты для измерений и испытаний строительных материалов и изделий.

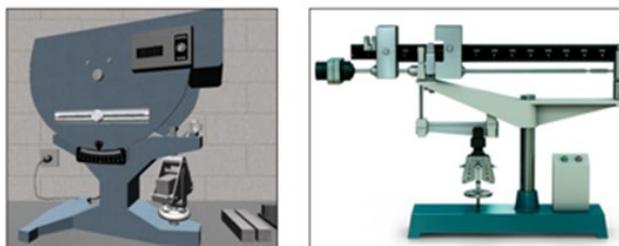
Штангенциркули для измерения внутренних и наружных размеров строительных изделий



Весы торговые, платформенные и весовые дозаторы



Испытательная машина МИИ-100 и МИИ-Ц для определения предела прочности при изгибе образцов-балочек из мелкозернистого бетона и цементных образцов



Молоток Шмидта и ультразвуковой томограф для неразрушающего контроля прочности бетонных изделий

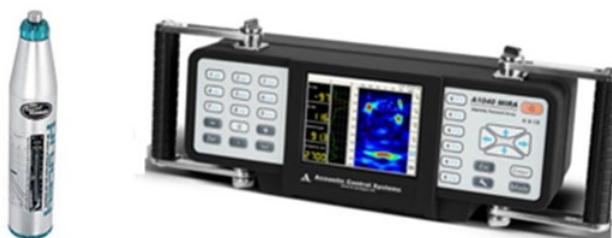


Рис. 1.5. Приборы для измерений и испытаний строительных материалов и изделий

Методика выполнения работы

Задание 1. Провести анализ нормативной литературы (ГОСТ 8.417–2024 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин» [2]). Определить основные независимые величины в системе СИ (базовые величины СИ) и записать единицы измерения основных величин и характеристик для строительных материалов. Заполнить табл. 1.3.

Таблица 1.3

Единицы Международной системы единиц (СИ)

Величина		Единицы величины			
Наименование	Обозначение размерности	Наименование единиц измерения	Обозначение		Примечание
			международное	русское	
Основные единицы СИ					
Время					
Длина					
Масса					
Производные единицы СИ					
Площадь					
Объем, (вместимость)					
Сила					
Давление					
Плотность (массовая)					
Освещенность	Люкс				
Температура Цельсия					
Теплоемкость (энтропия)					
Теплопроводность					

Внесистемные единицы СИ, допускаемые к применению наравне с единицами СИ					
Величина		Единицы величины			Соотношение с единицей СИ
Наименование	Обозначение размерности	Наименование единиц измерения	Обозначение		
			Междуна- родное	русское	
Масса	Тонна		t	т	
Время					
Объем					
Площадь	Гектар				
Соотношение некоторых внесистемных единиц с единицами СИ					
Сила, вес	Килограмм- сила				
	Грамм-сила				
	Тонна-сила				
Давление	Килограмм- сила на квадратный сантиметр				
Длина	Микрон				

Задание 2. Изучить правила написания обозначений единиц измерения [2], привести основные правила написания значений величин и поясняющие примеры (масса, плотность, объем, площадь, сила, давление). Заполнить табл. 1.4.

Правило. При написании значений величин применяют обозначения единиц буквами или специальными знаками (...°, ...', ..."), причем устанавливают два вида буквенных обозначений: международное (с использованием букв латинского или греческого алфавита) и русское (с использованием букв русского алфавита). Буквенные обозначения единиц печатают прямым шрифтом. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят [2].

Правила написания обозначений единиц измерения

Наименование единицы измерения	Обозначение единицы измерения (примеры)
Масса	10 кг
Плотность	
Объем	
Площадь	
Сила	
Давление	

Задание 3. Выполнить визуальное исследование, измерение и фотографирование стандартных образцов (из коллекции строительных материалов) для проведения испытаний строительных материалов. В прил.3 представлен терминологический словарь по основным видам материалов, применяемых в строительной практике.

Задание 4. Решение задач на преобразование единиц измерения.

1. Преобразуйте 2 км в метры, а затем в сантиметры.
2. Сколько сантиметров в 5 м?
3. Есть 2 л воды, сколько это в миллилитрах?
4. Имеется участок земли площадью 2 500 м². Сколько это в гектарах?
5. Стена имеет площадь 15 м². Какова ее площадь в квадратных сантиметрах?
6. Есть 3,5 кг цемента. Сколько это в граммах?
7. Бочка имеет объем 200 см³. Сколько это в литрах?
8. Имеется 500 граммов вещества объемом 250 см³. Какова его плотность в г/см³?
9. Плотность воды составляет 1 г/см³. Какова плотность воды в кг/м³?
10. Разрушающая нагрузка на образец составляет 88 Н. Переведите это значение в кГс.

Заключение необходимо написать самостоятельно.

Требования к отчету

В результате выполнения лабораторной работы обучающиеся должны представить:

- анализ нормативной литературы [1, 2];
- основные величины и единицы измерения основных величин и характеристик для строительных материалов (Международной системы единиц (СИ));
- заполненные табл. 1.2 и 1.3;
- оформить отчет о проделанной работе.

Вопросы для самопроверки

1. Какие основные величины и характеристики строительных материалов регламентируются в Международной системе единиц (СИ)?
2. Объясните важность использования единиц измерения СИ в строительной отрасли и кадастре.
3. Каковы основные изменения в единицах измерения, введенные в последней редакции нормативных документов?
4. Каковы основные правила написания обозначений единиц измерения в СИ? Приведите примеры.
5. Как нужно записывать единицы измерения (например, температуру, плотность) в соответствии с правилами СИ?
6. Каковы правила написания единиц измерения с приставками (например, «кило-», «мега-», «милли-»)? Приведите примеры.
7. Почему важно придерживаться правил написания обозначений единиц при составлении документации в строительстве?
8. Каковы основные ошибки, которые могут возникнуть при использовании обозначений единиц в документации? Приведите примеры.
9. Какие параметры необходимо измерить при визуальном исследовании образцов строительных материалов?
10. Назовите основные единицы измерения в системе СИ.

Лабораторная работа № 2

СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить основные свойства строительных материалов, определить их характеристики и качество в соответствии с требованиями строительных стандартов и нормативов.

Задачи работы:

- изучение номенклатуры и свойств строительных материалов;
- изучение правил пользования стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией;
- ознакомиться с методами определения физических свойств строительных материалов;
- провести испытания образцов материалов;
- проанализировать полученные результаты и сравнить их с нормативными значениями;
- выработать навыки правильного проведения лабораторных измерений и оформления результатов;
- сделать выводы о пригодности материалов для использования в строительстве в зависимости от их свойств.

Перечень обеспечивающих средств:

- персональные компьютеры;
- программное обеспечение «Виртуальная лаборатория строительных материалов» [10];
- учебно-методическая литература;
- коллекция образцов строительных материалов.

Время выполнения: 14 часов (8 часов – аудиторная работа, 6 часов – самостоятельная).

Общие теоретические сведения

Существует множество классификаций строительных материалов, и их число может варьироваться в зависимости от критериев и целей класси-

кации [11]. Основные подходы к классификации включают следующие признаки, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные классификационные признаки строительных материалов

Наименование признака	Характерные примеры материалов
Происхождение	Натуральные материалы (например, камень, дерево, глина); искусственные материалы (цемент, бетон, кирпич, пластики и др.)
Назначение	Конструкционные материалы (обеспечивают прочность и устойчивость зданий); отделочные материалы (внутренние и внешние отделки); изоляционные материалы (утеплители, гидроизоляция)
Физико-химические свойства	Твердые, жидкие, газообразные; огнестойкие, влагостойкие, теплоизоляционные, звукоизоляционные, морозостойкие и др.
Способ производства	Натуральные материалы: камень, глина, древесина, песок, гравий, известняк; искусственные материалы, которые получают путем обработки или синтеза из натуральных или других материалов с использованием технологических процессов; монолитные материалы, которые изготавливаются без предварительной формовки или сборки, непосредственно на строительной площадке или в производственном цехе; формованные материалы, которые производятся путем формовки, прессования или экструдирования; сборные (модульные) материалы в виде отдельных элементов или узлов, которые затем собираются на стройплощадке
Долговечность и устойчивость	Коррозионная стойкость, устойчивость к биологическим воздействиям (грибкам, плесени), устойчивость к атмосферным воздействиям (морозу, ультрафиолету)
Экологические свойства	Безопасность для здоровья, экологическая чистота, возможность переработки и утилизации
Обрабатываемость	Легкость резки, сверления, шлифовки, гвоздимости, адгезия с другими материалами
Эстетические свойства	Цвет, текстура, блеск и матовость

В рамках кадастровых работ важна систематизация строительных материалов для определения технических характеристик зданий и сооруже-

ний, учета их состояния, оценки стоимости и планирования реконструкции или ремонта строений в целях обеспечения единообразия данных и их правильного использования.

За последнее десятилетие значительно расширилась номенклатура строительных материалов за счет использования материалов для аддитивных технологий. 3D-печать в строительстве становится все более популярным направлением во многих странах для создания новых инновационных архитектурно-строительных решений. Классификация строительных материалов с учетом их использования в аддитивных технологиях приведена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Классификация строительных материалов, применяемых в аддитивных технологиях

Наименование признака	Характерные примеры материалов
Традиционные строительные материалы	<i>Бетонные смеси:</i> кирпичи, блоки из газобетона, пенобетона, сталь и металлоконструкции, древесина и композиты на ее основе
Материалы для аддитивных технологий	Бетонные и цементные материалы для 3D-печати. <i>Металлические материалы:</i> металлы для 3D-печати (сталь, титан, алюминий), сплавы для порошковой печати. <i>Новые и композитные материалы:</i> гипсовые и гипсово-цементные составы, цементы с добавками для улучшения адгезии и прочности, композиты на основе полимеров и армирующих волокон, биоматериалы для экологических конструкций
Форма и состояние	Сыпучие материалы (порошки, гранулы), жидкие и пастообразные смеси, твердые формы (блоки, панели)
Области применения	Конструкционные материалы, декоративные материалы, инженерные и специализированные материалы

Классификации, приведенные в табл. 2.1 и 2.2, позволяют понять, какие материалы используются в традиционном строительстве и в современных аддитивных технологиях, что важно знать при выборе оптимальных решений для строительства и проектирования объектов.

Разработанные в РФ нормативные документы позволяют обеспечить единую методику и правила испытаний строительных материалов. В перечень

руководящих документов входит Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [12]. Ст. 34 закона определяет требования к строительным материалам и изделиям, применяемым в процессе строительства зданий и сооружений:

– строительство здания или сооружения должно осуществляться с применением строительных материалов и изделий, обеспечивающих соответствие здания или сооружения требованиям настоящего федерального закона и проектной документации;

– строительные материалы и изделия должны соответствовать требованиям, установленным в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Знание свойств строительных материалов необходимо для обеспечения надежности, долговечности и безопасности выбора материалов с подходящими физическими и механическими свойствами для снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

Физические свойства строительных материалов. Физическое состояние строительных материалов достаточно полно характеризуется такими свойствами, как средняя и истинная плотность, пористость, водопоглощение, гигроскопичность, теплопроводность, теплоемкость и др.

Средняя плотность – масса единицы объема материала в естественном виде (вместе с порами); получается делением общей массы вещества на общий объем, занимаемый этим веществом:

$$\rho_m = m/v_{nat}, \quad (2.1)$$

где ρ_m – средняя плотность (кг/м³, г/см³);

m – масса образца материала (г, кг);

v_{nat} – объем образца (см³, м³).

Средняя плотность влияет на прочность, теплоизоляцию и массу конструкции, учитывается в расчетах прочности конструктивных элементов с учетом собственной массы.

Насыпная плотность (ρ_s) – отношение массы материала в насыпном состоянии к его объему. Насыпную плотность определяют для сыпучих материалов, таких как гравий, песок, щебень, цемент и т. п.

Истинная плотность ρ (г/см³) – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии. Для каждого вещества это постоянная характеристика (физическая константа). Истинная плотность отражает локальные особенности распределения вещества и может сильно отличаться от средней плотности. В этом заключается существенное отличие истинной плотности от средней.

$$\rho = m/v_{abs}, \quad (2.2)$$

где ρ – истинная плотность (кг/м³, г/см³);

m – масса образца материала (г, кг);

v_{abs} – объем вещества без пор в абсолютно плотном состоянии (см³, м³).

Значения истинной и средней плотности различных строительных материалов приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Плотность некоторых видов строительных материалов

Наименование материалов	Плотность, кг/м ³	
	Средняя	Истинная
Сталь	7 850	7 800–7 900
Гранит	2 500–2 900	2 700–3 000
Известняк (плотный)	1 600–2 400	2 400–2 600
Песок	1 500–1 700	2 500–2 600
Глина	1 600–1 800	2 500–2 700
Цемент	1 100–1 350	...–3100
Кирпич керамический обыкновенный	1 600–1 900	2 600–2 700
Кирпич керамический пористый	600–1 400	2 600–2 700
Бетон тяжелый	1 800–2 500	2 500–2 600

Наименование материалов	Плотность, кг/м ³	
	Средняя	Истинная
Вода пресная (при температуре 4 °С)	1000	—
Нефть	820	—
Древесина. Сосна	400–600	1 550–1 600
Мипора (пеноизол)	10–20	—

Если плотность материала относят к плотности воды (при 4 °С), то определяемая плотность выразится безразмерной величиной (относительная плотность). Для металлов и сплавов, стекла, керамики, полимеров и других материалов, которые являются однородными по составу и структуре, истинная и средняя плотность практически равны.

Между всеми плотностями существует зависимость $\rho > \rho_m > \rho_s$.

Пористость (n) – процентное содержание пор в материале, относительная величина, показывающая, какая часть объема материала занята внутренними порами. Пористость определяется по формуле

$$n = (1 - \rho_m / \rho) \times 100 \%, \quad (2.3)$$

где n – пористость материала %;

ρ_m – средняя плотность (кг/м³, г/см³);

ρ – истинная плотность (кг/м³, г/см³).

Поры представляют собой ячейки, не заполненные структурным материалом. По величине поры могут небольшие, крупные поры, например, между зернами сыпучих материалов. Полости, имеющиеся в некоторых изделиях (пустотелый кирпич), называют пустотами.

Пустотность (n_p) – процентное содержание пустот между зернами сыпучего материала.

$$n_p = [1 - \rho_s / \rho_m] \times 100 \%, \quad (2.4)$$

где n_p – пористость материала, %;

ρ_m – средняя плотность (кг/м³, г/см³);

ρ – истинная плотность (кг/м³, г/см³).

Капиллярное всасывание – подъем влаги, когда часть конструкции соприкасается с водой. Например, из грунта влага поднимается по капиллярам в материале стены за счет поверхностного натяжения и адгезионных сил. Грунтовые воды могут увлажнять нижнюю часть стены здания, что может привести к различным проблемам, таким как повышенная влажность, развитие плесени, разрушение материалов и ухудшение теплоизоляции.

Водопоглощение – свойство материала поглощать и удерживать воду при непосредственном соприкосновении с ней. Количество поглощенной материалом воды, отнесенное к его массе в сухом состоянии, называют водопоглощением по массе, а отнесенное к его объему – водопоглощением по объему:

$$W_m = [(m_w - m_d) / m_d] 100\%, \quad (2.5)$$

$$W_o = [(m_w - m_d) / (\rho_v v)] 100\%, \quad (2.6)$$

где m_w , m_d – масса материала в сухом и насыщенном водой состоянии соответственно (г, кг);

ρ_v – плотность воды (г/см³, кг/м³);

v – объем материала, м³.

Водопоглощение по объему отражает степень заполнения пор материала водой. Так как вода проникает не во все замкнутые поры и не удерживается в открытых пустотах, объемное водопоглощение меньше истинной пористости.

Влажностные деформации: изменение размера и объема материала при его высыхании называют усадкой (усушкой), а увеличение размеров при увлажнении вплоть до полного насыщения материала водой – набуханием (разбуханием). Материалы высокопористого и волокнистого строения, способные поглощать много воды, характеризуются большой усадкой

(древесина 30–100 мм/м; ячеистый бетон 1–3 мм/м; кирпич керамический 0,03–0,1 мм/м; гранит 0,02–0,06 мм/м).

Водостойкость – способность материала сохранять прочность при увлажнении. Прочностные характеристики водонасыщенных материалов сравниваются с прочностными характеристиками сухих материалов с использованием коэффициента водоразмягчения (k_p):

$$k_p = R_w/R_d, \quad (2.7)$$

где R_w – предел прочности при сжатии водонасыщенного образца;

R_d – предел прочности при сжатии сухого образца.

Коэффициент k_p изменяется от 0 для размягчающихся материалов (например, необожженные глиняные материалы) до 1 (сталь, стекло, гранит).

Влагоотдача – свойство строительных материалов или конструкций отдавать избыточную влагу в окружающую среду, характеризующееся количеством воды, которое материал теряет в сутки при относительной влажности воздуха 60 % и температуре 20 °С. Вследствие влагоотдачи через некоторое время устанавливается воздушно-сухое состояние, когда материал и окружающая среда находятся в равновесии с умеренной влажностью, что предотвращает переувлажнение и пересыхание.

Водопроницаемость – способность материала пропускать воду под давлением. Характеристикой водопроницаемости служит количество воды, прошедшее в течение 1 с через 1 м² поверхности материала при заданном давлении воды. Водопроницаемость зависит от плотности и строения материала. С увеличением количества пор и их диаметра водопроницаемость повышается. При выборе материалов для специальных целей оценивают водонепроницаемость, характеризуемую периодом времени, по истечении которого появляются признаки просачивания воды под давлением через образец испытуемого материала (кровельные материалы), или предельной величиной давления воды, при котором она не проходит через образец (например, бетон).

Паропроницаемость и газопроницаемость – способность пропускать водяной пар или газы, воздух. Она характеризуется коэффициентом паро-

проницаемости, численно равным количеству водяного пара, проникающего через материал толщиной 1 м площадью 1 м² в течение 1 с, и разностью парциальных давлений пара в 133,3 Па. Аналогичным коэффициентом оценивается и газопроницаемость (воздухопроницаемость). Эти характеристики определяются для комплексной оценки физических свойств строительного материала или при его специальном назначении. Материалы для стен жилых зданий должны обладать определенной проницаемостью (стена должна «дышать»), т. е. через наружные стены происходит естественная вентиляция. Наоборот, стены и покрытия влажных помещений необходимо защищать с внутренней стороны от проникновения через них водяного пара, особенно зимой, когда содержание пара внутри помещений значительно больше, чем снаружи, и пар, проникая в холодную зону ограждения, конденсируется, резко повышает влажность в этих местах. В емкостях для хранения газов необходима практически полная газонепроницаемость.

Морозостойкость – свойство материала, насыщенного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и снижения прочности. Например, для ограждающих конструкций требуемая марка по морозостойкости (число циклов замораживания – оттаивания до определенной потери прочности либо массы изделия) может быть в пределах 15–50 циклов. По морозостойкости кирпич делится на марки F15, F25, F35, F50, F100 и выше. Материал считают выдержавшим испытание, если после заданного количества циклов замораживания и оттаивания потеря массы образцов в результате выкрашивания и расслаивания не превышает 5 %, а прочность снижается не более чем на 15–25 %. Марки бетона по морозостойкости приведены в табл. 2.4.

Марки бетона по морозостойкости

Марка бетона	Класс прочности бетона	Класс морозостойкости
М 100	В-7,5	F50
М 150	В-12,5	F50
М 200	В-15	F100
М 250	В-20	F100
М 300	В-22,5	F200
М 350	В-25	F200
М 400	В-30	F300
М 450	В-35	F200-F300
М 550	В-40	F200-F300
М 600	В-45	F200-F300

Теплопроводность – свойство материала передавать теплоту через толщину от одной поверхности к другой. Теплопроводность λ [Вт/(м^{°С})] характеризуется количеством теплоты (Дж), проходящей через материал толщиной 1 м площадью 1 м² в течение 1 с при разности температур на противоположных поверхностях материала 1 °С. Теплопроводность воздуха равна 0,023 Вт/(м^{°С}). Вода имеет теплопроводность в 25 раз больше, чем воздух. Теплопроводность необходимо учитывать при проведении теплотехнического расчета толщины стен и перекрытий зданий. Теплопроводность связана с термическим сопротивлением слоя материала R (м²-°С/Вт), которое определяется по формуле

$$R = \delta/\lambda, \quad (2.8)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – теплопроводность слоя материала, Вт/(м^{°С}).

Значения теплопроводности для наиболее распространенных строительных материалов приведены в табл. 2.5.

Теплопроводность некоторых строительных материалов

Наименование материала	Теплопроводность, Вт/(м°С)	Наименование материала	Теплопроводность, Вт/(м°С)
Сталь	58	Бетон легкий	0,35–0,8
Гранит	2,9–3,3	Пенобетон	0,12–0,15
Бетон тяжелый	1,28–1,55	Фибролит	0,09–0,17
Кирпич керамический сплошной	0,81–0,87	Минеральная вата	0,06–0,09
Вода (для сравнения)	0,59	Древесноволокнистые плиты	0,08
Известняк	0,52–0,98	Мипора	0,04–0,05

Теплоемкость – свойство материала аккумулировать теплоту при нагревании. Теплоемкость оценивают коэффициентом теплоемкости (удельной теплоемкостью), т. е. количеством теплоты, необходимой для нагревания 1 кг материала на 1 °С.

Термическая стойкость – способность материала выдерживать чередование (циклы) резких тепловых изменений. Это свойство в значительной степени зависит от однородности материала и коэффициента теплового расширения составляющих его веществ.

Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) характеризует удлинение материала при нагревании его на 1 °С. При жестком соединении материалов с различными коэффициентами линейного температурного расширения в конструкциях могут возникать большие напряжения и в результате появляются локальные деформации и разрушение. Во избежание этого конструкции большой протяженности разрезают деформационными швами.

Огнестойкость – свойство материала противостоять действию высоких температур и воды в условиях пожара без значительной потери несущей способности. По степени огнестойкости строительные материалы делят на негорючие, трудногорючие и горючие. Негорючие материалы в условиях высоких температур не подвержены воспламенению, тлению или обугливанию. При этом некоторые материалы почти не деформи-

руются под воздействием высоких температур (кирпич), другие могут деформироваться сильно (сталь) или растрескиваться (гранит). Трудногораемые с трудом воспламеняются, тлеют и обугливаются, но только в присутствии огня. При удалении огня эти процессы прекращаются (асфальтовый бетон, фибролит и др.). Сгораемые материалы под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются и горят или тлеют и после удаления источника огня (древесина, битумы, смолы и др.).

Огнеупорность – свойство материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры, не деформируясь и не расплавляясь. Материалы, выдерживающие температуру более 1580 °С, называют огнеупорными, от 1350 до 1580 °С – тугоплавкими, ниже 1350 °С – легкоплавкими. Материалы, которые способны длительное время выдерживать температуру до 1000 °С при незначительной потере прочности, относят к жаростойким (кирпич, жаростойкий бетон и др.).

Радиационная стойкость – свойство материала сохранять свою структуру и физико-механические характеристики после воздействия ионизирующих излучений. Уровень радиации вокруг современных источников ионизирующих излучений в ряде случаев приводит к глубокому изменению структуры материала.

Акустические свойства связаны со взаимодействием материала и звука. К этим свойствам относятся звукопроводность – способность материала проводить звук через свою толщину – и звукопоглощение – способность материала поглощать и отражать падающий на него звук. Чем больше масса материала, тем меньше он проводит звук. Плохо проводят звук пористые и волокнистые материалы, так как звуковая энергия поглощается и рассеивается развитой поверхностью материала, переходя при этом в тепловую энергию. Материалы с гладкой поверхностью отражают значительную часть падающего на них звука (эффект зеркала). Если же поверхность материала имеет открытую пористость, то звуковые колебания, входя в поры, поглощаются материалом.

Технологические свойства – совокупность свойств, определяющих их пригодность для использования в процессе производства, монтажа, эксплуатации и ремонта зданий и сооружений, характеризующих материал по степени и возможности его обработки (рис. 2.1).

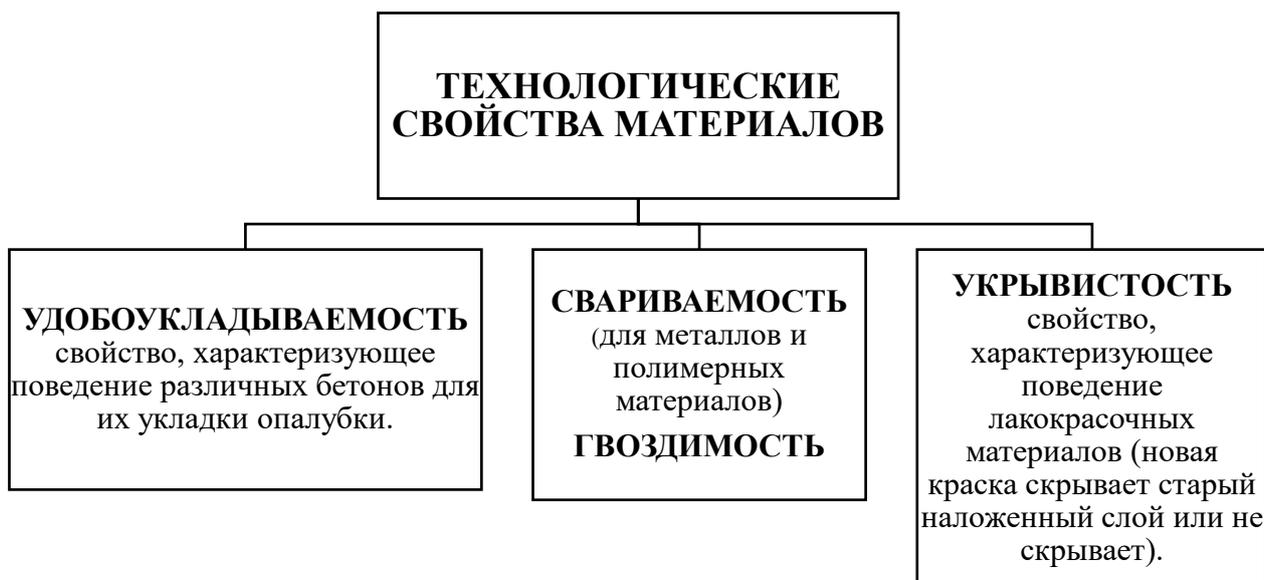


Рис. 2.1. Технологические свойства строительных материалов

Методика выполнения работы

Задание 1. Определить массу сухого сыпучего материала, складированного в правильную геометрическую форму, если известны размеры и плотность складированного материала.

Исходные данные: плотность строительного материала и размеры геометрической фигуры. При определении размеров исследуемой формы геометрической фигуры значение номера варианта следует принять с множителем 0,1. Исходные данные представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

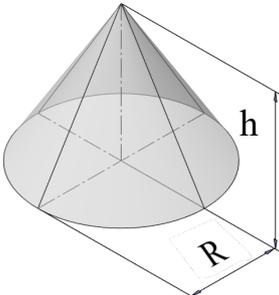
Определение объема геометрических объектов

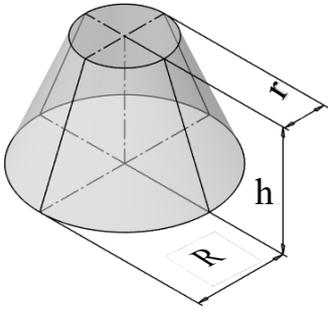
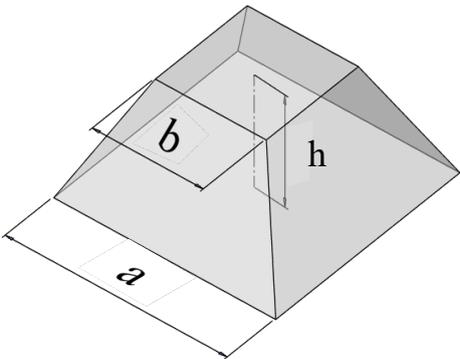
Тип складирования строительных материалов		
Конус	Усеченный конус	Усеченная пирамида
Формула для определения объема		
$V = 1/3 \pi R^2 \cdot H$ 	$V = 1/3 \pi (R^2 + Rr + r^2) \cdot H$ 	$V = h/6[(2a_2 + a_1) \cdot b_2 + (2a_1 + a_2) \cdot b_1]$ 

Исходные данные для вариантного решения представлены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Исходные данные для вариантного решения

Форма геометрической фигуры (тип складирования)	Размеры, базовый вариант (м)	Складируемые стройматериалы		
		Вид материала	Плотность материала (кг/м ³)	Масса материала (тонн)
	$h = 5,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$ $R = 4,5 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$	Песок	1 550	

Форма геометрической фигуры (тип складирования)	Размеры, базовый вариант (м)	Складируемые стройматериалы		
		Вид материала	Плотность материала (кг/м ³)	Масса материала (тонн)
	$h = 5,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$ $R = 6,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$ $r = 3,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$	Гравий	1 600	
	$a = 6,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$ $b = 3,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$ $h = 5,0 + N_{\text{в}} \text{ вар.}^*$	Извест- няк	2 100	

Примечание. * – номер варианта умножаем на коэффициент 0,1.

Задание 2. Определить среднюю квадратичную погрешность определения объема геометрического объекта. Результаты представить в табл. 2.8.

$$M_V = V \sqrt{(m_s / S)^2 + (m_h / h)^2}, \quad (2.9)$$

где S – площадь среднего поперечного сечения геометрической фигуры;

m_s – 1,5 % S ;

m_h – 0,1 м.

Определение квадратичной погрешности расчетов

Форма геометрической фигуры	Формула для определения площади среднего поперечного сечения геометрической фигуры	S, м ²	Средняя квадратичная погрешность		
			m_s , кг	m_h , м	M_v , м ³
Конус	$S = \pi R^2/2$			0,1	
Усеченный конус	$S = \pi(R+r)^2/4$			0,1	
Усеченная пирамида	$S = (a_1 + a_2) \cdot (b_1 + b_2)/2$			0,1	

Задание 3. Определение насыпной плотности сыпучих материалов.

Обеспечивающие средства. Виртуальная лаборатория «Строительное материаловедение» [10].

Последовательность выполнения работы согласно инструкции для проведения опыта [10]. Общий вид оборудования для проведения лабораторного эксперимента представлен на рис. 2.2. Результаты проведения опытов и вычисления среднего значения насыпной плотности материала (песка) записать в табл. 2.9.

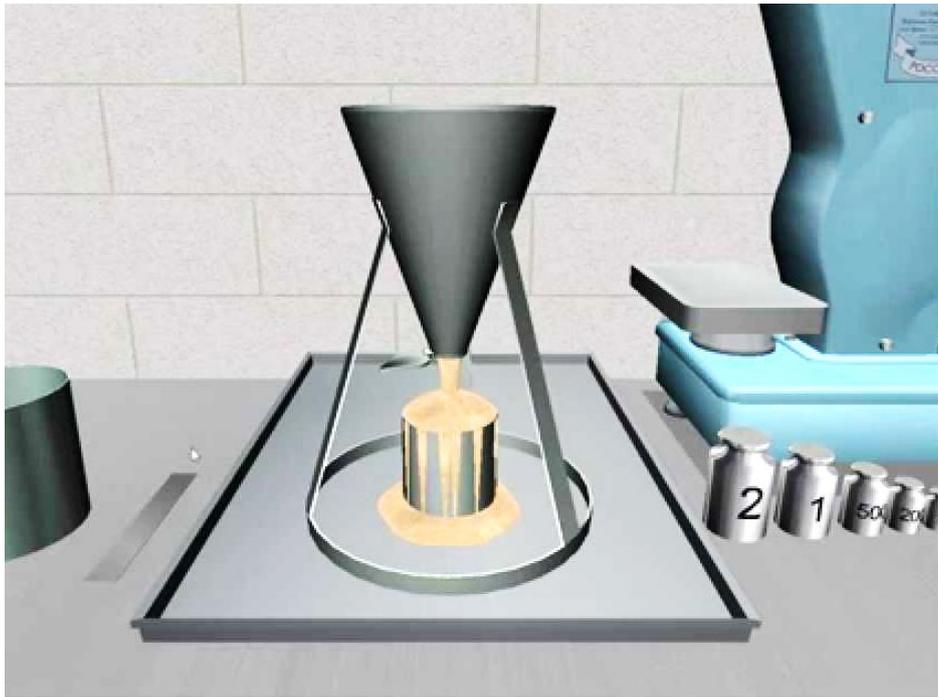


Рис. 2.2. Определение насыпной плотности в лабораторных условиях

Таблица 2.9

Результаты определения насыпной плотности песка

Номер опыта	Масса мерного цилиндра (m_1), кг	Масса мерного цилиндра с песком (m_2), кг	Насыпная плотность, кг/м ³	Среднее значение насыпной плотности, кг/м ³
1				
2				
3				

Задание 4. Определение истинной плотности материалов.

Обеспечивающие средства. Виртуальная лаборатория «Строительное материаловедение» [10].

Последовательность выполнения работы согласно инструкции для проведения опыта [10]. Общий вид оборудования для проведения лабораторного эксперимента представлен на рис. 2.3. Результаты проведения опытов и вычи-

сления среднего значения истинной плотности материала материалов записать в табл. 2.10.

Истинная плотность материала (г/см^3) определяется по формуле

$$\rho = (m_1 - m_2) / V_a, \quad (2.10)$$

где m_1 – навеска материала до опыта, г;

m_2 – остаток от навески, г;

V_a – объем жидкости, вытесненной навеской материала (объем порошка в объемомере), см^3 .



Рис. 2.3. Определение истинной плотности в лабораторных условиях

Таблица 2.10

Результаты определения истинной плотности строительных материалов

Наименование материала	Номер опыта	Первоначальная масса пробы, г	Масса остатка, г	Объем вытесненной жидкости, см^3	Истинная плотность, г/см^3	Среднее значение, г/см^3
Гипс						

Наименование материала	Номер опыта	Первоначальная масса пробы, г	Масса остатка, г	Объем вытесненной жидкости, см ³	Истинная плотность, г/см ³	Среднее значение, г/см ³
Песок						
Цемент						

Требования к отчету

В результате выполнения лабораторной обучающийся должен представить:

- сведения о приборах и инструментах, применяемых при выполнении работы;
- результаты решения задач;
- результаты проведения опытов;
- оформленный отчет о проделанной работе.

Контрольные задачи

1. Определить массу образца в насыщенном водой состоянии и истинную плотность материала, если известно, что его водопоглощение по объему равно 18 %, пористость – 24 %, средняя плотность – 1 800 кг/м. Масса образца материала в сухом состоянии 50 г.

2. Во сколько раз пористость камня *A* отличается от пористости камня *B*, если известно, что истинная плотность обоих камней одинакова и равна 2,72 г/см³, а средняя плотность камня *A* на 20 % больше, чем камня *B*, у которого водопоглощение по объему в 1,8 раза больше поглощения по массе?

3. Масса образца материала в сухом состоянии 76 г, в насыщенном водой – 79 г. Определить его среднюю плотность и пористость, если водопоглощение по объему составляет 8,2 %, а истинная плотность – 2,68 г/см³.

4. Определить пористость горной породы, если известно, что ее водопоглощение по объему в 1,7 раза больше водопоглощения по массе, а истинная плотность породы равна 2,6 г/см³.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные конструкционные строительные материалы.
2. Что такое строительные материалы и строительные изделия?
3. Приведите классификацию строительных материалов по различным признакам.
4. Что такое свойство? Приведите классификацию свойств строительных материалов.
5. Укажите общетехнические свойства важнейших строительных материалов.
6. Что такое плотность и пористость?
7. Что такое теплопроводность?
8. Что называется коэффициентом теплопроводности и от чего он зависит?
9. Что такое теплоемкость? Значение теплоемкости для строительных материалов.
10. Что такое огнеупорность, в чем она измеряется и как определяется?
11. Физические свойства. Истинная и относительная плотности.
12. Гидрофизические свойства.
13. Водостойкость и морозостойкость. Методы их оценки.
14. Теплофизические свойства.
15. Понятие о стандартизации, сертификации и управлении качеством в промышленности строительных материалов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Цель работы: изучить основные виды природных строительных материалов, их свойства, способы добычи и применения в строительстве, а также понять их роль и значение для кадастровых работ.

Задачи работы:

- ознакомиться с нормативной литературой;
- рассмотреть основные виды природных строительных материалов, такие как камень, песок, гравий, щебень, древесина;
- проанализировать особенности и свойства основных видов природных материалов;
- определить роль и значение природных материалов в современном строительстве.

Перечень обеспечивающих средств:

- персональные компьютеры;
- программное обеспечение;
- учебно-методическая литература;
- коллекции образцов природных материалов.

Время выполнения: 11 часов (6 часов – аудиторная работа, 5 часов – самостоятельная).

Общие теоретические сведения

При проведении кадастровых работ, таких как определение границ земельных участков, оценка природных ресурсов, планирование использования территории, важно понимание конкретных инженерно-геологических условий местности, что напрямую связано с местонахождением и запасами природных строительных материалов, таких как камень, песок, гравий и др. При ведении кадастровых работ важно учитывать расположение природных материалов для предотвращения их незаконной добычи и обеспечения охраны окружающей

среды, что способствует их рациональному использованию и учитывается при подготовке кадастровых паспортов и технических планов. Природные материалы играют значительную роль в кадастровой деятельности, обеспечивая точность их учета и способствуя их рациональному использованию.

Древесина как природный строительный материал издавна применялась для возведения строений различного назначения. Древесиной называют часть ствола дерева, расположенную под корой. Уникальные свойства древесины определяют актуальность ее использования и в настоящее время. Прежде всего, это экологически чистый и возобновляемый ресурс. Конструкции из древесины обладают достаточной прочностью благодаря хорошим технологическим свойствам, деревянные конструкции позволяют воплощать в жизнь разнообразные дизайнерские идеи и сложные архитектурные формы. Практически все древесные породы находят применение как в практике строительства, так и при изготовлении строительных материалов на основе древесных отходов (ветки, кора, опилки, стружка). Каждая порода дерева имеет свои особенности строения, индивидуальный цвет и характерную текстуру волокон. Термины и определения в области лесопильного производства устанавливает ГОСТ 18288–87 «Производство лесопильное». Основные породы дерева для подготовки изготовления строительных материалов и изделий представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Основные породы дерева для изготовления строительных материалов
и изделий

Наименование, текстура		Область применения
Хвойные породы		
<p>Сосна</p> 	<p>Лиственница</p> 	<p>ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия», ГОСТ 15812–87 «Древесина клееная слоистая. Термины и определения»</p>

Наименование, текстура		Область применения
Хвойные породы		
<p>Ель</p> 	<p>Кедр</p> 	<p>ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород Технические условия», ГОСТ 15812–87 «Древесина клееная слоистая. Термины и определения»</p>
Лиственные породы		
<p>Береза</p> 	<p>Ясень</p> 	<p>ГОСТ 2695–83 «Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия», ГОСТ 99–2016 «Шпон лущеный. Технические условия»</p>
<p>Осина</p> 	<p>Бук</p> 	

Примеры распиловки бревен представлены на рис. 3.1.

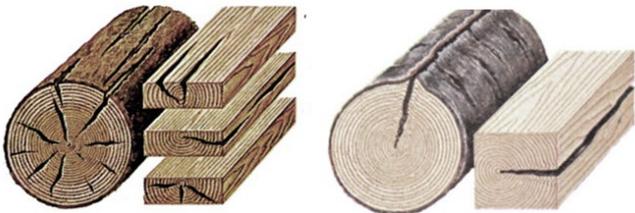


Рис. 3.1. Распиловка цельной древесины

На качество, прочность и долговечность строительных конструкций из дерева существенно влияют пороки древесины, такие как трещины, сучки, морозобоины, гнили и др. Подробное описание пороков древесины, общепринятая терминология, методы определения приведены в ГОСТ 2140–81 «Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения». Не выявленные в процессе изготовления пороки древесины становятся причиной появления щелей и трещин, приводят к ряду негативных последствий как при строительстве, так и в процессе эксплуатации строений; снижается энергоэффективность дома, происходит ухудшение микроклимата внутри помещения. Для обеспечения долговечности и безопасности деревянных домов важно тщательно отбирать древесные материалы, учитывать правила их хранения во избежание усушки и разбухания, устранять пороки на этапе подготовки материалов и соблюдать строительные нормативы. Использование древесины с минимальными пороками или обработка дефектных участков помогает повысить качество и надежность строительных конструкций. Наиболее распространенные пороки древесины приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Пороки древесины

Название	Внешний вид
Усушечные трещины и морозобоины	
Сучки: округло-овальные, сшивные, лапчатые	
Сучки: здоровый, гнилой и выпадающий	

Название	Внешний вид
Свилеватость	
Засмолок, крень, отлуп	

Материалы и изделия на основе древесины находят широкое применение в индивидуальном жилищном строительстве, где деревянное домостроение играет важную роль и имеет большое значение в современном строительстве. Благодаря сборным элементам и модульным системам деревянные конструкции позволяют быстро возводить строения, а современные методы обработки и защиты древесины обеспечивают долговечность и пожаробезопасность деревянных зданий.

Основные материалы на основе древесины широко применяются в строительстве деревянных каркасов, устройстве стропильных систем крыш многоэтажных зданий, мебельном производстве и отделке. Они разнообразны и различаются по происхождению, методам изготовления, структуре и областям применения. Основным материал – это цельная древесина естественной структуры, отличается высокой прочностью, рассматривается как экологически чистый материал. Древесноволокнистые материалы: ДСП (древесно-стружечные плиты), ДВП (древесноволокнистые плиты), МДФ (от англ. Medium Density Fibreboard – «древесноволокнистая плита средней плотности»). В линейке материалов на основе древесины фанера занимает особое место. Особая технология изготовления фанеры посредством лущения комлевой части древесного ствола и последующего склеивания шпона синте-

тическими смолами позволяет получить водостойкий, легкий и прочный материал, обладающий стабильностью формы (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Производство фанеры

Фанеру выпускают марок ФСФ (фанера, клеенная фенолформальдегидными клеями), ФК (на карбамидоформальдегидных смолах) и ФБС (бакелезированная фанера). Общие правила классификации по внешнему виду представлены в ГОСТ 30427–96 «Фанера общего назначения». Важно отметить, что фанера марки ФБС не уступает по прочности низколегированным сталям.

С развитием новых технологий большое распространение получили ламинированные древесные панели и другие изделия, покрытые декоративными слоями для улучшения внешнего вида и защиты.

Высокую прочность и стабильность размеров в строительных конструкциях получили бруски и доски из клееной древесины, которые изготавливаются путем склеивания нескольких слоев древесины (или других материалов) под давлением. Конструкции из дерева и пластмасс становятся все более популярными решениями в отечественном и зарубежном строительстве. В качестве примера можно привести деревянные фермы, арки и рамы для большепролетных сельскохозяйственных зданий, складов минеральных удобрений, ангаров и других сооружений (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Конструкции из клееной древесины

Природные каменные материалы. Строительные каменные материалы – обширная группа строительных материалов и изделий камневидного строения. Горная порода – природно-минеральная масса, состоящая из одного или нескольких минералов. Минералы – природные соединения, имеющие постоянный химический состав и строго определенные физико-механические свойства.

Шкала твердости минералов (шкала Мооса) представлена в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Шкала твердости минералов

Показатель твердости по Моосу	Минерал	Характеристики твердости (обрабатываемость)	Твердость, МПа
1	Тальк	Легко чертится ногтем	24
2	Гипс	Чертится ногтем	360
3	Кальций	Легко чертится стальным ножом	1 090
4	Плавленый шпат	Чертится стальным ножом под нажимом	1 890
5	Апатит	С трудом царапается ножом, стекло не царапает	5 360

Показатель твердости по Моосу	Минерал	Характеристики твердости (обрабатываемость)	Твердость, МПа
6	Ортоклаз	При сильном нажиме царапает стекло, стальным ножом не царапается	7 950
7	Кварц	Легко чертит стекло	11 200
8	Топаз		14 270
9	Корунд		20 600
10	Алмаз		106 000

Природные каменные материалы производят из магматических (гранит, габбро, туф, лабрадорит, диорит и др.), осадочных (известняк, мел, каолин, песок и др.), метаморфических пород (мрамор, кварцит, сланцы и др.). Они обладают достаточной прочностью, морозоустойчивостью и находят широкое применение в качестве сырья для изготовления различных строительных материалов. В зависимости от плотности каменные материалы разделяют на тяжелые (более 1 800 кг/м³), легкие (от 1 800 до 1 200 кг/м³) и особо легкие (менее 1 200 кг/м³). Природные строительные материалы получают из первичных ресурсов, добываемых открытым способом в карьерах. Каменные породы извлекают с помощью вырезки и выколки глыб. Полученный карьерный камень направляют на камнеобрабатывающие предприятия. Песчано-гравийную смесь добывают с помощью экскаваторов или гидравлическим методом. После добычи ее сортируют на песчаную и гравийную фракции, которые промывают водой для удаления глинистых и иловых частиц. Добытые каменные породы называют нерудными строительными материалами. Щебень образуется в результате разрушения каменных пород в природных условиях или дроблением каменных материалов (гравия, валунов и др.) на заводах. Щебень отличается неправильной, угловатой формой с шероховатой поверхностью, в отличие от гравия – естественного продукта с гладкой окатанной формой. Естественный и искусственный песок, гравий и щебень производят на специальных песчано-гравийных заводах.

Основные разновидности природных каменных материалов по способам их механической обработки приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Основные разновидности природных каменных материалов

Наименование	Способ получения, область применения
<p>Песок</p> 	<p>Получают просеиванием и промывкой соответствующих рыхлых горных пород; применяют в естественном состоянии, а также в качестве заполнителя для строительных растворов и бетонов</p>
<p>Гравий</p> 	<p>Продукт естественного разрушения горных пород, представляет собой смесь каменных зерен округлой формы размером от 5 до 70 мм. Получают просеиванием и промывкой соответствующих рыхлых горных пород</p>
<p>Бутовый камень</p> 	<p>Добывают главным образом разработкой (при взрывных работах) известняков, песчаников и других осадочных пород; применяют для кладки фундаментов, при возведении гидротехнических, транспортных сооружений</p>
<p>Щебень</p> 	<p>Получают дроблением горных пород непосредственно в карьере камнерезными машинами; имеет неправильную, угловатую форму с шероховатой поверхностью</p>
<p>Облицовочные плиты и фасонные изделия</p> 	<p>Изготавливают на специализированных камнеобрабатывающих предприятиях из декоративных горных пород (мрамор, гранит, известняк и др.)</p>
<p>Глина</p> 	<p>Особая горная порода, являющаяся пылевидной в сухом состоянии и пластичной при увлажнении, добывают открытым способом, в карьерах; при надлежащей дальнейшей обработке глина приобретает высокую твердость и прочность</p>

Методика выполнения работы

Задание 1. Строение древесных пород и пороки древесины. Выполнить краткое описание и указать назначение каждого из перечисленных элементов торцового разреза ствола дерева. Пример приведен на рис. 3.4.

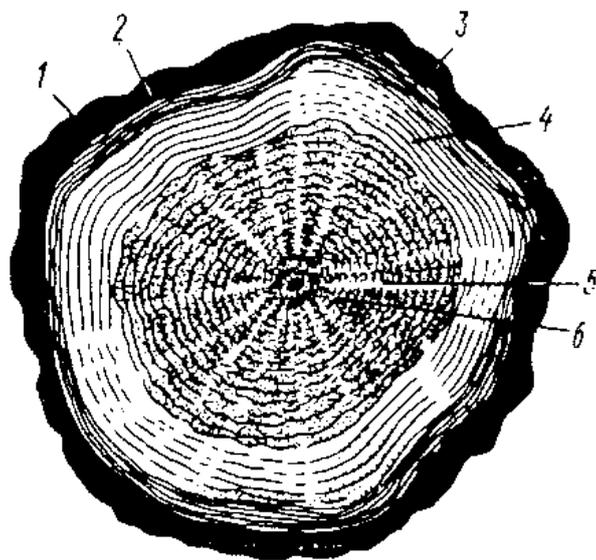


Рис. 3.4. Торцовый разрез древесного ствола:

1 – кора; 2 – луб; 3 – камбий; 4 – заболонь; 5 – ядро; 6 – сердцевина

Задание 2. Визуальное исследование образца из коллекции древесины. Провести визуальное исследование образца древесины, перечислить и описать ее характерные признаки, основные пороки (на примере выданного образца), определить возраст и породу, описать цвет, запах и другие характеристики.

Наглядные пособия. Коллекция образцов древесины. ГОСТ 2140–81 «Пороки древесины, классификация и определение, способы измерения».

Результаты работы. Представить фотоснимок исследуемого образца. Результаты исследования привести в табл. 3.5.

Результаты визуального исследования образца из коллекции древесины

Наименование породы	Возраст	Видимые пороки	Преобладающий цвет	Выраженный запах	Область применения

Задание 3. Виды пиломатериалов. Ознакомление с общими сведениями о производстве пиломатериалов. Дать определение и назвать основные размеры следующих пиломатериалов: строительное бревно, строительная пластина, четвертина, брус, брусоч, доска необрезная, доска обрезная, доска шпунтованная, горбыль (рис. 3.5).

Наглядные пособия. Коллекция образцов пиломатериалов. Справочная литература, ГОСТ 24454–80.

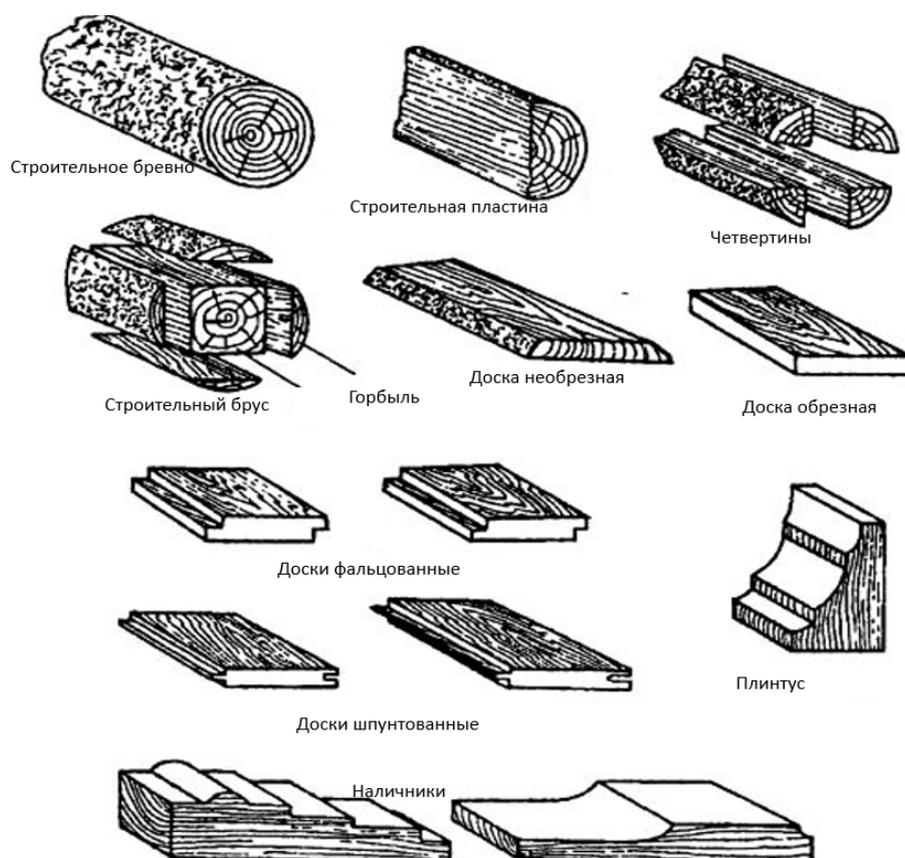


Рис. 3.5. Пиломатериалы

Полученные результаты представить в виде табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты исследования образцов пиломатериалов

Название	Основные размеры	Область применения
Строительное бревно		
Пластина		
Четвертина		
Брус		
Брусок		
Доска необрезная		
Доска обрезная		
Доска шпунтованная		
Горбыль		

Задание 4. Сортамент и размеры пиломатериалов хвойных пород. Выбрать поперечное сечение обрезных пиломатериалов по ГОСТ 24454–80 (толщина и ширина по варианту); определить объем одной доски заданного поперечного сечения, длина 6 м; определить количество (шт.) досок (брусков в одном кубическом метре). Исходные данные для задания представлены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Поперечное сечение пиломатериалов (выбрать согласно варианту)

http://docs.cntd.ru/document/1200004283 ГОСТ 24454–80 Пиломатериалы хвойных пород. Размеры										
Вариант	Толщина, мм	Ширина, мм								
		1	16	75	100	125	150	-	-	-
2	19	75	100	125	150	175	-	-	-	
3	22	75	100	125	150	175	200	225	-	

Окончание табл. 3.7

Вариант	Толщина, мм	Ширина, мм								
		75	100	125	150	175	200	225	250	275
4	25	75	100	125	150	175	200	225	250	275
5	32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
6	40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
7	44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
8	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
9	60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
10	75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
11	100	-	100	125	150	175	200	225	250	275
12	125	-	-	125	150	175	200	225	250	-
13	150	-	-	-	150	175	200	225	250	-
14	175	-	-	-	-	175	200	225	250	-
15	200	-	-	-	-	-	200	225	250	-
16	250	-	-	-	-	-	-	-	250	-
17	16	75	100	125	150	-	-	-	-	-
18	19	75	100	125	150	175	-	-	-	-
19	22	75	100	125	150	175	200	225	-	-
20	25	75	100	125	150	175	200	225	250	275
21	32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
22	40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
23	44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
24	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
25	60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
26	75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
27	100	-	100	125	150	175	200	225	250	275
28	125	-	-	125	150	175	200	225	250	-
29	150	-	-	-	150	175	200	225	250	-
30	175	-	-	-	-	175	200	225	250	-

Результаты исследования представить в табл. 3.8.

Сортамент и размеры пиломатериалов хвойных пород

Номер варианта	Размер, мм	Геометрическая форма поперечного сечения	Объем, м ³	Количество, шт. изделий в 1 м ³

Порядок заполнения таблицы (пример).

Определение объема одной доски. В качестве примера рассмотрим доску 50×150 , т. е. доску толщиной 5 см, шириной 15 см. Стандартная длина нестроганой доски – 6 м (6 000 мм). Чтобы получить объем в кубических метрах, нужно перемножить все размеры доски, выраженные в метрах: $0,05 \cdot 0,15 \cdot 6,0 = 0,045$. Таким образом, объем одной доски равен $0,045 \text{ м}^3$.

Определение объема одного бруса. Рассмотрим брус 150×150 , т. е. толщина и высота по 15 см, стандартная длина 6,0 м. Переводим все размеры в метры, перемножаем и получаем $0,135 \text{ м}^3$ ($0,15 \cdot 0,15 \cdot 6,0 = 0,135$). Объем бруса равен $0,135 \text{ м}^3$.

Сколько досок в одном кубе? Необходимо разделить 1 м^3 на объем одной доски, в результате определим число досок (шт.). Например, число досок размерами 50×150 , длиной 6 м в одном кубе равно $22,22$ ($1 / 0,045 = 22,22$), а для бруса 150×150 ; $1 / 0,135 = 7,40740$. Полученный ответ для расчета пиломатериалов не вполне корректен, поэтому для решения задачи рекомендуется заранее посчитать не количество кубов, а количество единиц пиломатериала. Рассмотрим тот же пример: 52 бруса длиной 6 м сечением 150×150 . Считаем общий объем: $0,15 \cdot 0,15 \cdot 6,0 \cdot 52 = 7,02 \text{ м}^3$.

Задание 5. Строительные материалы на основе древесины. После самостоятельного изучения материала систематизировать необходимые сведения (определение, основные размеры, область применения материалов на основе древесины) и заполнить табл. 3.9.

Таблица 3.9

Сортамент и размеры листовых материалов на основе древесины

Наименование материала	Форма выпуска	Основные размеры листа, мм	Область применения (ГОСТ)
Фанера			
ДСП			
ДВП			
MDF			
ОСП			

Задание 6. Природные каменные материалы. Визуальное ознакомление с образцами важнейших горных пород. Определение названий и главных свойств некоторых пород путем сравнения их с изображениями на цветных вкладках, описанием и таблицами в учебнике. Заполнить табл. 3.10.

Наглядные пособия. Коллекция образцов минералов и горных пород (стенд – а. 217). Справочная литература.

Таблица 3.10

Природные каменные материалы

Название материала	Форма поперечного сечения	Основные размеры	Область применения	ГОСТ на сортамент
Бутовый камень				
Щебень				
Гравий				
Песок				
Стеновые камни				
Облицовочные плиты				
Бортовые камни				
Брусчатка				

Задание 7. Контрольные задачи, рекомендованные для закрепления темы и самостоятельного решения.

7.1. Перед вами две полированные каменные плитки из серой кристаллической горной породы; одна из них мраморная, другая гранитная. Предложите два способа (физический и химический) для того, чтобы узнать, какая из плиток мраморная, а какая гранитная.

7.2. Природный камень, представляющий собой куски неправильной формы, имеет среднюю плотность в куске 850 кг/м^3 . Рассчитайте пористость этой породы, если известно, что плотность вещества, из которого она состоит, 2600 кг/м^3 . Определите название этой породы.

Задание 8. Тест «Свойства древесины».

1. Способность древесины сопротивляться внедрению в нее более твердых тел – это ...

1. Влажность
2. Твердость
3. Морозостойкость
4. Прочность

2. Способность древесины изменять свои размеры и форму при воздействии усилий – это ...

1. Деформативность
2. Твердость
3. Морозостойкость
4. Прочность

3. Способность древесины противостоять разрушению в процессе трения – это ...

1. Износостойкость
2. Твердость
3. Морозостойкость
4. Прочность

4. Уменьшение линейных размеров и объема древесины при удалении из нее связанной влаги – это ...

1. Влажность
2. Разбухание

3. Морозостойкость

4. Усушка

5. Отношение массы древесины к ее объему – это ...

1. Плотность

2. Твердость

3. Морозостойкость

4. Прочность

6. Способность проводить теплоту через свою толщу от одной поверхности к другой – это ...

1. Влажность

2. Твердость

3. Теплопроводность

4. Прочность

7. Способность древесины сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок – это ...

1. Влажность

2. Твердость

3. Морозостойкость

4. Прочность

8. Напряжения, при которых разрушается образец при действии нагрузок, – это ...

1. Предел прочности

2. Твердость

3. Предел влажности

4. Передел

Требования к отчету

В результате выполнения лабораторной обучающийся должен представить:

- результаты решения заданий 1–8, разработанные в табличной форме;
- оформленный отчет о проделанной работе.

Вопросы для самоконтроля

1. Использование природных каменных материалов в строительстве.
2. Классификация горных пород.
3. Чем различаются между собой горные породы и минералы?
4. Магматические горные породы.
5. Как образовались осадочные породы?
6. В чем отличие мрамора от известняка?
7. Как получают строительные изделия из мягких пород (туфа, ракушечника и т. п.)?
8. Как получают песок, гравий, щебень, бутовый камень?
9. Какие каменные материалы применяют для наружной и внутренней обработки зданий?
10. Что такое дорожные каменные материалы?
11. Использование отходов камнеобработки.
12. В чем заключается коррозия каменных материалов?
13. Какой метод определения влажности древесины дает наиболее точные результаты?
14. Назовите древесину твердых и мягких пород.
15. Назовите дефекты древесины и причины их возникновения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Цель работы: изучить основные виды искусственных каменных материалов, их свойства, способы изготовления и применения в строительстве.

Задачи работы:

- ознакомиться с нормативной литературой;
- рассмотреть основные свойства материалов и методы их определения;
- проанализировать особенности технологий производства основных видов искусственных каменных материалов;
- определить роль и значение современных материалов в строительстве.

Перечень обеспечивающих средств:

- персональные компьютеры;
- программное обеспечение;
- учебно-методическая литература;
- коллекции образцов материалов.

Время выполнения: 15 часов (10 часов – аудиторная работа, 5 часов – самостоятельная).

Общие теоретические сведения

В современном мире строительных материалов и изделий на их основе можно выделить большую группу материалов, обладающих свойствами природных каменных материалов. К таким свойствам относят высокую механическую прочность и долговечность, огнестойкость и морозостойкость, эстетичные характеристики, что важно для несущих и ограждающих строительных конструкций, предназначенных для длительной эксплуатации.

Технологии производства строительных материалов непрерывно развиваются и способствуют появлению новых композиционных материалов,

полученных путем смешивания и обработки компонентов. Это керамогранитные материалы, искусственные граниты и мраморы, «умные гнущиеся» бетоны, биокирпичи и другие рукотворные материалы. Появлению новых технологий в производстве строительных материалов нового поколения способствовало открытие графена [13]. Графен можно добавлять в бетонные смеси в качестве добавок, производить послойное армирование для повышения прочности, морозостойкости, влагоустойчивости, трещиностойкости и изменения других свойств. В настоящее время более широкое применение графена сдерживается высокой стоимостью производства этого материала, отсутствием стандартов и ГОСТ для разработки графенового цемента, бетона и других материалов.

Традиционные и уже хорошо изученные технологии получения бетонных и железобетонных изделий для массового строительства связаны с производством вяжущих материалов. Сырьем для производства неорганических вяжущих материалов являются природные материалы. Так, для получения качественного цемента необходимы следующие компоненты: известняки (карбонат кальция, CaCO_3), глина и каолин (содержащие кремнезем, SiO_2), железосодержащие материалы (Fe_2O_3), алюмосиликатные материалы, флюсующие материалы и другие добавки (шлак, гипс). Производство цемента состоит из нескольких этапов, включающих измельчение, дозирование и смешивание компонентов, затем спекание полученного сырья при температурах 1 400–1 500 °С с образованием клинкера. Получение цементного тонкоизмельченного порошка происходит в шаровых мельницах. Цементы имеют различные прочностные и эксплуатационные характеристики. В ГОСТ 31108–2020 «Цементы общестроительные. Технические условия» приведены правила обозначения цементных вяжущих материалов посредством комбинации русских букв, арабских и римских чисел. Классы и марки цементов приведены в табл. 4.1.

Цементы общестроительные

Класс прочности цемента (В)	Ближайшая марка цемента по прочности (М)	Прочность на сжатие в возрасте 28 суток, не менее МПа / (кГс/см ²)
22,5	М300	22,5 / 300
32,5	М400	32,5 / 400
42,5	М500	42,5 / 500
52,5	М600	52,5 / 600

Класс прочности – это показатель, характеризующий способность материала выдерживать сжимающие нагрузки в мегапаскалях (МПа) в процессе эксплуатации с вероятностью 95 % (рис 4.1). Для цемента класс прочности определяется после 28 суток твердения. Марка цемента по прочности (М) показывает минимальное среднее значение прочности на сжатие в кГс/см². Каждому классу прочности соответствует определенная марка.

Бетоны на основе цементных вяжущих находят широкое применение в строительстве. Классификация их очень разнообразна и регулируется ГОСТ 25192–2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования»; примеры уточняющих названий типов (видов) бетона приведены в приложении к нему.



Рис. 4.1. Образцы бетона для испытаний на сжимающие нагрузки

Бетоны на органических вяжущих веществах обладают рядом преимуществ по отношению к бетонам на цементных вяжущих. Их отличает высокая стойкость к химическим воздействиям, хорошая адгезия к различным поверхностям, низкая пористость, а также хорошая водостойкость и пластичность. К основным органическим вяжущим относят битумные материалы, различные виды смол, например, полиуретановые и эпоксидные, клеи на органической основе. Главным недостатком органических вяжущих и материалов на их основе является повышенная чувствительность к ультрафиолетовым лучам, меньшая огнестойкость и, как следствие, ухудшение свойств и старение.

Цементные вяжущие вещества при затворении водой образуют цементный раствор, а при добавлении крупных (мелких) заполнителей – бетонную смесь. Она обладает рядом свойств, которые необходимо контролировать в процессе производства бетонных работ. Прежде всего это водоцементное отношение (В/Ц равно отношению массы воды к массе цемента в замесе). Требования к В/Ц в зависимости от класса бетона и условий применения устанавливает ГОСТ 26633–2012. На практике наиболее приемлемое значение водоцементного отношения находится в пределах 0,5–0,75.

Заполнители для бетонной смеси могут составлять до 85 % от ее массы. Использование заполнителей регламентируется ГОСТ 26633–2015, ГОСТ 8267 и ГОСТ 8736. В качестве заполнителей обычно используют сыпучие материалы, такие как гравий, песок, щебень, керамзит, шлаки и другие подобные материалы.

Вид и качество заполнителей значительно изменяют свойства конечного продукта – бетона. Так, для теплоизоляционных бетонов в качестве заполнителей используют пемзу, аглопорит, вермикулит, известняк, ракушечник или органические заполнители (древесная щепа, лен, древесные опилки, конопля, кокосовое волокно). Отличными теплоизоляционными свойствами обладают пенобетоны, состоящие из цемента, песка, воды и пенообразователя (имеют закрытые поры). Газобетоны изготавливаются автоклавным методом с образованием открытых пор при реакции алюминиевого порошка с известью, содержащейся в цементной смеси. Изделия из пенобетона и газобетона (пено- и газоблоки) прочно вошли в практику домостроения (рис. 4.2). Марки по средней плотности таких материалов находятся в пределах D200–D1200; прочность изменяется от 5 до 90 кГс/см²; теплопроводность изменяется от 0,05 до 0,38 Вт/(мК). Государственные стандарты на основные строительные материалы и методы их испытаний приведены в прил. 2.



Рис. 4.2. Цементно-песчаный раствор, пенобетонный блок и газобетон

Особенно прочным и долговечным материалом в строительстве является железобетон. Впервые принципы армирования применил французский садовник Жозеф Монье: в 1867 г. он получил патент на укрепленную металлическими стержнями садовую кадку для посадки деревьев. Германский инженер Гюстав Вайс выкупил патент, развил теорию железобетона, конструкции из которого быстро вошли в практику строительства. В настоящее время сборный и монолитный железобетон широко применяется при возведении строений различного назначения, в том числе и уникальных объектов

высотного строительства. Примеры железобетонных конструкций представлены на рис. 4.3.

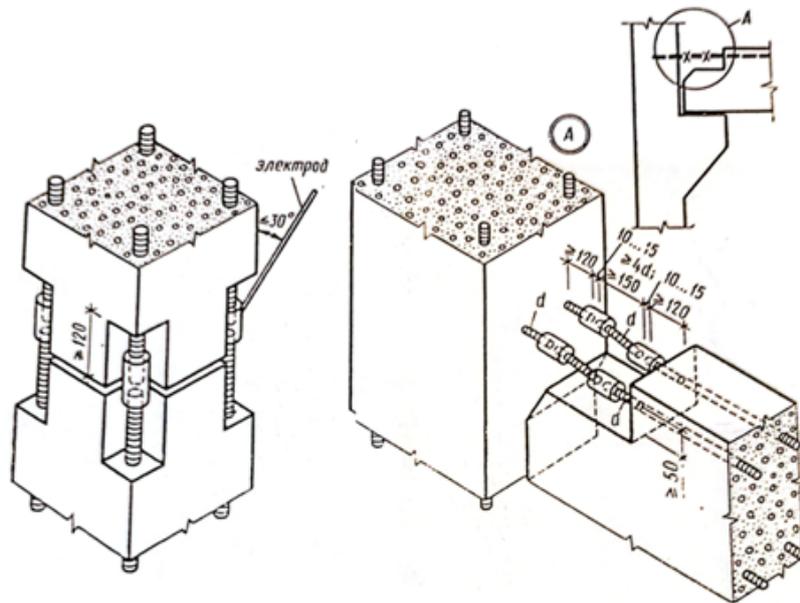


Рис. 4.3. Соединения элементов железобетонных конструкций

В железобетонных конструкциях бетон обеспечивает прочность на сжатие, а арматура хорошо работает на изгиб и растяжение. Примеры представлены на рис. 4.4.



Рис. 4.4. Общая схема работы железобетонной балки

Характеристики арматуры, применяемой для армирования железобетонных конструкций и изделий, приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Характеристики арматуры, применяемой для армирования железобетонных конструкций и изделий

Класс арматуры (современная классификация)	Класс арматуры (устаревшая классификация)	Тип профиля, диаметр (мм)	Допустимые сопротивления (МПа)
A240	AI	Гладкий, 6–40	375
A300	AII	Периодический, 10–80	490
A400	AIII	Периодический, 6–40	590
A600	AIV	Периодический, 10–40	883
A800	AV	Периодический, 10–40	1 030
A1000	AVI	Периодический, 10–22	1 230

Самыми распространенными строительными материалами, применяемыми в малоэтажном домостроении для возведения несущих и ограждающих конструкций, являются строительные кирпичи. Внешний вид и размеры кирпичных изделий претерпели большие изменения за прошедшую эпоху развития технологий их производства. В настоящее время производство кирпичей и кирпичных изделий определено в технических условиях (ТУ), государственных и отраслевых стандартах (ГОСТ и ОСТ). Классификация кирпичей производится по ряду признаков и приведена на рис. 4.5.



Рис. 4.5. Классификация кирпича и кирпичных изделий

Силикатный кирпич производится по ГОСТ 379–2015 путем автоклавного твердения из кварцевого песка (~93 %), известь (~7–10 %). Керамический кирпич производится по ГОСТ 530–2012 путем обжига из глинистого сырья, кремнеземистых пород. Гиперпрессованный кирпич производится путем запрессовки под высоким давлением известняковых пород, цемента (~10 %) и воды, безобжиговым методом. Фрагменты кладки из вышеперечисленных видов кирпича представлены на рис. 4.6.

Силикатный кирпич



Гиперпрессованный



Керамический кирпич

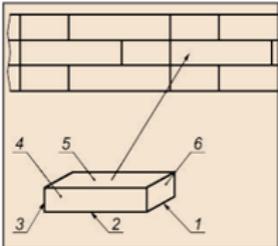
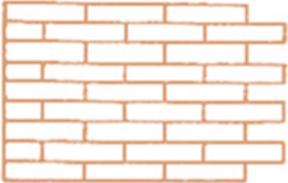
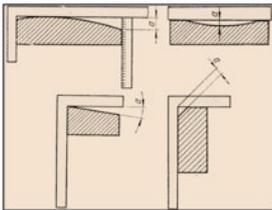


Рис. 4.6. Фрагменты кирпичной кладки

Технические требования к керамическим кирпичам и камням керамическим представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Технические требования к керамическим изделиям

Геометрические параметры кирпичной кладки	
	<p>1 – ширина; 2 – длина; 3 – толщина; 4 – ложок; 5 – постель; 6 – тычок</p>
	<p>Ложковая кладка со смещением на 1/2 кирпича</p>
Основные дефекты изделий и кирпичной кладки	
	<p>Искривление горизонтальных линий кладки</p>
	<p>Высолы: водорастворимые соли, выходящие на поверхности обожженного изделия при контакте с влагой</p>
	<p>Отбитости углов от 10 до 15 мм; отбитости и притупленности ребер; трещины протяженностью до 30 мм по постели полнотелого кирпича и пусто- телых изделий (не более чем до пер- вого ряда пустот)</p>

Условное обозначение керамических изделий должно состоять из названия вида изделия, обозначения вида изделия в соответствии с табл. 4.3; букв Р – для рядовых, Л – для лицевых; обозначения размера в соответствии с табл. 4.3; обозначений: По – для полнотелого кирпича, Пу – для пустотелого кирпича; марок по прочности и морозостойкости; класса средней плотности и обозначения настоящего стандарта.

Методика выполнения работы

Задание 1. Вяжущие вещества и изделия на их основе. Определение нормальной плотности цементного теста. Имитационное выполнение практического опытного задания «Определение нормальной плотности цементного теста».

Последовательность выполнения работы – согласно инструкции для проведения опыта [10]. Общий вид оборудования для проведения лабораторного эксперимента представлен на рис. 4.7. Результаты проведения опытов и вычисления водопотребности цемента записать в табл. 4.4.



Рис. 4.7. Определение нормальной плотности цементного теста

Результаты определения нормальной густоты цементного теста

Номер опыта	Навеска цемента, г	Количество воды, мл	Отсчет по шкале прибора, мм	Водопотребность цемента, %

Задание 2. Определение начала и конца схватывания цементного теста. Имитационное выполнение практического опытного задания «Определение начала и конца схватывания цементного теста».

Последовательность выполнения работы – согласно инструкции для проведения опыта [10]. Общий вид оборудования для проведения лабораторного эксперимента представлен на рис. 4.8.

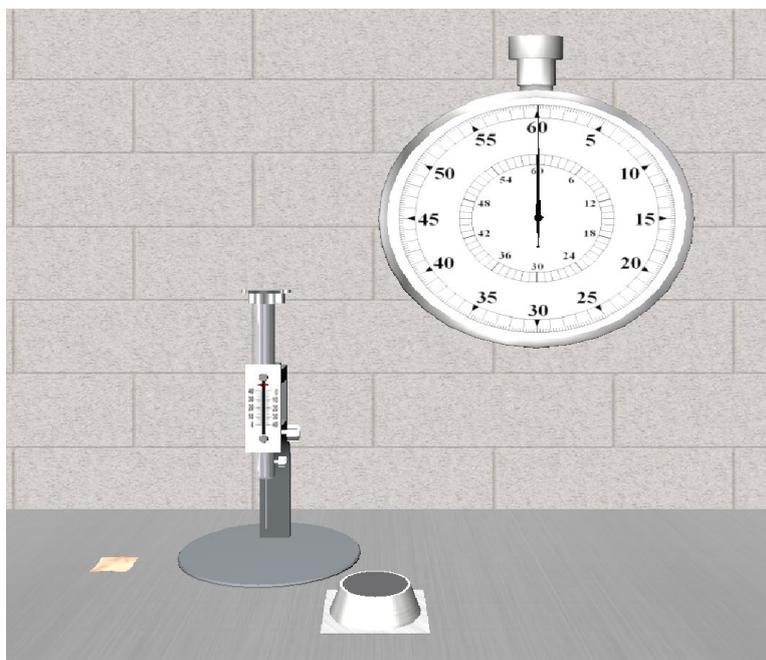


Рис. 4.8. Определение сроков схватывания цементного теста

Результаты, полученные при проведении имитационных опытов, записывают в табл. 4.5.

Результаты определения сроков схватывания цементного теста

Номер опыта	Навеска цемента, г	Количество воды, мл	Начало затворения водой, мин.	Отсчет по шкале прибора, мм	Начало схватывания цемента, мин.	Конец схватывания цемента, мин.
1						
2						
3						

Задание 3. Определение предела прочности тяжелого бетона на сжатие. Имитационное выполнение практического опытного задания «Определение предела прочности тяжелого бетона на сжатие».

Последовательность выполнения работы – согласно инструкции для проведения опыта [10]. Общий вид оборудования для проведения лабораторного эксперимента представлен на рис. 4.9.

Предел прочности бетона в МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$) вычисляют по формуле

$$R = \alpha \cdot \frac{P}{F}, \quad (4.1)$$

где P – разрушающая сила, Н (кГс);

F – площадь поперечного сечения образца, мм^2 (см^2);

α – масштабный коэффициент (принять равным единице).

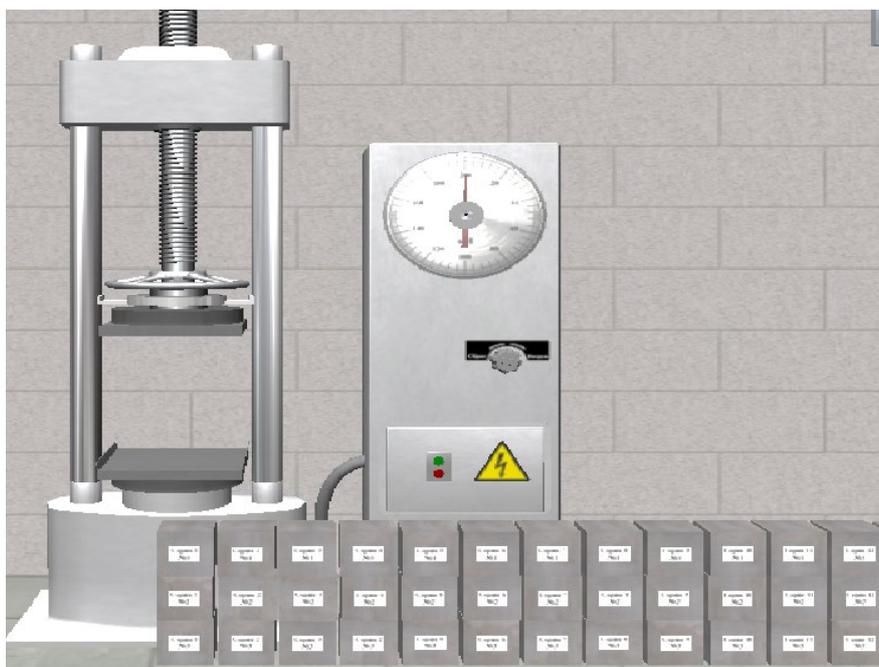


Рис. 4.9. Определение прочности бетонных образцов при сжатии

Результаты, полученные при проведении имитационных опытов, записывают в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Результаты определения предела прочности бетона при сжатии

Наименование определяемых показателей	Значения определяемых показателей для испытываемых образцов			Среднее значение определяемого показателя
Разрушающая нагрузка (P) при испытаниях на сжатие, кН / (кГс)				
Предел прочности (R) при сжатии, МПа / (кГс/см ²)				
Класс и марка материала, установленные по результатам испытаний				

Задание 4. Определение предела прочности при изгибе. Имитационное выполнение практического опытного задания «Определение предела прочности при изгибе».

Последовательность выполнения работы – согласно инструкции для проведения опыта [10]. Общий вид оборудования для проведения лабораторного эксперимента представлен на рис. 4.10.

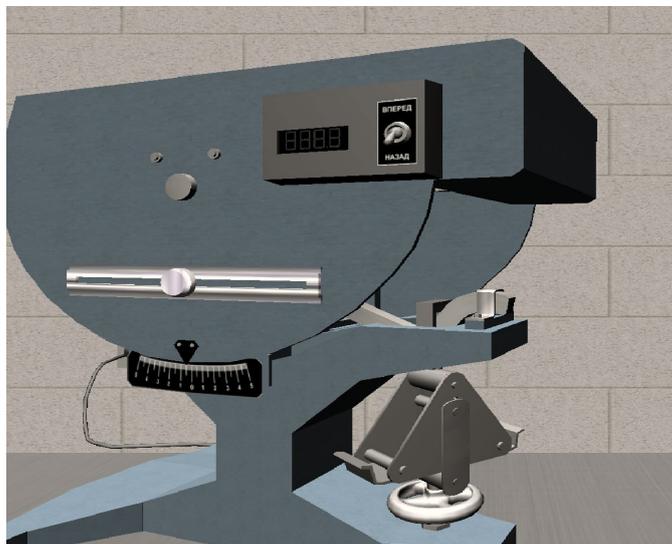


Рис. 4.10. Определение прочности бетонных образцов при изгибе

Результаты, полученные при проведении имитационных опытов, записывают в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Результаты определения предела прочности бетона при изгибе

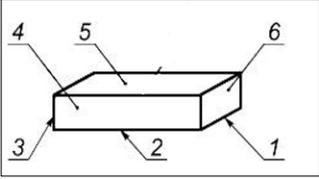
Наименование определяемых показателей	Значения определяемого показателя для испытываемых образцов			Результат проведения испытания
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа / (кГс/см ²)				
Класс и марка материала, установленная по результатам испытаний				

Задание 5. Провести исследование керамического изделия: установить размеры изделия, определить дефекты. В соответствии с цифровыми обозначениями привести основные термины и дать определения керамического изделия по ГОСТ 530–2012.

Лабораторное оборудование: штангенциркуль, металлический угольник, лупа.

Результаты исследования представить в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Исследуемые параметры изделия	Результаты исследования (описание)
Наименование изделия (фото)	
<p>Определение геометрических характеристик исследуемого изделия</p> 	<p>Геометрические характеристики:</p> <p>Ширина (мм) =</p> <p>Длина (мм) =</p> <p>Высота (мм) =</p> <p>Грань</p> <p>Грань...</p> <p>Грань</p>
Определение дефектов исследуемого изделия	Видимые дефекты

Задание 6. Условное обозначение керамического изделия. Дать расшифровку условного обозначения керамического изделия (по варианту) и заполнить табл. 4.9.

Условные обозначения керамических изделий

Номер варианта	Условное обозначение изделия керамического (кирпич, камень)	Размеры изделия в соответствии с требованиями ГОСТ...
1	Кирпич КОРПо (КОЛПо) 1НФ/100/2,0/50/ГОСТ 530-...	
2	Кирпич КОРПу (КОЛПу) 1НФ/100/1,4/50/ГОСТ 530-...	
3	Кирпич КУРПу (КУЛПу) 1,4НФ/150/1,4/50/ГОСТ 530-... ...	
4	Кирпич КМ 1,3НФ/150/1,2/50/ГОСТ 530-...	
5	Камень КР(КЛ) 2,1НФ/150/1,2/50/ГОСТ 530-...	
6	Камень ККР (ККЛ) 9,3НФ/150/1,0/50/ГОСТ 530-...	
7	Кирпич КГУР (КГУЛ) 1,4НФ/100/1,4/50/ГОСТ 530-...	
8	Камень КГР (КГЛ) 1,8НФ/100/1,2/50/ГОСТ 530-...	
9	Кирпич КОРПо (КОЛПо) 1НФ/100/2,0/50/ГОСТ 530-...	
10	Кирпич КМ 1,3НФ/150/1,2/50/ГОСТ 530-...	

Задание 7. Составить схему производства керамических изделий. Схему можно представить как в эскизном исполнении, так и выполнить средствами компьютерной графики в любом из графических редакторов.

Задание 8. Для закрепления пройденного материала рекомендуется решение задач по рассматриваемым темам. Задание выполняется как в аудитории, так и в качестве домашней работы.

Задача 8.1. Состав цементно-песчаного раствора по массе 1: 4,5. Каков состав этого же раствора по объему? Насыпная плотность цемента – 100 кг/м³; песка – 1 400 кг/м³.

Задача 8.2. Стандартные образцы раствора (3 шт.) при испытании на сжатие после 28 суток твердения разрушились при усилиях 48; 56 и 54 кН. Определите среднюю прочность раствора и его марку.

Задача 8.3. Рассчитайте количество пеноблоков, необходимых для возведения несущих стен одноэтажного жилого дома размером 9 × 12 м. Площадь оконных и дверных проемов составляет 9,6 м², высота стены 2,7 м, толщина стены 250 мм. Размер пеноблока 600 × 300 × 250 мм, вес одного блока 27 кг.

Задача 8.4. Вычислить расход материалов на 1 м^3 бетонной смеси с средней плотностью 2300 кг/м^3 и водоцементным отношением $В/Ц = 0,42$, если производственный состав бетона выражен соотношением по массе $1 : X : Y = 1 : 2 : 4$ (цемент : песок : щебень).

Задача 8.5. Определить расход материалов на 1 м^3 бетона, если его номинальный состав по массе выражается как $1 : 1,5 : 3,5$ при $В/Ц = 0,45$ и средней плотности бетонной смеси 2380 кг/м^3 .

Задача 8.6. Сколько глины по массе и объему потребуется для изготовления 10 тыс. шт. (+ номер варианта) керамических камней размером $250 \times 250 \times 120 \text{ мм}$ с пустотностью 67 %? Средняя плотность керамических камней 1560 кг/м^3 , средняя плотность глины 1700 кг/м^3 , влажность глины 20 %. Потери при прокаливании составляют 8 % от массы сухой глины, брак камней – 3 %.

Задача 8.7. При определении марки кирпича от партии было отобрано 5 кирпичей, из которых изготовили образцы согласно требованиям ГОСТ. При испытании образцов были зафиксированы следующие значения разрушающих усилий ($P^*_{\text{разр}}$), кН: 193; 187; 182; 201; 184. Какова марка кирпича по результатам его испытания на сжатие?

Примечание. * – задача решается по индивидуальным данным, которые формируются путем прибавления к исходным данным номера варианта ($P_{\text{разр.}} + \text{номер варианта}$).

Рекомендации к решению задач и ответы на задачи приведены в прил. 4.

Задание 9. Ответить на тестовые вопросы «Вязущие вещества и изделия на их основе».

Вопрос 1. Марка строительного материала.

1. Условный показатель, устанавливаемый по главнейшим эксплуатационным характеристикам
2. Свойство строительного материала
3. Класс по прочности
4. Степень соответствия материала стандартам качества

Вопрос 2. Композиционные материалы – это...

1. Материалы с организованной структурой

2. Материалы, представляющие собой плотно соединенные зерна
3. Анизотропные материалы
4. Конгломераты

Вопрос 3. К вяжущим веществам относят...

1. Материалы, способные образовывать пластично-вязкое тесто, которое со временем затвердевает
2. Материалы, способные многократно размягчаться и отвердевать при охлаждении
3. Продукты растительного происхождения
4. Заполнители для бетонов и растворов

Вопрос 4. Класс бетона.

1. Численная характеристика какого-либо свойства, принимаемая с обеспеченностью 0,95
2. Среднее арифметическое значение прочности
3. Ползучесть и релаксация
4. Твердение бетонной смеси

Вопрос 5. Закладные детали предназначены для...

1. Соединения железобетонных элементов
2. Соединения деревянных элементов
3. Соединения стеклянных элементов
4. Соединения стальных элементов

Вопрос 6. Портландцемент – это...

1. Гидравлическое вяжущее
2. Воздушное вяжущее
3. Органическое вяжущее
4. Бетонная смесь

Вопрос 7. Опалубка предназначена для...

1. Придания возводимым конструкциям проектной формы, заданных размеров
2. Раскрытия материалов
3. Расчета материалов
4. Испытания материалов

Вопрос 8. Торкретирование заключается в...

1. Нанесении на бетонную поверхность слоев цементно-песчаного раствора
2. Облицовке поверхностей
3. Покраске поверхностей
4. Армировании железобетонной конструкции

Вопрос 9. Бетонополимеры – это...

1. Бетоны на минеральном вяжущем, пропитанные полимерами
2. Бетоны на полимерном вяжущем
3. Бетоны на цементных вяжущих
4. Бетоны на известково-смешанных вяжущих

Вопрос 10. К органическим вяжущим веществам относят...

1. Черные вяжущие (битумы и дегти);
2. Природные смолы, клеи и полимеры;
3. Синтетические полимерные продукты
4. Портландцемент
5. Известь

Задание 10. Ответить на тестовые вопросы «Керамика».

Вопрос 1. Основной технологический процесс получения керамических изделий – это...

1. Обжиг
2. Плавление
3. Литье
4. Прокатка

Вопрос 2. Основным сырьем для производства керамики является...

1. Глина
2. Песок
3. Кирпич
4. Вода

Вопрос 3. Размеры кирпича глиняного обыкновенного – ...

1. 250 × 120 × 65

2. $250 \times 125 \times 65$
3. $250 \times 120 \times 60$
4. $125 \times 125 \times 65$

Вопрос 4. Постель, ложок, тычок – это...

1. Названия граней кирпича
2. Названия материалов
3. Свойства кирпича
4. Названия строительных процессов

Вопрос 5. Вес кирпича глиняного обыкновенного не должен превышать...

1. 5 кг
2. 10 кг
3. 4 кг
4. 4,3 кг

Вопрос 6. Чем отличается лицевой кирпич от обычного?

1. Повышенным качеством поверхности
2. Повышенной прочностью
3. Ничем не отличается
4. Марками

Вопрос 7. Глазури и ангобы...

1. Снижают прочность керамических изделий
2. Увеличивают пористость
3. Улучшают декоративные свойства поверхности
4. Уменьшают вес

Вопрос 8. Какой способ формования кирпича способствует наибольшей усушке при обжиге?

1. Полусухой
2. Жесткий
3. Пластический
4. Классический

Вопрос 9. Керамические камни отличаются от керамического кирпича...

1. Наличием пустот

2. По весу
3. По качеству поверхности
4. По плотности

Вопрос 10. Чем отличаются керамические кирпичи от силикатных?

1. Цветом
2. Весом
3. Сырьем
4. Прочностью

Ответы на тестовые вопросы приведены в прил. 4.

Требования к отчету

В результате выполнения лабораторной работы обучающийся должен представить:

- результаты решения заданий 1–8, разработанные в табличной форме;
- оформленный отчет о проделанной работе.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем различаются между собой горные породы и минералы?
2. Как получают строительные изделия из мягких пород (туфа, ракушечника и т. п.)?
3. Как получают песок, гравий, щебень, бутовый камень?
4. Какие каменные материалы применяют для наружной и внутренней обработки зданий?
5. Что такое дорожные каменные материалы?
6. Использование отходов камнеобработки.
7. Какой метод определения влажности древесины дает наиболее точные результаты?
8. Назовите древесину твердых и мягких пород.
9. Назовите дефекты древесины и причины их возникновения.
10. Назовите основные технические требования к кирпичу керамическому обыкновенному.

11. Как оценить качество кирпича при внешнем осмотре?
12. Как определить марку кирпича по прочности?
13. Дайте определение вяжущих веществ. Приведите классификацию вяжущих веществ.
14. Что называется, воздушными и гидравлическими вяжущими материалами? Приведите примеры.
15. В каких видах известь применяется в строительстве и для каких целей?
16. Что такое растворимое стекло, как оно получается и где применяется в строительстве?
17. Опишите технические свойства гипсовых вяжущих веществ. Как определяются эти свойства?
18. Дайте понятие бетона. Приведите классификацию бетонов по соответствующим признакам.
19. Дайте понятие бетонной смеси. Приведите свойства бетонной смеси и методы их определения. Дайте классификацию бетонных смесей.
20. Приведите основные свойства тяжелого бетона. Как эти свойства определяются на практике?
21. Какими методами определяется прочность бетона?
22. Добавки к бетонам. Приведите основные виды добавок, их название и назначение.
23. Специальные виды бетонов. Высокопрочный, гидротехнический, жаростойкий, кислотоупорный, бетон для защиты от радиации. Приведите составы и основные свойства.
24. Что такое легкие цементные бетоны, каковы их основные свойства и где они применяются в строительстве?
25. Изложите классификацию легких бетонов.
26. Приведите примеры пористых заполнителей для легких бетонов.
27. Что называется строительным раствором?
28. Назовите основные виды керамических материалов и изделий.
29. Как оценить качество кирпича при внешнем осмотре?
30. Как определить марку кирпича по прочности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

Цель работы: изучить основные виды металлов и сплавов, их свойства, способы изготовления и применение в строительстве.

Задачи работы:

- ознакомление с нормативной литературой и классификацией металлов и сплавов;
- рассмотреть основные свойства материалов и методы их определения;
- изучить основные виды и номенклатуру стального проката, применяемого в строительной практике;
- проанализировать особенности технологий производства метизных изделий;
- определить роль и значение металлов и сплавов в строительстве.

Перечень обеспечивающих средств:

- персональные компьютеры;
- программное обеспечение;
- учебно-методическая литература;
- коллекции образцов материалов.

Время выполнения: 9 часов (6 часов – аудиторная работа, 3 часа – самостоятельная).

Общие теоретические сведения

К металлам относят химические элементы и сплавы, которые обладают уникальными свойствами благодаря своей кристаллической структуре. Они обладают высокой электропроводностью, теплопроводностью, блеском и способностью отражать электромагнитные волны. Металлы легко взаимодействуют и образуют сплавы, которые обладают повышенной прочностью и лучше подходят для обработки. К сплавам относят соединения из двух или более металлов или металлов с неметаллами, которые образуют мате-

риалы с улучшенными характеристиками по отношению к исходным материалам. Элементарные кристаллические решетки металлов и сплавов, формируемые в процессе плавления и последующего охлаждения компонентов, определяют их структурные характеристики, свойства и поведение (рис. 5.1).

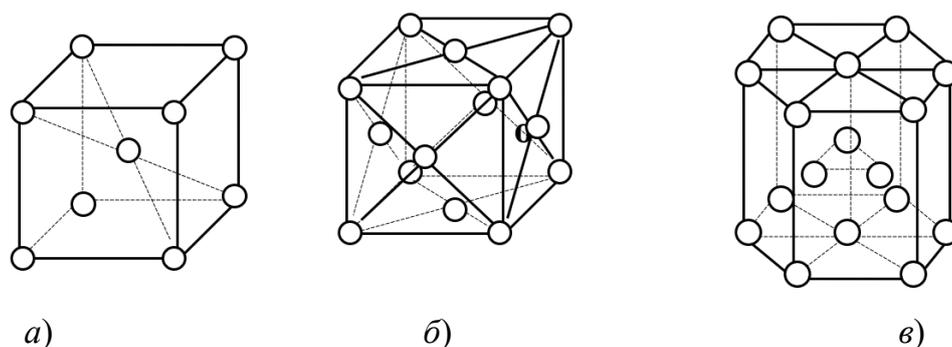


Рис. 5.1. Элементарные ячейки кристаллических решеток металлов: а) объемно-центрированная кубическая; б) гранецентрированная кубическая; в) гексагональная

Процессы кристаллизации металлов имеют свои особенности, связанные с поведением атомов и ионов в период изменения температуры. При достижении значений температуры плавления равновесное состояние в элементарных частицах нарушается за счет увеличения амплитуды колебаний положительно заряженных частиц и кристаллическая решетка разрушается. При понижении температуры происходит переход вещества из жидкого в твердое за счет первичной кристаллизации. В твердом состоянии может происходить вторичная кристаллизация, которая включает изменения в структуре (аллотропия). Реальные процессы кристаллизации часто сопровождаются появлением дефектов в кристаллических решетках (вакансии, замещающие атомы, дислокации, полости, включения и др.), что влияет на свойства полученных материалов.

Металлы обладают высокой плотностью, их физические свойства, такие как электропроводность, магнитные характеристики, ковкость, тепло-

проводность и расширение при нагревании, обеспечивают хорошую передачу тепла и электричества, а также способность металлов деформироваться без разрушения. Химические свойства проявляются в способности взаимодействия с кислородом, образуя оксиды, коррозионной стойкости и термостойкости. Основные механические свойства металлов – прочность, твердость, пластичность и ковкость – определяют их способность сопротивляться механическим нагрузкам, деформироваться без разрушения и легко подвергаться формовке. При работе строительных конструкций наблюдаются такие свойства металлов, как ползучесть и релаксация. Образцы сплавов исследуются с помощью химического, макро- и микроанализа, термических и рентгенографических методов, ультразвукового контроля и механических испытаний.

Диаграмма состояния «железо – углерод» представляет собой графическое построение, отображающее изменение фазового состава, концентрации примесей и температуры в зависимости от содержания углерода. Диаграмма состояния «железо – углерод» показана на рис. 5.2.

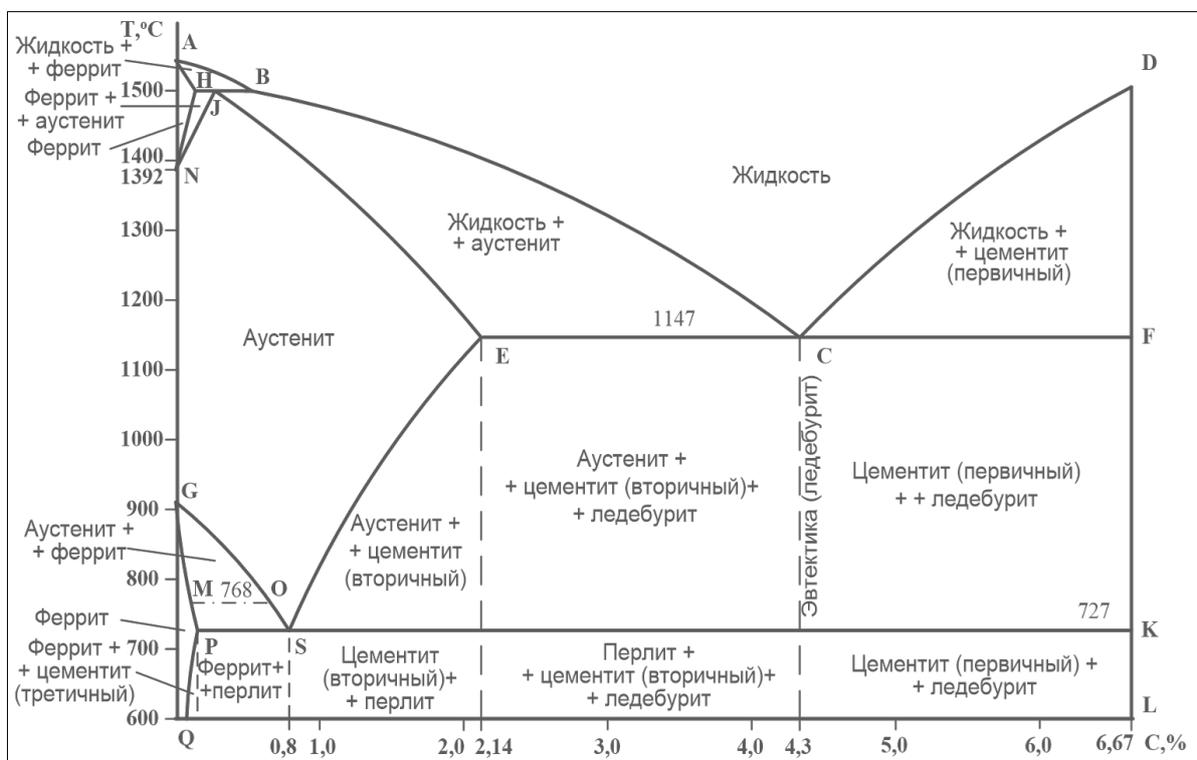


Рис. 5.2. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

На диаграмме горизонтальная ось показывает содержание углерода (%), параллельная – содержание цементита (%), а вертикальная – температуру в диапазоне 600–1600 °С. Точка А на диаграмме обозначает температуру плавления чистого железа (1 539 °С), а точка D – температуру плавления цементита (1 500 °С). Линия ABCD – это линия ликвидуса, а ANIECF – линия солидуса. Над линией солидуса находится жидкий сплав (G) – жидкий раствор углерода в железе. Линии на диаграмме отделяют области существования различных жидких и твердых фаз. На диаграмме есть области существования следующих фаз: жидкости (Ж), аустенита (А), цементита (Ц), феррита (Ф).

Различные кристаллические модификации одно и того же химического элемента, отличающиеся структурой и свойствами, представляют собой аллотропные формы существования вещества. Аллотропные формы железа стабильные при комнатной температуре до ~912 °С – это альфа-железо (α -Fe) объемно-центрированная кубическая решетка (ОЦК); гамма-железо (γ -Fe), гранецентрированная кубическая решетка (ГКР), устойчива при температуре ~ 912–1394 °С; дельта-железо (δ -Fe), стабильно при температурах выше 1394 °С до температуры плавления. При изменениях температуры и давления могут происходить аллотропные преобразования железа, что важно учитывать при обработке металлов и сплавов и формировании их эксплуатационных свойств.

В строительной практике чаще всего используются черные и цветные металлы. Черные металлы (чугун и сталь) – это сплавы железа с углеродом: в стали до 2,14 %, в чугуне от 2,14 до 6,67 %.

Металлы делятся по своему назначению на конструкционные, инструментальные и специальные.

При термической обработке металлов происходят процессы, направленные на изменение структуры и свойств металлов для повышения их эксплуатационных характеристик. Среди них особенно важны такие методы, как отжиг, закалка, отпуск, нормализация и цементация и др. Металлические конструкции подвергаются статическим и динамическим нагрузкам, испытывая растяжение, сжатие, изгиб и удары, поэтому правильное применение термической обработки позволяет обеспечить необходимую проч-

ность, стойкость к деформациям и долговечность строительных элементов, что особенно важно для надежности и безопасности зданий и сооружений.

На рис. 5.3 показаны образцы для испытаний на растяжение и их диаграмма растяжения.

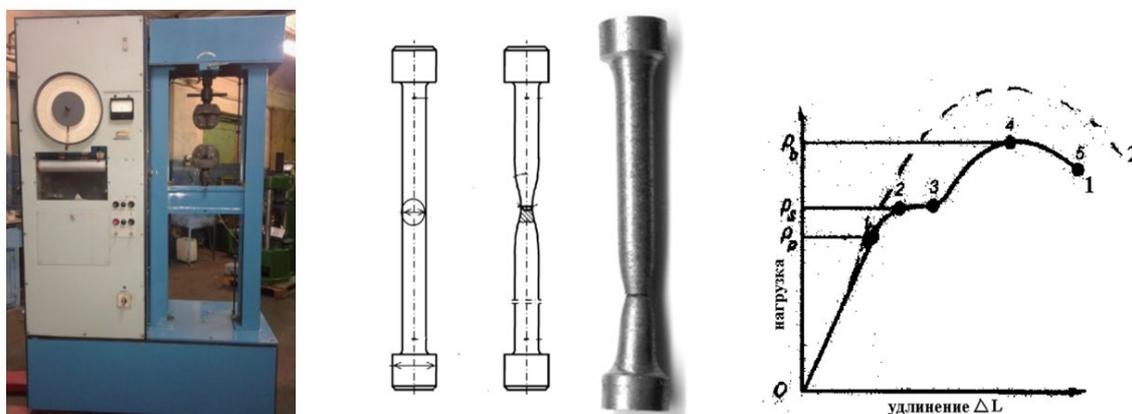


Рис. 5.3. Образцы и диаграмма растяжения

По диаграмме растяжения определяют основные механические показатели: пределы пропорциональности, текучести, прочности при растяжении и относительное удлинение. Зона упругой работы соответствует участку 0-1.

Предел пропорциональности – это наибольшее напряжение, при котором наблюдается пропорциональное возрастание нагрузки и деформаций. Предел пропорциональности (МПа) определяют по формуле

$$\sigma_p = P_p / S_0, \quad (5.1)$$

где P_p – нагрузка при пределе пропорциональности, Н;

S_0 – первоначальная площадь поперечного сечения, мм².

Предел текучести – это наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без видимого увеличения нагрузки. Участок 2-3 диаграммы называют площадкой текучести. Предел текучести (МПа) вычисляют по формуле

$$\sigma_S = P_S / S_0, \quad (5.2)$$

где P_S – нагрузка при пределе текучести, Н.

Предел прочности при растяжении – это напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, предшествующей разрушению образца. Точка 4 соответствует максимальной нагрузке, точка 5 – разрыву образца. Предел прочности при растяжении (МПа) определяют по формуле

$$\sigma_b = P_b / S_0, \quad (5.3)$$

где P_b – наибольшая нагрузка, предшествующая разрыву образца, Н.

Относительное удлинение – это отношение приращения расчетной длины образца после разрыва к ее первоначальной длине. Относительное удлинение (%) вычисляют по формуле

$$\delta = [(l_1 - l_0) / l_0] \cdot 100, \quad (5.4)$$

где l_1 – длина образца после разрыва, мм;

l_0 – расчетная длина образца, мм.

По результатам испытания стали на растяжение устанавливают марку в соответствии с ГОСТ. Марку арматуры устанавливают по пределу текучести.

Твердостью называют способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела. Твердость металлов определяют по методу Бринелля (НВ), методу Роквелла (НР) и методу Виккерса (НV). Испытания проводят соответственно путем вдавливания стального шарика, алмазного конуса и алмазной пирамиды (рис. 5.4).

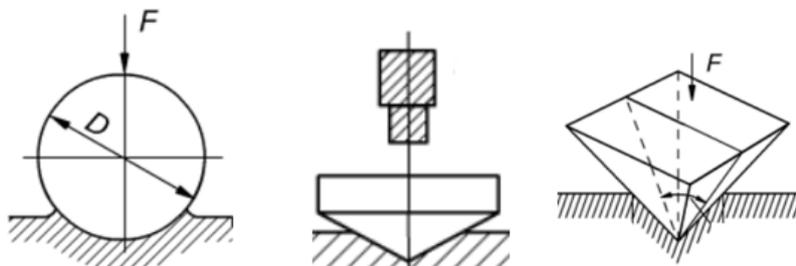


Рис. 5.4. Схемы испытаний для определения твердости

Изучение сортамента прокатных профилей. Технологический процесс обработки металла и сплавов, при котором заготовка пропускается между вращающимися валками специальной прокатной машины (прокатный стан), называется прокаткой. Номенклатура выпускаемых профилей проката с определенной геометрией (форма, размеры, масса, длина, толщина и др.) называется сортаментом (рис. 5.5).

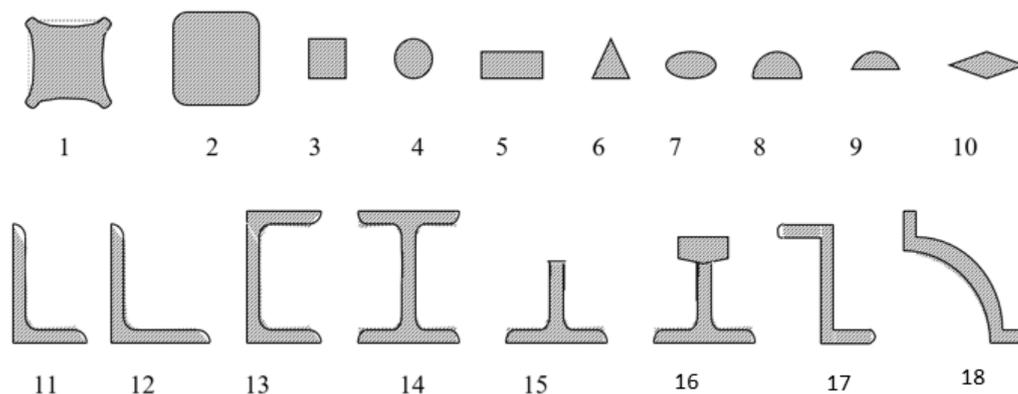


Рис. 5.5. Прокатные профили:

- 1 – блюм; 2 – квадрат (с закругленными краями); 3 – квадрат; 4 – круг;
 5 – полоса; 6 – треугольная; 7 – овальная; 8 – полукруглая; 9 – сегментовая;
 10 – ромбовидная; 11 – неравнобокий уголок; 12 – равнобокий уголок;
 13 – швеллер; 14 – двутавр; 15 – тавр; 16 – рельс; 17 – зетовая сталь;
 18 – колонная (квадратная) сталь

В металлургическом производстве для получения прокатных профилей исходным материалом являются полуфабрикаты: блюмы и слябы. Слитки квадратного профиля называют блюмами и обжимают на блюмингах; слитки прямоугольного профиля называют слябами и обжимают на слябингах. Блюмы используют для получения сортового проката, слябы – для получения листа.

Согласно действующей классификации, сталь по химическому составу делится на углеродистую (низкоуглеродистая сталь содержит углерода до 0,25 %, среднеуглеродистая – 0,05...0,6 %, высокоуглеродистая – 0,6...2 %) и легированную (низколегированная сталь содержит до 5 % леги-

рующих элементов, среднелегированная – 5...10 %, высоколегированная – свыше 10 %).

Сортовой прокат для строительства изготавливают из углеродистой стали. Механические свойства углеродистых сталей представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Механические свойства углеродистых сталей
обыкновенного качества

Марка стали группы А	Предел текучести (МПа) не менее	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %
Ст0	-	Не менее 310	20...23
Ст1 сп, пс	-	320...420	31...34
Ст2 сп, пс	200...230	340...440	29...32
Ст3 сп, пс	210...250	380...490	23...26
Ст4 сп, пс	240...270	420...520	21...24
Ст5Гсп	260...290	460...600	17...20
Ст6 сп, пс	300...320	Не менее 800	12...15

Стальная арматура для железобетона. Арматура для железобетона – это стальные стержни, каркасы, сетки, расположенные в массе бетона в соответствии с характером работы конструкции. По способу изготовления арматуру подразделяют на стержневую, или горячекатаную, и проволочную, или холоднотянутую; по способу упрочнения – без упрочнения, термически упрочняемую, упрочненную вытяжкой; по виду поверхности и профилю – гладкую круглую и периодического профиля; по способу напряжения – обычную и предварительно напряженную. На рис. 5.6 представлены примеры стержневой арматуры периодического профиля, арматурный каркас и сетка, закладные детали для соединения железобетонных конструкций.

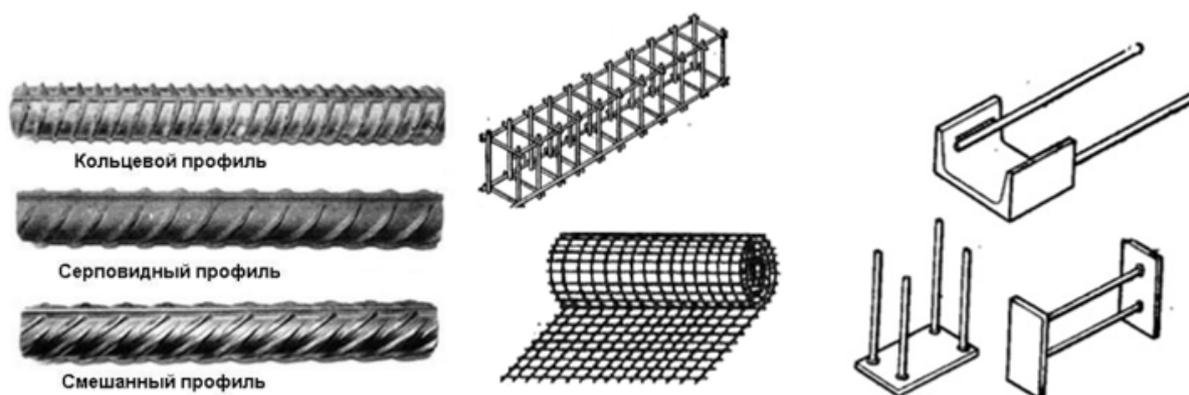


Рис. 5.6. Виды арматурных изделий

Стержневая арматура для армирования железобетонных конструкций в зависимости от механических свойств подразделяется на классы (табл. 5.2). Стандартами регламентируются предел текучести, временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость и др.

Таблица 5.2

Физико-механические свойства арматурной стали

Класс арматурной стали	Предел текучести, σ_t		Временное сопротивление разрыву, σ_b		Относительное удлинение, δ_σ
	Н/мм ²	кгс/мм ²	Н/мм ²	кгс/мм ²	
А-I (А240)	235	24	373	38	25
А-II (А300)	295	30	490	50	19
Ас-II (А300)	295	30	441	45	25
А-III (А400)	390	40	590	60	14

Окончание таблицы 5.2

Класс арматурной стали	Предел текучести, σ_t		Временное сопротивление разрыву, σ_b		Относительное удлинение, δ_σ
	Н/мм ²	кгс/мм ²	Н/мм ²	кгс/мм ²	
A-IV (A600)	590	60	883	90	6
A-V (A800)	785	80	1030	105	7
A-VI (A1000)	980	100	1230	125	8

Главным показателем каждого класса является минимальный предел текучести стали, который считается нормативным сопротивлением арматуры. В скобках указаны условные обозначения класса арматурной стали по пределу текучести, МПа.

В табл. 5.3 представлены диаметр профиля и марки стали для каждого класса стержневой арматуры.

Таблица 5.3

Классы арматурной стали

Класс арматурной стали	Диаметр профиля, мм	Марки стали
A-I	60-40 6-18	Ст3кп3, Ст3пс3, Ст3сп3, Вст3кп2, Вст3пс2, Вст3сп2, ВСт3Гпс2
A-II	10-40 40-80	ВСт5сп2, Вст5сп2, 18Г2С
Aс-II	10-32 (36-40)	10ГТ
A-III	6-40 6-22	35ГС, 25Г2С, 32Г2Рпс

Класс арматурной стали	Диаметр профиля, мм	Марки стали
A-IV	10-18 (6-8) 10-32 (36-40)	80С, 20ХГ2Ц
A-V	(6-8) 10-32 (36-40)	23Х2Г2Т
A-VI	10-22	22Х2Г2АЮ, 22Х2Г2Р, 20Х2Г2СР

В обозначении марок стали двузначные цифры слева указывают содержание углерода в сотых долях процента. Буквы обозначают легирующие элементы: Т – марганец, С – кремний, Х – хром, Н – никель, Д – медь, Ц – цирконий, Ф – ванадий. Цифры после букв указывают процентное содержание соответствующего элемента в целых единицах. Например, 18Г2С: углерод – 0,18 %; Г – марганец – 2 %; С – кремний – 1 %.

В строительной индустрии цветные металлы в чистом виде используются редко, наибольшее распространение в строительстве находят сплавы цветных металлов. Например, конструкции из алюминиевых сплавов, емкости больших объемов для хранения огнеопасных жидкостей, трехслойные конструкции типа «сэндвич» находят все более широкое применение в строительстве. Медь используют в строительных целях в виде бронзы и латуни. Латунь представляет сплав меди с цинком, а бронза – сплав меди с оловом или с каким-либо другим металлом (алюминием, свинцом или марганцем).

Обучающиеся изучают свойства металлов и сплавов, основные виды проката черных и цветных металлов, применяемых в строительстве, с помощью стендов, коллекций материалов, справочных таблиц ГОСТ. Результаты оформляются в виде таблиц.

Методика выполнения работы

Задание 1. Химический состав сплавов. Данные по химическому составу сплава (табл. 5.4.) представить в виде диаграммы или в табличной форме. Дать расшифровку сплава и наименование химических элементов, содержащихся в исследуемом составе сплава (по варианту). Указать область применения.

Таблица 5.4

Исходные данные для изучения химического состава металлических
СПЛАВОВ

Номер вари- анта	Наименование сплава	Химический состав сплава, %
1	Сталь 40X15H7Г7Ф2МС	C – 0,4; Mn – 7; Si – 1; Cr – 15; Ni – 7; S – 0,02; P – Mo – 0,95; W – 0,2; Cu – 0,3; остальное – Fe
2	Сталь 6XB2C	C – 0,6; Mn – 0,4; Si – 0,8; Cr – 1,3; Ni – 0,35; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 0,3; Cu – 0,3; W – 2,5; остальное – Fe
3	Сталь 60C2H2A	C – 0,60; Mn – 0,70; Si – 1,5; Cr – 0,3; Ni – 1,5; S – 0,025; P – 0,025; Cu – 0,2; остальное – Fe
4	Сталь 20XH4ФА	C – 0,2; Mn – 0,5; Si – 0,3; Cr – 1; Ni – 4; S – 0,025; P – 0,025; V – 0,15; остальное – Fe
5	Сталь 4X5MФ1C	C – 0,4; Mn – 0,5; Si – 1; Cr – 5; Ni – 0,35; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 1,5; V – 1; Cu – 0,3; остальное – Fe
6	Сталь 20X20H14C2	C – 0,20; Mn – 1,5; Si – 2; Cr – 20; Ni – 14; S – 0,025; остальное – Fe
7	Сталь P6M5Ф2K8	C – 0,9; Mn – 0,4; Si – 0,3; Cr – 3,8; Ni – 0,1; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 4,6; V – 1,8; Co – 7,5; W – 5,5; остальное – Fe
8	Сталь P9M4K8	C – 1; Mn – 0,3; Si – 0,5; Cr – 3; Ni – 0,1; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 3,8; V – 2,1; Co – 7,5; W – 8,5; остальное – Fe
9	Сталь X20H80–H	C – 0,06; Mn – 0,6; Si – 1; Cr – 20; S – 0,015; P – 0,02; Ti – 1,5; Al – 0,2; Fe – 1; Zn – 0,5; остальное – Ni
10	Сплав ХН35ВТЮ	C – 0,08; Mn – 0,60; Si – 0,60; Cr – 15; Ti – 3; Al – 1; Ni – 35; W – 3; остальное – Fe
11	Сталь P6M5K5	C – 0,8; Mn – 0,4; Si – 0,3; Cr – 3,8; Ni – 0,1; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 4,8; V – 1,7; Co – 4,8; W – 6; остальное – Fe

Номер варианта	Наименование сплава	Химический состав сплава, %
12	Сталь Р9	С – 0,95; Mn – 0,5; Si – 0,5; Cr – 4; Ni – 0,4; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 1; V – 2,5; Co – 0,5; W – 9; остальное – Fe
13	Сплав ХН77ТЮР	С – 0,07; Mn – 0,40; Si – 0,6; Cr – 20,0; S – 0,007; P – 0,015; Ti – 2,5; Al – 1; Fe – 1,00; В – 0,01
14	Сталь ХН35ВТЮ	С – 0,08; Mn – 0,6; Si – 0,6; Cr – 15; Ti – 3; Al – 1; Ni – 35; W – 3; остальное – Fe
15	Сталь Р6М5К5	С – 0,9; Mn – 0,5; Si – 0,50; Cr – 4; Ni – 0,4; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 5; V – 2; Co – 5; W – 6;
16	Сталь ХН70ВМТЮФ	С – 0,12; Mn – 0,5; Si – 0,6; Cr – 15; S – 0,009; Ti – 2 ; Al – 2,5; Fe – 5; W – 7; Mo – 4; V – 1; остальное – Ni
17	Сталь 20ХГСФЛ	С – 0,2; Mn – 1; Si – 0,8; Cr – 0,6; Ni – 0,4; S – 0,03; P – 0,035; V – 0,1; остальное – Fe
18	Сталь 08Х22Н6Т	С – 0,08; Mn – 0,8; Si – 0,8; Cr – 22; Ni – 6; S – 0,025; P – 0,035; Cu – 0,3; Ti – 0,65; остальное – Fe
19	Сталь 40Х15Н7Г7Ф2МС	С – 0,4; Mn – 7; Si – 1; Cr – 15; Ni – 7; S – 0,02; P – 0,035; Mo – 0,95; W – 0,2; Cu – 0,3; остальное – Fe
20	Сталь 6ХВ2С	С – 0,6; Mn – 0,4; Si – 0,8; Cr – 1,3; Ni – 0,35; S – 0,03; P – 0,03; Mo – 0,3; Cu – 0,3; W – 2,5; остальное – Fe

Для выполнения задания рекомендуется использовать электронные классификаторы и справочники. Например, требуемые характеристики сплава можно найти по ссылке http://www.splav-kharkov.com/quest_form.php.

Пример выполнения показан на рис. 5.7.



Рис. 5.7. Пример выполнения задания 1 (фрагмент)

Задание 2. Диаграмма «Железо – цементит». Изучить диаграмму состояний железоуглеродистых сплавов. Выделить основные компоненты на диаграмме:

- определить области существования различных жидких и твердых фаз и назвать линии, разграничивающие их (ликвидус и солидус);
- установить температуру плавления чистого железа и цементита;
- по шкале концентрации углерода на диаграмме определить области содержания углерода для стали;
- определить как качественно, так и количественно фазовый состав сплава (см. задание 1), при различных температурах (по вертикальным линиям на диаграмме, соответствующим составу исследуемого сплава);
- определить участки аллотропных преобразований железа для исследуемого сплава (см. задание 1).

Ответы на поставленные вопросы привести в текстовой форме.

Задание 3. Маркировка конструкционных сплавов. Дать расшифровку конструкционного сплава (марка, химический состав в % материала, классификация, применение).

Рассмотреть отдельные примеры материалов из табл. 5.5 (по указанию преподавателя).

Марки сплавов

Номер варианта	Марки конструкционных материалов
1	У9, ВСт3кп, 08Х20Н14С2, Р9, СЧ25, М00, Амч3, ВТ100, МЛ3
2	11Х11Н2В2МФ, ШХ30, У11, ВЧ45, БрА9Мц2Л, АЛ19, ВТ10, МЛ4
3	25ХГС А, Р6М5Ф2К8, 50, КЧ50, БрА7Мц15ЖЗН2Ц2, А6, ОТ40, МА1
4	45ХНЗМФА, ШХ9, 20пс, АЧС4, Бр04Ц7С5, АД0Е, ОТ41, МА2
5	10Х17Н13М2Т, А20, Ст6, АЧК1, БрОФ40, 25; АЛ33, ОТ4, МЛ19
6	Ст5Гпс3, 25Х13Н2, 15кп, АВЧ1, ЛС632, Амц, ВТ5, МЛ15
7	16Х11Н2ВМФ, А40Г, ШХ15, СЧ10, ЛА772, Д16, ВТ9, МА18
8	45Х22Н4МЗ, У13, ВСт2пс2, ВЧ1СО, М2р, АЛ25, ВТ14, МА15
9	31Х19Н9МВБТ, Р9, 45, КЧ45, БрСу3Н3Ц3С20Ф, А8, ВТ16, МЛ5
10	12Х18Н9Т, ШХ15ГС, А20, АЧС5, ЛЦ40Мц3А, АЛ21, ВТ20, МА17
11	ВСт3пс, 20Х, Р12, АЧВ2, ЛЖМц5911, АК4М4, ВТ22, МЛ6
12	15Х60Ю, Р6М5, У13А, АЧК2, ЛС591, Д12, ПТ7М, МЛ10
13	38Х2МЮА, ВСт4пс2, 50Г, АЧС3, Л68, А5Е, ПТЗВ, МА12
14	У12, 36Х18Н25С2, А30, ВСт2кбп, КЧ60, БрАЖНЮ44, АЛ2, ВТ9, МА11
15	У18, 40ХМФА, РОМЗФ2, А30, ВЧ80, АК9, ВТ5, МЛ8
16	30Х13, Р6М5Ф2К8, ЛЦ23АБЖЗМц2, Ст0, Амг6, ВТ10, МА21, Сч15
17	ВСт3Г, ШХ6, СЧ15, Д16, ВТ16, МЛ19, БрА9Ж4Н4Мц1, 09Х16Н4Б
18	45ХНЗМФШ, У11, Ац, ВЧ70, Сч15, АЛ23, ВТ5, МА18
19	Р6М5Ф2К8, РОМ2Ф3, ВСт5сп, СЧ24, Бр0Ф6, 50, 15; Д18, ВТ100, МА19
20	А20, Р6М5Ф2К8, ШХ9, КЧ63, ЛК803, АК4М4, ВТ22, МЛ8

Для выполнения задания рекомендуется использовать электронные классификаторы и справочники. Например, расшифровку конструкционного сплава можно посмотреть по ссылке http://www.splav-kharkov.com/quest_form.php. Пример выполнения показан в табл. 5.6.

Характеристики исследуемого материала ВТ9

Марка	ВТ9									
Классификация	Титановый деформируемый сплав									
Применение	Детали, работающие при температуре до 500 °, детали ГТД (диски, лопатки) и другие детали компрессора; класс по структуре $\alpha + \beta$									
Химический состав в % материала, ВТ9 ГОСТ 19807–91										
Fe	C	Si	Mo	N	Ti	Al	Zr	O	H	При- ме- сей
До 0,25	До 0,1	0,2–0,35	2,8–3,8	До 0,05	86,15–89,9	5,8–7	1–2	До 0,15	До 0,015	Про- чих 0,3

Задание 4. Механические свойства металлов. Схематично изобразить диаграмму растяжения металлов (рис. 5.2). Назвать характерные участки и точки диаграммы:

- упругий участок деформирования;
- площадка текучести;
- предел пропорциональности;
- предел текучести.

Ответы на поставленные вопросы привести в эскизной и текстовой форме.

Задание 5. Основные виды и сортамент стального проката. Изучить основные виды и номенклатуру стального проката, применяемого в строительной практике. Виды профилей для изучения сортамента строительного проката (по варианту) представлены в табл. 5.7. Для выполнения задания необходимо ознакомиться с соответствующей нормативной литературой, а затем заполнить таблицу, в которой показать эскиз (скрин) поперечного сечения профиля или сформулировать его текстовое описание, назвать основные размеры, привести примеры использования исследуемого профиля в промышленности и строительстве.

Виды профилей для изучения сортамента строительного проката

Но- мер вари- анта	Вид профиля	Рекомендуемый для изучения ГОСТ
1	Арматура	ГОСТ 5781–82, таблица 4, 5
2	Швеллер	ГОСТ 8240–97, сортамент
3	Двутавр	ГОСТ Р 57837–2017
4	Уголок равнополочный	ГОСТ 19771–93
5	Уголок неравнополочный	ГОСТ 8510–86
6	Рельсовый профиль	ГОСТ Р 51685–2013
7	Прокат калиброванный. Шестигранник	ГОСТ 8560–78
8	Прокат сортовой стальной круглый	ГОСТ 2590–2006
9	Труба	ГОСТ 8732–78
10	Гвозди строительные	ГОСТ 4028–63

Рекомендуемая литература:

- 1) справочник металлопроката. Виды металлопроката: <https://aksvil.by/klientam/spravochnik-metalloprokata/>;
- 2) ГОСТ на металлопрокат: <https://www.vi-stal.ru/sortament-metalloprokata/>;
- 3) калькулятор металлопроката онлайн: <https://aksvil.by/klientam/kalkulyator-metalloprokata/>.

Результаты изучения сортамента металлов оформляются в табличном виде. Пример выполнения и оформления результатов представлен в табл. 5.8.

Пример оформления результатов изучения сортамента металла
(по варианту)

Вид профиля	Эскиз профиля, основные размеры	Маркировка по ГОСТ.... Область применения	Рекомендуемый для изучения ГОСТ ...
Шары помольные	 <p>Номинальный диаметр: от 15,0 до 125,0 мм. Шары диаметром 80 мм высокой твердости поверхности с нормированной объемной твердостью группы 5</p>	<p>Шар 80–5 ГОСТ 7524–2015</p>  <p>Применяют для измельчения сырья и материалов в шаровых мельницах</p>	ГОСТ 7524–2015 «Шары мелющие стальные для шаровых мельниц»

В прил. 5 представлены основные сведения о композиционных и неметаллических материалах, применяемых в строительной практике.

Контрольные вопросы

1. Какие виды строения твердых тел вы знаете?
2. Назовите основные дефекты в строении кристаллических тел.
3. Определите роль дефектов кристаллической решетки в формировании свойств материала.
4. Что такое металлы и сплавы?
5. Что такое первичная и вторичная кристаллизация металлов?
6. Как меняется структура железоуглеродистых сплавов при изменении температуры?
7. Кратко изложите методику микроанализа.
8. Кратко изложите методику макроанализа.
9. Как испытывают стальной образец на растяжение?

10. По каким механическим характеристикам определяют марку строительной стали?
11. Как определить твердость стали по Бриннелю?
12. Что такое сортамент стали?
13. Какие виды арматурной стали вы знаете?
14. Какой механический показатель служит для маркировки арматурной стали?
15. Какие линии разграничивают фазовые состояния вещества на диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об обеспечении единства измерений (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025) [Электронный ресурс] : федер. закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. от 08.08.2024). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. ГОСТ 8.417–2024. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. [Электронный ресурс] : национальный стандарт РФ . – Введ. 2024–09–30. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в сфере кадастрового учета и государственной регистрации прав» [Электронный ресурс] : приказ Минтруда России от 12.10.2021 № 718н. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места [Электронный ресурс] : приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 (ред. от 29.10.2021). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. ГОСТ Р 58945–2020. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений [Электронный ресурс] : национальный стандарт РФ. – Введ. 20–01–01. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №188-ФЗ (с изменениями на 28.04.2023) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 13.06.2023). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

8. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Дата актуализации: 01.01.2021 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. ВРМ. <https://www.nist.gov/si-redefinition/kilogram>.
10. Виртуальная лаборатория. Строительное материаловедение. (г. Тверь), 2012. URL: <https://sunspire.site/ru/products/constr-materials/>
11. Унифицированная номенклатура строительных материалов, изделий и конструкций, учитываемых в РТМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dikipedia.ru/print/5163913>.
12. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : федер. закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ [Электронный ресурс]. Ст. 34. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
13. [<https://skatr.ru/stroitelstvo/innovatsii/grafen-v-betone>].
14. Коробова О. А., Максименко Л. А. Обследование и мониторинг технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений : учеб. пособие. – М. : АВС, 2021. – 132 с.
15. Черепашин А. А., Смолькин А. А. Материаловедение : учеб. – М. : КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 288 с.
16. Ларина Т. В. Материаловедение : практикум. – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – 57 с.
17. Материаловедение : учеб. / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; ред. Г. Г. Бондаренко. – 2-е изд. – М. : Юрайт, 2019. – 358 с.
18. Материаловедение и технологии конструкционных материалов : учеб. пособие / О. А. Масанский, В. С. Казаков, А. М. Токмин [и др.]. – Красноярск : СФУ, 2015. – 268 с.
19. Ларина Т. В. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Обработка металлов давлением : метод. указ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 45 с.
20. Ларина Т. В. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 100 с.

СТАРИННЫЕ РУССКИЕ МЕРЫ ДЛИНЫ И ПЛОЩАДИ

Меры длины

Аршин – старинная русская мера длины, равная в современном исчислении 0,7112 м. Аршином также называли мерную линейку, на которую обычно наносили деления в вершках. Чтобы исключить обмер, властями был введен в качестве эталона «казенный аршин», представляющий собой деревянную линейку, на концах которой клепались металлические наконечники с государственным клеймом.

Шаг – средняя длина человеческого шага равна 71 см. Одна из древнейших мер длины.

Пядь (пядница) – древняя русская мера длины. Малая пядь (говорили «пядь»; с XVII в. она называлась «четверть») – расстояние между концами расставленных большого и указательного (или среднего) пальцев, равное 17,78 см.

Большая пядь – расстояние между концами большого пальца и мизинца (22–23 см).

Верста – старорусская путевая мера (ее раннее название – «поприще»). Этим словом первоначально называли расстояние, пройденное от одного поворота плуга до другого во время пахоты. До царя Алексея Михайловича в одной версте считали 1 000 сажений. При Петре Первом одна верста равнялась 500 сажений, в современном исчислении $213,36 \times 500 = 1\,066,8$ м. Верстой также назывался верстовой столб на дороге.

Межевая верста – старорусская единица измерения, равная двум верстам. Версту в одной 1 000 сажень (2,16 км) употребляли широко в качестве межевой меры, обычно при определении выгонов вокруг крупных городов, а на окраинах России, особенно в Сибири, и для измерения расстояний между населенными пунктами.

Сажень – одна из наиболее распространенных на Руси мер длины. Различных по назначению (и, соответственно, величине) сажений было больше десяти. «Маховая сажень» – расстояние между концами пальцев широко расставленных рук взрослого мужчины. «Косая сажень» – самая длинная: рас-

стояние от носка левой ноги до конца среднего пальца поднятой вверх правой руки.

Вершок равнялся $1/16$ аршина, $1/4$ четверти; в современном исчислении – 4,44 см. Наименование «Вершок» происходит от слова «верх». В литературе XVII в. встречаются и доли вершка – полвершки и четвертьвершки.

Меры площади

Меры площади поверхности:

1 кв. верста = 250 000 квадратных сажений = 1,138 км²;

1 десятина = 2 400 квадратных сажений = 1,093 га;

1 копна = 0,1 десятины;

1 кв. сажень = 16 квадратных аршин = 4,552 м²;

1 кв. аршин = 0,5058 м²;

1 кв. вершок = 19,76 см²;

1 кв. фут = 9,29 кв. дюйма = 0,0929 м²;

1 кв. дюйм = 6,452 см²;

1 кв. линия = 6,452 мм².

**ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ (ГОСТ) НА ОСНОВНЫЕ
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ
(ПО СОСТОЯНИЮ НА 01.09.2025)**

ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия (взамен ГОСТ 8736–93);

ГОСТ 32824–2014. Песок природный. Технические требования;

ГОСТ 32727–2014. Песок природный и дробленый. Определение гранулометрического (зернового) состава и модуля крупности;

ГОСТ 3344–83. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия;

ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия;

ГОСТ 33048–2014. Щебень и гравий из горных пород. Отбор проб. Гранулометрические свойства;

ГОСТ 33109–2014. Щебень и гравий из горных пород. Определение морозостойкости;

ГОСТ 25192–2012. Бетоны. Классификация и общие технические требования;

СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции;

ГОСТ 10060–2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости;

ГОСТ 27006–2019. Бетоны. Правила подбора состава;

ГОСТ Р 58277–2018. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний;

ГОСТ 30744–2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка;

ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии;

ГОСТ 34028–2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия;

ГОСТ 6727–80. Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия;

ГОСТ 10922–2012. Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Технические условия;

ГОСТ 6617–2021. Битумы нефтяные строительные. Технические условия;

ГОСТ 11955–82. Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия;

ГОСТ 58527–2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе (более не действующий – ГОСТ 8462–85);

ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия;

ГОСТ 7025–91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости

ГОСТ 33126–2014. Блоки керамзитобетонные стеновые. Технические условия;

ГОСТ 379–2015. Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия;

ГОСТ 13579–2018. Блоки бетонные для стен подвалов. Технические условия.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

1. Антисептирование древесины – пропитка древесной породы специальными составами под давлением и температурой.
2. Асфальтобетон (асфальт) – тяжелый бетон, при производстве которого в качестве связующего между щебнем и песком применяют битум нефтяной дорожный.
3. Битум (гудрон) – строительный материал, который получают из нефти путем перегонки без доступа кислорода.
4. Газообразователь – алюминиевая пудра, применяемая для газобетонных.
5. Гидравлические вяжущие вещества – вещества (порошки), которые при затворении с водой преобразуются в пластичную массу, способную затвердевать и сохранять прочность не только на воздухе, но и в водной среде.
6. Гидроизол – гидроизоляционный материал беспокровный, пропитка асбестовой бумаги битумом.
7. Гидроизоляционные материалы – материалы, предназначенные для защиты конструкций зданий и сооружений от конденсата, агрессивных пород окружающей среды, а также от капиллярного поднятия влаги из грунта.
8. Гидроскопичные материалы – материалы, способные сорбировать (втягивать) воду из окружающей среды и длительно ее удерживать.
9. Гипс строительный – порошок белого или сероватого цвета.
10. Горная порода – природно-минеральная масса, состоящая из одного или нескольких минералов.
11. Средняя плотность – характеристика для материалов в естественном состоянии (с порами).
12. Истинная плотность – свойство, характеризующее состояние материала, находящегося в абсолютно плотном состоянии.
13. Кровельные материалы – материалы, предназначенные для защиты зданий и сооружений от атмосферных осадков.

14. Круглые лесоматериалы – материалы, полученные распиловкой круглого леса.

15. Материалы из минеральных расплавов – неметаллические тела, обладающие при нормальных температурах свойствами твердых тел.

16. Минералы – природные соединения, имеющие постоянный химический состав и строго определенные физико-механические свойства.

17. Наполнители – порошки, бесцветные отходы камнерезной и шлифовальной промышленности.

18. Насыпная плотность – плотность сыпучих материалов (песок, щебень, гравий).

19. Неорганическими воздушно-вяжущими веществами называют порошкообразные материалы, образующие при затворении (смешивании) с водой пластичное тесто, способное в результате физико-химических процессов переходить в твердое камневидное состояние.

20. Пенообразователи – смолосопонитовые вещества. Размещаются в горячей воде и добавляются в бетон в момент его изготовления.

21. Пенопласт – токсичный при горении материал, иногда употребляется некоторыми насекомыми и грызунами в пищу.

22. Пергамин – беспокровный материал, пропитка кровельного картона нефтяным битумом. Применяется только для пароизоляции.

23. Пески – необработанные горные породы, материалы.

24. Пигменты – нерастворимые и неразбавляемые, как правило, неорганические цветные порошки.

25. Полимерные материалы – материалы, в состав которых входят синтетические высокомолекулярные соединения (полимеры), определяющие их основные свойства.

26. Пористость – процентное содержание пор в материале.

27. Прочность (предел прочности) – способность материалов сопротивляться разрушению под воздействием внешних сил.

28. Пустотность – процентное содержание пустот между зернами сыпучего материала.

29. Растворители, разбавители – вещества, которые придают лакокрасочным составам необходимую вязкость и удобоукладываемость.

30. Рубероид – пропитка кровельного картона битумом с последующим нанесением на обе стороны битума.
31. Сантехнические изделия – изделия, изготавливающиеся методом литья беложгущихся каолиновых глин.
32. Связующие пленкообразующие вещества – материалы, как правило, природного или химического происхождения.
33. Сиккативы – специальные порошки, добавляемые в лакокрасочные материалы как ускорители схватывания и затвердевания пленки.
34. Силикатные материалы – материалы, получаемые путем автоклавной обработки, кремнесиликатной смеси, которая состоит в основном из кварцевого песка (90 %) и негашеной извести (10 %).
35. Сталь строительная – сплав железа с углеродом.
36. Стеклоситаллы – их получают на основе стекловатного расплава с добавлением цветных добавок.
37. Теплоизоляционные материалы – материалы, у которых коэффициент теплопроводности $\lambda < 0,18 \text{ Вт/м } ^\circ\text{С}$.
38. Термопластичные пластики – материалы, которые способны многократно размягчаться и отвердевать при переменной температуре (поливинилхлорид, полиэтилен).
39. Термореактивные пластики – материалы, которые отвердевают необратимо (смоли полиэфирные, эпоксидные карболидные).
40. Толь – пропитка и покрытие с двух сторон каменноугольным или сланцевым дегтем. Материал считается ядовитым. Требуется предосторожности при применении.
41. Удобоукладываемость – свойство, характеризующее поведение различных бетонов для их укладки опалубки.
42. Укрывистость – свойство, характеризующее поведение лакокрасочных материалов (скрывает ли новая краска старый наложенный слой или не скрывает).
43. Чугун – сплав железа с углеродом.
44. Шлакобиталлы – их получают на основе шлаковых расплавов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И ТЕСТОВ

Задание 8.1. В соотношении в частях по массе 1 : 4,5 за единицу принимается цемент. Рассчитывается объем цемента и песка в долевых соотношениях. Допустим, масса одной части цемента равна 1 000 кг, тогда масса песка равна 4 500 кг. Рассчитаем объем цемента: $V_{\text{ц}} = m/p$; $V_{\text{ц}} = 1000/1100 = 0,9\text{м}^3$. Рассчитаем объем песка: $V_{\text{п}} = m/p$; $V_{\text{п}} = 4\,500/1400 = 3,21\text{м}^3$. Найдем состав цементно-песчаного раствора по объему: $0,9:3,21 = 1 : x$; $x = 3,21/0,9 = 3,57$. Соотношение между количеством цемента и песка по объему 1:3,57.

Задание 8.4. Исходные данные: $V/\text{Ц} = 0,42$; средняя плотность бетонной смеси (P_m) = 2 300кг/м³; состав бетона по массе 1: $X : Y = 1 : 2 : 4$.

Решение: 1) $P_m = \text{Ц} + \text{П} + \text{Щ} + \text{В} = \text{Ц} \cdot (1 + X + Y + \text{В}/\text{Ц}) \Rightarrow$ формула расхода цемента: $\text{Ц} = P_m / (1 + X + Y + \text{В}/\text{Ц}) = 2\,300 / (1 + 2 + 4 + 0,42) = 309,97$ кг;

2) расход воды: $\text{В} = \text{Ц} \cdot \text{В}/\text{Ц} = 309,97 \cdot 0,42 = 130,18$ л.

Расход песка: $\text{П} = X \cdot \text{Ц} = 2 \cdot 309,97 = 619,94$ кг.

Расход щебня: $\text{Щ} = Y \cdot \text{Ц} = 4 \cdot 309,97 = 1\,239,88$ кг.

Расход цемента 309,97 кг; расход воды 130,18 л; расход песка 619,94 кг; расход щебня 1 239,88 кг.

Задание 8.6. По исходным условиям брак камней составляет 2 %. Чтобы в итоге получить требуемое количество камней, нужно увеличить количество камней на 2 %: $10\,000 \cdot 1,02 = 10\,200$ штук. Средняя плотность камней, т. е. отношение общей массы камней к их объему, включающему пустоты, равна 1 460 кг/м³. Вычислим общий объем камней, а затем их массу: $V_1 = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,12 \cdot 10\,200 = 76,5\text{м}^3$; $m_1 = V_1 \cdot \rho_{\text{ср.к}} = 76,5 \cdot 1460 = 111\,690$ кг.

В процессе прокаливании имеются потери массы сырья, поэтому нужно увеличить массу сырья, чтобы после прокаливании получить требуемую массу. Сначала увеличим массу на 8 % – потери глины при прокаливании, а затем на 22 % – масса испарившейся в результате прокаливании влаги, содержащейся в сырье: $m_2 = 111\,690 \cdot 1,08 = 120\,625,2$ кг; $m_3 = 120\,625,2 \cdot 1,22 = 147\,162,74$ кг. Нужно отметить, что по условию задачи вычисления нужно производить именно в таком порядке, а не находить сразу общие потери при прокаливании. Искомую массу мы нашли, оста-

лось определить объем сырья. Для этого нам понадобится средняя плотность глины 1700 кг/м^3 : $V_2 = m_3 / \rho_{\text{ср.г}} = 245271,24 / 1700 \approx 144,3 \text{ м}^3$.

Задание 8.7. Методика определения марки кирпича по прочности при сжатии устанавливается по ГОСТ 530–2012. Для определения прочности при сжатии применяется по 5 образцов одной партии кирпича. Допускается при проведении испытаний на сжатие применять половинки кирпича прошедших испытания на изгиб. Предел прочности образца определяется по формуле $R_{\text{сж}} = P/F$, где P – наибольшая нагрузка на образец, а F – площадь поперечного образца. Если толщина испытуемого образца 88 мм, то результат испытаний умножают на коэффициент 1,2. Предел прочности при сжатии в партии кирпича определяют как среднеарифметическое из всех образцов с точностью до 0,1 МПа. По полученным данным устанавливают марку. Стандартом предусмотрено 8 марок кирпича по прочности от М 75 до М 300 (кгс/см^2).

Задание 9. 1-1; 2-1; 3-1; 4-1; 5-1; 6-1; 7-1; 8-1; 9-1; 10-1, 2, 3.

Задание 10. 1-1; 2-1; 3-1; 4-1; 5-4; 6-1; 7-3; 8-3; 9-2; 10-4.

ПОРОШКОВЫЕ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Порошковыми металлическими материалами называют спеченные материалы, изготовленные методом приготовления порошковой шихты, формования и спекания (*металлокерамика*). Порошковые металлические материалы объединяют твердые сплавы, дисперсно-упрочненные композиты, антифрикционные материалы, порошковые стали, спеченные цветные металлы, пористые металлические материалы. Спеченные детали изготавливаются из смесей порошков железа с легирующими порошками и порошков углеродистых и легированных сталей. Стали порошковые и изделия из них получают холодным прессованием и спеканием, двойным прессованием и спеканием, горячим прессованием, горячей штамповкой.

Композиционные материалы (КМ) или композиты, англ. (composite – «сложный, составленный из чего-либо») – это искусственно созданные человеком матричные материалы, состоящие из двух или более компонентов, один из которых является матрицей, другой – арматурой; гетерофазные по строению, однородные в макромасштабе; обладающие аддитивным комплексом физико-механических свойств, обусловленным сохранением индивидуальности каждого образующего композит компонента. Композиционные материалы различают по типу армирования и направлениям армирующей фазы. Существуют хаотично армированные, однонаправленные, трансармированные, ортогонально армированные и т. п. Компонентами КМ являются непрерывные и дискретные волокна, полуфабрикаты, получаемые переработкой волокон, нити, жгуты, войлоки, и т. п. Волокна из металлов и сплавов изготавливают из проволоки. Волокна из стекла и органических соединений формируют методами экструзии, вытяжения из расплава. Нитевидные кристаллы выращивают методами парогазового осаждения.

Неметаллические материалы разделяются на классы: пластические массы, конструкционную керамику, стекла, каучуки и резиновые материалы, композиты на основе пластмасс и с органическим армированием. В свою очередь каждый класс имеет свою специальную классификацию: пластические массы

делятся на термопласты, термоэластопласты, олигомеры и реактопласты; конструкционная керамика классифицируется преимущественно по составу – на основе оксидов, карбидов, нитридов и т. п. Стекла разделяют по механическим свойствам: ударопрочное, термостойкое, радиационно стойкое, многослойное (триплекс). Каучуки делят на натуральные и синтетические и по назначению – для изготовления шин и технических изделий. Ситаллы – это частично закристаллизовавшиеся стекла. По структуре ситаллы занимают промежуточное положение между обычными стеклами и керамикой. Ситаллы – многокомпонентные, гетерогенные, многофазные системы, получившие название «стеклокерамика». Конструкционную керамику получают методами порошковой металлургии. Композиты с керамическими и силикатными матрицами изготавливают традиционными методами металлокерамики. В производстве волокнистой керамики применяют армирование волокном из нитрида бора, корунда, карбида кремния, бора, углерода и других веществ.

Учебное издание

Максименко Любовь Александровна

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ДЛЯ КАДАСТРА

Редактор *О. В. Георгиевская*

Компьютерная верстка *А. П. Бочарниковой*

Дизайн обложки *Я. А. Лесных*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 30.12.2025. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 6,45. Тираж 120 экз. Заказ 193.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Издательско-полиграфический центр СГУГиТ

630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре СГУГиТ

630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8