

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**

Кафедра инженерного материаловедения и метрологии

**СОВРЕМЕННЫЕ ОТДЕЛОЧНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ, ИХ СВОЙСТВА
И ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения по направлениям подготовки:
38.03.06 – Торговое дело; 38.03.07 – Товароведение

Составители:
О. А. Москалюк
А. В. Шибанова

Санкт-Петербург
2020

Утверждено
на заседании кафедры
04.09.2019 г., протокол № 1
Рецензент Е. Н. Дресвянина

Методические указания к выполнению контрольного задания по дисциплине «Современные отделочные материалы, их свойства и тенденции использования в промышленности» разработаны на базе современных научно-практических материалов в этой области знаний, в том числе и с привлечением научных разработок кафедры инженерного материаловедения и метрологии.

Пользуясь данными методическими указаниями, студенты получают возможность ознакомиться с программой дисциплины, определить тему контрольного задания и получить указания к его выполнению. В методических указаниях представлен также список рекомендованных литературных источников по всем разделам программы, а также варианты тестовых заданий для текущего контроля знаний студентов.

Предназначены для студентов бакалавриата заочной формы обучения, по направлениям подготовки 38.03.06 – Товароведение и экспертиза непродовольственных товаров и 38.03.07 – Товароведение и экспертиза в сфере производства и обращения непродовольственных товаров и сырья.

Учебное электронное издание сетевого распространения
Издано в авторской редакции

Системные требования:

электронное устройство с программным обеспечением для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202050, по паролю. – Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 13.01.2020 г. Рег. № 50/20

ФГБОУВО «СПбГУПТД»

Юридический и почтовый адрес: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18.

<http://sutd.ru/>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Программа дисциплины.....	5
Структура контрольной работы.....	6
Способ выбора номеров тем контрольного задания.....	6
Варианты теоретических вопросов контрольной работы.....	7
Варианты практико-ориентированных задач.....	8
Свойства строительных материалов.....	10
Требования к представлению контрольной работы.....	36
Варианты тестовых заданий для текущего контроля знаний.....	37
Список рекомендуемых литературных источников.....	39

ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена разработке программы и тем для самостоятельного изучения дисциплины «Современные отделочные материалы, их свойства и тенденции использования в промышленности», контрольных заданий и указаний к их выполнению.

Строительные материалы непосредственно влияют на восприятие архитектурного образа объекта, на его качество и экономические требования. Специалист должен понимать, что строительные материалы выполняют комплекс функций, связанных с технологией строительных работ, эксплуатацией и композиционным строением здания, а также его стоимостью, включая цены и затраты на применение и эксплуатацию. Работа с материалами предполагает учёт действующих архитектурно-строительных норм и правил, а также природных и социальных факторов. Материал играет важную роль в формировании пропорционального, масштабного и ритмического строя сооружения, его тектоники и в конечном счете композиции в целом.

Именно поэтому в данном курсе студенты изучают вопросы, связанные с классификацией, свойствами, основами производства, номенклатуры, характеристик и оценки качества современных отделочных материалов; взаимосвязи их свойств и областей применения. Пользуясь данными методическими указаниями, студенты получают возможность ознакомиться с программой дисциплины, определить тему контрольного задания и получить указания к его выполнению. В методических указаниях представлен также список рекомендованных литературных источников по всем разделам программы.

Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области знания основных принципов классификации, свойств, основ производства, номенклатуры, характеристик и оценки качества современных отделочных материалов; взаимосвязи их свойств и областей применения.

Задачи дисциплины

- Предоставить углубленную информацию об основных научно-технических проблемах и перспективах развития строительного материаловедения;
- дать представление о классификациях современных отделочных материалов;
- рассмотреть существующие отделочные материалы для внутренней отделки помещений различного назначения;
- раскрыть основные подходы к оценке качества современных отделочных материалов;
- научить на основании исходных данных подбирать материалы для отделки помещений различного назначения.

Программа дисциплины

Учебный модуль 1. Конструкционные и декоративно-отделочные материалы. Классификация, структура, свойства
Тема 1. Введение. Классификация и свойства современных отделочных материалов
Тема 2. Древесные материалы и изделия. Структура, свойства и применение
Тема 3. Металлы и их сплавы. Структура, свойства и применение
Тема 4. Природные каменные материалы. Структура, свойства и применение
Тема 5. Керамические материалы и изделия. Структура, свойства и применение
Тема 6. Изделия из минеральных расплавов. Структура, свойства и применение в средовом дизайне
Тема 7. Минеральные вяжущие вещества. Бетоны. Строительные растворы. Структура, свойства и применение
Тема 8. Полимеры и композиционные материалы на их основе. Структура, свойства и применение
Учебный модуль 2. Комплексное использование конструкционных и декоративно-отделочных материалов в совершенствовании средовой композиции, современные тенденции
Тема 9. Роль и место современных отделочных материалов в совершенствовании жилого и нежилого пространства. Применение строительных материалов в ландшафтной архитектуре, дорожном строительстве
Тема 10. Взаимосвязь свойств и областей применения современных отделочных материалов. Методические основы рационального выбора и использования строительных материалов
Тема 11. Способы отделки современного интерьера. Интерьерные системы. Этапы выполнения отделочных работ
Тема 12. Оценка качества современных отделочных материалов

Структура контрольной работы

Контрольная работа по курсу «Современные отделочные материалы, их свойства и тенденции использования в промышленности. Контрольные задания» состоит из двух частей:

1. Теоретический вопрос.
2. Практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос

Теоретическая часть контрольной работы представляет собой реферат объемом не более 10–15 с.

Реферат – это изучение какого-то отдельно взятого вопроса и краткое описание главных идей. Особенностью реферата является его соответствие нынешним научным и технологическим требованиям в области изучаемой темы.

Основной целью реферата является глубокая самостоятельная работа студента над изучением проблем курса с использованием основной литературы.

Практико-ориентированное задание

Практико-ориентированные задачи – это задачи из окружающей действительности, которые тесно связаны с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни.

Цель практико-ориентированных задач – формирование умений действовать в социально значимой ситуации. Практико-ориентированные задачи помогают учащимся работать с информацией, выделять и отбирать главное, выстраивать собственные пути решения и обосновывать их.

Способ выбора номеров тем контрольного задания

Выбор номера и названия темы осуществляется в соответствии с личным номером (шифром) следующим образом:

– последняя цифра шифра соответствует одному из десяти предложенных в программе теоретических вопросов (*табл. 1*). Цифра ноль соответствует десятой теме;

– предпоследняя цифра шифра соответствует одному из десяти предложенных в программе вариантов практико-ориентированных заданий (*табл. 2*). В каждом варианте необходимо решить две задачи. Цифра ноль соответствует десятой теме.

Варианты теоретических вопросов контрольной работы

Т а б л и ц а 1

Вариант	Формулировка теоретического вопроса
1	Древесные материалы и изделия. Виды, структура, свойства, применение в строительстве
2	Природные каменные материалы. Виды, структура, свойства, применение в строительстве
3	Керамические материалы и изделия. Виды, структура, свойства, применение в строительстве
4	Изделия из минеральных расплавов. Виды, структура, свойства, применение в строительстве
5	Минеральные вяжущие материалы. Виды, структура, свойства, применение
6	Бетоны. Виды, структура, свойства, применение
7	Строительные растворы. Виды, структура, свойства, применение
8	Полимерные материалы и изделия. Виды, структура, свойства, применение в строительстве
9	Металлические материалы и изделия. Виды, структура, свойства, применение в строительстве
10	Современные отделочные материалы специального назначения (гидроизоляционные, герметизирующие, теплоизоляционные и акустические). Виды, структура, свойства, применение

Варианты практико-ориентированных задач

Т а б л и ц а 2

Вариант	Формулировка практико-ориентированных задач
1	Задача 1 Рассчитать, какую высоту колонны сечением $40 \times 40 \text{ см}^2$ можно забетонировать из 3 т обычного тяжелого бетона, имеющего плотность $2,3 \text{ т/м}^3$. Задача 2 Рассчитать, какой толщины должна быть стена площадью 10 м^2 из керамзитобетона, если сквозь нее при разности температур 30°C за 5 ч должно проходить не более 1570 Вт тепла. Коэффициент теплопроводности керамзитобетона принять $0,31 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$.
2	Задача 1 Сколько потребуется бетона со средней плотностью 2450 кг/м^3 для устройства сплошного пола толщиной 70 мм в производственном помещении размером $4 \times 6 \text{ м}$? Задача 2 Через кубик из цементно-песчаного раствора с ребром, равным 7,07 см, при давлении 4 атм за 5 ч просочилось 24 г воды. Чему равен коэффициент водопроницаемости цементного раствора при данном давлении воды? Принять $1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па} = 10^5 \text{ Н/м}^2$.
3	Задача 1 Керамзитобетон (легкий бетон на пористых заполнителях) имеет пористость 38 % и истинную плотность, равную 2600 кг/м^3. Чему равна средняя плотность керамзитобетона? Задача 2 Определите значение предела прочности при изгибе керамического кирпича размером $250 \times 120 \times 65 \text{ мм}$, если при испытании значение разрушающей нагрузки составило 380 кг, а расстояние между опорами равно 200 мм.
4	Задача 1 Цилиндрический образец горной породы диаметром 5 см и высотой 5 см весит в сухом состоянии 245 г. Определить его среднюю плотность. Задача 2 При механическом испытании кубиков тяжелого бетона размером $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$ средняя разрушающая нагрузка равна $P = 90\,000 \text{ кгс}$. Определить предел прочности бетона при сжатии.

Вариант	Формулировка практико-ориентированных задач
5	Задача 1 Определить массу кирпича размером $250 \times 120 \times 65$ мм, если его средняя плотность равна 1700 кг/м^3. Задача 2 Сухие образцы камня-известняка массой 50 кг нагрели от $t = 15^\circ\text{C}$ до температуры $t = 40^\circ\text{C}$, затратив тепло в количестве $Q = 1120 \text{ кДж}$. Определить удельную теплоемкость данного материала.
6	Задача 1 Определить истинную плотность природного камня, если его средняя плотность $2,6 \text{ г/см}^3$, а пористость составляет 3 %. Задача 2 Определить истираемость каменной плиты длиной 100 мм и шириной 50 мм, если масса ее до испытания составляла 220 г, а после испытания 212,5 г.
7	Задача 1 Наружная стеновая панель из газобетона имеет размеры $3,0 \times 1,2 \times 0,3$ м и массу 1,3 т. Рассчитайте пористость газобетона, приняв его истинную плотность равной 2600 кг/м^3. Задача 2 Прочность на сжатие сухого кирпича $R_{\text{сух}} = 150 \text{ кг/см}^2$, а после насыщения водой уменьшилась до 130 кг/см^2. Определить, является ли данный кирпич водостойким.
8	Задача 1 Плотность раствора $1,7 \text{ г/см}^3$. Какое количество раствора необходимо для оштукатуривания кирпичной стены размером 5×3 м при толщине слоя штукатурки 7 мм? Задача 2 Определить допустимую нагрузку на рядовую плоскую кровельную асбестоцементную плитку размером 400×400 мм, толщиной 4 мм, если предел прочности при изгибе должен быть не менее 240 кг/см, пролёт между опорами плитки $l = 30 \text{ см}$.

Вариант	Формулировка практико-ориентированных задач
9	Задача 1 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. Задача 2 Образец древесно-стружечной плиты имеет размеры $100 \times 100 \times 20 \text{ мм}$, масса его $m_1 = 200 \text{ г}$. После насыщения водой его масса увеличилась до $m_2 = 250 \text{ г}$. Вычислить его водопоглощение по массе.
10	Задача 1 Из одного и того же вещества изготовлены два материала. У первого материала водопоглощение по объему составило 30%, а водопоглощение по массе – 15%; у второго материала соответственно 12 и 6%. Какой материал плотнее? Задача 2 Прочность на сжатие сухого кирпича $R_{\text{сух}} = 200 \text{ кг/см}^2$, а после насыщения водой $R_{\text{нас}} = 120 \text{ кг/см}^2$. Определить, является ли данный кирпич водостойким.

Свойства строительных материалов

Прежде чем приступить к решению практико-ориентированных задач, студентам предлагается ознакомиться с основными теоретическими положениями в области структуры и свойств строительных материалов.

Строительные материалы, применяемые при возведении и отделки зданий и сооружений, характеризуются разнообразными свойствами, которые определяют качество материалов и области их применения. По ряду признаков основные свойства строительных материалов могут быть разделены на основные: физические, механические и химические, технологические; а также две дополнительные группы: эстетические и биологические (*рис. 1*). Ниже подробнее будут представлены физические, химические и механические группы свойств, которые необходимы для правильного решения практико-ориентированных задач.

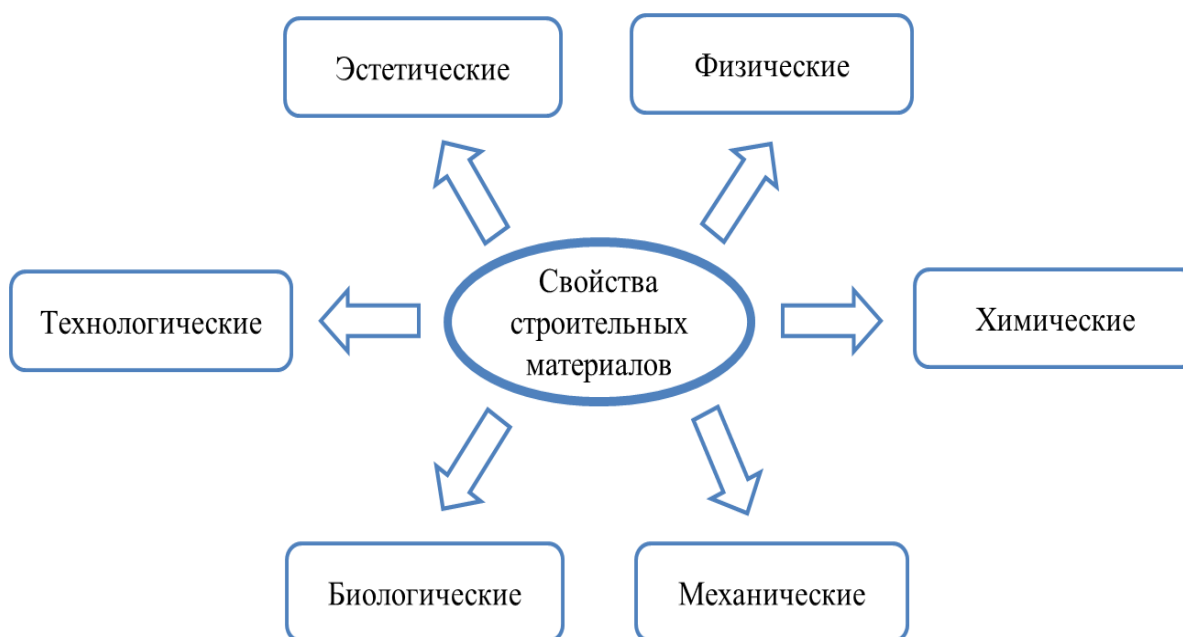


Рис. 1. Свойства строительных материалов

1. Физические свойства

Физические свойства подразделяют на подвиды:

- *общие физические* – характеризующие структуру и массу материала;
- *гидрофизические* – характеризующие отношение материалов к действию воды, пара и газов;
- *теплофизические* – характеризующие отношение материалов к действию тепла и огня;
- *акустические* – характеризующие отношение материалов к действию звуковых колебаний.

1.1. Общие физические свойства

К общефизическим свойствам относятся: *истинная плотность, средняя плотность и пористость* материала.

Истинная плотность $\rho_{\text{ист}}$ – масса единицы объема вещества в абсолютно плотном состоянии, т. е. без пор, пустот и трещин.

$$\rho_{\text{ист}} = \frac{m}{v_0}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ист}}$ – истинная плотность, кг/м³; m – масса, кг; v_0 – объем, занимаемый веществом без пор, трещин и каверн, м³.

Истинную плотность определяют при помощи стеклянной колбы точного объема – пикнометра с точностью до 0,01 г/см³ на тонко измельченной (до 0,2 мм) и предварительно высушенной до постоянной массы пробе.

Истинная плотность большинства строительных материалов больше единицы (за единицу условно принимают плотность воды при $t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для каменных материалов плотность колеблется в пределах 2200...3300 кг/м³; органических материалов (дерево, битумы, пластмассы) – 900...1600 кг/м³; черных металлов (чугун, сталь) – 7250...7850 кг/м³.

Средняя плотность $\rho_{\text{ср}}$ – масса единицы объема материала (изделия) в естественном состоянии, т. е. с пустотами и порами.

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{v}, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ – средняя плотность, кг/м³; m – масса материала (изделия) в естественном состоянии, кг; v – объем материала (изделия) в естественном состоянии, м³.

Значения плотности данного материала в сухом $\rho_{\text{ср}}$ и влажном состоянии $\rho_{\text{ср}}^w$ связаны соотношением

$$\rho_{\text{ср}}^w = \rho_{\text{ср}}(1 + W_m/100), \quad (3)$$

где W_m – влажность материала по массе, %.

Если образец имеет правильную геометрическую форму, его объем определяют путем вычислений по измеренным геометрическим размерам; если же образец неправильной формы, – по объему вытесненной жидкости (закон Архимеда).

Средняя плотность природных и искусственных материалов колеблется в широких пределах – от 10 кг/м³ (полимерный воздушнонаполненный материал «мипора») до 2500 кг/м³ у тяжелого бетона и 7850 кг/м³ у стали.

Данные средней плотности используют при подборе материала для изготовления строительных конструкций, расчетах транспортных средств, подъемно-транспортного оборудования. При одинаковом вещественном составе средняя плотность характеризует прочностные свойства. Чем больше средняя плотность, тем прочнее материал.

Для пористых строительных материалов истинная плотность больше средней плотности. Только для абсолютно плотных материалов (металлы, стекла, лаки, краски) показатели средней и истинной плотности численно равны.

Плотность пористых материалов всегда меньше их истинной плотности. Например, плотность лёгкого бетона – 500...1800 кг/м³, а его истинная плотность – 2600 кг/м³. Только для абсолютно плотных материалов (металлы,

стекла, лаки, краски) показатели средней и истинной плотности численно равны.

Плотность материала иногда выражают в виде безразмерной величины, называемой *относительной плотностью*, равной отношению плотности материала $\rho_{\text{ср}}$ к плотности воды $\rho_{\text{в}}$, т. е.

$$d = \frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{в}}}. \quad (4)$$

Насыпная плотность $\rho^{\text{н}}$ – масса единицы объема сыпучих материалов в свободном насыпном состоянии, т. е. без его уплотнения. Формула расчета и размерность показателя те же, что в формуле (2). За единицу объема таких материалов принимают не только зерна самого материала, но и пустоты между ними. Количество пустот, образующихся между зернами рыхлонасыпного материала, выраженное в процентах по отношению ко всему занимаемому объему, называют *межзерновой пустотностью*. Этот показатель важен для сыпучих материалов с рыхлозернистой структурой: для песка, щебня, гравия, керамзита и других материалов, применяемых при изготовлении бетона, а также для зернистых теплоизоляционных материалов.

Пористость Π – объёмная доля воздушных пустот в материале.

$$\Pi = \frac{v_{\text{п}}}{v}, \quad (5)$$

где $v_{\text{п}}$ – объём пустот (пор) в материале.

Строение пористого материала характеризуется количеством и геометрическими размерами пор в виде капилляров (в форме трубочек) и ячеек (сферической формы).

По величине истинной и средней плотности рассчитывают *общую пористость* Π материала в процентах.

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ист}}}\right) 100 \%. \quad (6)$$

Поры в материале могут иметь различную форму и размеры. Они могут быть открытыми, сообщающимися с окружающей средой, и замкнутыми, заполненными воздухом. При погружении материала (изделия) в воду открытые поры полностью или частично заполняются водой. В замкнутые поры вода проникнуть не может. Открытую или *капиллярную пористость* (Π_0) определяют по водонасыщению материала под вакуумом или кипячением его в воде:

$$P_0 = \frac{m^{\text{BH}} - m^{\text{сух}}}{v \cdot \rho_{\text{в}}} 100 \%, \quad (7)$$

где $m^{\text{сух}}$ – масса образца в сухом состоянии, г; m^{BH} – масса образца в водонасыщенном состоянии, г; v – объем образца, см³; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³.

Общая пористость различных по назначению материалов колеблется в широком интервале. Так, для тяжелого, прочного конструкционного бетона – 5...10 %, кирпича, который как стеновой материал должен обеспечить прочность, легкость стеновой конструкции и пониженную теплопроводность, пористость составляет 25...35 %, для эффективного теплоизоляционного материала пенопласта – 95 %. Большое влияние на свойства материалов оказывают не только величина пористости, но и размер пор, их характер. При увеличении объема замкнутых пор и уменьшении их величины повышается морозостойкость материала и снижается теплопроводность. Наличие открытых крупных пор делает материал проницаемым для воды, неморозостойким, но в то же время он приобретает акустические свойства.

1.2. Гидрофизические свойства

Гидрофизические свойства проявляют материалы и изделия при контакте с водой и паром. Наиболее важные из них – *гигроскопичность, водопоглощение, водостойкость, водопроницаемость, морозостойкость, воздухостойкость*.

Увлажнение и насыщение водой оказывает большое влияние на многие важные эксплуатационные характеристики строительных материалов и изделий. В результате насыщения водой существенно изменяются их весовые характеристики, тепло- и электропроводность, линейные размеры и объем, физико-механические свойства.

В зависимости от вещественной природы материала способность материалов притягивать к своей поверхности молекулы воды различна. Материалы, способные притягивать к своей поверхности воду, называются *гидрофильными* (бетон, древесина, стекло, кирпич и др.); а отталкивающие воду – *гидрофобными* (битум, полимерные материалы).

Гигроскопичность – свойство материалов поглощать водяные пары из воздуха и удерживать их на своей наружной поверхности и внутренней поверхности пор. Мерой гигроскопичности материалов является величина влажности материала по массе $W_{\text{Г}}$ (ГОСТ), определённая на образцах материала при заданных температурно-влажностных условиях воздуха по формуле

$$W_{\text{Г}} = \frac{m^{\text{НВ}} - m^{\text{сух}}}{m^{\text{сух}}} 100 \%. \quad (8)$$

Поглощение влаги из воздуха обусловлено способностью поверхности материалов, всегда имеющей неуравновешенный электростатический заряд,

насыщаться дипольными молекулами воды, а также поглощение воды может происходить за счёт капиллярной конденсации. Этот физико-химический процесс называется сорбцией. Сорбционная способность является обратимым процессом и зависит от температурно-влажностных условий воздуха. С повышением (уменьшением) относительной влажности воздуха при постоянной температуре возрастает (снижается) сорбционная влажность материала. Поэтому оценку гигроскопичности материалов дают для определённой эксплуатационной влажности атмосферного воздуха.

При равной общей пористости и одинаковом вещественном составе материала чем мельче поры, тем больше общая площадь внутренней поверхности пор, следовательно, гигроскопичность выше. Для зернистых материалов имеет место аналогичная закономерность. Этот процесс является обратимым и зависит от температуры и влажности воздуха. При снижении влажности часть гигроскопичной влаги испаряется. В зависимости от вещественной природы материала гигроскопичность различна. Так, например, равновесная влажность по массе стеновых материалов составляет 5–7 %, комнатно-сухой древесины составляет 8–12 %, а воздушно-сухой древесины после продолжительной сушки на открытом воздухе составляет 15–18 %.

Капиллярное всасывание характеризуется высотой поднятия воды в материале, количеством поглощённой влаги и интенсивностью всасывания.

Высоту поднятия воды в капилляре h определяют по формуле

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{r\rho g}, \quad (9)$$

где σ – поверхностное натяжение; θ – краевой угол смачивание; r – радиус капилляра; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения.

Поры в материалах имеют неправильную форму и изменяющееся поперечное сечение, поэтому приведенная формула применима лишь для качественного рассмотрения явления. Высоту всасывания воды определяют, применяя метод «меченых атомов», либо по изменению электропроводности материала. Уменьшение интенсивности всасывания отражается на повышении морозостойкости материала, т. е. структура такого материала лучше.

Капиллярное всасывание воды происходит пористым материалом, когда часть или вся конструкция из этого материала находится в воде. Так, грунтовые воды могут подниматься по капиллярам и увлажнять нижнюю часть здания. Чтобы не было сырости в помещении, устраивают гидроизоляционный слой, отделяющий фундаментную часть конструкции стены от её низменной части. Под фундаменты и конструкционные слои дорожных покрытий укладывают слой из крупной фракции щебня для исключения капиллярного поднятия воды и насыщения конструкционных слоев водой.

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать воду при непосредственном контакте с ней. Мерой водопоглощения по массе является отношение массы воды, поглощенной образцом материала, высушенного до постоянной массы, после его насыщения при полном погружении в воду, к массе образца в сухом состоянии (ГОСТ).

$$W_M = \frac{m^{\text{НВ}} - m^{\text{СУХ}}}{m^{\text{СУХ}}} 100 \%. \quad (10)$$

Использование водопоглощения по массе для сравнения различных видов материалов не правомерно, так как этот параметр не отражает абсолютной величины поглощённой влаги материалом. Он может использоваться только для контроля одного вида материала. Водопоглощение по массе у таких высокопористых материалов, как, например, древесина, минераловатные и стекловатные плиты, может быть более 100 %.

Другим показателем является водопоглощение по объёму. Мерой водопоглощения материала по объёму $W_{об}$ является отношение объёма воды, поглощенной образцом материала (V_0), высушенного до постоянной массы, после его насыщения при полном погружении в воду, к объёму образца (V_1).

$$W_{об} = \frac{V_0}{V_1}. \quad (11)$$

Этот показатель зависит от объёма, природы пор (замкнутые, открытые) и степени гидрофильности материала. Так, водопоглощение гранита составляет 0,02...0,7 %, тяжелого бетона 2...4 %, кирпича 8...15 %, древесины 40...70 %.

Водопоглощение по объёму характеризует кажущуюся (условно открытую) пористость материала. Так как в материале имеется некоторое количество замкнутых (условно закрытых) пор, объёмное водопоглощение всегда меньше 100 %, т. е. этот параметр не отражает истинную пористость материала.

Водопоглощение по объёму используют для расчёта *коэффициента насыщения пор водой* K_H , который характеризует объёмную долю условно открытых пор в материале.

$$K_H = \frac{W_{об}}{\Pi}. \quad (12)$$

Коэффициент насыщения изменяется от 0 (все поры замкнутые) до 1 (все поры открытые). Уменьшение K_H при той же пористости свидетельствует о сокращении открытой пористости, что обычно проявляется в повышении морозостойкости материала.

В результате насыщения материала водой и нарушения связей между частицами материала из-за проникновения молекул воды между кристаллами и в трещины материала – прочность его снижается. Это состояние материала характеризует коэффициент размягчения $K_{\text{разм}}$, который равен отношению предела прочности при сжатии материала, насыщенного водой $R^{\text{НВ}}$, к пределу прочности при сжатии в сухом состоянии $R^{\text{сух}}$.

$$K_{\text{разм}} = \frac{R^{\text{НВ}}}{R^{\text{сух}}}. \quad (13)$$

Этот коэффициент характеризует *водостойкость* материалов. Для глины и гипса он близок к нулю, для металла и стекла – равен единице. Материалы с $K_{\text{разм}} > 0,8$ считают водостойкими, с $K_{\text{разм}} < 0,8$ – не водостойкими и применять их в несущих конструкциях, испытывающих постоянное действие воды, не разрешено (фундаменты зданий, дамбы, плотины).

Влагоотдача – способность материала отдавать влагу при снижении влажности воздуха. Скорость влагоотдачи зависит от разности влажности образца и окружающей среды. Чем она выше, тем интенсивнее идет высушивание изделия. Крупнопористый гидрофобный материал отдает воду быстрее, чем мелкопористый гидрофильный. В естественных условиях влагоотдачу строительных материалов характеризуют интенсивностью потери влаги при относительной влажности воздуха 60 % и температуре, равной 20 °С.

Водопроницаемость – свойство материала пропускать воду под давлением через свою толщу. Водопроницаемость оценивают по коэффициенту фильтрации $K_{\text{ф}}$.

$$K_{\text{ф}} = \frac{V_{\text{в}} \cdot a}{S(\rho_1 - \rho_2)t}. \quad (14)$$

Коэффициент фильтрации $K_{\text{ф}}$ равен объёму воды $V_{\text{в}}(\text{м}^3)$, проходящей через стенку площадью $S = 1 \text{ м}^2$ и толщиной в $a = 1 \text{ м}$ за время $t = 1 \text{ ч}$ при разности гидростатического давления на границе стенки $(p_1 - p_2) = 1 \text{ м}$ водяного столба.

Особенно важно это свойство при строительстве гидротехнических сооружений (дамбы, плотины, молы, мосты), резервуаров, возведении стен подвалов при наличии грунтовых вод. Коэффициент фильтрации непосредственно связан обратной зависимостью с водонепроницаемостью материала. Чем ниже $K_{\text{ф}}$, тем выше марка по водонепроницаемости.

Водонепроницаемость бетона и других материалов характеризуется маркой W2, W4...W12, обозначающей одностороннее гидростатическое давление в кг/см^2 (атмосферах), при котором образец не пропускает воду в

условиях стандартных испытаний. Испытания проводят на специальной установке.

Морозостойкость – способность материала сохранять свою прочность при многократном попеременном замораживании в водонасыщенном состоянии и оттаивании в воде (ГОСТ). Для материалов, эксплуатируемых в условиях знакопеременных температур наружного воздуха, морозостойкость является одним из важнейших свойств, обеспечивающих их долговечность (дорожные покрытия, бордюрные камни, стеновые материалы). Разрушение материалов при их замораживании в водонасыщенном состоянии связано с образованием в порах льда, объем которого примерно на 9 % больше объема замерзшей воды. Поэтому если все поры в материале будут заполнены водой, то разрушение должно было бы произойти после первого цикла замораживания. Способность материала противостоять морозному разрушению обусловлена, в первую очередь, присутствием в его структуре определенного объема замкнутых пор, в которые и отжимается часть воды под действием давления растущих кристаллов льда. Таким образом, главными факторами, определяющими морозостойкость материала, являются показатели структуры, от которых зависят степень их насыщения водой и интенсивность образования льда в порах.

В строительстве морозостойкость материала количественно оценивают маркой, обозначаемой F. За марку материала по морозостойкости принимают наибольшее число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которые выдерживают образцы материала без снижения прочности на сжатие более чем на 15 %, и образец не имеет видимых повреждений в виде трещин и выкрашиваний материала, а потеря массы образца составляет не более 5 %. В зависимости от назначения материала величина критериев оценки материала по морозостойкости может быть другой.

Установлены следующие марки по морозостойкости: тяжелый бетон F50 – F500, легкий бетон F25 – F500, кирпич и стеновые керамические камни F15 – F100. Марка по морозостойкости материала назначается на стадии проектирования в зависимости от вида конструкции и места расположения материала в ней, а также климатической зоны эксплуатации. Для наружных стен марка по морозостойкости не превышает F50.

Вследствие длительности базовых испытаний стандартом разрешено применение следующих ускоренных методов оценки морозостойкости:

- проведение водонасыщения образцов в 5 % растворах хлорида или сульфата натрия (разрушение бетона ускоряется за счет дополнительного образования при замораживании кристаллов соли);
- снижение температуры в морозильной камере до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, при которой замерзает вода в микропорах, увеличивая общий объем льда;
- расчет морозостойкости по эмпирической формуле, выведенной на основании зависимости между деформациями бетона, возникающими в первый цикл испытаний, и его морозостойкостью;

- расчет косвенного критерия морозостойкости по показателям структуры бетона.

Контроль морозостойкости экспресс-методами особенно важен для таких изделий и конструкций, как наружные стены, покрытия дорог и аэродромов, тротуарные плиты, бордюрные элементы, стойки систем наружного освещения и линий электропередачи, для которых морозостойкость является основным фактором долговечности.

Влажностные деформации. Пористые неорганические и органические материалы (бетоны, древесина и др.) при изменении влажности изменяют свой объём и размеры. Усадкой (усушкой) называют уменьшение размеров материала при высыхании. Она вызывается уменьшением толщины слоёв воды, окружающих частицы (волокна) материала, и действием внутренних капиллярных сил, стремящихся сблизить частицы материала.

Набухание (разбухание) происходит при насыщении материала водой. Полярные молекулы воды, проникая в промежутки между частицами или волокнами, слагающими материал, «расклинивают» их, при этом утолщаются водные оболочки вокруг частиц и уменьшаются капиллярные силы, стягивающие частицы.

Состояние чередования высыхания и увлажнения пористого материала, постоянно присутствующее при эксплуатации материалов, сопровождается попеременными деформациями усадки (*табл. 3*) и набухания. Такие воздействия вызывают трещины, ускоряющие разрушение материала или «коробление». В подобных условиях находится, например, бетон в дорожных покрытиях, доски в облицовке фасадов зданий.

Т а б л и ц а 3. Усадка некоторых видов материалов

Вид материала	Усадка, мм/м
Древесина (поперёк волокон)	30–100
Ячеистый бетон	1–6
Строительный раствор	0,5–1
Кирпич керамический	0,03–0,1
Тяжёлый бетон	0,3–0,7
Гранит	0,02–0,06

Наибольшее проявление влажностных деформаций происходит преимущественно при изменении влажности материала в интервале от 0 до предела его гигроскопической влажности. Это связано с удалением воды, находящейся в гидратных оболочках частиц и в мелких порах, так как

испарение воды из крупных пор и межзерновых пустот не ведёт к сближению частиц материала и практически не вызывает объёмных изменений.

Воздухостойкость (влагостойкость) – способность материала длительно выдерживать многократное увлажнение и высушивание без деформаций и потери механической прочности. Природные и искусственные хрупкие каменные материалы (бетон, керамика) и древесные материалы (доска, фанера), сжимающиеся при высыхании и расширяющиеся при увлажнении, разрушаются вследствие возникновения растягивающих напряжений. В подобных условиях работают дорожные покрытия, надводные части гидротехнических сооружений.

Газо- и паропроницаемость – способность материала пропускать через свою толщу газы (воздух) или водяной пар.

При возникновении у противоположных поверхностей ограждения разности атмосферного давления происходит миграция воздуха через поры и трещины материала. Это явление эффективно до определённой степени, так как способствует дополнительному воздухообмену (вентиляции) и снижению влажности в помещении. При большой газопроницаемости материала одновременно увеличивается конвективный теплоперенос через стены, т. е. ухудшаются теплозащитные качества стены.

При возникновении разности парциальных давлений водяного пара на противоположных сторонах ограждающей конструкции пар перемещается из области высокого давления в область низкого давления, т. е. пар стремится к уравниванию парциальных давлений. В зимнее время года внутри тёплых помещений в воздухе содержится значительно больше водяного пара, чем снаружи, и он стремится пройти через стену. Попадая в холодную часть ограждения, пар конденсируется, резко повышая влажность в этих местах. Повышение влажности материала способствует ухудшению теплозащитных свойств наружной ограждающей конструкции, быстрому разрушению материала особенно при действии мороза.

Для сохранения свойств ограждающих конструкций целесообразно создание условий, при которых она не будет «дышать». Особенно это относится к стенам помещений с повышенной эксплуатационной влажностью. С этой целью устраивают пароизоляционное покрытие на стене со стороны повышенного содержания водяного пара, используя следующие материалы: полиэтиленовую плёнку, рубероид, металлическую фольгу, глазурованную керамическую плитку, слой полимерной или масляной краски, а с противоположной стороны создают условия для газо- и паропропускания.

1.3. Теплофизические свойства

К основным *теплофизическим свойствам*, оценивающим отношение материала к тепловым воздействиям, относятся *теплопроводность, теплоемкость, термостойкость, жаростойкость, огнеупорность, огнестойкость*.

Теплопроводность – способность материала пропускать тепловой поток через свою толщу при возникновении разных температур поверхности изделия. Тепло передаётся через материал посредством молекулярного, конвективного и

лучистого переноса тепла. Степень теплопроводности материалов характеризует коэффициент λ , который равен количеству тепла, проходящего через стену из материала толщиной 1 м, площадью 1 м² в течение 1 ч при разности температур противоположных поверхностей стены 1 градус К (°С). Коэффициент теплопроводности измеряется в Вт/(м·К) (ГОСТ).

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{A (t_1 - t_2) \cdot T}, \quad (15)$$

где Q – количество тепла, Дж; δ – толщина материала, м; A – площадь сечения, перпендикулярного направлению теплового потока, м²; $(t_1 - t_2)$ – разность температур, К; T – время прохождения тепла, ч.

Теплопроводность материала зависит от вещественного состава, строения и характера пористости, температуры и влажности материала. Особенности структуры оказывают значительное влияние на теплопроводность. Например, если материал имеет волокнистое строение, то тепло вдоль волокон передается быстрее, чем поперек. Так, теплопроводность древесины вдоль волокон равна 0,30, а поперек – 0,15 Вт/(м·К). Мелкопористые материалы менее теплопроводны, чем крупнопористые; материалы с замкнутыми порами имеют меньшую теплопроводность, чем материалы с сообщающимися порами. Это объясняется тем, что в крупных и сообщающихся порах возникает движение воздуха (увеличивается конвективный теплообмен), облегчающее перенос тепла. Наличие воды в порах материала повышает его теплопроводность, так как вода имеет коэффициент 0,58 Вт/(м·К), а воздух – 0,023 Вт/(м·К). При замерзании влажных материалов коэффициент теплопроводности еще более повышается, потому что коэффициент теплопроводности льда равен 2,3 Вт/(м·К), т. е. в 100 раз больше, чем у воздуха. С увеличением температуры тела увеличивается лучистый теплообмен в пористых материалах. Поэтому при расчёте конструкций коэффициент теплопроводности строительных материалов принимают для температурно-влажностных условий её эксплуатации.

Теплоемкость – свойство материала поглощать (аккумулировать) при нагревании тепло и выделять его при остывании. При охлаждении материалы выделяют тепло, причем тем больше, чем выше их теплоемкость. Коэффициент теплоемкости по массе C_m равен количеству тепла (Дж), необходимого для нагревания 1 кг материала на 1 К.

$$C_m = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)}, \quad (16)$$

где Q – количество тепла, кДж; m – масса материала, кг; $(t_1 - t_2)$ – разность температур, К.

Теплоемкость неорганических строительных материалов (бетон, кирпич, природные каменные материалы) изменяется в пределах 0,75 – 0,92 кДж / (кг·К), древесины – 2,39...2,7 кДж / (кг·К). Вода имеет наибольшую теплоемкость – 4,19 кДж / (кг·К), а сталь всего – 0,48 кДж / (кг·К), т. е. в 8,7 раз больше. Поэтому с повышением влажности материалов их теплоемкость возрастает, а стальные конструкции требуют для нагрева меньшей энергии.

Этот показатель имеет большое значение при проверке теплоотдачи стен и перекрытий, расчете подогрева материалов для зимних работ. Если строительный материал состоит из нескольких составных частей (например, бетон или строительный раствор), то коэффициент теплоемкости такого материала рассчитывают как сумму произведений теплоёмкостей составляющих его компонентов на их весовую долю в материале. Средние значения показателей плотности и теплопроводности для ряда строительных материалов представлены в *табл. 4*.

Термостойкость – способность материала выдерживать без разрушений определенное количество резких колебаний температуры. Единицей измерения этого свойства является количество теплосмен, определяемое для многих теплоизоляционных и огнеупорных материалов.

Т а б л и ц а 4. Средние значения показателей плотности и теплопроводности для ряда строительных материалов

Материал	Истинная плотность, г/см ³	Средняя плотность, г/см ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С)
Бетон:			
- тяжёлый	2,60	2,40	1,16
- легкий	2,60	1,00	0,35
- ячеистый	2,60	0,5	0,20
Кирпич:			
- обыкновенный	2,65	1,65	0,80
- пустотелый	2,65	1,30	0,55
Природный камень:			
- гранит	2,70	2,67	2,80
- известняк	2,70	1,40	0,50
Стекло:			
- оконное	2,65	2,65	0,58
- пеностекло	2,65	0,30	0,11
Полимерные материалы:			
- стеклопластик	2,00	2,0	0,5
- пенополистирол	1,20	0,025	0,03
Древесные материалы:			
- сосна	1,53	0,50	0,17
- ДВП	1,50	0,20	0,06

Жаростойкость – способность материала выдерживать температуру эксплуатации до 1000 °С без нарушения сплошности и потери прочности.

Огнеупорность – способность материала выдерживать длительное воздействие высоких температур без деформаций и разрушения. По степени огнеупорности материалы подразделяют на огнеупорные, работающие без снижения свойств при температуре свыше 1580 °С, тугоплавкие – 1580...1350 °С и легкоплавкие – ниже 1350 °С. К этим материалам специального назначения относятся шамотные (обожженная глина), диасовые (состоящие в основном из оксида кремния) и высокоглиноземистые (содержащие преимущественно оксид алюминия), которые применяют в виде мелкоштучных кирпичей для внутренней футеровки промышленных тепловых агрегатов (доменные, сталеплавильные, стекловаренные печи, автоклавы и т. д.).

Огнестойкость конструкций – свойство конструкции сопротивляться действию огня и воды при пожаре в течение определенного времени. Ко всем конструкциям, используемым в строительстве, и особенно к тем, из которых выполняют несущие элементы здания: стены, колонны, перекрытия, – предъявляют требования по огнестойкости, которые зависят от категории здания и сооружения по пожаробезопасности, определяемой СНиПом. Для оценки огнестойкости введен показатель возгораемости, основанный на трех признаках предельного состояния конструкций: потере несущей способности (снижение прочности и увеличение деформаций), теплоизолирующих свойств и сплошности.

Предел огнестойкости конструкций и материалов характеризуется временем (ч) с начала теплового воздействия и до появления одного из признаков предельного состояния.

Огнестойкость (возгораемость) строительных материалов подразделяется на несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

К *несгораемым* относят бетон, кирпич, сталь, природные каменные материалы.

Трудносгораемые – материалы, которые под действием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются, но после удаления источника огня их горение и тление прекращаются (фибролит, состоящий из древесных стружек и цементного камня, асфальтобетон, некоторые полимерные материалы).

Сгораемые – материалы, которые при контакте с огнем загораются и горят открытым пламенем даже в случае ликвидации источника огня (древесина, битум, полимерные материалы).

Линейное температурное расширение материалов характеризуется коэффициентом, который для бетона и стали практически одинаковый и равен $10 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, для гранита – $8...10 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, для дерева – $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Благодаря одинаковости линейного температурного расширения у бетона и стали железобетонные конструкции могут работать без разрушения при колебаниях температуры. При сезонном изменении температуры окружающей среды и материала на 50 °С относительная температурная деформация в конструкциях

зданий достигает $0,5 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-3}$, т. е. 0,5...1 мм/м. Поэтому во избежание растрескивания сооружений большой протяжённости их разрезают температурными деформационными швами.

1.4. Акустические свойства

При действии звука на материал проявляются его *акустические свойства*. По назначению акустические материалы делят на четыре группы: *звукопоглощающие, звукоизолирующие, виброизолирующие и вибропоглощающие*.

Звукопоглощающие материалы предназначены для поглощения шумового звука. Основной акустической характеристикой является величина коэффициента звукопоглощения, равная отношению количества поглощенной материалом звуковой энергии к общему количеству падающей на поверхность материала в единицу времени. Звукопоглощающими материалами называют те, у которых коэффициент звукопоглощения больше 0,2. Эти материалы обладают открытой пористостью или имеют шероховатую, рельефную поверхность, поглощающую звук.

Звукоизолирующие материалы применяют для ослабления ударного звука, передающегося через строительные конструкции здания из одного помещения в другое. Оценку эффективности звукоизоляционных материалов проводят по двум основным показателям: динамическому модулю упругости и относительной сжимаемости (%) под нагрузкой.

Виброизолирующие и вибропоглощающие материалы предназначены для устранения передачи вибрации от машин и механизмов на строительные конструкции зданий.

2. Химические и биологические свойства

2.1. Химическая стойкость

Химические свойства характеризуют способность материала к химическим взаимодействиям с другими веществами. Возможность химических и физико-химических процессов определяется наличием у строительных материалов таких свойств, как химическая активность, растворимость, способность к кристаллизации и адгезии.

Химическая активность может быть положительной, если процесс взаимодействия приводит к упрочнению структуры (образование цементного, гипсового камня), и отрицательной, если протекающие реакции вызывают разрушение материала (коррозионное действие кислот, щелочей, солей).

Химическая стойкость (кислотостойкость, щёлочестойкость и маслобензостойкость) – это свойство материалов противостоять разрушающему действию жидких и газообразных агрессивных сред. Химическую стойкость оценивают специальным коэффициентом, который рассчитывают по отношению прочности (массы) материала после коррозионных испытаний (в случае кислот и щелочей образцы в течение двух часов кипятят соответственно в концентрированном растворе кислоты или щелочи) к прочности (массе) до

испытаний. При коэффициенте 0,90–0,95 материал признается химически стойким по отношению к исследуемой среде.

К кислотостойким материалам относятся углеродистые стали и чугуны, содержащие более 2,5 % углерода, титан, гранит, каменное литьё из диабаз и базальта, силикатное стекло, керамические материалы, кислотостойкий бетон и др. К щёлочестойким материалам относятся специальные хромоникелевые стали, никелевые латуни, известняки, бетоны на основе портландцемента и др. Степень их химической стойкости не универсальна и требует конкретной оценки в зависимости от предполагаемой области применения.

Важным свойством является *маслобензостойкость* строительных материалов. При контакте с такими жидкими углеводородами, как бензин и масло минерального происхождения многие полимеры могут растворяться или набухать. Так, например, резиновые материалы в бензине увеличиваются в объёме в несколько раз. Маслобензостойкость необходимо учитывать при выборе материалов для покрытия полов в гараже, станциях технического обслуживания, некоторых промышленных зданиях.

При выборе материалов необходимо учитывать также свойства материалов противостоять действию газов, растворов солей, способных накапливаться в порах материала, кристаллизоваться, вызывая рост деформаций и разрушение изделия. Возможно одновременное действие на материал нескольких химически агрессивных агентов.

Коррозионная стойкость – свойство материала сопротивляться разрушению в результате действия агрессивной среды.

Коррозионная стойкость зависит от состава и структуры материала, наличия механических напряжений, состояния поверхности, условий воздействия агрессивной среды. Материалы, стойкие в одних средах, могут быть нестойкими в других. Например, известняки стойки по отношению к щелочам, но разрушаются под действием минеральных кислот. Большинство природных каменных материалов (кроме гранита, базальта, кварцита), цементы (кроме кислотостойкого) нестойки по отношению к действию кислот.

Для защиты бетона и других неметаллических материалов применяют защитные покрытия, увеличивают плотность структуры, используют специальные цементы, подбирают стойкие заполнители.

Количественно коррозионная стойкость материалов оценивается по уменьшению толщины материала (мм/год) или потере массы материала с единицы площади в течение часа, по потере механической прочности и другим показателям.

Коррозию железа и сплавов на его основе называют ржавлением. Коррозия металлов происходит вследствие химического и электрохимического взаимодействий с окружающей средой. Коррозионную стойкость металлов повышают легированием (введением специальных добавок), рафинированием (очисткой от вредных примесей), нанесением защитных покрытий, химико-термической обработкой и другими способами.

К химическим свойствам материалов относят их *адгезионную способность* – способность сцепления (прилипания) и связь между находящимися в контакте поверхностями разнородных по составу веществ, которая проявляется в сопротивлении отрыву или разделению контактирующих материалов. Количественно адгезия оценивается усилием отрыва, отнесённое к единице площади контакта.

Адгезия имеет большое значение при сварке и пайке материалов, склеивании, нанесении защитно-декоративных лакокрасочных покрытий. Иногда физико-химическая адгезия дополняется механической адгезией, при которой происходит механическое зацепление затвердевшего клея или покрытия за неровности (шероховатости) твёрдой поверхности, например, величина сцепления кирпичной кладки имеет решающее значение для сейсмических условий эксплуатации конструкций.

2.2. Биологическая стойкость

Наряду с химической коррозией выделяют *биологическую коррозию*, которая протекает под влиянием процессов жизнедеятельности бактерий и других живых организмов.

Способность материалов противостоять разрушающему воздействию биологической коррозии характеризует их *биологическая стойкость (биостойкость)*. Металлы, их сплавы, каменные и другие неорганические материалы, большинство пластмасс практически биостойки. Влажная древесина и некоторые другие органические материалы слабо сопротивляются биологически активной среде.

Биологическая коррозия неорганических строительных материалов (например, бетонов) может быть сведена к химической и физико-химической коррозиям, в которые продукты жизнедеятельности низших организмов являются агрессивными веществами. Разрушение органических материалов (древесины, войлока, текстильных материалов, некоторых видов пластмасс) происходит в результате деятельности низших растений и организмов, для которых вещество служит жизненной и питательной средой. Таковы, например, действия, вызываемые грибами и бактериями (гнили), насекомыми (червоточина) и др. Одни виды грибов, которые питаются плазмой клеток и изменяют только окрас древесины и практически не изменяют её прочность, называют деревоокрашивающими грибами. Другие грибки, называемые дереворазрушающими, питаются клетчаткой древесины и разрушая её клеточную структуру, снижают механические свойства древесины. Эти грибки наиболее опасны для несущих конструкций. Для борьбы с грибковыми поражениями органических материалов используют *антисептирующие средства (антисептики)*, которые обладают противомикробным действием, вызывающие гибель микробов (бактерицидное действие), либо задерживающие их рост (бактериостатическое действие).

Биологические свойства материалов могут быть использованы архитекторами не только в целях предотвращения нежелательных последствий,

а для декоративных целей. Известен опыт использования таких пористых материалов, как поропласта, керамзита, пенополиуретана, поры которых заполняют биологическим раствором для выращивания декоративных растений на фасадах зданий и в интерьере. Из подобных материалов могут быть изготовлены декоративные перегородки, ограждения балконов, лоджий и т. п.

Повреждения древесины может быть вызвано также насекомыми и их личинками. Такое повреждение древесины, называемое *червоточиной* или *поражением древоточцами*, ухудшает её механические свойства. Поверхностное повреждение древесины короедом практически не изменяет прочность древесины, в то время как глубокая червоточина, встречающаяся на всех породах древесины, может существенно снизить её прочность. Образовавшиеся отверстия в древесине способствуют поражению заболонной части ствола дерева гнилью и грибами.

3. Механические свойства

3.1. Нагрузки и деформации

Строительные материалы и конструкции подвергаются различным внешним силовым воздействиям – нагрузкам, которые вызывают внутренние напряжения и деформации. Нагрузки делятся на статические, действующие постоянно, и динамические, которые прикладываются внезапно и вызывают силы инерции.

На сопротивление статическим нагрузкам рассчитываются все здания и сооружения. Это нагрузки от оборудования, мебели, людей, самих конструкций и т. д. Ряд сооружений предназначен для восприятия не только статических, но и эксплуатационных динамических нагрузок: мосты, тоннели, дорожные и аэродромные покрытия, кузнечные и прессовые цеха, фортификационные сооружения и специальные объекты, а также динамические нагрузки от аварий на предприятии (взрыва и удара) и действия природных катастроф – землетрясений, ураганов, наводнений, селевых потоков, оползней и др. На *рис. 2* представлены диаграммы растяжения различных материалов.

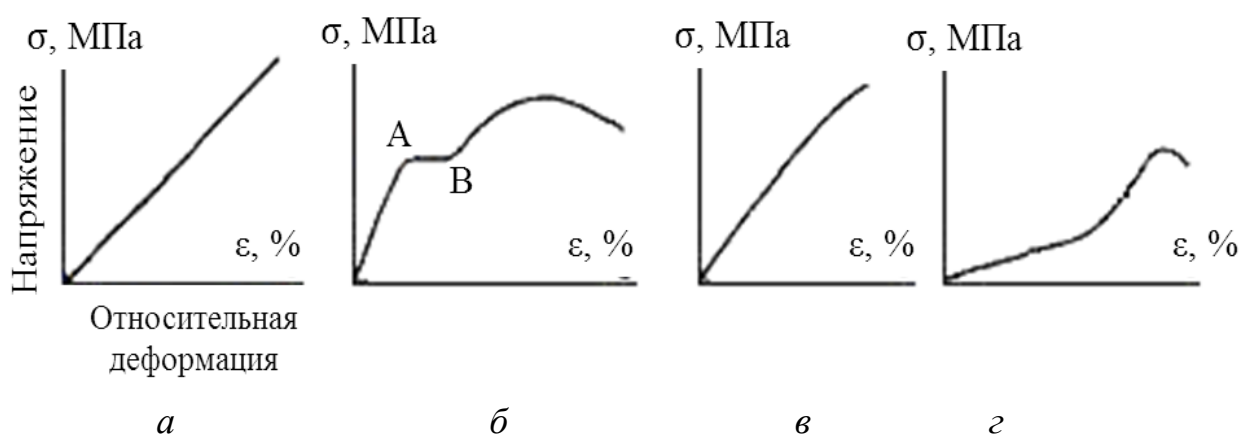


Рис. 2. Схемы диаграмм растяжения:

а – стекла; *б* – стали; *в* – бетона; *г* – эластомера

Механические свойства характеризуют поведение материалов при действии нагрузок различного вида (растягивающей, сжимающей, изгибающей и т. д.). В результате механических воздействий материал деформируется (рис. 2). Если внешние усилия невелики, деформация является упругой, т. е. после снятия нагрузки материал возвращается к прежним размерам. Если нагрузка достигнет значительной величины, кроме упругих деформаций появляются пластические, приводящие к необратимому изменению формы. Наконец, при достижении некоторой предельной величины происходит разрушение материала. В зависимости от того, как материалы ведут себя под нагрузкой, их подразделяют на пластичные, упругопластичные и хрупкие.

Пластичные – это материалы, которые изменяют форму под нагрузкой без появления трещин и сохраняют изменившуюся форму после снятия нагрузки. Пластичные материалы, как правило, однородные, состоящие из крупных, способных смещаться относительно друг друга молекул (органические вещества), или состоящие из кристаллов с легко деформируемой кристаллической решеткой (металлы).

Хрупкие материалы разрушаются без заметных остаточных деформаций (бетон, природный камень, кирпич), хорошо сопротивляются сжатию и в 5–50 раз хуже – растяжению, изгибу, удару (соответственно стекло – гранит).

Внешние силы, приложенные к телу, вызывают изменение межатомных расстояний, отчего происходит изменение размеров деформируемого тела на величину Δl в направлении действия силы сжатия – укорочения, или растяжения – удлинения. Относительная деформация равна отношению абсолютной деформации Δl к первоначальному линейному размеру тела l

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}. \quad (17)$$

Напряжение материала – внутренняя сила, приходящаяся на единицу поверхности, вызванная в деформируемом теле под воздействием внешних сил. При одноосном растяжении (сжатии) напряжение (σ) определяется по формуле

$$\sigma = \frac{P}{F}, \quad (18)$$

где P – действующая внешняя сила; F – площадь первоначального поперечного сечения элемента, перпендикулярного направлению действия силы.

Модуль упругости E (модуль Юнга) связывает упругую деформацию материала и одноосное напряжение материала линейным соотношением, выражающимся закон Гука:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon. \quad (19)$$

Прочность строительных материалов характеризуется пределом прочности, под которым понимают напряжение, вызывающее разрушение материала.

3.2. Прочность и твёрдость материалов

Предел прочности на сжатие $R_{сж}$ или растяжение $R_{раст}$ определяется по формуле

$$R = \frac{P_{разр}}{F}, \quad (20)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс); F – площадь поперечного сечения образца до испытания, мм² (см²).

Определение предела прочности на сжатие строительных материалов проводят согласно ГОСТам путем испытания образцов на механических или гидравлических прессах. Схемы стандартных методов определения прочности при сжатии, растяжении и растяжении при изгибе представлены в таблицах. Прочность зависит от структуры материала, вещественного состава, влажности, направления и скорости приложения нагрузки.

Связь между пределом прочности на сжатие и величиной средней плотности используют для оценки эффективности материала в конструкциях, вычисляя коэффициент конструктивного качества или удельную прочность по формуле

$$R_{уд} = \frac{R_{сж}}{d}, \quad (21)$$

где $R_{уд}$ – показатель прочности материала, МПа; d – относительная прочность, отн.

Следовательно, $R_{уд}$ – это прочность, отнесённая к единице средней плотности материала. Лучшие показатели $R_{уд}$ имеют конструктивные материалы, обладающие меньшей средней плотностью. Так, например, для стеклопластика $R_{уд} = 450/2 = 225$ МПа, древесины – $R_{уд} = 100/0,5 = 200$ МПа, высокопрочной стали – $R_{уд} = 1000/7,85 = 127$ МПа, стали обыкновенной – $R_{уд} = 390/7,85 = 51$ МПа.

Для каменных материалов значения $R_{уд}$ составляют: для лёгкого конструкционного бетона – $40/1,8 = 22,2$ МПа, для тяжёлого бетона – $40/2,4 = 16,6$ МПа, для лёгкого конструкционно-теплоизоляционного бетона – $10/0,8 = 12,5$ МПа, кирпича – $10/1,8 = 5,56$ МПа.

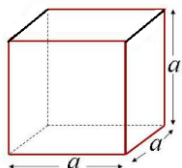
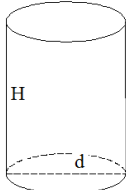
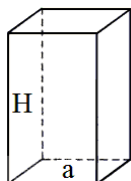
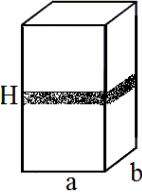
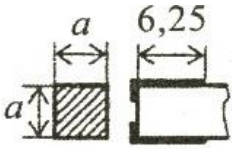
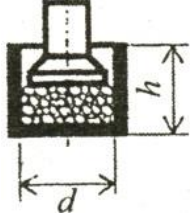
Схемы стандартных методов определения прочности при сжатии представлены в *табл. 5*.

Схемы стандартных методов определения прочности при растяжении и при изгибе представлены в *табл. 6*.

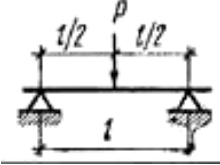
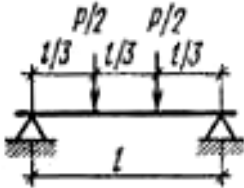
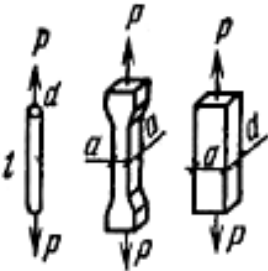
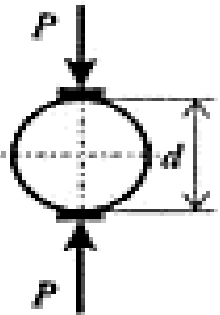
В расчете строительных материалов на прочность допускаемые напряжения должны составлять лишь часть их предела прочности.

Создаваемый запас обусловлен неоднородностью строения большинства строительных материалов, недостаточной надежностью полученных результатов при определении предела прочности, отсутствием учета многократного переменного действия нагрузки, старения материалов и т. д. Запас прочности и величину допускаемого напряжения определяют и устанавливают в соответствии с нормативными требованиями в зависимости от вида и назначения материала, долговечности строящегося сооружения.

Т а б л и ц а 5. Схемы стандартных методов определения прочности при сжатии

Образец	Эскиз	Расчетная формула	Материал	Размер стандартного образца, см
Куб		$R = \frac{P}{a^2}$	Бетон Раствор Природный камень	10 × 10 × 10 15 × 15 × 15 20 × 20 × 20 7,07 × 7,07 × 7,07 5 × 5 × 5 и др.
Цилиндр		$R = \frac{4P}{\pi d^2}$	Бетон Природный камень	d = 15; H = 30 d = H = 5; 7; 10; 15
Призма		$R = \frac{P}{a^2}$	Бетон Древесина	a = 10; 15; 20 H = 40; 60; 80 a = 2; H = 3
Составной образец		$R = \frac{P}{S}$	Кирпич	a = 12; b = 12,3; H = 14
Половина образца призмы, изготовленной из цементно-песчаного раствора		$R = \frac{P}{S}$	Цемент	a = 4; S = 25 см ²
Проба щебня (гравия) в цилиндре		$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100$	Крупный заполнитель для бетона	d = 15; h = 15

**Т а б л и ц а 6. Схемы стандартных методов определения прочности
при растяжении и при изгибе**

Образец	Схема испытаний	Расчетная формула	Материал	Размер стандартного образца, см
Испытание на изгиб				
Призма, кирпич в натуре		$R_{\text{и}} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	Цемент Кирпич	$4 \times 4 \times 16$ $12 \times 6,5 \times 25$
Призма			Бетон Древесина	$15 \times 15 \times 15$ $2 \times 2 \times 30$
Стержень, восьмерка, призма		$R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$ $R_p = \frac{P}{a^2}$	Бетон Сталь	$5 \times 5 \times 50$; $10 \times 10 \times 80$ $d = 1$; $l = 5; l > 10d$
Цилиндр			Бетон	$d = 15$

Единичные результаты испытаний образцов недостаточно характеризуют прочность бетона в конструкции. Конструкционные материалы и изделия характеризуют маркой по прочности. *Марка М* – числовая характеристика какого-либо свойства бетона, принимаемая по его среднему значению, т. е. без учёта степени его однородности.

Вследствие неоднородности свойств получаемого бетона часть бетона в конструкции может иметь значения прочности бетона выше расчётной, другая часть – ниже. В таком случае конструкция может не выдержать расчётных

нагрузок и обрушиться. Поэтому необходимо обеспечить повышение надёжности бетонных и железобетонных конструкций.

Исключить неоднородность качества сырья, случайные изменения параметров производственного процесса невозможно. Но чем выше общая культура строительства, в том числе чем выше уровень управления качеством продукции на производстве, тем лучше качество приготовления и укладки бетона в конструкцию, тем меньше будут возможные колебания показателей прочности бетона. Статистической характеристикой однородности свойств бетона является коэффициент вариации v , который равен отношению среднего квадратического отклонения отдельных результатов испытаний прочности к его средней прочности. Чем меньше его значение, тем более однороден по свойствам бетон. В идеальном случае $v = 0$, на практике для контроля прочности тяжёлого бетона принимают следующие оценки настроенности производства: при $v < 6 \%$ – однородность считается хорошей, при $v = 13 \%$ – удовлетворительной, а при значении $v > 16 \%$ – недопустимой.

Таким образом, для нормирования прочности материала в конструкциях необходимо использовать характеристику, которая гарантирует получение бетона с заданной прочностью и с учётом возможных её колебаний. Такой характеристикой является *класс бетона*.

Класс бетона B – это числовая характеристика какого-либо его свойства, принимаемая с гарантированной обеспеченностью (обычно 95 %). Например, класс бетона B20 следует понимать так: при определении предела прочности при сжатии бетона на любом произвольно взятом участке конструкции будет получен результат 20 МПа и более, и лишь в 5 % случаев можно ожидать значения менее 20 МПа. Между классом бетона и его маркой с учётом настроенности производства существует следующая взаимосвязь:

$$B = M (1 - 1,64 \cdot v). \quad (22)$$

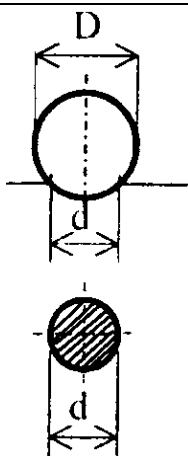
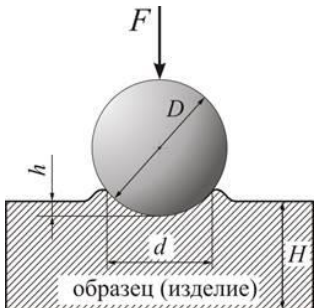
Твердость – способность материала сопротивляться проникновению в его поверхность другого более твердого тела. Для определения твердости существуют несколько методов. Твердость каменных материалов, стекла оценивают с помощью минералов шкалы твердости Мооса, состоящей из 10 минералов, расположенных по степени возрастания их твердости (1 – тальк или мел, 10 – алмаз). Показатель сравнительной твердости испытуемого материала находится между показателями двух соседних минералов, из которых один чертит, а другой сам чертится этим минералом. В *табл. 7* представлены данные шкалы Мооса для природных каменных материалов.

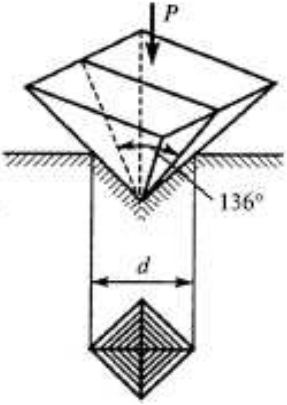
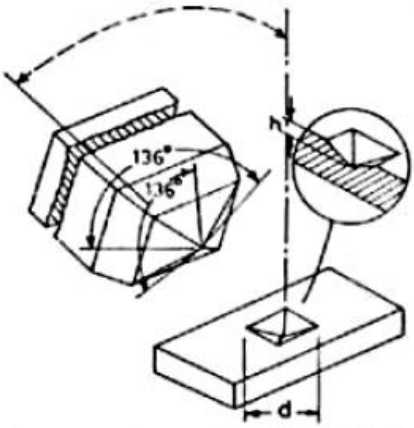
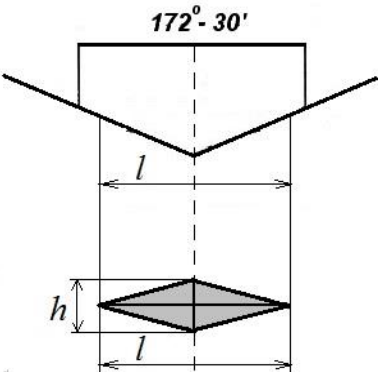
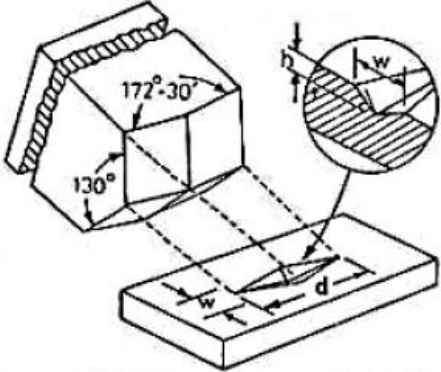
Т а б л и ц а 7. Шкала Мооса для определения твёрдости природных каменных материалов

Твёрдость по Моосу	Эталонный минерал	Абсолютная твёрдость	Обрабатываемость
1	Тальк	1	Царапается ногтем
2	Гипс	3	>> >>
3	Кальцит	9	Царапается медью
4	Флюорит	21	Легко царапается ножом, оконным стеклом
5	Апатит	48	С усилием царапается ножом, оконным стеклом
6	Ортоклаз	72	Царапает стекло. Обрабатывается напильником
7	Кварц	100	Поддаётся обработке алмазом, царапает стекло
8	Топаз	200	То же
9	Корунд	400	>> >>
10	Алмаз	1600	Царапает стекло

Твердость металлов и пластмасс рассчитывают по диаметру отпечатка вдавливаемого стального шарика определенной массы и размера (метод Бринелля), по глубине погружения алмазного конуса под действием заданной нагрузки (метод Роквелла) или площади отпечатка алмазной пирамиды (метод Виккерса) (табл. 8).

Т а б л и ц а 8. Методы определения твёрдости по Бринеллю, Виккерсу и Кнупу

Метод	Вид индентора и отпечатка	Схема метода
Метод Бринелля		

Метод	Вид индентора и отпечатка	Схема метода
Метод Виккерса		
Метод Кнупа		

Твердость материалов определяет возможность их использования в конструкциях, подвергающихся истиранию и износу (полы, дорожные покрытия).

3.3. Износостойкость материалов

Истираемость характеризуется величиной потери первоначальной массы материала ($г$), отнесенной к единице площади ($см^2$) истирания. Истираемость определяют на специальных кругах или посредством воздействия на поверхность материала воздушной или водной струи, несущей в себе зерна абразивных материалов (песок определенной крупности). Показатель *истираемости* материала I ($г/см^2$) устанавливают по формуле

$$I = \frac{m_1 - m_2}{F}, \quad (23)$$

где m_1 – масса образца до истирания, $г$; m_2 – масса образца после истирания, $г$; F – площадь истирания, $см^2$.

Сопротивление истиранию определяют для материалов, предназначенных для полов, дорожных покрытий, лестничных ступеней.

Сопротивление удару имеет большое значение для материалов, применяемых для покрытия полов в цехах промышленных предприятий. Предел прочности материала при ударе характеризуется количеством работы, затраченной на разрушение образца, отнесенной к единице объема. Испытание материалов проводят на специальном приборе – копре.

Износ – разрушение материала при совместном действии истирающей и ударной нагрузок. Для определения износостойкости образцы материала испытывают в специальном вращающемся барабане с металлическими шарами. Прочность оценивают по потере массы образцов, выраженной в процентах. Износу подвергаются покрытия дорог, аэродромов и полов промышленных предприятий. Совокупность свойств материалов должна обеспечивать их долговременную нормативную эксплуатацию в зданиях и сооружениях – *долговечность*.

Требования к представлению контрольной работы

I. Оформление

- Объем контрольной работы 18 – 25 **страниц печатного текста**;
- общее количество источников литературы – **не менее 10**;
- текст должен сопровождаться ссылками на использованные источники;
- для компьютерной верстки: шрифт – TimesNewRoman; кегль (высота букв) – не менее 14; междустрочный интервал – 1,5; межбуквенный – 1,0; выравнивание – «по ширине»;
- допускается включение в текст рисунков, схем и таблиц.

II. Требования к выполнению контрольных работ

Контрольная работа – одна из форм проверки и оценки удвоенных знаний.

1. Студент должен дать четкие развернутые ответы на теоретические вопросы.

2. Студент должен грамотно и логично изложить основные идеи по заданной теме, содержащиеся в нескольких источниках и сгруппировать их по точкам зрения.

3. Изложение контрольной работы допускается только научным стилем речи (разговорный стиль не допускается).

4. При проверке контрольных работ учитывается умение студента работать с литературой, навыки логического мышления, культура письменной речи, знание оформления научного текста, ссылок.

5. Отрицательно оцениваются контрольные работы, основное содержание которых связано с представлением материала только одного источника, при небрежном и неправильном оформлении работы.

6. Если контрольная работа оценена отрицательно, то студент обязан взять ее на переработку и исправить указанные преподавателем замечания.

В работе должны быть представлены:

- 1) титульный лист (оформляется по правилам);
- 2) содержание (должно быть сложным, состоять из глав и подпунктов, но содержать не более двух глав);
- 3) введение (основные вопросы, которые будут рассмотрены);
- 4) основная часть;
- 5) заключение (краткий итог работы, выводы, обобщения);
- 6) список использованной литературы (оформляется по правилам).

Варианты тестовых заданий для текущего контроля знаний

Вариант А1

Номер задания	Формулировка задания	Ответ
1	Макроструктура - это строение материала, видимое... А) в электронный микроскоп Б) в оптический микроскоп В) невооруженным глазом или при небольшом увеличении	В)
2	Стандартная влажность древесины принимается равной: А) 12 % Б) 0 % В) 60 %	А)
3	Слоистый древесный материал, состоящий из трех и более листов шпона – это ... А) древесно-волокнуистая плита Б) фанера В) паркет	Б)
4	Твердость материала – это... А) его прочность при истирании Б) стойкость при ударе В) способность материала противостоять проникновению в него другого более твердого тела	В)
5	Чаще в строительстве применяют металлы... А) в чистом виде Б) в виде железоуглеродистых сплавов В) в виде сплавов цветных металлов	Б)
6	При увеличении влажности материала теплопроводность... А) не изменяется Б) уменьшается В) увеличивается	В)
7	Положительное свойство пластмасс как строительного материала – А) высокая прочность и малый коэффициент теплопроводности Б) низкая теплостойкость В) склонность к старению, ползучесть	А)
8	Предел прочности – это... А) стойкость при ударе Б) твердость материала В) максимальное напряжение в момент разрушения материала	В)
9	Огнеупорность – это... А) способность материала выдерживать длительное воздействие высоких температур без деформаций и разрушения Б) свойство материала выдерживать высокие температуры при пожаре В) выдерживать кратковременное воздействие огня и воды	А)
10	К сталям относятся сплавы железа с углеродом при содержании последнего... А) не более 2,14 % Б) от 4,3 до 6,67 % В) более 10 %	А)

Вариант Б1

Номер задания	Формулировка задания	Ответ
1	Эмульсионная краска – это ... А) смесь пигмента и связующего вещества Б) эмульсия полимера в воде, пигмент, добавки В) суспензия пигментов и наполнителей в водных или водно-щелочных растворах клея или казеина	Б)
2	Пенобетоны и газобетоны обладают структурой ... А) плотной Б) армированной В) ячеистой	В)
3	Известь строительная воздушная твердеет ... А) в воде при температуре ниже 25 °С Б) на воздухе при испарении воды В) при температуре выше 50 °С и повышенном давлении	Б)
4	Арматура в железобетоне предназначена для ... А) повышения коррозионной стойкости сооружения Б) повышения прочности при изгибе и растяжении В) увеличения огнестойкости конструкции	Б)
5	Конструкционный материал на основе полимеров – это... А) сайдинг (виниловая вагонка) Б) линолеум В) стеклопластик	В)
6	Преимущества водоэмульсионных красок: А) не вызывают коррозию металла Б) нетоксичны, быстро сохнут В) полностью испаряются с поверхности покрытия	Б)
7	Положительное свойство строительного стекла – это... А) светопропускание Б) низкая ударная прочность В) хрупкость	А)
8	При твердении гипс ... А) сильно увеличивается в объеме Б) незначительно увеличивается в объеме В) существенно уменьшается в объеме	Б)
9	Эффективность звукоизоляционных материалов оценивается ... А) скоростью звука Б) коэффициентом звукопоглощения В) динамическим модулем упругости	Б)
10	Пористые каменные материалы применяют для изготовления ... А) плит для пола Б) блоков для кладки стен В) изделий для гидротехнических сооружений	Б)

Список рекомендуемых литературных источников

Основная учебная литература

1. *Широкий, Г. Т.* Строительное материаловедение [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г. Т. Широкий, П. И. Юхневский, М. Г. Бортницкая. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 461 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48017>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Строительное производство. Основные термины и определения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г. М. Бадьин и др. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Санкт-Петерб. гос. архитектурно-строительный ун-т, ЭБС АСВ, 2011. – 324 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19042>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. *Кононова, О. В.* Современные отделочные материалы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О. В. Кононова. – Электрон. текстовые данные. – Йошкар-Ола: Марийск. гос. техн. ун-т, Поволжск. гос. технол. ун-т, ЭБС АСВ, 2010. – 97 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22595>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Дополнительная учебная литература

1. *Буслаева, Е. М.* Материаловедение [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е. М. Буслаева. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012. – 148 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. *Дворкин, Л. И.* Строительное материаловедение [Электронный ресурс] / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Электрон. текстовые данные. – М.: Инфра-Инженерия, 2013. – 832 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15705>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. *Алексеев, В. С.* Материаловедение [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. С. Алексеев. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Научная книга, 2012. – 159 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6299>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. *Фирсов, А. И.* Экология и строительное производство [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. И. Фирсов, А. Ф. Борисов, П. В. Макаров. – Электрон. текстовые данные. – Н. Новгород: Нижегородск. гос. архитектурно-строительный ун-т, ЭБС АСВ, 2012. – 122 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16077>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. *Петров, Е. Н.* Архитектурно-дизайнерское материаловедение: конспект лекций / Е. Н. Петров, О. А. Москалюк. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2016. – 124 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3199, по паролю.
2. Архитектурно-дизайнерское материаловедение. Древесина. Макроструктура. Твердость [Электронный ресурс]: метод. указания к выполнению лабораторных работ / сост. О. А. Москалюк. – СПб.: СПбГУПТД, 2014. – 20 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2148, по паролю.
3. *Цобкалло, Е. С.* Механика полимерных композиционных материалов. Типы и свойства наполнителей: учеб. пособие / Е. С. Цобкалло, О. А. Москалюк. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2015. – Ч. 1. – 106 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2662, по паролю.
4. *Цобкалло, Е. С.* Механика полимерных композиционных материалов. Матрицы и композиционные материалы на их основе: учеб. пособие / Е. С. Цобкалло, О. А. Москалюк, В. Е. Юдин. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2016. – Ч. 2. – 103 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3176, по паролю.
5. *Цобкалло, Е. С.* Материаловедение: учеб. пособие к выполнению лабораторных и практических работ / Е. С. Цобкалло, В. В. Васильева, О. А. Москалюк. – СПб.: ФГБОУВПО «СПбГУТД», 2013. – Ч. 1 – 93 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1502, по паролю.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. <http://www.iprbookshop.ru/>.
2. Электронная библиотека СПбГУПТД [Электронный ресурс]: содержит электронные версии научных, учебных и учебно-методических разработок преподавателей кафедры «Сопротивление материалов» СПбГУПТД. <http://publish.sutd.ru/>.

Для углублённого изучения курса и современного состояния науки в области современных отделочных материалов студентам рекомендуется ознакомление с периодической научной и научно-популярной литературой.