

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
"МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ» (МИИТ)
НИЖЕГОРОДСКИЙ ФИЛИАЛ

УТВЕРЖДЕНО:

Директор Овчинников Н.А.

«22» декабря 2011 г.



Кафедра «Сопротивление материалов и строительная механика»

Автор Храмов Станислав Сергеевич

Учебно-методический комплекс по дисциплине

Материаловедение

Специальность/направление: 270102.65 Промышленное и гражданское
строительство

Утверждено на заседании ученого совета
филиала

Протокол № 4
«19» декабря 2011 г.

Нижний Новгород 2011 г.

Автор-составитель:
Храмов Станислав Сергеевич, к.т.н., доцент

Учебно-методический комплекс по дисциплине Материаловедение составлен в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и на основании примерной учебной программы данной дисциплины в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки строителя по специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство. Дисциплина входит в федеральный компонент цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин специальности и является обязательной для изучения. Данный учебно-методический комплекс рассмотрен и одобрен на заседании Учебно-методической комиссии РОАТ. Протокол №4 от 01.07.2011.

Содержание

Рабочая программа	4
Конспект лекций	10
Задание на контрольную работу с методическими указаниями	59
Методические указания студентам	68
Методические указания преподавателям	69
Экзаменационные вопросы по дисциплине	71
Экзаменационные билеты к дисциплине	73

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
"МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ» (МИИТ)
НИЖЕГОРОДСКИЙ ФИЛИАЛ**

УТВЕРЖДЕНО
Директор Овчинников Н.И.

« 1 » сентября 2011 г.



Кафедра «Сопротивление материалов и строительная механика»

Автор Храмов Станислав Сергеевич

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Материаловедение

Специальность/направление: 270102.65 Промышленное и гражданское
строительство

Утверждено на заседании ученого совета
филиала

Протокол № 1
« 1 » сентября 2011 г.

Нижний Новгород 2011 г.

Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение будущими инженерами-строителями знаний, необходимых при правильном выборе строительных материалов с учетом их свойств и технико-экономических характеристик. Чтобы каждое сооружение было прочным и долговечным, следует применять материалы в соответствии с их назначением. Вместе с этим студент должен получить базовые знания для изучения последующих дисциплин, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией железнодорожного пути, мостов и тоннелей.

Содержание дисциплины

Введение. Роль и место строительного материаловедения в строительном производстве. Строительное материаловедение – это наука о строительных материалах, их составе, свойствах, технологии их изготовления и областях применения, долговечности и надежности конструкций, зданий и сооружений.

Раздел 1

Основные свойства строительных материалов

2.1.1. Строение и свойства.

(6.1.1., 6.1.2., 6.1.3.)

2.1.2. Физические свойства.

(6.1.2., 6.1.3., 6.2.1.)

2.1.3. Механические свойства.

(6.1.1., 6.1.2., 6.1.4., 6.2.1., 6.2.3., 6.2.4.)

Раздел 2

Неорганические вяжущие вещества

2.2.1. Общие сведения. Известь.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2., 6.2.3., 6.2.4.)

2.2.2. Магнезиальные вяжущие вещества. Жидкое стекло.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

2.2.3. Гипсовые вяжущие вещества.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2., 6.2.3., 6.2.4.)

2.2.4. Гидравлические вяжущие вещества.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

2.2.5. Виды цемента: быстротвердеющий, высокопрочный, сверхбыстротвердеющий, пластифицированный, гидрофобный, пуццолановый портландцемент и др.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2., 6.2.3., 6.2.4.)

Раздел 3

Бетон

2.3.1. Общие сведения. Материалы для бетона.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

2.3.2. Обозначение состава бетона. Свойства бетонной смеси. Прочность бетона.

(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

2.3.3. Расчет состава тяжелого бетона.
(6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 4

Природные каменные материалы и изделия

2.4.1. Горные породы.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.4.2. Магматические горные породы.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.4.3. Осадочные горные породы.
(6.1.2., 6.2.2.)
2.4.4. Метаморфические горные породы.
(6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 5

Легкие бетоны

2.5.1. Материалы для бетона.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.5.2. Свойства легкого бетона.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.5.3. Подбор состава легкого бетона.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 6

Ячеистый бетон

2.6.1. Структура и свойства бетона.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.6.2. Подбор состава ячеистого бетона.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 7

Искусственные каменные материалы и изделия на основе вяжущих веществ

2.7.1. Силикатные изделия.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.7.2. Асбоцементные материалы и изделия.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.7.3. Гипсовые и гипсобетонные изделия.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 8

Искусственные (обжиговые) материалы и изделия

2.8.1. Керамические материалы и изделия.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
2.8.2. Строительные материалы и изделия из неметаллических расплавов.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 9

Древесные строительные материалы и изделия

- 2.9.1. Строение древесины, ее химический состав.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
- 2.9.2. Физические свойства древесины.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
- 2.9.3. Механические свойства древесины.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
- 2.9.4. Пороки древесины и методы ее защиты.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)
- 2.9.5. Основные древесные породы, применяемые в строительстве. Материалы и изделия из древесины.
(6.1.1., 6.1.2., 6.2.2.)

Раздел 10

Металлические материалы и изделия

- 2.10.1. Общие сведения. Классификация металлов и сплавов.
(6.1.1., 6.1.3., 6.1.4., 6.2.1.)
- 2.10.2. Строение и свойства металлов.
(6.1.1., 6.1.3., 6.1.4., 6.2.1.)
- 2.10.3. Обработка строительных сталей и чугуна.
(6.1.1., 6.1.3., 6.1.4., 6.2.1.)

ВИДЫ РАБОТ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕНИ

Всего часов – 60

Лекционные занятия – 4 часа

Лабораторный практикум – 4 часа

Контрольная работа (количество) – 1

Самостоятельная работа – 52

Экзамен (количество) – 1

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

Примерный объем в часах

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Введение	0,5
2	Строение и основные свойства материалов	0,5
3	Природные каменные материалы	1
4	Минеральные вяжущие вещества	1
5	Бетон	1

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Примерный объем в часах

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Основные свойства строительных материалов	6
2	Неорганические вяжущие вещества	6
3	Бетон	6
4	Природные каменные материалы	6
5	Искусственные каменные материалы	6
6	Искусственные (обжиговые) материалы	6
7	Древесные строительные материалы	8
8	Металлы и сплавы	8

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Примерный объем в часах

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Строение и основные свойства материалов	2
2	Металлы и сплавы	2

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Обязательная литература

6.1.1. Материаловедение в строительстве: Учебное пособие/И.А. Рыбьев, Е.П. Казеннова, Л.Г. Кузнецова, Т.Е. Тихомирова; Под ред. И.А. Рыбьева. – 3-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.

6.1.2. Баженов В.К., Материаловедение: Учебное пособие/В.К. Баженов, Т.И. Милых. – М.: РГОТУПС, 2003. – 101 с.

6.1.3. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ Н.Н. Воронин, Д.Г. Евсеев, В.В. Засыпкин и др.; Под ред. Н.Н. Воронина. – М.: Маршрут, 2004. – 456 с.

6.1.4. Зарембо Е.Г. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие. – М.: РГОТУПС, 2005. – 188 с.

6.2. Рекомендуемая литература

6.2.1. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Текст]:

- учебник/В.Б. Арзамасов [и др.]; ред.: В.А. Арзамасов, А.А. Черепяхин; Учебно-метод. объедин. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 448 с.
- 6.2.2. Горчаков Г.И. Строительные материалы. Учебник для студентов вузов. – М.: Высш. Школа, 1981. – 412 с.
- 6.2.3. Воробьев В.А. Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов: Учебное пособие. – 4-е изд. – М.: Высш. школа, 1978. – 248 с.
- 6.2.4. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник/Ю.Г. Барабанщиков. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с.

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

При освоении курса предполагается использовать следующее обеспечение:

- Оборудование по определению твердости металла;
- Печи для термической обработки металла;
- Микроскоп.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

I. Основные свойства строительных материалов

1. Строение и свойства

Строение материала изучают на структурах:

- 1) макроструктура материала – видимое невооруженным глазом;
- 2) микроструктура – видимое в оптический микроскоп;
- 3) внутреннее строение веществ, изучаемое методами рентгеноструктурного анализа.

Макроструктура строительных материалов подразделяется на конгломератную, ячеистую, мелкопористую, волокнистую, слоистую, порошкообразную.

Микроструктура может быть кристаллическая и аморфная. Внутреннее строение определяет свойства материала (прочность, твердость, тугоплавкость т.д.).

2. Физические свойства

Истинная плотность ρ [г/см³, кг/м³] – масса единицы объема абсолютно плотного материала.

$$\rho = \frac{m}{V_a},$$

где m – масса материала [г, кг], V_a – объем в плотном состоянии.

Средняя плотность ρ_0 [г/см³, кг/м³, т/м³] – масса единицы объема в естественном состоянии (включая поры).

$$\rho_0 = \frac{m}{V_e},$$

где m – масса материала, V_e – объем в естественном состоянии.

Плотность пористых материалов меньше их истинной плотности. Например, плотность песка – 1500 кг/м³, а его истинная плотность – 2630 кг/м³.

Насыпная плотность – масса единицы объема рыхло насыпанных зернистых или волокнистых материалов (цемента, песка, гравия, и т.д.). Например, истинная плотность щебня $\rho_0=1450$ кг/м³. По этим данным можно определить пористость щебня.

Пористость P_0 есть степень заполнения объема материала порами: $P_0 = \frac{V_n}{V}$, где V_n – объем пор, V – объем материала.

Пористость определяется в долях от объема или в %. Пористость может быть выражена через плотность и среднюю плотность $P_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100$.

Водопоглощение определяется по объему и массе. Водопоглощение по

объему W_0 (%) – степень заполнения объема материала водой

$$W_0 = [(m_b - m_c) / V] \cdot 100,$$

где m_b – масса материала, насыщенного водой, г, m_c – масса материала в сухом состоянии, г.

Водопоглощение по массе W_m (%):

$$W_m = \frac{m_b \cdot m_c}{m_c} \cdot 100$$

Отношение между объемными и весовыми водопоглощениями численно равно средней плотности материала $\frac{W_0}{W_m} = \rho_0$

Коэффициент размягчения K_p – отношение прочности материала, насыщенного водой R_b , к прочности сухого материала R_c : $K_p = \frac{R_b}{R_c}$

Коэффициент размягчения характеризует водостойкость материала. Материал является водостойким, если K_p больше 0,8 ($K_p > 0,8$).

Водопроницаемость – это свойство материала пропускать воду. Водопроницаемость материала характеризуется маркой, обозначающей давление, при котором образец еще не пропускает воду. Водопроницаемость может выражаться коэффициентом фильтрации:

$$K_\phi = \frac{V_b \cdot a}{S(P_1 - P_2) \cdot t},$$

где V_b – количество воды (m^3), проходящей через стенку площадью $S=1 m^2$, толщиной $a=1 m$ за время $t=1 ч$ при разности гидростатического давления $P_1 - P_2=1 m$ вод. ст.

Коэффициент фильтрации имеет размерность скорости.

Усадкой (усушкой) называют уменьшение размеров материала при его высыхании.

Набухание происходит при насыщении материала водой.

Полярные молекулы воды, проникая в промежутки между частицами или волокнами, как бы расклинивают их, при этом исчезают внутренние, а с ними и капиллярные силы. Чередование высыхания и набухания материала сопровождается деформациями усадки и набухания, которые в конечном итоге могут приводить к образованию трещин.

Морозостойкость – свойство насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание без изменения прочности и размеров.

Теплопроводность – способность материала передавать через свою толщу тепловой поток.

На практике удобно судить о теплопроводности по плотности материала.

Коэффициент теплопроводности определяется по формуле В.Н. Некрасова:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22\rho^2} - 0,14,$$

где ρ – относительная плотность.

Теплоемкость определяется количеством тепла, которое необходимо сообщить 1 кг материала, чтобы повысить его температуру на $1^0 C$.

Теплоемкость бетона, кирпича, природных каменных материалов находится в пределах от 0,75 до 0,92 кДж/(кг·°С).

Теплоемкость древесины 2,39 -2,72 кДж/(кг·°С), вода имеет наибольшую теплоемкость – 4,19 кДж/(кг·°С).

Огнеупорность – свойства материала выдерживать длительное воздействие высоких температур.

Огнестойкость – свойства материала сопротивляться действию огня при пожаре в течение определенного времени.

3. Механические свойства

Прочность – свойства материала сопротивляться разрушению под воздействием напряжений, возникающих от нагрузки или других факторов.

Пределом прочности называют напряжение, соответствующее нагрузке, вызывающей разрушение материала.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ [МПа, кгс/см²]:

$$R_{сж} = \frac{P}{F},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс),

F – площадь поперечного сечения, м² (см²).

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ определяется по формулам сопромата.

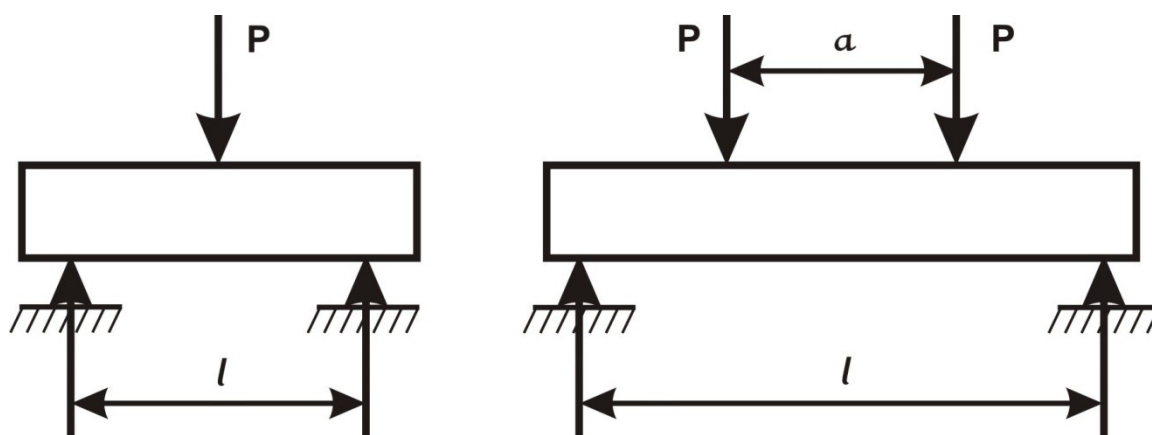


Рис. 1

$$R_{изг} = \frac{3}{2} \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2}$$

$$R_{изг} = P(l-a)/b \cdot h^2$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс),

l – пролет между опорами, м (см),

a – расстояние между грузами, м (см),

b и h – соответственно ширина и высота поперечного сечения, м (см).

Релаксация – процесс самопроизвольного снижения напряжений в материале при постоянной деформации.

Деформация вызывает перестройку внутренней структуры тела, и требуется некоторый промежуток времени, пока все частицы тела придут в

равновесие в соответствии с новыми условиями.

Время, в течение которого напряжение в материале понижается в $e = 2,72$ раза (e – основание логарифма), называют периодом релаксации.

Твердость – способность материала сопротивляться проникновению в него твердого тела.

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

где HB – твердость по Бринеллю,

D = 10 мм – диаметр стального шарика,

P – нагрузка, Н,

d – диаметр отпечатка (вмятины) в образце испытываемого материала, мм.

Примеры решения задач:

1. Образец камня в виде куба со стороной 10 см имел массу в сухом состоянии 1920 г. После насыщения его водой масса стала 1984 г. Определить среднюю плотность и водопоглощение.

Решение:

- 1) Объем образца $V=10^3=1000 \text{ см}^3$.
- 2) Средняя плотность $\rho_0=1920:1000=1,92 \text{ г/см}^3$.
- 3) Водопоглощение по массе:
 $W_m=[(1984-1920)/1920] \cdot 100=3,33\%$
- 4) Водопоглощение по объему:
 $W_0 = \frac{(1984-1920)}{1000} \cdot 100 = 6,4 \%$

2. Образец бетона разрушился при испытании на сжатие при показании манометра 40 МПа. Определить прочность при сжатии, если известно, что площадь образца в 2 раза больше площади поршня.

Решение:

- 1) Усилие, передаваемое поршнем: $P=R_n \cdot F_n=40 \cdot F_n$.
- 2) Предел прочности образца:
 $R_{сж} = \frac{P}{F_{обр}} = \frac{40 \cdot F_n}{2 \cdot F_n} = 20 \text{ МПа}$

II Неорганические вяжущие вещества.

1. Общие сведения

Неорганическими или минеральными вяжущими веществами называют порошкообразные материалы, которые при затворении водой образуют пластичное тесто, способное в результате физико-химических процессов затвердевать и переходить в камневидное состояние.

Минеральные вяжущие вещества в зависимости от способности затвердевать в определенной среде и сохранять прочность во времени делятся на воздушные и гидравлические.

Воздушные вяжущие после затвердения их водой могут затвердевать и

длительно сохранять прочность только на воздухе. К воздушным вяжущим веществам относятся известь, гипсовые вяжущие материалы, магнезиальные вяжущие и жидкое стекло – силикат натрия или калия.

Гидравлические вяжущие могут затвердевать и сохранять прочность не только на воздухе, но и в воде. К гидравлическим вяжущим относят: портландцемент, глиноземистый цемент и их разновидности, расширяющиеся и безусадочные цементы, гидравлическую известь и романцемент.

2. Известь

Процесс твердения извести происходит за счет двух одновременно протекающих процессов: высыхание раствора, сближение кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и их срастание, карбонизация извести под действием углекислого газа в воздухе: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

При карбонизации выделяется вода, поэтому штукатурку и стены из известковых растворов необходимо сушить. Известковые растворы твердеют медленно, сушка ускоряет их твердение. В молотую негашеную известь и пушенку можно вводить тонкомолотые минеральные добавки: доменный шлак, золы, известняк. Продукт совместного помола негашеной извести и карбонатной породы называют карбонатной известью.

Наиболее важными показателями качества извести являются:

- активность – процентные содержания оксидов, способных гаситься;
- время гашения.

В зависимости от времени гашения известь различают: быстрогасящуюся – 8 мин., среднегасящуюся – не более 25 мин.

Строительные растворы на воздушной извести имеют невысокую прочность. Так известковые растворы через 28 суток имеют предел прочности при сжатии:

- на гашеной извести – 0,4...1,0 МПа,
- на молотой негашеной – до 5 МПа.

Известь в основном идет на изготовление силикатного кирпича и бетонов: ячеистых, легких, а также для смешанных вяжущих (известково-шлаковых, известково-пуццолановых и т.д.).

3. Магнезиальные вяжущие вещества

К магнезиальным вяжущим относятся каустический магнезит и каустический доломит. Магнезиальные вяжущие получают обжигом (750-850 °С) магнезита $\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2$.

Магнезиальные вяжущие затворяют хлористым магнием (MgCl_2), что способствует образованию гидрохлорида магния $3\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Б.Г. Скрамтаев предложил затворять каустический магнезит растворами серной и соляной кислот при концентрации 5...15%. При этом возможно использовать отходы химического производства. Эти вяжущие имеют высокую

прочность (60...100 МПа), хорошо сцепляются с деревом, поэтому можно применять для изготовления фибролита и магнезиально-опилочных полов.

4. Жидкое стекло

Жидкое стекло – это водный раствор силиката натрия или силиката калия плотностью 1,3-1,5 г/см³.

Силикат натрия и калия в воде подвергаются гидролизу



Гель кремниевой кислоты обладает вяжущими свойствами. Для ускорения твердения можно добавлять кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 .

На основе Na_2SiF_6 изготавливают порошкообразный материал – кислотоупорный цемент, путем совместного помола его с кварцевым песком. Кислотоупорный цемент затворяют жидким стеклом.

Жидкое стекло используется для изготовления теплоизоляционных материалов, так стеклопор получают путем грануляции смеси жидкого стекла с мелом, молотым песком, золой ТЭС и т.д. с последующим вспучиванием при 320-360⁰С.

Для получения высокопрочных (с ρ до 1000 кг/м³) заполнителей изготавливают гранулы состава 60-90% золы и 40-10% жидкого стекла. Гранулы обжигаются при температуре 800-1000⁰С.

Кроме того, жидкое стекло может использоваться для ускорения твердения бетона. При этом расход жидкого стекла не должен превышать 1% от массы цемента. Пропитка бетона жидким стеклом, как в процессе пропаривания, так и после затвердевания понижает водопроницаемость бетона.

5. Гипсовые вяжущие вещества

Гипсовыми вяжущими веществами называют тонкоизмельченные продукты тепловой обработки естественных или искусственных разновидностей сульфата кальция, способные после затворения водой схватываться, твердеть и превращаться в камень на воздухе.



Гипсовые вяжущие используются для изготовления плит, панелей для перегородок, стеновых камней, листов для обшивки, архитектурных деталей т.д.

Изделия из гипса подразделяют на гипсовые и гипсобетонные.

Гипсовые вяжущие относятся к быстротвердеющим.

6. Гидравлические вяжущие вещества

К гидравлическим вяжущим относится гидравлическая известь, которая получается обжигом (900-1000⁰С) известняка с содержанием глины 6-20%. Прочность на сжатие раствора 1:3 составляет 2...5 МПа.

Романцемент получают обжигом (900°C) известняков с содержанием глины более 20%. Романцемент выпускается трех марок: М25, М50 и М100.

Портландцемент – гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера с гипсом и со специальными добавками.

Клинкер получают обжигом до спекания тонкодисперсной однородной смеси, состоящей из известняка и глины или некоторых других материалов (мергеля, доменного шлака и др.).

Гипс в портландцемент добавляют для регулирования скорости схватывания. По ГОСТу в портландцемент разрешается вводить при помолу 15% активных и до 10% инертных добавок. Ценным сырьем являются доменные шлаки, нефелиновый шлам, который получается при производстве глинозема, содержит до 30% SiO_2 и 50-55% CaO .

Основными минералами клинкера (помол которого с добавкой гипса образует портландцемент) являются алит ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ или C_3S – 45-60% в клинкере), белит ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ или C_2S – 20-30% в клинкере), трехкальцевый алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ или C_3A – 4-12%), четырехкальцевый алюмоферрит ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ или C_4AF 10-20%).

Цементное тесто, приготовленное путем смешивания цемента с водой, имеет три периода твердения. Вначале, в течение 1-3 часов после затворения цемента водой, оно пластично и легко формуется (период растворения), затем цементное тесто частично уплотняется (период коллоидации) и переходит в твердое состояние (период кристаллизации).

Начало схватывания цемента начинается через 45 минут, а конец схватывания – 10 часов.

Марка и активность цемента определяется на образцах размером 4x4x16 см, изготовленных из цементно-песчаной смеси состава 1:3 и В/Ц=0,4, через 28 суток твердения. Портландцемент разделяют по маркам 400, 500, 550, 600.

Плотность портландцемента 3...3,2 г/см³.

7. Виды цементов

Быстротвердеющий портландцемент (БТЦ). Отличается повышенной прочностью через 3 суток тонкость помола (через сито с сеткой N008) 3500-4000 см²/г. Выпускается М400 и М500.

Высокопрочный портландцемент (ОБТЦ) в возрасте 1 сутки имеет прочность 25 МПа.

Сверхбыстротвердеющий (СБТЦ) дает раннюю прочность через 1...4 часа.

Сульфатостойкий предназначен для изготовления бетонов, подвергающихся действию сульфатной коррозии, а также для бетонов повышенной морозостойкости.

Пластифицированный изготавливают путем введения при помолу клинкера около 0,25% ЛСТ. Он отличается от обычного портландцемента

способностью придавать растворным и бетонным смесям повышенную подвижность.

Пластификаторы используются для уменьшения водоцементного отношения, повышения морозостойкости, водонепроницаемости и уменьшения расхода цемента.

Гидрофобный получают путем ввода при помоле клинкера 0,1-0,2% мылонафта, асидола и т.д. Он обладает пониженной гигроскопичностью и лучше сохраняет свои свойства при длительном хранении.

Пуццолановый портландцемент – вяжущее, твердеющее в воде и во влажных условиях, получаемое путем совместного помола клинкера, гипса и активной минеральной добавки, измельченных отдельно.

К числу применяемых добавок относятся: трепел, диатомит, трасс, туф, пемза, обожженная глина, золы, шлаки и т.д.

Бетоны на пуццолановых цементах обладают повышенной водонепроницаемостью, водостойкостью, но недостаточно морозостойки.

Шлакопортландцемент – вяжущее, получаемое совместным помолом портландцементного клинкера и гранулированного доменного шлака. Количество шлака $\geq 20\%$, но $\leq 80\%$ от массы цемента.

Глиноземистый цемент – быстротвердеющее гидравлическое высокопрочное вяжущее, получаемое путем обжига до спекания смеси материалов, богатых глиноземом и оксидом кальция, и последующего тонкого помола продукта обжига, обеспечивающего преобладание в готовом продукте низкоосновных алюминатов кальция.

Стоимость в 3-5 раз выше, чем портландцемента. Применять там, где нужен быстрый ввод конструкций в эксплуатацию.

III. Бетон

1. Общие сведения

Бетон на неорганических вяжущих веществах представляет собой материал, получаемый в результате формирования и твердения рационально подобранной смеси, состоящей из вяжущего, воды, заполнителей и добавок.

Состав бетонной смеси обеспечивает бетону прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и др.

Бетоны классифицируются по ряду признаков:

- по виду вяжущего – цементные, гипсовые, смешанные, силикатные;
- по виду заполнителя – на пористых, плотных, специальных заполнителях;
- по плотности – особо тяжелые с плотностью более 2500 кг/м^3 , тяжелые – с плотностью $2200-2500 \text{ кг/м}^3$, облегченные – $\rho=1800...2200 \text{ кг/м}^3$, легкие $\rho=500...1800 \text{ кг/м}^3$.

В зависимости от назначения бетоны подразделяют на: обычные бетоны – для конструкций промышленных и гражданских зданий; гидротехнические бетоны – для гидротехнических сооружений; дорожные бетоны – для дорог,

аэродромов; бетоны специального назначения – кислотоупорные, жаростойкие и др.

2. Материалы для бетона

Для бетона применяются все рассмотренные ранее вяжущие, при условии, что они отвечают требованиям соответствующих ГОСТов.

Марку цемента назначают в зависимости от проектной марки бетона.

Марка Бетона	М 150	М 200	М 300	М 350	М 400	М 450	М 500	М 600
Марка цемента	М 300	М 300	М 400	М 400	М 500	М 500	М 600	М 600
		М 400	М 500	М 500	М 600	М 600		

Если марка цемента выше той, которая рекомендуется для бетона, то надо разбавить высокоактивный цемент тонкомолотой активной добавкой, чтобы избежать перерасхода цемента.

Мелкий заполнитель – природные и искусственные пески, состоящие из зерен размером 0,14...5 мм и имеющие плотность более 1800 кг/м³.

Зерновой состав песка определяют просеиванием сухой пробы весом 1 кг через стандартный набор сит с размером отверстий 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм. Мелких частиц песка менее 0,14 мм допускается ≤ 5%.

Для оценки крупности песка применяют безразмерный показатель – модуль крупности, который вычисляют как отношение сумм полных остатков на ситах, ко всей пробе, принятой за 100%.

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100,$$

где $A_{2,5} \dots A_{0,14}$ – полный остаток на ситах, %;

M_k – модуль крупности.

По модулю крупности пески разделяют на крупные ($M_k = 3,5 \dots 2,5$), средние ($M_k = 2,5 \dots 2$) и мелкие ($M_k = 2 \dots 1,5$).

Крупный заполнитель – гравий, щебень с размером зерен 5...70 мм. Прочность заполнителя должна быть в 1,5...2 раза выше марки бетона.

Крупный заполнитель делится на 4 фракции: 5...10 мм, 10...20 мм, 20...40 мм, 40...70 мм. Содержание пыли, глины, ила должна быть ≤ 1%.

Вода – применяется для затворения бетонной смеси, не должна содержать вредных примесей. Вода должна иметь не более 2000 мг/л минеральных солей, сульфатов не более 600 мг/л. Не допускается применение болотной, сточных и промышленных вод.

3. Обозначение состава бетона.

Состав бетона выражается соотношением между массой цемента, песка, щебня или гравия и воды 1:X:Y и В/Ц. Масса цемента принимается за 1, x и y – число частей мелкого и крупного заполнителя на одну часть цемента. В/Ц –

отношение массы воды и цемента.

Различают номинальный и полевой составы бетона. Номинальный – состав бетона на сухих заполнителях. Полевой – состав бетона на влажных заполнителях. Состав бетона может также выражаться в частях по объему.

4. Свойства бетонной смеси

Бетонная смесь – рационально составленная и тщательно перемешанная смесь компонентов бетона.

Независимо от вида бетона бетонная смесь должна удовлетворять 2 требования: по удобоукладываемости и однородности.

Бетонная смесь обладает способностью разжижаться при механическом воздействии и вновь загустевать, такое состояние называется тиксотропией.

Подвижность – характеризуется измеряемой осадкой (см) конуса ОК. если осадка конуса = 0, то удобоукладываемость смеси характеризуется жесткостью.

Жесткость – это время (сек), необходимое для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в приборе для определения жесткости. Применяют сверхжесткие (СЖЗ – > 100 сек., СЖ – 51...100 сек., СЖ1 – ≤ 50 сек.), жесткие (Ж4 – 31...60 сек., Ж3 – 21...30 сек., Ж2 – 11...20 сек., Ж1 – 5...10 сек.) и подвижные (П1 – ОК = 1...4 см., П2 – ОК = 5...9 см., П3 – ОК = 10...15 см, П4 – ОК = 16...20 см, П5 – ОК ≥ 21 см.).

Связность бетонной смеси обуславливает однородность строения и свойств бетона. Это способность бетонной смеси сохранять однородность при перевозке, укладке в формы и уплотнении.

5. Прочность бетона

Прочность бетона при твердении в нормальных условиях зависит от марки цемента и отношения В/Ц.

На практике обычно используют зависимость прочности бетона от цементно-водного отношения, которая может быть выражена формулой

$$R_6 = AR_{\text{ц}} \cdot (\text{Ц}/\text{В} \pm 0,5)$$

где R_6 – прочность бетона в возрасте 28 суток;

A – коэффициент, учитывающий влияние заполнителя на прочность бетона;

$A=0,66$ при высококачественном заполнителе;

$A=0,6$ – при рядовом заполнителе;

$A=0,55$ – при пониженном качестве заполнителя;

$R_{\text{ц}}$ – активность цемента.

В любом возрасте прочность бетона ориентировочно можно определить по формуле:

$$R_6^{\pi} = R_6^{28} \cdot \frac{\lg n}{\lg 28}$$

где R_6^{π} - прочность бетона при сжатии в любом возрасте;

R_6^{28} - предел прочности бетона в возрасте 28 суток;

$\lg n$ – десятичный логарифм бетона в возрасте n суток, где $n > 3$.

Бетоны подразделяются на классы: В1; В 1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В40; В45; В50; В55; В60.

Соотношение между классом и марками бетона по прочности следует принять $R_6 = \frac{B}{0,778}$.

6. Расчет состава тяжелого бетона

Для экономного расхода цемента желательно, чтобы его марка превышала заданную прочность бетона. Водоцементное отношение определяется по формуле

$$R_6^{28} = R_{\text{ц}}^{28} \cdot A(\text{Ц/В}-0,5)$$

Расход воды на 1 м³ выбирается по таблицам и графикам. Зная В/Ц и В, находят расход цемента на 1 м³ бетона: $\text{Ц} = \text{В}/(\text{В}/\text{Ц})$ или $\text{Ц} = \text{В} \cdot (\text{Ц}/\text{В})$.

Для определения расхода песка и щебня составляют два уравнения:

$$\text{Ц}/\rho_{\text{ц}} + \text{В} + \text{П}/\rho_{\text{п}} + \text{Щ}/\rho_{\text{щ}} = 1000;$$

$$\text{Ц}/\rho_{\text{ц}} + \text{В} + \text{П}/\rho_{\text{п}} = \text{П}_{\text{щ}} \cdot \alpha \cdot \text{Щ}/\rho_{\text{щ}},$$

где Ц, В, П, Щ – масса материалов на 1 м³ бетона в кг;

$\rho_{\text{ц}}, \rho_{\text{п}}$ – плотность материалов, кг/м³;

$\rho_{\text{щ}}$ – насыпная плотность щебня, кг/м³;

α – коэффициент раздвижки зерен щебня.

Решая эти 2 уравнения, получают расход щебня на 1 м³ бетона

$$\text{Щ} = 1000 / [\alpha \cdot \text{П}_{\text{щ}} / \rho_{\text{щ}} + (1 / \rho_{\text{щ}})];$$

$$\text{П} = [1000 - (\text{П}/\rho_{\text{ц}} + \text{В} + \text{Щ}/\rho_{\text{щ}})] \cdot \rho_{\text{п}}$$

Коэффициент раздвижки зерен щебня « α » выбирается из таблицы 2 [6.1.2., с.33].

Затем определяется коэффициент выхода бетона

$$\text{В} = 1000 / (\text{Ц}/\rho_{\text{ц}}' + \text{П}/\rho_{\text{п}}' + \text{Щ}/\rho_{\text{щ}}'),$$

где $\rho_{\text{ц}}', \rho_{\text{п}}', \rho_{\text{щ}}'$ - насыпная плотность цемента, песка и щебня.

Коэффициент выхода бетонной смеси учитываются при расчете расхода материалов на замес бетоносмесителя. Например, расход цемента в этом случае рассчитывают по формуле

$$\text{Ц}_3 = \text{Ц} \cdot \beta \cdot \text{В}_6 / 1000,$$

где В_6 – объем бетоносмесителя, л.

Примеры решения задач

1. Рассчитать водопотребность песка, у которого В/Ц, обеспечивающее распыл усеченного конуса 170 мм, равняется 0,4 для цемента

с нормальной густотой 0,26.

Решение.

$$B_{\text{п}} = [(0,4 - 0,26)/2] \cdot 100 = 7\%.$$

2. Рассчитать значение модуля эффективности $M_{\text{эф.п.}}$ для горных песков №1 (рядовой) и №2 (классифицированный) с характеристиками, приведенными в таблице 3.

Таблица 3

Песок №	Остатки на ситах (%) с размером отверстий, мм						Проход через сито 0,14 мм, % (ж)	Объемная масса, кг/м ³	Плотность
	5	2,5 (а)	1,2 (б)	0,6 (в)	0,3 (г)	0,14 (д)			
1	0	2	3	25	20	43	7	1820	2,6
2	0	30	30	40	0	0	0	1680	2,6

Решение.

$$S_1 = 0,013(2 + 2,3 + 4 \cdot 25 + 8 \cdot 20 + 16 \cdot 43 + 36 \cdot 7) = 16 \text{ м}^2/\text{кг}$$

$$S_2 = 0,013(30 + 2 \cdot 30 + 4 \cdot 40) = 3,25 \text{ м}^2/\text{кг}$$

$$M_{\text{эф.п.}} = [(2,6 - 1,82)/(2,6 - 1,82)] + 0,013 \cdot 16 = 0,375 \text{ л.}$$

$$M_{\text{эф.п.}} = [(2,6 - 1,68)/(2,6 - 1,68)] + 0,013 \cdot 3,25 = 0,255 \text{ л.}$$

3. Определить модуль крупности песков по таблице 4.

Таблица 4

Характеристика материалов	Коэффициенты	
	A	A ₁
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,6	0,4
Пониженного качества	0,55	0,37

Решение.

$$M_{\text{к}} = (A_{2,5} + A_{1,2} + A_{0,6} + A_{0,3} + A_{0,14})/100$$

(A_{2,5}.....A_{0,14} – полное остатки на ситах, %)

$$M_{\text{к.п1}} = (2 + 5 + 30 + 50 + 93)/100 = 1,8,$$

$$M_{\text{к.п2}} = (30 + 60 + 100)/100 = 1,9$$

4. Подсчитать, изменится ли объем песка при увлажнении его до 20%, если насыпная плотность сухого песка 1500 кг/м³, а влажного 1800 кг/м³.

Решение.

После увлажнения 1 м³ сухого песка до 20% его масса

$$m_{\text{в}} = 1500 \cdot 1,2 = 1800 \text{ кг.}$$

Если песок в сухом состоянии занимает объем 1 м³, то при влажности 20% объем этого же песка

$$V_B = m_B/m_H = 1800/1800 = 1 \text{ м}^3.$$

Изменение объема $1-1 = 0$, т.е. песок сухой и при влажности 20% имеет одинаковый объем.

5. Насыпная плотность сухого песка 1450 кг/м^3 . Подсчитать насыпную массу песка при влажности его 5%, если известно, что при этой влажности его объем на 25% больше, чем сухого.

Решение.

Если масса 1 м^3 сухого песка 1450 кг , то при влажности 5% его масса

$$m_B = m_H (1 + 5\%) = 1450 (1 + 0,05) = 1520 \text{ кг}.$$

Объем влажного песка

$$V_B = V_H (1 + \Delta V) = 1 (1 + 0,25) = 1,25 \text{ м}^3.$$

Насыпная плотность

$$\rho = m_B/V_B = 1520/1,25 = 1220 \text{ кг/м}^3.$$

6. Вывести формулу для определения межзерновой пустотности и подсчитать по ней межзерновую пустотность гравия. Известны плотность зерен гравия (каменя) $\rho_0 = 2,4 \text{ г/м}^3$ и насыпная плотность гравия $\rho_H = 1,65 \text{ г/м}^3$.

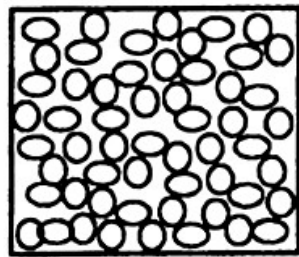
Решение.

На рис. 3, а (в разрезе) показана емкость V_0 , заполненная гравием: V_0 включает объем камня V_K и объем пустот V_n , т.е. $V_0 = V_K + V_n$, как условно изображено на 3, б.

Пустотность α — отношение объема пустот к объему материала, т.е.

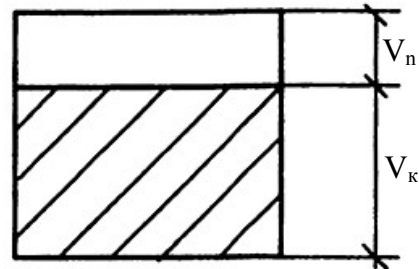
$$\alpha = V_n/V_0 = (V_0 - V_K)/V_0 = 1 - V_K/V_0.$$

а)



V_0

б)



$V_0 = V_K + V_n$

Рис. 3

Выразив объемы через отношение массы к плотности и

$$V_K = m/\rho_0; V_0 = m/\rho$$

получим

$$\alpha = 1 - \rho_H/\rho_0 = (\rho_0 - \rho_H)/\rho_0$$

или в %

$$\alpha = (1 - \rho_H/\rho_0) \cdot 100 = [(\rho_0 - \rho_H)/\rho_0] \cdot 100\%$$

Межзерновая пустотность гравия по условиям задачи

$$\alpha = (2,4 - 1,65)/2,4 = 0,312 \text{ или } 31,2\%$$

7. Насыпная плотность щебня $\rho_H = 1,4$, средняя плотность камня $\rho_0 = 2,54$, его плотность $\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$.

1. Подсчитать: а) межзерновую пустотность щебня; б) пористость камня;

в) суммарную (общую) пористость (пустотность) щебня.

II. Определить: а) объем камня в 1 м³ щебня; б) его объем в абсолютно плотном состоянии.

Решение.

I. а) межзерновая пустотность щебня

$$\alpha_{\text{щ}} = (1 - \rho_{\text{н}} / \rho_0) \cdot 100 = (1 - 1,4 / 2,54) \cdot 100 = 45\%;$$

б) пористость щебня (камня)

$$\alpha_0 = (1 - \rho_0 / \rho) \cdot 100 = (1 - 2,54 / 2,65) \cdot 100 = 4\%;$$

в) общая пористость (пустотность) щебня

$$\alpha_0 = (1 - \rho_{\text{н}} / \rho) \cdot 100 = (1 - 1,4 / 2,65) \cdot 100 = 47\%;$$

II. а) объем камня в 1 м³ щебня

$$V = m / \rho_{\text{н}} = 1400 / 2,54 = 0,55 \text{ м}^3;$$

б) объем камня в абсолютно плотном состоянии

$$V_{\text{к}} = m / \rho = 1400 / 2,65 = 0,53 \text{ м}^3.$$

8. Определить соотношение между песком и гравием (по массе) для получения более плотной смеси заполнителей, если известна насыпная плотность песка $\rho_{\text{н}} = 1,6$; средняя плотность гравия (камня) $\rho_0 = 2,5$ и насыпная плотность гравия $\rho_{\text{н}} = 1,5$.

Решение.

Для получения плотной смеси заполнителей надо, чтобы песок заполнил пустоты между зернами гравия (с учетом некоторой раздвижки зерен гравия песком), т.е. объем песка $V_{\text{п}}$ должен быть равен объему пустот в гравии с учетом коэффициента раздвижки $K_{\text{р}}$:

$$V_{\text{п}} = \alpha_{\text{р}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot V_{\text{р}} \cdot K_{\text{р}}$$

где α - пустотность гравия;

$V_{\text{п}}, V_{\text{р}}$ - объем песка и гравия;

$K_{\text{р}}$ - коэффициент раздвижки (берется из таблиц).

Выразив в приведенной формуле объем через вес и насыпную плотность, получим

$$П / \rho_{\text{п}} = \alpha_{\text{р}} \Gamma / \rho_{\text{н}}^{\Gamma} K_{\text{р}}.$$

Отсюда

$$П / \Gamma = \alpha_{\text{р}} \rho_{\text{н}} / \rho_{\text{п}} K_{\text{р}},$$

где $П, \Gamma$ — масса песка и гравия в объемах $V_{\text{п}}$ и $V_{\text{р}}$.

Пустотность гравия:

$$\alpha_{\text{р}} = \rho_{\text{н}} - \rho_{\text{п}} / \rho_{\text{н}} = (2,5 - 1,5) / 2,5 = 0,4.$$

Тогда при $K_{\text{р}} = 1$

$$П / \Gamma = 0,4 (1,6 / 1,5) = 0,425.$$

9. Подсчитать расход материалов на 1000 л уплотненной бетонной смеси Ц:П=1:3; Ц/В=1,6; $\rho_{\text{ц}} = 3 \text{ г/см}^3$; $\rho_{\text{п}} = 2,5 \text{ г/см}^3$.

Решение.

Обозначим расход цемента через Ц, тогда расход песка будет 3Ц, а воды Ц/1,6. Сумма абсолютных объемов цемента, песка и воды:

$$1000 = \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{3\text{Ц}}{\rho_{\text{п}}} + \frac{\text{Ц}}{1,6} = 4,150\text{Ц}$$

Отсюда:

$$\text{Ц} = \frac{464}{3} = 154,67 \text{ кг}; \text{ П} = 464 \cdot 3 = 1392 \text{ кг}.$$

$$\text{В} = 464 / 1,6 = 290 \text{ л}.$$

Проверяем сумму абсолютных объемов материалов:

$$\frac{464}{3} + \frac{1392}{2,5} + 290 = 1000 \text{ л}, \text{ что подтверждает правильность произведенных}$$

расчетов.

10. Подсчитать абсолютный объем раствора, содержащего 300 л цементного теста, 1700 кг песка с плотностью $2,6 \text{ г/см}^3$.

Решение. Абсолютный объем песка $V_{\text{п}} = 1700 / 2,6 = 654 \text{ л}$; искомый абсолютный объем раствора $V_{\text{р}} = 300 + 654 = 954 \text{ л}$.

11. На 1 м^3 бетона расходуется (кг): цемента $\text{Ц} = 300$, песка $\text{П} = 600$, гравия $\text{Г} = 1200$ и воды $\text{В} = 200 \text{ л}$. Выразить состав бетона в виде соотношения масс 1: X:Y и определить водоцементное отношение. Здесь X - количество частей песка, Y - гравия, если количество цемента принято одну часть по массе.

Решение.

$$\text{X} = \frac{600}{300} = 2; \text{ Y} = \frac{1200}{300} = 4. \text{ В/Ц} = 200 / 300 = 0,67.$$

12. Подсчитать расход цемента на 1 м^3 бетона состава 1:2:4,5 по массе при $\text{В/Ц} = 0,5$, если бетонной смеси $\rho_0 = 2400 \text{ кг/м}^3$.

Решение. Масса 1 м^3 бетонной смеси равна сумме расходов его составляющих, т.е. 2400 кг. Количество частей, если расход цемента принят единицу, будет: $1 + \text{X} + \text{Y} + \text{Z} = 1 + 2 + 4,5 + 0,5 = 8$. Масса одной части, или расход цемента

$$\text{Ц} = 2400 : 8 = 300 \text{ кг/м}^3.$$

13. Подсчитать расход материалов на 1 м^3 уплотненной смеси, если на опытный образец было затрачено 2,5 кг цемента, 1 л воды, 3 кг песка и 5 кг щебня, а плотность уплотненной смеси составила 2300 кг/м^3 .

Решение. Суммарная масса всех материалов на опытный замес: $2,5 + 1 + 3 + 5 = 11,5 \text{ кг}$.

Тогда доля цемента составит $2,5 / 11,5 = 0,217$; воды $1 / 11,5 = 0,087$; песка $3 / 11,5 = 0,261$; щебня $5 / 11,5 = 0,435$.

Расход компонентов на 1 м^3 уплотненной бетонной смеси: цемента - $0,217 \cdot 2300 = 500 \text{ кг}$; воды $0,087 \cdot 2300 = 200 \text{ л}$; песка $0,261 \cdot 2300 = 600 \text{ кг}$; щебня $0,435 \cdot 2300 = 990 \text{ кг}$.

14. Состав бетона по массе 1:X:Y=1:2:4. Выразить этот состав по объему, принимая насыпные массы цемента, песка и щебня соответственно 1200, 1600 и 1370 кг/м^3 .

Решение. Состав бетона по массе $1:\text{X}:\text{Y} = 1:\text{П}:\text{Ц}:\text{Щ}:\text{В} = 1:2:4$.

Состав бетона по объему:

$$1:\text{X}:\text{Y} = 1 \cdot \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{щ}}}{V_{\text{ц}}} = 1 : \frac{\text{П} \cdot \rho_{\text{ц}}^0}{\text{Ц} \cdot \rho_{\text{п}}^0} : \frac{\text{Щ} \cdot \rho_{\text{ц}}^0}{\text{Ц} \cdot \rho_{\text{щ}}^0},$$

$$1:\text{X}:\text{Y} = 1 : \text{X} \frac{\rho_{\text{ц}}^0}{\rho_{\text{п}}^0} : \text{Y} \frac{\rho_{\text{ц}}^0}{\rho_{\text{щ}}^0},$$

$$1:\text{X}:\text{Y} = 1 : \frac{2 \cdot 1,2}{1,6} : \frac{4 \cdot 1,2}{1,37},$$

$$1:X:Y=1:1,5:3,5.$$

15. Вычислить расход материалов на один замес бетономешалки с емкостью смесительного барабана 1200 л, если расход материалов на 1 м³ бетона: Ц-312 кг; В-153 л; П-612 кг; Щ-1296 кг. Средняя плотность влажного песка и щебня соответственно принять 1,6 и 1,495 кг/л, насыпная плотность цемента 1,3 кг/л.

Решение. Коэффициент выхода бетонной смеси

$$\beta = \frac{1000}{V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{щ}}} = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}^0} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{п}}^0} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}^0}} = 0,702$$

Расход материалов на один замес бетономешалки:

$$\text{цемента } \text{Ц}_1 = \frac{V_{\text{б}} \cdot \beta}{1000} \cdot \text{Ц} = \frac{1200 \cdot 0,702}{1000} \cdot 312 = 262 \text{ кг}$$

$$\text{воды } \text{В}_1 = \frac{V_{\text{б}} \cdot \beta}{1000} \cdot \text{В} = \frac{1200 \cdot 0,702}{1000} \cdot 153 = 127,8 \text{ кг}$$

$$\text{песка } \text{П}_1 = \frac{V_{\text{б}} \cdot \beta}{1000} \cdot \text{П} = \frac{1200 \cdot 0,702}{1000} \cdot 612 = 515 \text{ кг}$$

$$\text{щебня } \text{Щ}_1 = \frac{V_{\text{б}} \cdot \beta}{1000} \cdot \text{Щ} = \frac{1200 \cdot 0,702}{1000} \cdot 1296 = 1088 \text{ кг}$$

16. Бетонная смесь плотностью $\rho_0=2400$ кг/м³ и водоцементным соотношением 0,5 имеет по массе состав 1:X:Y=1:2:4. Средняя плотность и плотность цемента, песка и гравия соответственно равны кг/л: $\rho_{\text{л}}=1,3$; $\rho_{\text{ц}}=3,1$; $\rho_{\text{п}}=1,56$; $\rho_{\text{щ}}=2,65$; $\rho_{\text{г}}=1,5$; $\rho_{\text{щ}}=2,6$. Вычислить коэффициент α раздвижки зерен гравия цементно-песчаным раствором.

Решение. Коэффициент раздвижки зерен щебня есть отношение абсолютного объема цементно-песчаного раствора в бетоне $v_{\text{п}}$ к объему пустот крупного заполнителя $V_{\text{р}}$. Сумма абсолютных объемов цемента, песка и воды

$$v_{\text{п}} = v_{\text{ц}} + v_{\text{п}} + v_{\text{в}}.$$

Расход цемента:

$$\text{Ц} = \frac{\rho_0}{1+X+Y+В/Ц} = \frac{2400}{1+2+4+0,5} = 323 \text{ кг}$$

$$\text{Расход воды } \text{В} = 0,5 \cdot 323 = 161,5 \text{ л/м}^3.$$

$$\text{Расход песка } \text{П} = 2 \cdot 323 = 646 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Расход щебня } \text{Щ} = 4 \cdot 323 = 1292 \text{ кг/м}^3.$$

$$V_{\text{р}}^{\text{а}} = \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \text{В} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{п}}} = \frac{323}{3,1} + 161,5 + \frac{646}{2,65} = 519,3 \text{ л.}$$

Пористость крупного заполнителя

$$\text{П}_{\text{щ}} = \frac{\rho_{\text{щ}} - \rho_{\text{щ}}^0}{\rho_{\text{щ}}} = \frac{2,6 - 1,5}{2,6} = 0,422.$$

Объем пор в крупных заполнителях

$$V_{\text{р}} = \text{П}_{\text{щ}} \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}^0} = 0,422 \frac{1292}{1,5} = 363,7 \text{ л.}$$

Коэффициент раздвижки зерен

$$\alpha = \frac{V_p^a}{V_p} = \frac{519,3}{363,7} = 1,42.$$

17. Рассчитать $K_{уп}$ (коэффициент уплотнения бетонной смеси), если на опытный замес было затрачено 2,5 кг цемента, 1 л воды, 3 кг песка и 5 кг щебня, а объемная масса уплотненной смеси составила 2300 кг/м³. Плотность цемента 3,1 г/см³, а песка и щебня 2,6 г/см³.

Решение. Теоретическая средняя плотность уплотненной смеси равна суммарной массе материалов в замесе, деленной на сумму их абсолютных объемов. Сумма абсолютных объемов материалов:

$$2,5/3,1 + 1 + 3,5/2,6 = 4,887 \text{ л} = 0,0048 \text{ м}^3.$$

Суммарная масса равна 11,5 кг.

$$\text{Теоретическая объемная масса: } 11,5/0,0048 = 2320 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Тогда } K_{уп} = 2300/2320 = 0,99$$

IV. Горные породы как сырье для производства строительных материалов

1. Горные породы

Горные породы являются основным источником для получения строительных материалов (керамики, стекла, бетона, теплоизоляционных и вяжущих материалов и т.д.).

Широко используются природные каменные материалы и изделия, получаемые механической обработкой горных пород (плиты из гранита, мрамора и т.д.).

При производстве горных пород важным фактором является использование отходов. Так от вскрышных пород образуются огромные отвалы, которые уродуют землю. Хотя основная часть вскрышного материала можно использовать для производства цемента, кирпича, щебня и т.д. Поэтому утилизация отходов горного производства является важной экологической задачей.

Горная порода — это минеральная масса более или менее постоянного состава.

Минералы — это однородные тела, возникающие в земной коре в результате физико-химических процессов. Всего минералов в природе более 2000, но в образовании горных пород участвуют около 50.

В зависимости от условий образования горные породы делят: магматические породы, образовавшиеся в процессе кристаллизации сложного природного силикатного расплава — магмы; осадочные, возникающие из продуктов разрушения других пород; метаморфические, являются продуктом перекристаллизации других пород под действием физико-химических условий.

2. Магматические горные породы

Образование магматических пород связано со сложными процессами медленного остывания магмы. Они в свою очередь подразделяются на

изверженно-излившиеся и изверженно-обломочные.

В состав изверженных глубинных пород входят кварц, силикаты и алюмосиликаты (полевошпаты, слюда, темноокрашенные минералы).

При переходе от гранита к габбро в составе горных пород увеличивается содержание темноокрашенных минералов, характеризующихся большой вязкостью, прочностью и стойкостью против выветривания. При этом цвет породы становится более темным.

Средняя прочность глубинных пород при сжатии 100-300 МПа, плотность — 2600-3000 кг/м³; водопоглощение 1 %; морозостойкость > 200 циклов.

К этим породам относятся:

1) Гранит, который состоит из (25-30%) кварца, полевошпата (35-40%), слюды (5-10%) и плагиоклаза (20-25%).

2) Сиениты — эти породы имеют розовый цвет. Сиениты состоят из калиевых шпатов, цветных минералов (10-20%). Если присутствует кварц, то порода называется кварцевым сиенитом.

Кроме того, к этим породам относятся гранодиориты, диориты и кварцевые диориты, габбро, анортозиты и перидотиты.

Излившиеся горные породы образовались при кристаллизации магмы на небольших глубинах.

К ним относятся — кварцевые порфиры, бескварцевые порфиры, пемза, пепел, туф и туфолава. Туф и туфолавы используются в виде пиленого камня для кладки стен; устройства перегородок и огнестойких перекрытий.

Их можно использовать в качестве декоративного камня.

3. Осадочные горные породы

Осадочные горные породы образовались в результате разрушения различных горных пород, химического и механического выветривания, выпадения из воды останков организмов. Осадочные породы часто имеют слоистое строение, что оказывает отрицательное влияние на строительные свойства.

Основными породообразующими минералами осадочных пород являются: кремнезем, кальцит, доломит, магнезит, каолинит, гидрослюда, гипс, ангидрит.

Осадочные горные породы являются сырьем для производства минеральных вяжущих (гипса, цемента, извести и т.д.); для производства керамических материалов (кирпич, плитки и т.д.).

4. Метаморфические породы

Из метаморфических пород находят применение в строительстве мраморы, кварциты, глинистые сланцы и гнейсы.

Кварциты используются в качестве стенового камня, бута, щебня и т.д. Кварциты применяются также в качестве кислотоупорного материала.

Мрамор — для внутренней облицовки зданий. В виде песка его используют для цветной штукатурки.

Гнейсы по прочности не уступают граниту, поэтому их используют в качестве щебня.

V. Легкие бетоны

Легкий бетон, так же как и тяжелый бетон, представляет собой искусственный каменный материал, полученный в результате формирования и твердения правильно подобранной смеси компонентов бетона: вяжущего вещества, воды, заполнителей и специальных добавок, — но в отличие от тяжелого — легкий бетон изготавливают на различных видах пористых заполнителей.

Легкие бетоны на пористых заполнителях применяют в ограждающих конструкциях и для снижения собственной массы несущих конструкций. Поэтому для этих бетонов наряду с прочностью очень важное значение имеет средняя плотность (объемная масса) бетона.

1. Материалы для бетона

В качестве вяжущего вещества в легких бетонах, как и в тяжелых, применяют обычный портландцемент, быстротвердеющий, шлакопортландцемент.

В качестве заполнителей для легкого бетона используют различные виды пористых заполнителей: неорганические, органические, искусственные и естественные.

К **органическим** заполнителям относятся: древесная дробленка, дробленка из стеблей хлопчатника, костры (получаемый в этом случае бетон носит название арболит); гранулы вспененного полистирола (полистиролбетон).

Наиболее распространены **неорганические** пористые заполнители, они могут быть естественные (природные) и искусственные.

Природные пористые заполнители получают путем частичного дробления и отсева пористых горных пород (пемзы, вулканического туфа, известника-ракушечника и др.).

Искусственные пористые заполнители являются продуктами термической обработки минерального сырья и разделяются на специально изготовленные (керамзитовый гравий, керамзитовый песок, вспученный перлит, вспученный вермикулит, аглопорит, шунгизит) и побочные продукты промышленности (шлаковая пемза, гранулированный металлургический шлак).

Пористые заполнители, так же как и плотные, делят на крупные (пористый гравий или щебень) с размером зерен от 5 до 40 мм и мелкие (пористый песок), состоящие из частиц < 5 мм.

Важнейшими свойствами пористого заполнителя являются насыпная плотность и пористость, которые определяют и соответствующие свойства

легкого бетона.

Прочность пористого щебня (гравия) определяют по стандартной методики путем раздавливания зерен в стальном цилиндре.

К пористым заполнителям могут предъявляться требования по морозостойкости, водопроницаемости и др. в зависимости от назначения и условий эксплуатации бетона.

Наивыгоднейшее сочетание показателей средней плотности, теплопроводности, прочности и расхода цемента для легких бетонов получают при наибольшем «насыщении» бетона пористым заполнителем, что возможно лишь при компактном размещении зерен заполнителя в объеме бетона. Тогда в бетоне будет меньше цементного камня, являющегося самой тяжелой частью легкого бетона, и снизится его теплопроводность.

Наибольшее насыщение бетона пористым заполнителем возможно только при правильном подборе зернового состава смеси мелкого и крупного пористых заполнителей, а также при использовании ряда технологических факторов (интенсивного уплотнения, пластифицирующих добавок и др.).

2. Свойства легкого бетона

По назначению легкие бетоны подразделяются на: конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные и теплоизоляционные, к двум последним дополнительно предъявляются требования по теплопроводности; специальные (теплоизоляционные, жаростойкие, химически стойкие и др.).

По структуре легкие бетоны могут быть плотные, поризованные, крупнопористые.

В плотных, или обычных легких бетонах, раствор на тяжелом или легком песке полностью заполняет межзерновые пустоты крупного заполнителя (обычно с некоторой раздвижкой его зерен), в поризованных легких бетонах растворную часть вспучивают с помощью пено- или газообразующих добавок, а в крупнопористых (беспесчаных) легких бетонах не содержится песка и сохраняются межзерновые пустоты.

В строительстве используют, главным образом, легкие бетоны с крупностью пористого заполнителя до 20-40 мм, однако применяют и мелкозернистые легкие бетоны.

Дальнейшее уменьшение средней плотности легких бетонов без ухудшения их основных свойств возможно путем образования в цементном камне мелких замкнутых пор. Для поризации цементного камня, являющейся самой тяжелой составной частью легкого бетона, используют небольшие количества пенообразующих и газообразующих веществ. Мелкие и равномерно распределенные поры в цементном камне не понижают прочность, но уменьшают среднюю плотность и теплопроводность легкого бетона, повышая при этом его морозостойкость. Кроме того, поризация цементного камня в легком бетоне позволяет обойтись без пористого песка.

По прочности на сжатие для легких бетонов устанавливают следующие классы:

B0,35; B0,75; B1 – для теплоизоляционных бетонов;
B2; B2,5; B3,5; B5; B7,5 – для конструктивно-теплоизоляционных бетонов;

B10; B12.5;.....до B40 - для конструктивных бетонов.

Если изделия и конструкции запроектированы без учета СТ СЭВ 1406-78, то показатели прочности бетона на сжатие характеризуют марками, соответственно:

M5; M10; M15; M25

M35; M50; M75; M100

M150; M200;.....до M500.

По средней плотности установлены следующие марки легкого бетона:

Пл200, Пл300, Пл400, Пл500 – для теплоизоляционных;

Пл600, Пл700, Пл800, Пл900 – для конструкционно-теплоизоляционных;

Пл1000, Пл1100,.....Пл 2000 — для конструкционных.

Конструкционные легкие бетоны классов B10-B40 получают, применяя портландцемент марок 300-600. Крупным заполнителем служит керамзитовый гравий, аглопоритовый щебень или шлаковая пемза, в качестве мелкого заполнителя часто применяют кварцевый песок. Средняя плотность таких бетонов доходит до 1700-1800 кг/м³, но все же она на 60-700 кг/м³ меньше, чем у тяжелого бетона, поэтому коэффициент конструктивного качества, равный отношению прочности к плотности (к.к.к. = R/ρ_b), у легкого бетона выше примерно в 1,4 раза (при одинаковой прочности). В силу этого конструктивный легкий бетон особенно выгодно применять взамен тяжелого бетона в железобетонных конструкциях больших пролетов (фермы, пролетные строения мостов и т.п.), где особенно эффективно снижение собственной массы конструкции.

Деформативные свойства легких и тяжелых бетонов сильно различаются. Легкие бетоны на пористых заполнителях более трещиностойки, так как их предельная растяжимость выше, чем у равнопрочного тяжелого бетона. Однако следует учитывать и такие особенности легких бетонов, как большие усадка и ползучесть по сравнению с тяжелым бетоном.

Важным свойством легкого бетона является его теплопроводность, которая определяет толщину ограждающих конструкций. Коэффициент теплопроводности легкого бетона зависит в основном от его средней плотности и влажности. Так, например, для керамзитобетона в сухом состоянии теплопроводность менялась от 0,16 до 0,58 Вт/(м·°C) при уменьшении средней плотности от 600 до 1600 кг/м³, а при сорбционной влажности — соответственно от 0,20 до 0,62 Вт/(м·°C).

Увеличение влажности бетона на 1% повышает коэффициент теплопроводности на 0,01-0,03 Вт/(м·°C). В зависимости от средней плотности и теплопроводности толщина наружной стены из легкого бетона может быть от 20 до 45 см.

Долговечность бетона зависит от его **морозостойкости** и

водонепроницаемости.

В зависимости от условий работы изделий и конструкций установлены следующие марки легкого бетона по морозостойкости и водонепроницаемости:

по морозостойкости — F25, F35, F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500;

по водонепроницаемости — В2, В4, В6, В8, В10, В12 — для конструктивных бетонов, кроме конструктивно-теплоизоляционных

Для ограждающих конструкций обычно применяют легкие бетоны, выдерживающие 15-35 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Для стен влажных промышленных помещений, в особенности в районах с суровым климатом, требуются более морозостойкие легкие бетоны (F100-F500). Возможность получения легких бетонов с высокой морозостойкостью и малой водопроницаемостью позволила применять легкий бетон в гидротехнических сооружениях, мостовых и других конструкциях, работающих в воде или попеременном уровне увлажнения, даже в судостроении. В этих случаях применяют легкий бетон с марками по морозостойкости от F100 до F500.

Легкобетонные конструкции можно применять (после соответствующей проверки показателя проницаемости) в слабоагрессивных и среднеагрессивных средах без специальной защиты.

Для несущих конструкций легкий бетон должен быть плотной структуры, в этом случае защита арматуры от коррозии не нужна.

Водостойкость плотных легких бетонов на цементе существенно не отличается от водостойкости тяжелых бетонов.

Водонепроницаемость конструкционных легких бетонов высокая. По данным некоторых исследований, керамзитобетон с расходом цемента 300-350 кг/м² не пропускал воду даже при давлении 2 МПа. Малая водонепроницаемость плотных легких бетонов подтверждается долголетней эксплуатацией гидротехнических сооружений в Армении и Грузии, а также испытанием напорных труб.

Согласно требованиям ГОСТа объем межзерновых пустот в уплотненных легкобетонных смесях для бетонов плотной и поризованной структуры не должен превышать 3 %.

Объем вовлеченного воздуха, образующегося за счет применения добавок, регулирующих пористость бетонной смеси, не должен превышать 12 % — для бетонов на мелких заполнителях и 25 % — для бетонов без мелких заполнителей.

3. Подбор состава легкого бетона

При определении состава легкого бетона на пористых заполнителях приходится учитывать особенности влияния заполнителя на прочность бетона. Поэтому расчет проводят не на основе какой-либо единой формулы или графика, а на основе данных ряда таблиц и поправочных коэффициентов, составленных с учетом этих особенностей. Расчетно-экспериментальный метод подбора состава легкого бетона обеспечивает получение средней плотности, а

при необходимости также морозостойкости, усадки, прочности на осевое растяжение и других свойств при возможном наименьшем расходе цемента.

Расчетные формулы для подбора составов легких бетонов приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Расчетные формулы для подбора составов
конструкционных легких бетонов**

Показатель	Расчетные положения
Расход крупного пористого заполнителя, кг/м^3	$K=1000 \cdot \varphi \cdot \rho_{\text{цт}}^{3\text{к}}$, где φ – объемная концентрация пористого заполнителя, л/м^3 (по табл.6); $\rho_{\text{цт}}^{3\text{к}}$ – средняя плотность крупного заполнителя в цементном тесте, кг/м^3 (по табл. 6).
Бетон на плотном песке	
Расход плотного песка, кг/м^3	$\Pi = \rho_{\text{бс}} - 1,15Ц - K$, где $\rho_{\text{бс}}$ – бетон в сухом состоянии (по табл. 7).
Расход цемента, кг/м^3	Определяют по таблицам в зависимости от класса бетона, марок цемента и пористого заполнителя по прочности (по табл. 8 и 9).
Общий расход воды, л/л^3	$V = V_0 + V_1 + V_2 + V_3^{\text{п}}$, где V_0 – начальный расход воды (по табл. 10); $V_1 = 2000(\varphi - 0,37)^2$ – поправка на объемную концентрацию крупного заполнителя; V_2 – поправка на расход цемента; $V_2 = 0,15(Ц - 450)$ при $Ц > 450$ (при $Ц < 450$ $V_2 = 0$); $V_3^{\text{п}}$ – поправка на водопотребность плотного песка, равная $0,01 \Pi$ ($V_n - 7$); V_n – водопотребность песка (по табл. 11).
Бетон крупнопористый	
Расход крупного заполнителя K_0	Определяется по табл. 12
Расход воды, л/л^3	$V = Ц \cdot НГ + K_0 \cdot W / 100$, где W – водопоглощение по массе крупного заполнителя в течение 0,5 ч, %
Средняя плотность сухого бетона, кг/м^3	$\rho_6 = 1,15Ц + K_0$
Поризованный бетон	
Расход цемента, кг/м^3	Для трех опытных замесов принимают равным 200, 250, 300 кг/м^3
Расход воды, кг/м^3	V_0 определяет по табл. 10
Расход крупного заполнителя, кг/м^3	$K = 1000 \cdot \varphi \cdot \rho_{\text{цт}}^{3\text{к}}$, при $\varphi = 0,5 - 0,55$, где $\rho_{\text{цт}}^{3\text{к}}$ – средняя плотность зерен крупного заполнителя в цементном тесте, кг/м^3 ; φ – объемная концентрация крупного заполнителя

Расход песка, кг/м ³	$\Pi = \rho_6 - 1,15 \text{ Ц-К}$
Расход воздухововлекающих добавок, % от массы цемента	Принимаются по табл. 13
Объем вовлеченного воздуха V_v , л/м ³	$V_v = 0,1 \cdot \left[1000 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{п}}} + \frac{\text{К}}{\rho_{\text{цт}}^{\text{зк}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{цт}}^{\text{зк}}} + \text{В} \right) \right]$; $\rho_{\text{цт}}^{\text{зк}}$ – средняя плотность мелкого заполнителя в цементном тесте (для плотного песка принимается равной плотности песка $\rho_{\text{п}}$)
Бетон на пористом или смешанном песке (последовательность расчета сохраняется, кроме определения трех показателей).	
Расход пористого песка, кг/м ³	$\Pi_{\text{пор}} = \frac{A - \Sigma \Pi \cdot C_{\text{в}}^{\text{пп}}}{C_{\text{в}}^{\text{пф}} - C_{\text{в}}^{\text{пп}}}$, где $A = 1000(1 - \varphi) - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} \right) - (B_0 + B_1 + B_2)$
Суммарный расход песка, кг/м ³	$\Sigma \Pi = \rho_6 - 1,15 \text{ Ц-К}$; $C_{\text{в}}^{\text{пп}} = \frac{1 + 0,02(B_{\text{п}}^{\text{пп}} - 7)}{\rho_{\text{пп}}}$; $C_{\text{в}}^{\text{пор}} = \frac{1 + 0,02(B_{\text{п}}^{\text{пор}} - 7)}{\rho_{\text{зп}}}$;
Расход плотного песка, кг/м ³	$\Pi_{\text{пп}} = \Sigma \Pi - \Pi_{\text{пор}}$
Общий расход воды	$V = B_0 + B_1 + B_2 + B_3^{\text{пп}} + B_3^{\text{пор}}$; $B_3^{\text{пор}} = 0,02 \frac{\Pi_{\text{пор}}}{\rho_{\text{зп}}} (B_{\text{п}} + 7)$, где $B_3^{\text{пп}}$ и $B_3^{\text{пор}}$ – поправка на водопотребность соответствен-но плотного и пористого песка
Ожидаемая (расчетная) средняя плотность бетона, кг/м ³	$\rho_{\text{б,сух}} = 1,15 \text{ Ц} + V_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} + V_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{к}}$ или $\rho_{\text{б,с}} = 1,15 \text{ Ц} + \Sigma V_i \cdot \rho_i$, где V_i , $V_{\text{п}}$, ..., $V_{\text{к}}$ – объем каждой фракции заполнителей (по табл. 14) или песка и крупного заполнителя, м ³ ; ρ_i , $\rho_{\text{п}}$, ..., $\rho_{\text{к}}$ – насыпная плотность каждой фракции заполнителя, кг/м ³ , или песка и крупного заполнителя.

VI. Ячеистый бетон

1. Структура и свойства бетона

Ячеистый бетон является разновидностью легкого бетона, это особенный бетон с большим количеством (до 85% от общего объема бетона) мелких и средних воздушных ячеек размером 1-1,5 мм.

Пористость ячеистого бетона сравнительно легко регулировать в процессе изготовления и получать бетоны разной средней плотности и назначения:

- теплоизоляционные марок по плотности: D300, D350, D400, D500;
- конструкционно-теплоизоляционные (для ограждающих конструкций) — D600, D700, D800, D900.
- конструкционные (для железобетона) — D1000, D1100, D1200.

Прочность автоклавных и неавтоклавных ячеистых бетонов характеризуют классами по прочности на сжатие: В0,5; В0,75; В1; В1,5; В2; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15 (М7,5; М10; М15; М25; М35; М75; М100; М150; М200).

Прочность и средняя плотность являются главными показателями качества ячеистого бетона.

Установлены следующие марки ячеистого бетона по морозостойкости (в циклах попеременного замораживания и оттаивания): F15; F25; F50; F75; F100.

Высокая пористость определяет и низкую теплопроводность ячеистого бетона, так газожелезобетон средней плотностью 600 кг/м³ в сухом состоянии имеет $\lambda=0,13$ Вт/м·°С, а ке-рамзитопенобетон той же средней плотности в сухом состоянии имеет $\lambda=0,16$ Вт/м·°С.

Ячеистые бетоны успешно применяют для легких железобетонных конструкций и теплоизоляции. Из них изготавливают панели наружных стен и покрытий зданий, теплоизоляционные блоки, камни для стен и др.

Конструкции из ячеистых бетонов долговечны в зданиях с сухим и нормальными режимами помещений при относительной влажности воздуха 60-75%. Наружная поверхность ограждающих конструкций и арматура требуют защиты.

2. Подбор ячеистого бетона

Подбор состава ячеистобетонной смеси включает:

- установление опытом соотношения кремнеземистого компонента и вяжущего в смеси С (табл. 6);
- установление текучести растворной смеси и соответствующего ей водотвердого отношения В/Т;
- расход количества порообразователя на замес Р_п;
- расход сухих материалов и воды на замес.

Таблица 6

Исходные значения С

Вяжущие	Отношение кремнеземистого компонента к вяжущему по массе в ячеистобетонной смеси	
	для автоклавного бетона	для безавтоклавного бетона на золе
Цементные и цементно-известковые	0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0	0,75; 1; 1,25
Известковые	3; 3,5; 4; 4,5; 5,5; 6	- - -
Известково-белитовые	1; 1,25; 1,5; 2	- - -
Известково-шлаковые	0,6; 0,8; 1	0,6; 0,8; 1
Высокоосновное зольное	0,75; 1; 1,25	- - -
Шлакощелочное	0,1; 0,15; 0,20	- - -

Значения текучести растворной смеси для установления по ней В/Т приведены в табл. 7.

Для расчета количества порообразователя, необходимого для получения ячеистого бетона заданной средней плотности, определяют предварительную пористость бетона $\Pi_{\text{я}}$ по формуле:

$$\Pi_{\text{я}} = 1 - \frac{\rho_{\text{б.с.}}}{K_c} (W + B/T),$$

Таблица 7

Текучесть растворной смеси			
Заданная средняя плотность ячеистого бетона, кг/м ³	Диаметр расплыва смеси по Суттарду, см		
	на цементном, известково-цементном, шлакощелочном вяжущем	на известковом, известково-шлаковом, известково-белитовом вяжущем	на высокоосновном зольном вяжущем
при литьевом формировании			
300	38	30	--
400	34	25	25
500	30	23	23
600	26	21	21
700	22	19	20
800	18	17	18
при вибрационном формовании			
500	15	--	--
600	13	--	--
700	11	--	--
800	9	--	--

где $\rho_{\text{б.с.}}$ – средняя плотность ячеистого бетона в высушенном состоянии;

K_c – коэффициент, учитывающий связанную воду в материале;

W – абсолютный объем сухой смеси.

Для предварительных расчетов принимают $K_c=1,1$. Абсолютный объем сухой смеси для предварительных расчетов принимают по табл. 8 или определяют на основании опытного замеса и рассчитывают по формуле:

$$W = \left(1 + \frac{B/T}{\rho_p^{\Phi}} \right) - B/T,$$

где ρ_p^{Φ} – фактическая средняя плотность растворной смеси.

Таблица 8

Исходные значения W, л					
Кремне-земистый компонент	Плотность, кг/л	Вяжущие			
		портланд цемент при C=1	смешанное или нефелиновый цемент при C=1,15	известь при C=3	известково-шлаковое при C=1

Песок	2,56	0,34	0,36	0,38	0,32
Зола	2,56	0,38	0,4	0,4	0,36
Зола	2,0	0,44	0,48	0,48	0,48

Расход порообразователя (алюминиевой пудры или водного раствора пенообразователя) P_n на замес ячеистого бетона вычисляют по формуле:

$$P_n = \frac{P_{\text{я}}}{\alpha \cdot K} \cdot V,$$

где α – коэффициент использования порообразователя;

V – заданный объем ячеистобетонной смеси;

K – коэффициент выхода порообразователя.

За исходные K и α для расчетов принимают следующие: $K=1390$ л/кг, при использовании алюминиевой пудры при температуре растворной смеси 40°C и $K=20$ л/кг, в случае применения пенообразователя; $\alpha=0,85$.

Требуемая температура растворной смеси в момент загрузки форм приведена в табл. 9.

Исходные значения α и K_c уточняют на основании фактических данных по средней плотности растворной смеси $\rho_{\text{р}}^{\Phi}$ ячеистобетонной смеси $\rho_{\text{я.с.}}^{\Phi}$ и ячеистого бетона в сухом состоянии $\rho_{\text{б.с.}}^{\Phi}$.

Устанавливают фактическую пористость смеси Π_{Φ} по формуле:

$$\Pi_{\Phi} = 1 - \frac{\rho_{\text{я.с.}}^{\Phi}}{\rho_{\text{с}}^{\Phi}}$$

Таблица 9

Температура растворной смеси

Ячеистый бетон и вяжущие	Температура растворной смеси, $^{\circ}\text{C}$, в момент выгрузки из формы	
	при литьевом формовании	при вибрационном формовании
Газобетон:		
- на цементе	45	45
- на известково-цементном вяжущем	35	35
- на известково-шлаковом, или - высокоосновном зольном вяжущем	40	45
Газосиликат на извести-кипелке и известково-белитовом вяжущем	30	40
Пенобетон		
- на цементе	25	-
- на шлакощелочном вяжущем	15	-

и уточняют коэффициент использования порообразователя по формуле:

$$\alpha_{\Phi} = \Pi_{\Phi} / P_n K_c.$$

Также по формуле уточняют K_c :

$$K_c^\Phi = \frac{\rho_{\text{б.с.}}^\Phi}{\rho_{\text{я.с.}}^\Phi} (1 + B/T).$$

Расход материалов на замес определяется по формулам:

$$\begin{aligned} P_{\text{сух}} &= \frac{\rho_{\text{б.с.}}^\Phi}{K_c^\Phi} \cdot V; \\ P_{\text{вяж}} &= P_{\text{сух}} / (1 + C); \\ P_{\text{ц}} &= P_{\text{вяж}} n; \\ P_{\text{и}} &= P_{\text{вяж}} (1 - n); \\ P_{\text{и.ф.}} &= (P_{\text{и}} / A_{\text{ф}}) 100; \\ P_{\text{в}} &= P_{\text{сух}} B / T; \\ P_{\text{ж}} &= P_{\text{сух}} (P_{\text{ц}} + P_{\text{и.ф.}}), \end{aligned}$$

где $P_{\text{сух}}$ – расход материалов на замес;

V – заданный объем одновременно формируемых изделий, увеличенный с учетом образования «горбушки», на 7-10% для индивидуальных форм и на 3-5% для массивов; n – доля цемента в смешанном вяжущем;

$P_{\text{вяж}}$ – масса вяжущего;

$A_{\text{ф}}$ – фактическое содержание СаО в товарной извести (активность);

$P_{\text{и}}$ – масса товарной извести, содержащей 100% СаО;

$P_{\text{ж}}$ – масса кремнеземистого компонента;

$P_{\text{в}}$ – масса воды;

$P_{\text{и.ф.}}$ – масса товарной извести;

$\rho_{\text{б.с.}}^\Phi$ – средняя плотность ячеистого бетона в высушенном до постоянной массы состоянии.

Для проектных расчетов принимают следующие значения воды для затворения B/T : для ячеистого бетона при обычной технологии: на песке – 0,5; на золе – 0,6; для ячеистого бетона при вибротехнологии и технологии с использованием пластификаторов типа С-3: на песке – 0,3; на золе – 0,4.

Расход алюминиевой пудры на 1 м³ ячеистого бетона приведен ниже:

Средняя плотность ячеистого бетона, кг/м ³	Усредненный расход пудры, г
350	690
500	535
600	470
700	360
800	300

П р и м е ч а н и е: при работе с повышенными B/T расход на 10% меньше.

Высоту заполнения форм смесью h рассчитывают по формуле:

$$H = K_r \cdot h_0 \left(\frac{\rho_c}{\rho_p} \right),$$

где K_r – коэффициент, учитывающий высоту «горбушки»;

h_0 – высота формы;

ρ_c, ρ_p – средняя плотность соответственно газобетонной и растворной смесей.

При литьевом способе формирования K_r принимают равным 1,1, а при вибрационном и литьевом формировании массивов высотой 600 мм – 1,05.

Примеры решения задач

1. Определить коэффициент выхода β крупнопористого (беспесчанного) бетона составов 1:6 и 1:12 (по объему) при расходе цемента соответственно 200 и 100 кг на 1 м³ бетона. Насыпная плотность цемента 1,2 кг/л.

Решение.

$$\beta = \frac{V_6}{V_{ц} + V_{п}} = \frac{V_6}{V_{ц}(1+n)}.$$

1) При составе 1:6

$$\beta = \frac{1000}{\frac{200}{1,2}(1+6)} = 0,86.$$

2) При составе 1:12

$$\beta = \frac{1000}{\frac{200}{1,2}(1+12)} = 0,93.$$

2. Средняя плотность автоклавного пенобетона $\rho_6 = 700$ кг/м³ (в сухом состоянии). Соотношение цемента и молотого песка 1:1.

Химически связанной воды пенобетон содержит $V_{св} = 15\%$ от общей массы цемента и молотого песка. Вычислить пористость пенобетона, если истинная плотность цемента 3,1, а молотого песка 2,65 г/см³.

Решение.

1) Определяем расход цемента и песка на 1 м³ пенобетона из условия $\rho_6 = Ц + П + V_{св} = 700$, или $Ц + П + 0,15(Ц + П) = 700$. Поскольку по условию задачи $Ц = П$, получаем $2,3Ц = 2,3П = 700$, откуда $Ц = П = 304$ кг.

2) Чтобы определить пористость бетона, подсчитываем сначала абсолютный объем составляющих, л:

Цемент	$304 : 3,1 = 98$
Песка	$304 : 2,65 = 115$
Воды, химически связанной	$304 \cdot 2 \cdot 0,15 = 91$
Сумма абсолютных объемов	304

Пористость: $1 - 0,304 = 0,696 \approx 0,7$, или 70%.

3. На 1 м³ керамзитобетона надо цемента 210 и керамзитового заполнителя КЗ 760 кг, а воды 180 л. Плотность цемента 3,1, керамзита 2,5,

Воды, химически связанной с цементом, в бетоне 15% по отношению к количеству цемента. Определить среднюю плотность бетонной смеси, среднюю плотность затвердевшего керамзитобетона в сухом состоянии и при влажности 6%, пористость керазитобетона.

Решение.

1) Средняя плотность бетонной смеси:

$$\rho_b^c = 210 + 760 + 180 = 1150 \text{ кг/м}^3$$

2) Средняя плотность керамзитбетона:

$$\text{в сухом состоянии } \rho_b^c = 1,15Ц + КЗ = 1,15 \cdot 210 + 760 = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{при влажности 6\% } \rho_b^c = 1,06 \cdot \rho_b^c = 1,06 \cdot 1000 = 1060 \text{ кг/м}^3.$$

3) Для определения пористости подсчитываем абсолютные объемы составляющих, л:

Цемент	210:3,1=68
Керамзита	760:2,6=302
Воды, химически связанной	0,15·210=30
Сумма абсолютных объемов	400

$$\text{Пористость } 1 - 0,4 = 0,6 \text{ или } 60\%$$

VII. Искусственные каменные материалы и изделия на основе вяжущих веществ.

1. Силикатные изделия автоклавного твердения

При смешивании воздушной извести с кварцевым песком и водой получают строительный раствор, который при обычной температуре твердеет очень медленно. В результате обработки известково-песчаных изделий в автоклаве паром при повышенном давлении (0,8 Мпа и более) и температуре (выше 170°C) получают прочные, водостойкие и долговечные силикатные материалы.

1.1. Силикатные бетоны

Силикатные бетоны — это обширная группа бесцементных бетонов автоклавного твердения, получаемых на основе известково-песчаного, известково-золяного и других известково-кремнеземистых вяжущих и различных минеральных заполнителей.

Вяжущим в силикатном бетоне является тонкомолотая известково-кремнеземистая смесь - известково-кремнеземистое вяжущее. В качестве кремнеземистого компонента применяют молотый кварцевый песок, металлургические (доменные) шлаки, золы ТЭЦ.

Формулы для расчета прочности плотного силикатного бетона и расхода составляющих:

1) без учета остаточного содержания воздуха:

$$R_b = a \cdot R_{цл} - \nu I;$$

2) с учетом остаточного объема воздуха:

$$R_b = a \cdot R_{цл} \frac{100 - \nu}{100} - \nu I,$$

где R_b — прочность бетона автоклавного твердения, Мпа;

$R_{цл}$ — активность вяжущего автоклавного твердения, Мпа;

C/V – вяжущее/водное, кг/м³;
 C – расход вяжущего, кг/м³;
 V – расход воды, л/м³;

V_1 – содержание остаточного объема воздуха в бетонной смеси (условное содержание воды в смеси, равное объему воздуха, оставшегося после уплотнения), л/м³;

a, b – числовые коэффициенты;

$a=b=0,6$ при $\frac{C}{V} \leq 2,5$;

$a=0,4$; $b=0,3$ при $\frac{C}{V} \geq 2,5$.

Содержание остаточного объема воздуха V_1 в бетонной смеси подсчитывают по формуле:

$$V_1 = 1000 - \frac{C}{\rho_c} - \frac{P}{\rho_p} - \frac{V}{\rho_w}, \text{ л/м}^3,$$

где C, P, V – содержание известково-песчаного вяжущего материала, песка немолотого и воды в смеси, кг/м³;

ρ_c, ρ_p – плотность вяжущего и песка.

Для состава 1:4 при жесткости смеси 30-50 сек на мелкозернистом песке $V_1=55-85$ л/м³, на крупнозернистом $V_1=30-70$ л/м³.

Содержание вяжущего, песка и воды в смеси вычисляется по формулам:

$$C = \frac{m}{V};$$

$$P = Cn; \quad V = C(V/C).$$

Здесь ρ_c – средняя плотность смеси в уплотненном состоянии, кг/м³;

n – отношение немолотого песка к вяжущему по массе.

В зависимости от **назначения** различают бетоны теплоизоляционные со средней плотностью менее 500 кг/м³, конструктивно-теплоизоляционные средней плотностью от 500 до 1400 кг/м³ и конструкционные средней плотностью более 1400 кг/м³.

По прочности при сжатии автоклавные силикатные бетоны делят на классы: В1.5; В2.5; В3.5; В5; В7.5 и В10 — низкопрочные бетоны; В12.5; В15; В20; В22.5; В25; В30; В35 и В40 — бетоны средней прочности и В45; В50; В60; В70; В75 и более — высокопрочные бетоны.

Силикатный бетон можно использовать для армированных и преднапряженных конструкций, что ставит его в один ряд с цементным бетоном. Из плотных силикатных бетонов изготавливают все несущие конструкции для жилищного, промышленного и сельского строительства. При влажном и переменном режимах эксплуатации в конструкциях из плотного силикатного бетона арматуру необходимо защищать антикоррозийными обмазками.

1.2. Силикатный кирпич

Силикатный кирпич – это искусственный камень, изготавливаемый из смеси кварцевого песка и извести (6-8%, считая на активную СаО) путем прессования под высоким удельным давлением (15-20 МПа) и последующего твердения в автоклаве.

Силикатные изделия изготавливают в форме прямоугольного параллелепипеда размерами: 250x120x65 мм – кирпич одинарный, 250x120x88

мм - кирпич утолщенный, 250х120х138 мм -

По прочности изделия изготавливают следующих марок: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300; **по морозостойкости** - F15, F25, F35, F50. Водопоглощение изделий должно быть не менее 6%.

Масса утолщенного кирпича в высушенном состоянии должна быть не более 4,3 кг.

Силикатные изделия относят к группе негорючих строительных материалов.

Применяют силикатный кирпич наряду с глиняным для кладки наружных и внутренних стен и столбов в надземной части зданий с нормальным режимом эксплуатации.

2. Асбестоцементные материалы и изделия

Асбестоцементом называют искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания смеси цемента, асбеста и воды. Сырьевая смесь (в расчете на массу сухих составляющих) содержит в среднем 85% цемента и 15% асбеста.

В качестве **вяжущего** компонента при производстве асбестоцементных изделий используют специальный портландцемент, характеризующийся быстрым нарастанием прочности.

Номенклатура асбестоцементных изделий, вырабатываемых промышленностью, насчитывает свыше 40 наименований. Они могут быть разделены на следующие основные группы: профилированные листы для кровель и обшивки стен; плоские листы и плиты для облицовки стен; утепленные плиты кровельные и стеновые панели с теплоизоляционным слоем; трубы напорные и безнапорные, разнообразные специальные изделия (архитектурные, санитарно-технические, электроизоляционные и т.д.).

3. Гипсовые и гипсобетонные изделия

Изделия из гипса подразделяются на гипсовые и гипсобетонные.

Гипсовые изделия изготавливают из гипсового теста (иногда с небольшой добавкой органических или молотых минеральных заполнителей).

Гипсобетонные изделия получают из гипсового раствора или бетона обычно с легкими и пористыми заполнителями, с которыми гипсовый камень сцепляется лучше, чем с песками и гравием.

Для производства гипсовых и гипсобетонных изделий применяют гипс строительный, высокопрочный, а также смешанный гипсошлаковый цемент, который наряду с высокой прочностью не вызывает коррозию стальной арматуры.

При сравнительно малой средней плотности гипсовые изделия имеют достаточную прочность, низкую теплопроводность и высокую звукоизоляцию. Однако изделия на основе гипса имеют один существенный недостаток — низкую водостойкость, поэтому их следует применять только в помещении с относительной влажностью воздуха не более 60%. Гипсовые и гипсобетонные

изделия подразделяют:

по структуре - на сплошные и пустотелые;

по назначению - плиты и панели для перегородок;

изделия для перекрытий;

листы для обшивки стен (гипсовая сухая штукатурка);

теплоизоляционные изделия;

архитектурно-декоративные детали (карнизы, плафоны, фризy и др.)

4. Материалы и изделия на основе магнезиальных вяжущих

Магнезиальные вяжущие вещества представляют собой тонко измельченный каустический магнезит или каустический доломит, который получают умеренным обжигом соответственно природных магнезитов или доломитов.

В отличие от других воздушных вяжущих, магнезиальные вяжущие затворяются не водой, а водными растворами хлористого или сернокислого магния.

Магнезиальные вяжущие вещества отличаются высокой прочностью по сравнению с другими воздушными вяжущими; при этом они прочно сцепляются с древесноволокнистыми материалами, не разрушают их и защищают от гниения.

Путем смешивания магнезиального вяжущего с затворителем и древесноволокнистыми заполнителями изготавливают строительные материалы – **ксилолит** и **фибролит**.

В **ксилолите** заполнителем являются древесные опилки, а в **фибролите** - древесные стружки.

Средняя плотность ксилолита 1000-1200 кг/м³, предел прочности при сжатии 30-40 МПа, а при изгибе — до 5 МПа, коэффициент теплопроводности - 0,23-0,29 Вт/м°С. Обладая к тому же высоким сопротивлением истирающим воздействиям, ксилолит является одним из эффективных материалов для устройства **полов**.

Примеры решения задач

1. Определить состав смеси для производства силикатного кирпича, если известно: активность извести $A_{и}=78$ (содержание активных $CaO+MgO$); требуемая активность смеси 5,5% и $W=8\%$; средняя плотность смеси после пресеова(плотность сырца) $\rho_0=1900$ кг/м³.

Решение. Содержание активных $CaO+MgO$ в 1 м³ смеси:

$$I_a = \frac{A_{и} \cdot 100}{100} = 104,5 \text{ кг.}$$

Требуемое (общее) количество товарной извести активностью 78%:

$$I_o = \frac{I_a}{0,78} = 134 \text{ кг/м}^3$$

Содержание воды в 1 м³ смеси:

$$B = \frac{\rho_0 \cdot W}{100} = \frac{1900 \cdot 8}{100} = 152 \text{ л.}$$

Содержание сухой смеси в 1 м³ сырца:

$$(I_o + B) = \rho_0 \cdot B = 1900 \cdot 152 = 1748 \text{ кг.}$$

Количество песка на 1 м³ готовой смеси (кирпича):

$$\Pi = (I_0 + \Pi) - I_0 = 1748 - 134 = 1614 \text{ кг.}$$

Таким образом, состав смеси: извести товарной 134, г 1614 кг, воды 152 л.

2. Подсчитать расход материалов на 1 м³ известково-песчаного раствора состав 1:5 по объему при условии, что известковое тесто и готовый раствор пустот не имеют, а песок имеет пустот 38%; В/Ц=0,9.

Решение. Абсолютный объем известково-песчаного раствора 1:5 будет:

$$1 + 5(1 - 0,38) = 4,1$$

Коэффициент выхода раствора:

$$\beta = \frac{1}{4,1} = 0,68.$$

Расход известкового теста на 1 м³ раствора:

$$\frac{1}{4,1} - 0,24 \text{ м} = 1,2 \text{ м}^3.$$

$$\text{Расход воды: } В/Ц = 0,9; В = 0,24 \cdot 0,9 = 0,216 \text{ м}^3 \text{ или } В = 216 \text{ л.}$$

3. Сколько нужно песка и извести по массе для изготовления 1000 шт силикатных кирпичей. Средняя плотность силикатного кирпича 1750 кг/м³ при его влажности 6% (по массе). Содержание СаО в сухой смеси составляет 8,5% по массе. Активность извести 80%.

Решение. Масса 1000 шт. силикатных кирпичей составит:

$$m = (1000 \cdot 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065) 1750 = 3412,5 \text{ кг,}$$

где 0,25·0,12·0,065 — размеры кирпича, м.

При влажности 6% массу сухого кирпича можно определить из уравнения:

$$m_1 + 0,06m_1 = m,$$

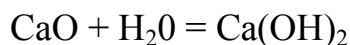
$$m_1 = \frac{m}{1,06} = \frac{3412,5}{1,06} = 3219 \text{ кг.}$$

$$\text{Содержание СаО: } 3219 \cdot 0,085 = 273 \text{ кг.}$$

Расход негашеной извести, содержащей 80% СаО:

$$273 : 0,8 = 234 \text{ кг.}$$

Расход воды на гашение извести:



$$\frac{56}{273} \quad \frac{18}{x}$$

$$x = 273 \cdot \frac{18}{56} = 87,6 \text{ кг.}$$

$$\text{Расход сухого песка: } 3219 - 234 - 87,6 = 2789 \text{ кг.}$$

$$\text{Расход влажного песка: } 2789 \cdot 1,04 = 2900 \text{ кг.}$$

4. Рассчитать расход материалов для изготовления 150 м² гипсокартонных плит для перегородок толщиной 10 см. Состав гипсошлака 1:2 по объему. Объем пустот в шлаке 40%. Водогипсовое отношение 0,5. Средняя плотность полуводного гипса 700 кг/м³.

Решение. Объем 150 м² гипсошлаковых плит составляет 150·0,1=15 м³. На 1 м³ гипса требуется 2(1-0,4)=1,2 м³ шлака, тогда получится 1+1,2=2,2 м³ гипсошлака. Следовательно, коэффициент выхода материала:

$$\beta = \frac{1}{2,2} = 0,73.$$

Расход материалов на 150 м² гипсошлака:

$$\text{гипса: } \frac{15}{0,73} = 6,85 \text{ м}^3; \text{ или } 6,85 \cdot 700 = 4795 \text{ кг;}$$

шлака: $2 \cdot 6,85 = 13,7 \text{ м}^3$;

воды: $0,5 \cdot 4795 = 2397,6 \text{ л}$.

5. Рассчитать требуемое количество составляющих для приготовления 1 т известково-кремнеземистого вяжущего активностью $A_{\text{вяж}} = 30\%$. Активность применяемой

$A_{\text{и}} = 82\%$, при помоле вводится 5% гипса от массы активной извести.

Решение. Количество активной извести в 1 т вяжущего активностью 30% составляет:

$$I_{\text{а}} = 1000 A_{\text{вяж}} = 1000 \cdot 0,3 = 300 \text{ кг.}$$

Требуемое количество товарной извести:

$$I_0 = \frac{300}{0,82} = 366 \text{ кг.}$$

Количество гипса:

$$Г = 0,05 I_{\text{а}} = 0,05 \cdot 300 = 15 \text{ кг.}$$

Количество молотого песка:

$$П_{\text{м}} = 1000 - I_0 - Г = 1000 - 366 - 15 = 619 \text{ кг.}$$

Таким образом, для получения 1 т вяжущего при помоле требуется извести товарной 366 кг (36,6%); песка 619 кг (61,9%); гипса 15 кг (1,5%).

6. Подобрать состав силикатного бетона класса В15 для пробного замеса на мелкозернистом песке; удельная поверхность молотого песка $S_{\text{м.п.}} = 2000 \text{ см}^2/\text{г}$; активность извести $A_{\text{и}} = 55\%$; расход вяжущего $Ц = 330 \text{ кг/м}^3$; песка немолотого $П_{\text{н}} = 1480 \text{ кг/м}^3$; воды $В = 270 \text{ л/м}^3$; извести активной $I_{\text{а}} = 110 \text{ кг/м}^3$.

Решение. Подсчитываем общий расход извести:

$$I_0 = \frac{330}{0,55} - 110 = 200 \text{ кг/м}^3$$

Содержание активной СаО в вяжущем составит:

$$A_{\text{вяж}} = \frac{330 - 200}{330} = 33,3\%.$$

Содержание молотого песка:

$$П_{\text{м}} = Ц - I_0 = 330 - 200 = 130 \text{ кг/м}^3.$$

Расход материалов на 1 м³ бетона, кг:

Известково-песчаный вяжущий материал $Ц = 330$ (в числе: $I_0 = 200$; $П_{\text{м}} = 130$); Песок немолотый $П_{\text{н}} = 1480$;

Вода $В = 270$;

Итого: 2080.

Состав бетона для пробного замеса при $В/Ц = 0,816$ $Ц:П = 1:4,48$.

VIII. Искусственные (обжиговые) материалы и изделия

1. Керамические материалы и изделия.

Керамическими называют строительные материалы и изделия, получаемые обжигом до камневидного состояния различных глиняных и им подобных масс.

1.1. Состав и свойства глин

Глинами называют группу распространенных в природе осадочных горных пород, сложенных различными глинистыми минералами — водными

алюмосиликатами — со слоистой кристаллической структурой.

К основным свойствам глин относят **пластичность, воздушную усадку и огневую усадку, огнеупорность и цвет черепка** после обжига. **Пластичностью** глин называют способность глиняного теста под действием внешних сил принимать заданную форму без образования трещин и устойчиво сохранять ее.

Воздушная усадка тем больше, чем выше пластичность

Огневой усадкой (линейной или объемной) называется уменьшение линейных размеров и объема высушенных глиняных образцов в процессе обжига.

Процесс уплотнения глиняных масс при обжиге принято называть **спеканием**.

Огнеупорность глин зависит от их состава, и у чистого каолинита она равна 1870°C. По огнеупорности глины подразделяют на **огнеупорные** с огнеупорностью более 1580°C, **тугоплавкие** с огнеупорностью 1350-1580°C и **легкоплавкие** с огнеупорностью менее 1350°C.

Для получения керамических строительных материалов используют преимущественно легкоплавкие (кирпичные) глины, содержащие значительное количество кварцевого песка, соединений железа и других плавней, а также вводят отошающие добавки и плавни, снижающие огнеупорность.

Процесс производства керамических изделий включает добычу глины, подготовку глиняных масс к формованию, формование изделий, сушку, обжиг. Для некоторых керамических изделий процесс их получения (после обжига) заканчивается

1.2. Виды керамических материалов и изделий

Все керамические материалы и изделия в зависимости от **пористости** делятся на две большие группы: пористые с водопоглощением более 5% и плотные с водопоглощением менее 5%.

По **назначением** керамические материалы и изделия подразделяются на стеновые материалы, кирпич и камни специального назначения, пустотные изделия для перекрытий, материалы для облицовки фасадов зданий, изделия для внутренней облицовки, кровельные материалы, грубы (канализационные и дренажные), огнеупорные материалы, санитарно-технические изделия.

К **стеновым** материалам относятся кирпич и камни керамические, которые изготавливают в форме параллелепипеда и в зависимости от размеров подразделяют на виды: **кирпич одинарный** (250x120x65мм), **кирпич утолщенный** (250x120x88мм), **камень** (250x120x138мм).

Одинарный и утолщенный кирпич изготавливают **полнотелым** (без пустот) и **пустотелым**, а камень - **только пустотелым**.

По **прочности** все виды изделий с вертикально расположенными пустотами изготавливают марок: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, а с горизонтально расположенными пустотами - 25, 35, 50, 100.

По **морозостойкости** изделия подразделяют на марки: F15, F25, F35, F50.

Водопоглощение не должно быть для полнотелого кирпича менее 8%, а для пустотелых изделий — не менее 6%.

Масса кирпича в высушенном состоянии не должна быть более 4,3 кг, камней — не более 16 кг.

Изделия, предназначенные для кладки наружных стен зданий и сооружений, должны подвергаться испытанию на теплопроводность.

По пределу прочности при сжатии и изгибе кирпич и камни лицевые изготавливают тех же марок, что и кирпич и камни керамические, по морозостойкости они должны иметь марку не мене F25. В последнее годы в России разработана технология лицевого керамического кирпича **объемного окрашивания**.

Лицевой кирпич объемного окрашивания можно использовать для отделки стен вестибюлей, лестничных клеток, переходов, отдельных архитектурных элементов зданий.

Для облицовки фасадов также изготавливаются плитки керамические фасадные, ковровая керамика.

К **кровельным** относится глиняная черепица — один из старейших кровельных материалов. Основные ее преимущества — долговечность и огнестойкость.

Керамические канализационные и дренажные **трубы** изготавливают из тугоплавких и огнеупорных глин.

Высокая **химическая стойкость** керамических труб позволяет эффективно применять их для отвода промышленных вод, содержащих щелочи и кислоты, а также при укладке канализационных труб в агрессивных средах.

Санитарно-техническими керамическими изделиями оборудуют сантехузлы жилых и производственных помещений (ванны, раковины и т.д.) и изготавливают их из **фаянса, полуфарфора и фарфора**.

2. Строительные материалы и изделия из неметаллических расплавов

2.1. Строительное стекло и стеклянные изделия

Стекло — изотропный и хрупкий материал аморфного строения, получаемый из переохлажденных жидких неметаллических расплавов. Строительное стекло относится к группе силикатных стекол, в составе которых содержится до 80% кремнезема. Химический состав строительного стекла следующий (%): SiO_2 — 70-72, CaO — 8, MgO — 3-4, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ — 1-2, Na_2O — 14-15, K_2O — 1-2.

С целью придания специальных свойств в состав строительных стекол вводят и другие, более дорогие оксиды (окись бора — повышает термостойкость, окись алюминия — увеличивает прочность и химическую стойкость, окись свинца и окись бария — предают блеск и повышают коэффициент преломления).

Листовое стекло изготавливают полированное и неполированное; **обычное** (отожженное) и **закаленное** (сталинит), **бесцветное** и **цветное**:

плоское, волнистое и гнутое; **армированное** (с целью повышения прочности его армируют металлической сеткой); **узорчатое** (на одну или обе поверхности которого в процессе прокатки наносят рельефный рисунок); **теплозащитное и увиолевое** (с целью теплозащиты их окрашивают окислами железа, кобальта, никеля, а увиолевое — пропускает ультрафиолетовые лучи); **профильное** строительное стекло в виде элементов швеллерного и коробчатого сечения.

В строительстве широко используются также **стеклянные** изделия: пустотелые стеклянные блоки для заполнения проемов, устройства светопрозрачных ограждений и перегородок; **стеклопакеты** для заполнения оконных проемов жилых и общественных зданий; многослойные стеновые **панели**; облицовочные **плитки** (эмалированные и коврово-мозаичные); **подоконные доски**, изготовленные из прокатного стекла; **трубы** для надземных трубопроводов из термостойкого стекла.

Другой вид стеклянных материалов — **ситаллы** — это стекла с мелкокристаллической структурой, полученные путем введения в расплав кристаллических затравок (TiO_2 , ZrO_2 и др.) с последующей термической обработкой (отжигом). Получают также и подобный ситаллам мелкокристаллический материал из огненно жидких шлаков, называемый шлакоси-

По сравнению с обычными стеклами ситаллы обладают значительно большей прочностью и термической стойкостью.

2.2. Строительные материалы из каменного и шлакового литья.

Из **каменного литья** (плавленных горных пород) изготавливают облицовочные изделия, кислотоупорные футеровочные плитки, плитки для полов, трубы и т.д.

В качестве исходных материалов используют легкоплавкие породы — базальт, диабаз и др. Наибольшей механической прочностью, твердостью, кислото- и атмосферостойкостью обладают изделия из каменного литья с однородной, плотной, мелкокристаллической структурой.

В строительстве применяют также **литые изделия из расплавленных шлаков**. Стоимость литых изделий из расплавленных шлаков ниже стоимости литых изделий из плавленных горных пород. Это обусловлено тем, что для их получения используют жидкие шлаки, полученные из металлургической печи, в связи с чем отпадает необходимость расплавления шихты. Для получения литых изделий используют доменные шлаки и шлаки цветной металлургии.

Из расплавленных шлаков получают различные строительные материалы и изделия: **плитки** для полов и облицовочные, **трубы**, дорожную **брусчатку**, плотный и пористый **щебень** для бетона и др. Литые изделия из расплавленных шлаков, также как и из расплавленных горных пород, обладают высокой прочностью, твердостью и атмосферостойкостью.

Примеры решения задач

1. Какое количество обыкновенного красного кирпича можно приготовить из 5 т глины? Влажность глины 10%, потери при прокаливании 8%

от веса сухой глины. Кирпич должен иметь среднюю плотность 1750 кг/м^3 .

Решение. Масса глины после обжига: $5000:1,1:1,08=4209 \text{ кг}$.

Объем 1000 шт. кирпича: $1000 \times 0,25 \times 0,12 \times 0,065 = 1,95 \text{ м}^3$.

1000 шт. кирпича средней плотностью $1750 \times 1,95 = 3412 \text{ кг}$.

Из 4209 кг обожженной глины можно получить кирпичей со средней плотностью 1750 кг/м^3 : $4209/3412 \times 100 = 1230 \text{ шт}$.

2. Определить, какое количество глины по массе и объему необходимо для получения 10 000 штук кирпича средней плотностью 1800 кг/м^3 и 1000 штук пустотелых керамических стеновых камней средней плотностью 1350 кг/м^3 . Средняя плотность глины 1700 кг/м^3 , влажность ее 15%, а потери при прокаливании составляют 10% от массы сухой глины. Процент брака — 2%.

Решение. С учетом брака 2% нужно приготовить:

кирпичей — $10000 \times 1,02 = 10200 \text{ шт.}$,

пустотелых камней: $1000 \times 1,02 = 1020 \text{ шт.}$;

10200 кирпичей будут иметь объем $10200 \times 0,25 \times 0,12 \times 0,065 = 19,89 \text{ м}^3$

и массу $19,89 \times 1800 = 35802 \text{ кг}$;

1020 пустотелых камней будут иметь объем вместе с пустотами: $1020 \times 0,25 \times 0,12 \times 0,138 = 4,223 \text{ м}^3$

и массу $4,223 \times 1350 = 5701 \text{ кг}$.

Масса кирпичей и камней: $35802 + 5701 = 41503 \text{ кг}$.

Масса глины: $41503 \times 1,15 \times 1,1 = 53501 \text{ кг}$.

Объем глины: $53501:1700 = 31,5 \text{ м}^3$.

IX. Древесные строительные материалы и изделия

Древесными называют материалы и изделия, состоящие полностью или в основном из древесины.

Преимущества натуральной древесины — сравнительно высокая прочность при небольшой средней плотности, малая тепло- и звукопроводимость, легкая обрабатываемость и способность соединяться при помощи врубок, шпонок, гвоздей, болтов и клеев.

Однако древесина обладает и рядом недостатков, таких как деформационность при изменении влажности, сгораемость, подверженность при определенных условиях гниению, анизотропность как следствие неоднородности строения и др.

1. Строение древесины

Древесина состоит из сросшихся между собой клеток, форма и размеры которых видны только под микроскопом, и характеризуют **микроструктуру** древесины.

Под **макроструктурой** древесины понимают строение древесины, видимое невооруженным глазом или через лупу.

2. Химический состав древесины

Оболочки или стенки клеток состоят преимущественно из **целлюлозы** — высокомолекулярного углевода состава $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)$ со сложным строением

макромолекул. Кроме целлюлозы в состав клеток входят и другие высокомолекулярные **углеводы**, а также минеральные **соли**, содержащие кальций и некоторые другие элементы.

3. Физические свойства древесины

Влажность древесины.

Свойства древесины в значительной степени зависят от влажности.

Влага может располагаться как в полостях клеток — **капиллярная** влага, так и в стенках клеток — **гигроскопическая** влага; а входящая в химический состав веществ, образующих древесину — **химически связанная**.

При сушке влажной древесины вначале удаляется капиллярная влага, при этом объем и механические свойства древесины не изменяются. После того, как удалится вся капиллярная влага, начинает испаряться гигроскопическая, причем вследствие сближения частиц объем древесины уменьшается, а прочность увеличивается.

Влажность древесины, соответствующая предельному содержанию в ней гигроскопической влаги при одновременном отсутствии капиллярной, называется пределом гигроскопичности, или **точкой насыщения волокон**, в среднем принимается равной 30%.

В зависимости от влажности различают: мокрую древесину, влажную древесину, воздушно-сухую древесину, комнатно-сухую древесину и абсолютно сухую древесину.

Условно за **стандартную влажность**, на которую пересчитывают все показатели физико-механических свойств древесины, принята влажность равная 12%.

Гигроскопичность древесины.

Древесина, как капиллярно-пористый материал, обладает гигроскопичностью, т.е. способностью отдавать влагу или поглощать водяные пары из воздуха.

Гигроскопичность древесины обуславливает изменяемость размеров деревянных конструкций в процессе эксплуатации. С целью обеспечения стабильности размеров деревянных конструкций на их поверхность наносят водо- и воздухонепроницаемые покрытия: краски, лаки и т.п.

Усушка и разбухание древесины.

При сушке объем древесины уменьшается.

Различают линейную и объемную усушку древесины, вычисляемую по формуле:

$$Y = \frac{a_2 - a_1}{a_1} \cdot 100,$$

где Y – усушка, %

a_2 – линейные размеры или объем влажного образца древесины, соответственно см или см³;

a_1 – линейные размеры или объем образца, высушенного до абсолютно сухого состояния, соответственно см или см³.

Показатели усыхания древесины при удалении из нее гигроскопической влаги является также коэффициент объемной усушки K_0 , вычисляемый по формуле:

$$K_0 = \frac{Y_0}{W},$$

где Y_0 – объемная сушка, %

W – влажность древесины, %

При увлажнении до точки насыщения волокон объем и линейные размеры древесины увеличиваются, т.е. наблюдается разбухание, при дальнейшем увлажнении разбухание прекращается.

Различные усушка и разбухание древесины в радиальном и тангенциальном направлениях и вдоль волокон при неравномерном высыхании или разбухании приводят к возникновению внутренних напряжений, что может вызвать коробление и появление трещин.

Плотность древесины

Плотность вещества древесины ρ всех пород равна примерно $1,54 \text{ г/см}^3$. Средняя плотность древесины в абсолютно сухом состоянии ρ_0 определяется массой древесного вещества объема, и для различных пород колеблется в сравнительно широких пределах — от $0,38$ до $1,1 \text{ г/см}^3$. Средняя плотность древесины одной и той же породы зависит от влажности, поэтому принято характеризовать древесину по средней плотности при стандартной влажности 12%. Обычно средняя плотность древесины приводится к нормальной 12% влажности по формуле:

$$\rho_0^{12} = \rho_0^w [1 + 0,01 (1 - k_0)(12 - w)],$$

где ρ_0^{12} — средняя плотность образца при влажности 12%;

ρ_0^w — средняя плотность образца при той влажности, которую он имел в момент определения;

k_0 — коэффициент объемной усушки;

w — влажность древесины.

Средняя плотность определяет ряд важнейших строительно-технических свойств древесины, в частности предел прочности при сжатии и статическом изгибе, теплопроводность и др.

Теплопроводность и теплоемкость древесины

Древесина, как высокопористый материал, характеризуется относительно низкой теплопроводностью. Теплопроводность абсолютно сухой древесины возрастает с повышением средней плотности вследствие уменьшения пористости; также теплопроводность древесины повышается с увеличением влажности. Теплопроводность вдоль волокон примерно в 2 раза больше, чем поперек волокон; так, у сосны вдоль волокон $\lambda = 0,35 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, а поперек волокон $\lambda = 0,07 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$.

Теплоемкость абсолютно сухой древесины всех пород примерно равна $1,38 \text{ кДж/(м}^\circ\text{С)}$ и возрастает с увеличением влажности.

Коррозионная стойкость древесины

Древесина характеризуется высокой стойкостью к воздействию многих

агрессивных сред, например растворов солей, щелочей, большинства органических кислот и слабых растворов минеральных кислот. Коррозионная стойкость древесины тем выше, чем плотнее ее строение, т.е. чем больше ее средняя плотность. Древесина хвойных пород характеризуется большей коррозионной стойкостью, чем древесина лиственных пород.

Концентрированные растворы минеральных кислот, а также азотная кислота любых концентраций разрушают древесину.

4. Механические свойства древесины

Механические свойства древесины существенно зависят от влажности, причем влияние оказывает только гигроскопическая влага. Из рисунка видно, что наиболее резкое снижение прочности наблюдается при увеличении влажности от 0 до 20-25%; в дальнейшем снижение прочности замедляется, а после достижения предела гигроскопичности (точки насыщения волокон) влажность практически не влияет на прочность древесины.

Прочность древесины как анизотропного материала волокнистого строения имеет большое различие вдоль и поперек волокон, зависит от того, под каким углом к волокнам направлено разрушающее усилие, а также от породы дерева, средней плотности (косвенно характеризующей пористость древесины), наличия пороков.

Прочность при сжатии вдоль волокон определяют на образцах в форме прямоугольной призмы с основанием 20х20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм и рассчитывают предел прочности при сжатии R_w образца с влажностью в момент испытания W по формуле:

$$R_w = \frac{P_{\text{раз}}}{ab},$$

где $P_{\text{раз}}$ – максимальная разрушающая нагрузка, Н;

а и b – размеры поперечного сечения образца, м.



Прочность при сжатии поперек волокон определяется на образцах тех же размеров. Условный предел прочности древесины при сжатии поперек волокон составляет примерно 0,1-0,3 от предела прочности вдоль волокон.

Прочность древесины при растяжении вдоль волокон в 2-3 раза выше прочности при сжатии в этом направлении и значительно превышает (в 20-30

раз) прочность при растяжении поперек волокон, что объясняется слабой связью между волокнами в поперечном направлении.

Прочность *древесины при скалывании и перерезании* имеет важное значение для соединения деревянных элементов (для врубок, шпонок, нагелей и т.п.). Предел прочности при скалывании вдоль волокон составляет 12-25% от предела прочности при сжатии в этом же направлении.

Прочность при статическом изгибе у древесины определяют на образцах-балочках поперечным сечением 20х20 мм и длиной 300 мм при действии двух сосредоточенных симметрично расположенных сил. Предел прочности при статическом изгибе R^w в МПа при влажности образца в момент испытания W вычисляют по формуле:

$$R^w = \frac{P_{\text{макс}} l}{bh^2},$$

где $P_{\text{макс}}$ - максимальная (разрушающая) нагрузка, Н;

l - расстояние между центрами опор, м;

b и h - ширина и высота сечения образца, м.

В связи с тем, что механические свойства древесины зависят от влажности, для сравнения результатов испытаний прочность древесины при фактической влажности приводят к прочности при стандартной 12% влажности.

Если фактическая влажность древесины не достигла предела гигроскопичности, то пересчет ведут по формуле

$$R_{12} = R_w [1 + \alpha(W - 12)],$$

где R_{12} , R_w - предел прочности (при сжатии, изгибе или скалывании) образцов, соответственно при 12% и фактической влажности в момент испытаний;

W – влажность образца в момент испытаний, %

α - поправочный коэффициент на влажность, показывающий, на сколько изменяется прочность при изменении влажности на 1%.

Значения α при сжатии и изгибе составляют 0,04, при скалывании - 0,03.

Предел прочности древесины с влажностью в момент испытания, равной или большей предела гигроскопичности ($W \geq 30\%$), пересчитывают к 12%-ной влажности по формуле:

$$R_{12} = R_w K_{30},$$

где K_{30} - пересчетный коэффициент при влажности 30%, имеющий различные значения для разных пород и вида испытаний (указан в соответствующих ГОСТах на методы испытаний древесины).

Основные физико-механические свойства древесины хвойных и лиственных пород, применяемых в строительстве, приведены в табл. 10 (средние значения при влажности 12%).

5. Пороки древесины и методы защиты древесины

Пороками называют недостатки отдельных участков древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность использования.

Сучки — распространенный и неизбежный порок древесины, так как они

являются частью (основанием) ветвей, заключенных в древесине.

Трещины могут появиться как на растущем дереве, так и при высыхании срубленного дерева. Они снижают прочность, задерживают влагу в древесине, что создает условия для развития в ней грибков, вызывающих гниение.

Пороки формы ствола: сбежистость, закомелистость и кривизна ствола — легко устанавливаются на растущем дереве и

Таблица 10

Порода дерева	Сред- няя плотно- сть	Коэффи- циент объемной усушки	Предел прочности, МПа, вдоль волокон при			
			сжа- тии	растяже- нии	скалыва- нии радиальн ом	статичес- ком изгибе
хвойные породы						
Лиственница	660	0,52	64,5	125	9,9	111,5
Сосна обыкновенная	500	0,44	48,5	103,5	7,5	86
Ель	445	0,43	44,5	103	6,9	79,5
Пихта сибирская	375	0,39	39	67	6,4	68,5
лиственные породы						
Дуб	690	0,43	57,5	123	10,2	107,5
Береза	630	0,54	55	168	9,3	109,5
Бук	670	0,47	55,5	123	11,6	108,5
Липа	495	0,49	45,5	121	8,6	88
Ольха	520	0,43	44	101	8,1	80,5
Осина	495	0,41	42,5	125,5	6,3	78

поэтому стволы деревьев, имеющие такие дефекты, могут быть заранее отбракованы или переведены в низший сорт.

Пороки строения древесины представляют собой отклонения от нормального строения древесного ствола — наклон волокон, крен, свилеватость, двойная сердцевина и др.

Химические окраски возникают в срубленной древесине в результате химических и биохимических процессов, связанных в большинстве случаев с окислением дубильных веществ.

На физико-механические свойства древесины такие окраски почти не влияют, однако портят ее внешний вид.

Грибные поражения вызываются простейшими растительными организмами. Сортность древесины с гнилью в зависимости от размеров поражения снижается вплоть до ее полной технической непригодности.

Повреждения насекомыми (червоточина) представляют собой ходы и отверстия, сделанные в древесине насекомыми. Кроме поверхностей все виды червотчины нарушают целостность древесины и снижают ее механические свойства, а также стойкость против загнивания; такую древесину не применяют для изготовления несущих конструкций.

Одной из основных мер, предупреждающих понижения качества древесины, является **сушка древесины**.

Для предупреждения гниения древесины и разрушения насекомыми ее пропитывают антисептиками, а также принимают ряд конструктивных мер, цель которых - предохранить ее от увлажнения.

Для защиты древесины от возгорания принимают специальные меры, которые сводятся: к покрытиям деревянных элементов штукатуркой или облицовкой малотеплопроводными и негорючими материалами, окрашиванию деревянных конструкций огнезащитными красками или пропитке древесины специальными веществами - антипиренами.

6. Основные древесные породы, применяемые в строительстве.

Материалы и изделия из древесины

Хвойные породы. Широкое применение в строительстве хвойных пород объясняется их большой территориальной распространенностью, высотой и прямой стволов, повышенным по сравнению с некоторыми лиственными породами качеством древесины, в частности стойкостью против загнивания.

Лиственные породы в нашей стране распространены меньше, чем хвойные. Стволы их менее правильной формы и более сбежистые. В строительстве более широкое применение получили дуб, ясень, береза, осина, ольха, бук, липа, тополь.

Для строительных целей используют в основном лесоматериалы, а также композиционные древесные материалы и модифицированную древесину.

Круглые лесоматериалы - бревна, кряжи и чураки. В строительстве используют главным образом бревна, как в круглом виде, так и в качестве сырья для выработки пиломатериалов.

Пиломатериалы. По геометрической форме и размерам поперечного сечения пиломатериалы делят на пластины, четвертины, брусья, доски, горбыль.

Заготовки. Доски и бруски, прирезанные применительно к заданным размерам и качеству древесины изготавливаемых из них деталей готовых изделий и с припусками на механическую обработку и усушку, называют заготовками.

Строительные детали и изделия из древесины.

Детали деревянные фрезерованные (погонажные детали) для строительства представляют собой элементы небольшого поперечного сечения, обработанные путем фрезерования на станках:

- доски и бруски для покрытия полов;
- плинтусы служат для оформления углов между полом и стенами;
- столярные плиты для изготовления дверей, перегородок, полок и

т.д.;

— паркетные изделия делятся на штучные паркет, паркетные доски, паркетные щиты и мозаичный (наборный) паркет.

Фанера. Для получения фанеры древесину разделяют на тонкие листы - шпон, а затем склеивают листы шпона, располагая их так, чтобы направление волокон в смежных листах было взаимно перпендикулярным.

Столярно-строительные изделия. Из этой группы изделий наиболее часто применяют оконные и дверные блоки и столярные перегородки и панели для жилых и гражданских зданий.

Элементы и детали сборных конструкций из древесины изготавливают на специализированных деревообрабатывающих заводах и доставляют на строительство в готовом виде.

К ним относятся: комплексы для сборных деревянных домов (брусковых, каркасно-обшивных, каркасно-щитовых), детали и элементы конструкций для зданий из других материалов (балки для междуэтажных и чердачных перекрытий, щиты для наката и перегородок, столярные изделия и т.п.), конструкции для зданий и сооружений другого назначения (арки и части металлодеревянных ферм, сваи, шпунт, мостовые брусья, шпалы и т.д.).

Примеры решения задач

1. Образец дуба с поперечными размерами 2х2 см, высотой 3 см и влажностью 9% разрушился при испытании его на сжатие вдоль волокон при максимальной нагрузке $P=32600$ Н. определить предел прочности при влажности 12%.

Решение. Определяем прочность образца при влажности 9%.

$$R = \frac{P}{F} = \frac{32600}{0,02 \cdot 0,02} = 81500000 \text{ Па} = 81,5 \text{ МПа}.$$

Прочность при 12%-ной влажности определяется по формуле:

$$R^{12} = R[1 + \alpha(W-12)] = 81,5[1 + 0,04(-3)] = 71,6 \text{ МПа}.$$

2. Образец древесины размером 2х2х3 см разрушился при нагрузке 12800 Н. влажность древесины 18%, средняя плотность 680 кг/м³. Определить коэффициент конструктивного качества при влажности 12%. Коэффициент усушки 0,5.

Решение. Коэффициент конструктивного качества определяется по формуле:

$$K_{\text{кк}} = \frac{R}{\rho_0}.$$

Определяем прочность при заданной влажности:

$$R^{18} = \frac{12800}{0,02 \cdot 0,02} = 32 \text{ МПа},$$

тогда: $R^{12} = 32[1 + 0,04(18 - 12)] = 39,8 \text{ МПа}.$

Средняя плотность древесины при $W=12\%$ определяется по формуле:

$$\rho_0^{12} = \rho_0^{18}[1 + 0,01(1-k)(12-18)] = 680[1 + 0,01(-6)0,5] = 475 \text{ кг/м}^3.$$

$$K_{\text{кк}} = 39,8 / 475 = 0,835.$$

3. Образец древесины — дуб размерами 2х2х3 см имел массу 8,6 г, предел прочности при сжатии вдоль волокон 36,0 МПа. Определить, при какой влажности образца производилось испытание, среднюю плотность и предел прочности при стандартной влажности, если высушенный образец весил 8,0 г. Коэффициент усушки 0,5.

Решение. Влажность образца древесины во время испытания:

$$W = \frac{8,6 - 8,0}{8,0} \cdot 100 = 7,5\%$$

Средняя плотность древесины при влажности 7,5%.

$$\rho_o^{1,5} = \frac{8,6}{2 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{8,6}{12} = 0,718 \text{ г/см}^3.$$

Средняя плотность древесины при влажности 12%:

$$\rho_o^{12} = 0,718[1 + 0,01(1 - 0,5)(12 - 7,5)] = 0,735 \text{ г/см}^3.$$

Предел прочности при влажности 12%:

$$R^{12} = 36[1 + 0,04(7,5 - 12)] = 29,5 \text{ МПа}.$$

4. Определить прочность сосны и дуба, если содержание ранней древесины 30%.

Решение. Прочность подсчитывается по формулам:

$$R = 6,0m + 300 \text{ — для сосны;}$$

$$R = 3,2m + 295 \text{ — для дуба,}$$

где m — % поздней древесины, $m = 100 - 30 = 70\%$.

Тогда предел прочности будет:

$$\text{для сосны: } R = 6 \times 70 + 300 = 720 \text{ кгс/см}^2 = 72 \text{ МПа,}$$

$$\text{для дуба: } R = 3,2 \times 70 + 295 = 519 \text{ кгс/см}^2 = 51,9 \text{ МПа}.$$

X. Металлические материалы и сплавы.

1. Общие сведения. Классификация металлов и сплавов

Металлами называют вещества, обладающие своеобразным металлическим блеском, пластичностью, высокой прочностью, электропроводностью и теплопроводностью, ковкостью и свариваемостью, что обусловлено особой природой металлической связи. Это дает возможность обрабатывать их под давлением (прокатка, ковка, штамповка, волочение). Они имеют хорошие литейные свойства, свариваемость; способны работать при низких и высоких температурах и т.д. Металлические изделия и конструкции легко соединяются с помощью болтов, заклепок и сварки. Наряду с этим металлы обладают и существенными недостатками: имеют большую плотность, при действии различных газов и влаги корродируют, а при высоких температурах значительно деформируются.

Металлы получают из руд, залегающих в земной коре. В чистом виде добывают только платину и золото. Из руды удаляют пустую породу (примеси).

Металлы подразделяются на черные и цветные.

К **черным металлам** относятся железо и сплавы на его основе — стали и чугуны, остальные металлы являются **цветными**. В строительстве в основном применяют черные металлы — чугуны и стали для каркасов зданий, мостов, труб, кровли, арматуры в бетоне и для других металлических конструкций и

изделий.

К цветным металлам относятся все металлы и сплавы на основе алюминия, меди, цинка, титана. Цветные металлы являются более дорогостоящими и дефицитными.

Чугун получают в ходе доменного процесса, основанного на восстановлении железа из его природных оксидов коксом при высокой температуре. Процесс восстановления железа оксидом углерода в верхней части доменной печи можно представить по обобщенной схеме: $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{FeO} > \text{O}$. Опускаясь в нижнюю часть печи, расплавленное железо соприкасается с коксом и превращается в чугун.

Чугуны в зависимости от состава и структуры подразделяются на серые (углерод в виде цементита и свободного графита) и белые (углерод в виде цементита). В зависимости от формы графита и условий его образования различают: серый, высокопрочный с шаровидным графитом и ковким чугуны.

Сталь получают из чугуна удалением из него части углерода и примесей тремя основными способами: конвертерным, мартеновским и электроплавильным.

Мартеновский способ осуществляется в печах при плавлении шихты, состоящей из чугуна в чушках и металлического лома (скрапа), и раскислении-восстановлении железа добавками.

Конвертерный способ производства стали заключается в продувке воздуха или кислорода через чугун, налитый в конвертор. Способ отличается высокой производительностью, а применение кислородного дутья дает возможность получать качественную сталь.

Наиболее совершенный из применяемых способов *электроплавильный*. Исходным материалом является стальной лом. Можно получать высококачественные и специальные виды стали с заданными свойствами.

В целях получения необходимых свойств в строительстве применяют не чистые металлы, а сплавы. **Сплавы** – это системы, состоящие из нескольких металлов или металлов и неметаллов. Так, например, твердость железа в условных единицах составляет 50-80, при введении в железо углерода с получением железоуглеродистого сплава, именуемого чугуном, твердость повышается до 410, а при сплаве железа с углеродом и хромом в инструментальной стали твердость составляет 450-700.

Основную часть вырабатываемых в металлов составляет сталь – сплав железа с углеродом.

Стали можно подразделить на две группы - углеродистые и легированные.

Углеродистые стали – основной конструкционный материал, который используется в различных областях промышленности. Они дешевле легированных и проще в производстве. В углеродистой стали свойства зависят от количества углерода, поэтому эти стали классифицируются на низкоуглеродистые, средне- и высокоуглеродистые.

Легированные стали содержат специально вводимые элементы для

получения заданных свойств. По степени легированности стали подразделяются на низколегированные, средне- и высоколегированные.

Классификация сталей *по качеству* основывается на содержании вредных примесей серы и фосфора. Различают углеродистую сталь обыкновенного качества, сталь качественную конструкционную и сталь высококачественную.

По назначению стали подразделяются на три группы: конструкционные, инструментальные и с особыми свойствами. Конструкционные углеродистые стали содержат углерод в количестве 0,02-0,7% к ним относятся и строительные стали, содержащие до 0,3% углерода. Низкое содержание углерода обусловлено тем, что строительные конструкции соединяются сваркой, а углерод ухудшает свариваемость. Стали, содержащие углерод в пределах 0,7-1,5% используют для изготовления режущего и ударного инструмента. К группе сталей и сплавов с особыми свойствами относятся коррозионностойкие, нержавеющие и кислотостойкие, жаропрочные и жаростойкие стали и т.д.

Стали можно классифицировать также по *химическому составу, способу выплавки, структуре*.

Металлы по плотности подразделяются:

На *легкие* (менее 5000 кг/м³);

тяжелые (более 5000 кг/м³).

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа по дисциплине «Материаловедение» составлена в соответствии с программой курса и включает в себя три задачи и пять вопросов.

Номер варианта задания соответствует последней цифре шифра студента.

Контрольная работа, выполненная с нарушением номера варианта, не рецензируется. Работа выполняется разборчиво с оставлением полей и обязательными ссылками на литературные источники.

Вариант 1

Задачи

1. Масса сухого образца 76 г. После насыщения образца водой его масса составила 79 г. Определить среднюю плотность и пористость камня, если водопоглощение по объему его составляет 8,2%, а истинная плотность твердого вещества равна 2,68 г/см³.
2. Определить выход сухой извести-кипелки из 20 т известняка, содержащего 6% глинистых примесей.
3. При проектировании состава цементного бетона средняя плотность его оказалась 2250 кг/м³, номинальный состав по массе был 1:2:4 при В/Ц=0,5. Определить расход составляющих материалов на 1 м³ бетона, если в момент приготовления бетонной смеси влажность песка была 7%, а щебня – 4%.

Вопросы

1. Поясните различие понятий «минерал» и «горная порода».
2. Выветривание горных пород, меры защиты от выветривания камня в конструкциях.
3. Что служит сырьем и какова технология производства портландцемента (мокрый способ)?
4. Перечислите превращения, происходящие при нагревании в глине.
5. Что является сырьем для производства гипса?

Вариант 2

Задачи

1. При стандартном испытании красного кирпича на изгиб оказалось, что его предел прочности равен 3,53 МПа. Определите, какое показание манометра пресса соответствовало этому напряжению, если диаметр поршня у пресса был равен 9 см.
2. Определить среднюю плотность известкового теста, в котором содержится более 56% воды (по массе), если истинная плотность извести-кипелки равна 2,08 г/см³.

3. Для приготовления пробного замеса бетона в лаборатории отвесили 3 кг цемента, 6,5 кг песка, 14 кг гравия, добавили 1,8 воды и после перемешивания получили бетонную смесь с осадкой конуса ОК=2 см. поскольку заданная подвижность составляла 5-6 см в пробный замес 2 раза добавляли по 10% цемента и воды. Средняя плотность бетонной смеси составила 2320 кг/м³. Определить состав бетона по массе.

Вопросы

1. Водостойкость минералов и ее значение; примеры водостойкости материалов.
2. Породообразующие минералы осадочных горных пород и их основные свойства.
3. Производство глиняного кирпича способом пластического формирования.
4. Шлакопортландцемент: состав, свойства и области применения.
5. Строительный гипс: получение, свойства и применение.

Вариант 3

Задачи

1. Определить коэффициент размягчения и дать заключение о водостойкости ракушечника, если известна разрушающая нагрузка при испытании образца в сухом состоянии на гидравлическом прессе – 82100 кг, площадь образца 400 см². После насыщения водой прочность камня уменьшилась на 25%.
2. Определить среднюю плотность и пористость гипсового камня с влажностью 8%. При твердении происходит увеличение объема камня на 1%. Истинная плотность вяжущего вещества 2,6 г/см³, истинная плотность камня 2,2 г/см³, водогипсовое отношение 0,5.
3. Бетон через 7 суток твердения в нормальных условиях имел прочность 15 МПа, а после тепловлажностной обработки прочность при сжатии оказалась 16,5 МПа. Рассчитать, какую часть (в процентах) от марки бетона составила его прочность после пропаривания.

Вопросы

1. Перечислите виды известковых вяжущих веществ.
2. Назовите горные породы, состоящие в основном из карбонатов, сульфатов кальция, сульфатов магния и используемые для производства минеральных вяжущих материалов.
3. Что такое керамзит, каковы его свойства и для каких целей он применяется?
4. Что представляют собой магнезиальные вяжущие вещества и в чем их отличие от других вяжущих?
5. Что такое портландцемент? Его химический состав и особенности технологии производства по сухому способу.

Вариант 4

Задачи

1. Определить пористость горной породы, если известно, что ее водопоглощение по объему в 1,7 раза больше водопоглощение по массе, а истинная плотность твердого вещества равна $2,6 \text{ г/см}^3$.
2. Определить пористость цементного камня при водоцементном отношении $В/Ц=0,6$; если химически связанная вода составляет 16% от массы цемента, истинная плотность которого $3,1 \text{ г/см}^3$.
3. Номинальный состав бетона по объему оказался 1:2,5:3,1, водоцементное отношение $В/Ц=0,45$. Определить количество составляющих материалов на 100 м^3 бетона, если на 1 м^3 расходуется 390 кг цемента, влажность песка и гравия в момент приготовления бетонной смеси была соответственно 0,5 и 2,0%. Средняя плотность цемента в насыпном состоянии – $1,3 \text{ т/м}^3$, гравия – $1,21 \text{ т/м}^3$, а песка – $1,63 \text{ т/м}^3$.

Вопросы

1. Назовите гипсовые вяжущие вещества.
2. Пластичность глин и способы ее повышения.
3. Жидкое стекло: получение, свойства, область применения.
4. Приведите примеры гидравлических добавок и укажите их назначение.
5. Что такое керамзит, каковы его свойства и для каких целей он применяется в строительстве?

Вариант 5

Задачи

1. Определить среднюю плотность каменного образца неправильной формы, если на воздухе он весил 80 г. Масса образца в воде после парафинирования составила 39 г. Расход парафина на покрытие образца составляет 12,3 г, а его истинная плотность $0,96 \text{ г/см}^3$.
2. Определить количество известкового теста по массе и объему, имеющего 60% воды и полученного из 2,5 г известки-кипелки, активность которой 86%. Средняя плотность теста 1420 кг/м^3 .
3. Гранитный щебень фракции 10-20 мм имеет среднюю плотность 1450 кг/м^3 . Сколько следует взять кварцевого песка насыпной плотностью 1600 кг/м^3 для получения минимальной пустотности смеси щебня и песка? Какова расчетная пустотность этой смеси? Истинная плотность зерен 2650 кг/м^3 .

Вопросы

1. Морозостойкость и определяющие ее факторы.
2. Какие добавки и для каких целей вводятся в глину при изготовлении керамического красного кирпича.
3. Каменное литье. Технология производства, свойства, область применения изделий.

4. Процессы, протекающие при твердении гашеной и негашеной извести.
5. Виды портландцементов.

Вариант 6

Задачи

1. Сухой образец известняка при испытании на сжатие разрушился при показании манометра 1200 атм. Определить предел прочности при сжатии образца в насыщенном водой состоянии, если известно, что коэффициент размягчения равен 0,7, а площадь образца в 1,5 раза больше площади поршня гидравлического пресса.
2. Определить количество известкового теста (по массе и объему), содержащего 50% воды и полученного из 1,2 т извести-кипелки. Имеющей активность 90% (средняя плотность теста 1400 кг/м^3).
3. Бетон в 7-дневном возрасте показал предел прочности на сжатие 20 МПа. Определить активность цемента, если водоцементное отношение $В/Ц=0,4$. Заполнитель рядовой.

Вопросы

1. Изменение свойств строительных материалов при увлажнении.
2. Главнейшие глубинные породы: минералогический состав, структура, плотность, прочность при сжатии и область применения.
3. Керамические изделия с плотным черепком и их основные свойства.
4. Пуццолановый портландцемент: состав, свойства, применение.
5. Виды известковых вяжущих веществ.

Вариант 7

Задачи

1. Масса сухого образца из ракушечника 300 г. После насыщения его водой масса увеличилась до 390 г. Найти пористость и объемное водопоглощение ракушечника, если истинная плотность его $2,4 \text{ г/см}^3$, объем образца составляет 250 см^3 .
2. Масса гипсового камня 10 т, его влажность – 5% (по массе), содержание примесей составляет 15%. Определить массу гипсового вяжущего, полученного из этого сырья.
3. Определить минимальную необходимую емкость бетономешалки и среднюю плотность бетонной смеси, если при одном замесе получается 2 т бетонной смеси состава 1:2:4 (по массе) при $В/Ц=0,6$ и коэффициенте выхода $K=0,7$. Насыпная плотность использованных материалов: песка – $1,8 \text{ т/м}^3$, щебня – $1,5 \text{ т/м}^3$ и цемента – $1,3 \text{ т/м}^3$.

Вопросы

1. Охарактеризуйте технические свойства горных пород осадочного происхождения, применяемых в строительстве.
2. Керамические плитки для полов и их свойства.

3. Листовое стекло: сырье, производство, свойства, применение.
4. Магнезиальные вяжущие вещества.
5. Теория твердения строительного гипса (по А.А. Байкову).

Вариант 8

Задачи

1. Масса камня в сухом состоянии – 60 г, при насыщении водой она составляет 70 г. Определить среднюю плотность водопоглощения по массе и пористость камня, если объемное водопоглощение составляет 21%, а истинная плотность – $2,4 \text{ г/см}^3$.
2. Определить содержание извести и воды (по массе) а 1 м^3 известкового теста, если средняя плотность составляет 1400 кг/м^3 , истинная плотность пушенки – 2400 кг/м^3 .
3. Взята проба влажного песка весом 1 кг. Истинная плотность зерен песка – $2,62 \text{ г/см}^3$. Проба высыпана в однолитровый мерный цилиндр, наполненный водой до уровня 500 мл. после погружения песка, вода поднялась до 900 мл. Определить влажность песка.

Вопросы

1. Классификация материалов по температуре применения.
2. Главнейшие излившиеся горные породы: минералогический состав, плотность, прочность при сжатии и область применения (данные представьте в виде таблицы).
3. Процессы, происходящие в глине при нагревании.
4. Способы изготовления и свойства керамических облицовочных плиток.
5. Гипсовые вяжущие вещества.

Вариант 9

Задачи

1. Во сколько раз пористость камня *A* отличается от пористости камня *B*, если известно, что истинная плотность твердого вещества обоих камней практически одинакова и составляет $2,72 \text{ г/см}^3$. Средняя плотность камня *A* на 20% больше, чем камня *B*, у которого водопоглощение по объему в 1,8 раза больше водопоглощения по массе.
2. Определить расход глины по массе и объему для изготовления 250 шт. кирпичей, имеющих среднюю плотность – 1780 кг/м^3 . Средняя плотность сырой глины – 1610 кг/м^3 (при влажности 13%). Потери кирпича по массе при обжиге составляют 8,5% от массы сухой глины.
3. Определить номинальный состав (по объему) и расход материалов на 1 м^3 плотного бетона, если номинальный состав его по массе 1:2, 2:5,1 при В/Ц – 0,7. Принять при расчетах, что материалы сухие и имеют следующие плотности в насыпанном состоянии: песок – 1600, щебень – 1450 и цемент – 1300 кг/м^3 . Коэффициентом выхода нужно

задаться.

Вопросы

1. Минералы, обеспечивающие природному камню повышенную прочность при ударном воздействии нагрузки, свойства этих минералов.
2. Добыча и обработка горных пород.
3. Различия в технологии производства глиняного кирпича способами пластического и полусухого формования.
4. Гипсовые вяжущие вещества: технология производства варкой и автоклавной обработкой, зависимость свойства гипса от способа получения.
5. Преимущества применения молотой извести-кипелки перед гашеной известью.

Вариант 0

Задачи

1. Образец базальта массой 109 г после парафинирования имел массу на воздухе 112 г, а при взвешивании в воде – 73,5 г. Определить его среднюю плотность, принимая истинную плотность парафина $0,93 \text{ г/см}^3$.
2. Кирпич глиняный обыкновенный стандартных размеров марки «125» имеет массу 3,3 кг и истинную плотность $2,5 \text{ г/см}^3$. Найти пористость кирпича и сделать заключение о допустимости его применения для кладки стен жилых и гражданских зданий.
3. На 1 м^3 бетона расходуется 290 кг цемента, 610 кг песка, 1220 кг щебня и 180 л воды. При твердении цементом связывается 10% воды. Определить пористость и прочность бетона на сжатие в 28-дневном возрасте. Марка цемента «400». Заполнитель высокого качества.

Вопросы

1. Как образовались глины в природе и каковы их основные свойства?
2. Метаморфические горные породы: происхождение, минералогический состав, свойства и применение в строительстве.
3. Добавки, вводимые в глины при изготовлении керамических изделий, их назначение.
4. Гипсовые вяжущие вещества: сырье, способы производства, свойства и применение.
5. Отличие воздушной извести от гидравлической.

Методические указания к выполнению контрольной работы

Плотность материала определяется по формулам:

$$\rho = \frac{m}{V_a};$$

$$\rho_0 = \frac{m}{V_e};$$

где ρ – истинная плотность (г/см^3 ; кг/м^3) – масса единицы объема абсолютно плотного материала;

ρ_0 – средняя плотность (г/см^3 ; кг/м^3) – масса единицы объема материала в естественном состоянии, включая поры;

m – масса материала;

V_a – объем в плотном состоянии;

V_e – объем в естественном состоянии.

Пористость материала определяется по формулам:

$$P_0 = \frac{V_n}{V};$$

$$P_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100,$$

где V_n – объем пор;

V – объем материала.

Водопоглощение определяется по объему и по массе:

$$W_0 = \frac{m_b - m_c}{V} \cdot 100;$$

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100;$$

где m_b – масса материала, насыщенного водой, г;

m_c – масса материала в сухом состоянии, г.

Отношение между объемным и весовым водопоглощением численно равно средней плотности материала:

$$\frac{W_0}{W_m} = \rho_0.$$

Коэффициент размягчения определяется по форме:

$$K_p = \frac{R_b}{R_c},$$

где R_b – прочность материала, насыщенного водой;

R_c – прочность сухого материала.

Коэффициент фильтрации (м/час) определяется по формуле:

$$K_\Phi = \frac{V_b \cdot a}{S(p_1 - p_2) \cdot t'}$$

где V_b – объем воды (м^3), проходящей через стенку площадью $S=1 \text{ м}^2$,

толщиной $a=1\text{ м}$ за время $t=1$ часу при разности гидростатического давления $p_1 - p_2=1$ м вод. ст.

Предел прочности при сжатии $R_{сж.}$ (МПа, кгс/см²) определяется по формуле:

$$R_{сж.} = \frac{P}{F};$$
$$R_{раст.} = \frac{P}{F'}$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

F – площадь поперечного сечения, м² (см²).

Предел прочности при изгибе $R_{изг.}$ при одном сосредоточенном грузе и образце (балка прямоугольного сечения) определяется по формуле:

$$R_{изг.} = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2}.$$

При двух равных грузах, расположенных симметрично оси балки:

$$R_{изг.} = \frac{P(l - a)}{b \cdot h^2},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

l – пролет между опорами, м;

a – расстояние между грузами, м;

b – ширина балочки, м;

h – высота балочки, м.

плотность древесины обычно приводят к плотности при стандартной влажности ($W=12\%$) по формуле:

$$\rho^{12} = \rho^w \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - K_0) \cdot (12 - W)],$$

где ρ^{12} – плотность при влажности 12%;

ρ^w – плотность материала при той влажности, которую он имеет в момент определения;

$K_0=0,2 \dots 0,75$ – коэффициент объемной усушки;

W – влажность древесины.

Предел прочности R_w , полученный при влажности древесины в момент испытания, можно пересчитать на 12%-ную влажность по формуле:

$$R^{12} = R^w [1 + \alpha(W - 12)],$$

где R^{12} – предел прочности при влажности 12%;

R^w – предел прочности при влажности W ;

α – пересчетный коэффициент (при сжатии и изгибе $\alpha=0,04$, при скалывании $\alpha=0,03$).

Состав бетона принято выражать соотношением между массой или объемом цемента (Ц), песка (П), щебня (Щ) или гравия (Г) и воды (В) в виде 1:Х:У и В/Ц.

Здесь масса или объем цемента принята за единицу, X и Y – соответственно число частей мелкого и крупного заполнителя на одну часть цемента; $В/Ц$ – водоцементное отношение.

Прочность бетона в зависимости от В/Ц отношения выражается уравнением:

$$R_b = A \cdot R_{ц} \left(\frac{Ц}{В} \pm 0,5 \right),$$

где A – коэффициент качества заполнителя;

$R_{ц}$ – активность цемента, МПа (кгс/см²).

Изменение прочности бетона во времени приближено может быть выражено логарифмической зависимостью:

$$R_n = R_{28} \cdot \left(\frac{\lg n}{\lg 28} \right),$$

где R_n и R_{28} – прочность;

n – возраст бетона, дни.

Методические указания студентам

Зачеты, установленные утвержденным учебным планом, служат формой проверки усвоения студентом знаний по изучаемым дисциплинам (теоретические зачеты), контроля выполнения лабораторных и расчетно-графических работ, курсовых проектов (работ), а также учебной, производственной и преддипломной практик. Теоретические зачеты оцениваются отметкой "зачет", "незачет". По некоторым дисциплинам, а также курсовым проектам (работам), и всем видам практик предусмотрены зачеты с оценками "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно" (так называемые дифференцированные зачеты). Теоретический зачет проводится по окончании чтения семестрового курса лекций до начала экзаменационной сессии путем опроса или в иной форме, устанавливаемой филиалом; принимается преподавателем, читающим лекционный курс, и при положительных результатах оценивается отметкой "зачет", проставляемой в зачетную книжку студента и зачетную ведомость, а при отрицательных результатах - отметкой "незачет", проставляемой только в зачетную ведомость. Преподавателю предоставляется право поставить зачет без опроса тем студентам, которые в процессе занятий и по результатам промежуточного контроля и текущей аттестации показали успешное овладение учебным материалом. Неявка студента на зачет проставляется преподавателем в зачетной ведомости отметкой "неявка". Студент имеет право до окончания экзаменационной сессии на пересдачу каждого зачета (курсового проекта, работы и т.д.) не более двух раз. Дата, время и аудитория проведения теоретического зачета и проведения двух его пересдач назначаются преподавателем и согласовываются с учебным отделом филиала. Студенты, не выполнившие без уважительных причин до начала экзаменационной сессии всех установленных учебным планом лабораторных, расчетно-графических работ, домашних заданий, курсовых проектов (работ) не допускаются к экзамену по данной дисциплине. К экзаменам по другим дисциплинам они могут быть допущены по разрешению заместителя директора филиала. При наличии уважительных причин (болезнь, семейные обстоятельства и др.) невыполнения в полном объеме учебного плана семестра студенту по его заявлению на имя директора филиала может быть предоставлена возможность сдачи зачетно - экзаменационной сессии по индивидуальному графику.

Методические указания преподавателям

Экзамены, установленные утвержденным учебным планом по дисциплине или ее части, преследуют цель оценить полученные студентом теоретические знания, их уровень, развитие творческого мышления, степень приобретения навыков самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их к решению практических задач. Экзамены сдаются по расписанию в периоды экзаменационных сессий, предусмотренных учебными планами. Расписание экзаменов для всех форм обучения составляется учебным отделом, подписывается директором филиала и доводится до сведения преподавателей и студентов не позднее, чем за 15 дней до начала экзаменов. Директор филиала может разрешить хорошо успевающим студентам досрочную сдачу экзаменов при согласии преподавателя (лектора). Пересдача экзамена в период экзаменационной сессии с неудовлетворительной оценки или сдача экзамена при неявке допускается с разрешения директора филиала. Повторная сдача экзамена или дифференцированного зачета (защиты курсовой работы, проекта) с целью повышения положительной оценки разрешается в исключительных случаях директором филиала. Экзамены проводятся на основе утвержденных на филиале билетов в устной или письменной формах. Экзаменатору предоставляется право задавать вопросы сверх вопросов билета, а также помимо теоретических вопросов, давать задачи и примеры по программе данного курса. Экзамены принимаются преподавателями, читающими курс лекций в данном потоке. Когда отдельные разделы лекционного курса, по которым установлен один экзамен, читаются несколькими преподавателями, - экзамен может проводиться с их участием, но с простановкой одной оценки. Во время экзамена студенты могут пользоваться учебными программами, а также с разрешения экзаменатора справочной литературой и другими подсобными материалами. При использовании студентами других, неразрешенных материалов и технических средств, преподаватель вправе прекратить экзаменационное испытание. Успеваемость студентов оценивается следующими отметками: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". Положительные оценки проставляются в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента, неудовлетворительная оценка проставляется только в экзаменационную ведомость. Экзаменатору предоставляется право оценить успеваемость и поставить, по согласованию со студентами, оценку без опроса тем студентам, которые в процессе обучения показали успешное овладение учебным

материалом по результатам текущей аттестации или промежуточного контроля, позволяющим оценить знания студента по сдаваемому предмету. При несогласии студента с выставленной оценкой экзамена (дифференцированного зачёта) ему предоставляется право его сдачи в установленном порядке. неявка студента на экзамен проставляется экзаменатором в экзаменационную ведомость отметкой "неявка".


Экзаменационные вопросы


1. Структуры материала, по которым изучают его строение.
2. Определение истинной и средней плотности материала.
3. Определение пористости материала.
4. Определение водопоглощения материала по объему и по массе.
5. Коэффициент размягчения, водопроницаемость материала. Усадка, набухание материала.
6. Морозостойкость, теплопроводность, теплоемкость.
7. Определение прочности материала на сжатие. Предел прочности на сжатие.
8. Определение прочности материала на изгиб. Предел прочности на изгиб.
9. Что характеризует релаксация материала. Твердость по Бринеллю, твердость по Роквеллу.
10. Известь. Наиболее важные показатели качества извести.
11. Магнезиальные вяжущие вещества.
12. Жидкое стекло: что это, где используется.
13. Гипсовые вяжущие вещества: достоинства, недостатки.
14. Гидравлические вяжущие вещества: романцемент, портландцемент.
15. Цементы: быстротвердеющий, высокопрочный, сверх быстротвердеющий.
16. Цементы: сульфатостойкий, пластифицированный, гидрофобный.
17. Пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент.
18. Глиноземистый цемент.
19. Бетон: общие сведения. Материалы для бетона.
20. Обозначение состава бетона. Номинальный и полевой составы бетона.
21. Свойства бетонной смеси: подвижность, жесткость, связность.
22. Зависимость прочности бетона от цементно-водного отношения.
23. Определение прочности бетона в любом возрасте.
24. Расчет состава тяжелого бетона.
25. Магматические горные породы.
26. Осадочные горные породы.
27. Легкие бетоны: материалы, свойства.
28. Ячеистые бетоны: структура, свойства.
29. Силикатные бетоны.
30. Силикатный кирпич.
31. Асбестоцементные материалы и изделия.
32. Гипсовые и гипсобетонные изделия.
33. Материалы и изделия на основе магнезиальных вяжущих.
34. Керамические материалы и изделия: состав и свойства глин.
35. Виды керамических материалов и изделий.
36. Строительные материалы и изделия из стекла.
37. Строительные материалы и изделия из ситаллов.
38. Строительные материалы и изделия из каменного литья.


39. Строительные материалы и изделия из шлакового литья.
40. Древесные строительные материалы. Строение древесины.
41. Древесина: химический состав.
42. Влажность древесины.
43. Гигроскопичность древесины.
44. Усушка и разбухание древесины.
45. Плотность древесины. Средняя плотность древесины при стандартной влажности.
46. Теплопроводность и теплоемкость древесины.
47. Прочность древесины при сжатии вдоль волокон и поперек волокон.
48. Прочность древесины при растяжении и скалывании.
49. Прочность древесины при статическом изгибе.
50. Пороки древесины.
51. Методы защиты древесины.
52. Основные древесные породы, применяемые в строительстве.
53. Материалы и изделия из древесины.
54. Железоуглеродистые сплавы. Диаграмма Fe-C.
55. Доэвтектоидные стали, их состав.
56. Эвтектоидные стали, их состав.
57. Заэвтектоидные стали, их состав.
58. Доэвтектические чугуны, их состав.
59. Эвтектические чугуны, их состав.
60. Заэвтектические чугуны, их состав.


Экзаменационные билеты


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Структуры материала, по которым изучают его строение. 2. Цементы: сульфатостойкий, пластифицированный, гидрофобный. 3. Задача: Определить среднюю плотность каменного образца неправильной формы, если на воздухе он весил 80 г. Масса образца в воде после парафинирования составила 39 г. Расход парафина на покрытие образца составляет 12,3 г, а его истинная плотность $0,93 \text{ г/см}^3$.		
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Определение истинной и средней плотности материала. 2. Пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент. 3. Задача: При стандартном испытании красного кирпича на изгиб, оказалось, что его предел прочности равен 3,53 Мпа. Определить, какое показание манометра пресса соответствовало этому напряжению, если диаметр поршня у пресса был равен 9 см.		
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Определить пористости материала. 2. Глиноземистый цемент. 3. Задача: масса сухого образца 76 г. После насыщения образца водой, его масса составила 79 г. Определить среднюю плотность камня, если водопоглощение его по объему составляет 8,2%, а истинная плотность твердого вещества равна $2,68 \text{ г/см}^3$.		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Определение водопоглощения материала по объему и по массе. 2. Бетон: общие сведения. Материалы для бетона. 3. Задача: Определить пористость горной породы, если известно, что ее водопоглощение по объему в 1,7 раза больше водопоглощения по массе, а истинная плотность твердого вещества $2,6 \text{ г/см}^3$	
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Коэффициент размягчения, водопроницаемость материала, Усадка, набухание материала. 2. Обозначение состава бетона. Номинальный и полевой составы бетона. 3. Задача: Определить пористость тяжелого бетона, если его истинная плотность $2,6 \text{ г/см}^3$, а объемная масса $2,4 \text{ г/см}^3$.	
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Морозостойкость, теплопроводность, теплоемкость материала. 2. Свойства бетонной смеси: подвижность, жесткость, связность. 3. Задача: Во сколько раз пористость камня А отличается от пористости камня В, если известно, что истинная плотность твердого вещества обоих камней практически одинакова и составляет $2,72 \text{ г/см}^3$? Средняя плотность камня А на 20% больше, чем камня В, у которого водопоглощение по объему в 1,8 раза больше водопоглощения по массе.	


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Определение прочности материала на сжатие. Предел прочности на сжатие. 2. Строительные материалы и изделия из ситаллов. 3. Задача: Определить процентное соотношение структурных составляющих для стали с содержанием углерода $C=0,8\%$ при температуре 600°C .		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Определение прочности материала на изгиб. Предел прочности на изгиб. 2. Строительные материалы и изделия из каменного литья. 3. Задача: Образец древесины размерами $2 \times 2 \times 3$ см, массой 9,5 г показал прочность при сжатии вдоль волокон 42 Мпа. Определить влажность образца при испытании на прочность, среднюю плотность и предел прочности при влажности 12%, если высушенный образец весил 8,6 г. Коэффициент усушки $K_0=0,5$.		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Что характеризует релаксация материала? Твердость по Бринеллю, твердость по Роквеллу. 2. Строительные материалы из шлакового литья. 3. Задача: определить прочность на сжатие вдоль волокон образца из сосны с размерами сечения 2×2 см, если при влажности 18% он разрушился при нагрузке $P=5,0$ кПа. Поправочный коэффициент $\alpha=0,4$.		




Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Известь. Наиболее важные показатели качества извести. 2. Древесные строительные материалы. Строение древесины. 3. Задача: Определить истинную плотность легкого бетона, если его пористость 61%, а объемная масса $\rho_0=1 \text{ г/см}^3$		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Магнезиальные вяжущие вещества. 2. Древесина: химический состав. 3. Задача: определить пористость ячеистого бетона, если его объемная масса $\rho_0=0,5 \text{ г/см}^3$, а истинная плотность $\rho=2,6 \text{ г/см}^3$		

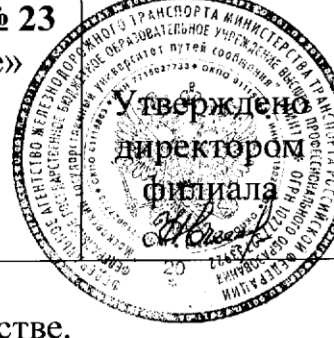
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Жидкое стекло: что это, где используется. 2. Влажность древесины. 3. Задача: Определить объемную массу красного кирпича, если его истинная плотность $2,65 \text{ г/см}^3$, а пористость $P_0=32\%$.		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Гипсовые вяжущие вещества: достоинства, недостатки. 2. Гигроскопичность древесины. 3. Задача: Определить истинную плотность пустотелого красного кирпича, если его объемная масса $\rho_0 = 1,3 \text{ г/см}^3$, а пористость $P_0 = 51\%$.		
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Гидравлические вяжущие вещества: романцемент, портландцемент. 2. Усушка и набухание древесины. 3. Задача: Объемная масса мипоры (вспененного полимера) равна $0,015 \text{ г/см}^3$, а пористость равна 98% . Определить истинную плотность мипоры.		
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Цементы: быстротвердеющий, высокопрочный, сверхбыстротвердеющий. 2. Плотность древесины. Средняя плотность древесины при стандартной влажности. 3. Задача: Образец бетона размером $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ разрушился при нагрузке $P = 130 \text{ кН}$. Определить предел прочности.		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Зависимость прочности бетона от цементно-водного отношения. 2. Теплопроводность и теплоемкость древесины. 3. Задача: Определить линейную усушку древесного образца, если сторона его поперечного сечения во влажном состоянии $a=2,5$ см, а после сушки $a=2,3$ см.	
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Определение прочности бетона в любом возрасте. 2. Железоуглеродистые сплавы. Диаграмма «железо-углерод». 3. Задача: Определить объемную усушку древесного образца с поперечным сечением до сушки 3×3 см, после сушки $2,5 \times 2,5$ см.	
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Расчет состава тяжелого бетона. 2. Прочность древесины при сжатии вдоль волокон и поперек волокон. 3. Задача: Определить коэффициент объемной усушки древесного образца, если его поперечное сечение при влажности 20% было $2,3 \times 2,3$ см, а после сушки стало $2,0 \times 2,0$ см.	


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Магматические горные породы. 2. Прочность древесины при растяжении и скалывании. 3. Задача: Определить коэффициент конструктивного качества древесного образца размером 2х2х3 см, если он разрушился при нагрузке 13000Н. влажность древесины 21%, средняя плотность 720 кг/м ³ . Коэффициент усушки $K_0=0,44$.	
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Осадочные горные породы. 2. Прочность древесины при статическом изгибе. 3. Задача: Образец древесины размером 2х2х3 см, массой 9,5 г показал прочность при сжатии вдоль волокон 42 Мпа. Определить влажность образца при испытании на прочность, среднюю плотность и предел прочности при влажности $W=12\%$, если высушенный образец весил 8,6 г. Коэффициент усушки $K_0=0,5$.	
Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
	1. Легкие бетоны: материалы, свойства. 2. Пороки древесины. 3. Задача: рассчитать, во сколько раз уменьшится необходимая нагрузка пресса для испытания кирпича и бетона, если вместо испытания на сжатие производить испытание на изгиб одним сосредоточенным грузом, расположенным в середине пролета. Кирпич испытывают на изгиб плашмя при расчетном пролете $l=20$ см, на сжатие – разрезанным пополам размером 125х120 мм. Бетон испытывают на изгиб в балках при пролете $l=100$ см, на сжатие – в кубиках 20х20х20 см. для кирпича в среднем $R_{изг}=0,22 R_{сж}$, для бетона в среднем $R_{изг}=0,16 R_{сж}$	


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Ячеистые бетоны: структура, свойства. 2. Методы защиты древесины. 3. Задача: Определить процентное соотношение структурных составляющих для стали с содержанием углерода $C=0,6\%$ при температуре 750°C .		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Силикатные бетоны. 2. Основные древесные породы, применяемые в строительстве. 3. Задача: Определить процентное соотношение структурных составляющих для чугуна с содержанием углерода $C=3,0\%$ при температуре 800°C .		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Силикатный кирпич. 2. Материалы и изделия из древесины. 3. Задача: Определить процентное соотношение структурных составляющих для чугуна с содержанием углерода $C=4,3\%$ при температуре 500°C .		


Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Асбестоцементные материалы и изделия. 2. Доэвтектоидные стали, их состав. 3. Задача: Определить плотность свежесрубленной сосны, если ее плотность при стандартной влажности ($W=12\%$) составляет 530 кг/м^3 .		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Гипсовые и гипсобетонные изделия. 2. Эвтектоидные стали, их состав. 3. Задача: Определить пористость затвердевшего цементного теста, если оно содержит 40% воды. Для прохождения реакций при твердении цемента требуется 18% воды. Плотность цемента $3,1 \text{ г/см}^3$.		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 27 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Материалы и изделия на основе магнезиальных вяжущих. 2. Заэвтектоидные стали, их состав. 3. Задача: На 1 м^3 бетона расходуется (кг): цемента $C=300$, песка $P=600$, гравия $G=1200$ и воды $B=200$ л. Выразить состав бетона в виде соотношения масс $1:X:Y$ и определить водоцементное отношение. Здесь: X – количество частей песка, Y – количество частей гравия, если количество цемента принято за одну часть по массе.		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 28 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Керамические материалы и изделия: состав и свойства глин. 2. Дозвтектические чугуны, их состав. 3. Задача: Определить среднюю плотность образца из дуба при влажности $W=12\%$, если при влажности $W=18\%$ он имел плотность 720 кг/м^3 . Коэффициент объемной усушки $K_0=0,5$.		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 29 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Виды керамических материалов и изделий. 2. Эвтектические чугуны, их состав. 3. Задача: Определить прочность образца из лиственницы на растяжение вдоль волокон при влажности $W=32\%$, если известна его прочность при стандартной влажности ($W=12\%$) $R^{12}=125 \text{ Мпа}$. Поправочный коэффициент $\alpha=0,4$.		

Нижегородский филиал МИИТ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 30 По дисциплине «Материаловедение» для специальности 270102.65 Промышленное и гражданское строительство студентам 3 курса	
1. Строительные материалы и изделия из стекла. 2. Заэвтектические чугуны, их состав. 3. Задача: Подсчитать расход цемента на 1 м^3 бетона состава 1:2:4,5 по массе при $B/C=0,5$, если известно, что объемная масса бетонной смеси $\rho_0=2400 \text{ кг/м}^3$.		