Министерство образования Новосибирской области
государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Новосибирской области
«НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Подписано цифровой подписью: ГБПОУ НСО "НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ"
DN: 1.2.840.113549.1.9.2=5403107556-540301001-007230868861, email=ppk54@yandex.ru, 1.2.643.3.131.1.1=120C303035343033313037353536, 1.2.643.100.3=120B303732333033836383383631, 1.2.643.100.1=120D313032353430313330373132 38, title=Директор, o=ГБПОУ НСО "НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ", street=УЛ НЕМИРОВИЧА-ДАНЧЕНКО, ДОМ 121, l=Новосибирск, st=54 Новосибирская область, c=RU, givenName=Светлана Сергеевна, sn=Лузан, cn=ГБПОУ НСО "НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ"
Дата: 2021.03.26 08:29:18 +07'00'

Директор С.С. Лузан

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по учебной работе
«__»_____2020г.
_____С.В. Белина

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ студентов

ОП 10. Проектирование зданий и сооружений
(РАЗДЕЛ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»)

по специальности СПО

09.02.05 Прикладная информатика (по отраслям)

(базовый уровень)

Новосибирск 2020г.

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 09.02.05 Прикладная информатика (по отраслям).

Организация-разработчик: ГБПОУ НСО «НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Разработал преподаватель _____ Пастухова О.Н.

Одобрено на заседании предметно-цикловой комиссии

Информационных технологий и социально-правовых дисциплин

Протокол №1 от «01» сентября 2020г.

Председатель ПЦК _____ /_____/

Пояснительная записка

Выполнение практических работ имеет большое значение при изучении дисциплины ОП.10 «Проектирование зданий и сооружений». С помощью практических работ закрепляется теоретический материал, что дает возможность повторения изученного неоднократно.

Цель проведения практических работ: закрепить знания и умения, проверить освоенность компетенций, полученных в процессе изучения дисциплины.

Процесс изучения учебной дисциплиныОП.10 «Проектирование зданий и сооружений» (раздел «Строительные материалы») направлен на формирование следующих компетенций:

– общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- определять сметные цены на материалы, изделия и конструкции;
- определять по внешним признакам и маркировке вид и качество строительных материалов и изделий

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- основные свойства и область применения строительных материалов и изделий;
- прочностные и деформационные характеристики строительных материалов

Критерии оценки

5 «отлично» - работа выполнена без ошибок и вовремя;

4 «хорошо» - работа выполнена с недочетами или нарушены сроки сдачи работы;

3 «удовлетворительно» - работа выполнена с ошибками, нарушены сроки сдачи работы.

2 «неудовлетворительно» - в работе допущены грубые ошибки и нарушены сроки сдачи работы.

Практическая работа 1-2
«Строение и свойства строительных материалов»

Строительные материалы, применяемые для возведения зданий и сооружений, характеризуются разнообразными свойствами, которые определяют качество материалов и область их применения. Особенности строительных материалов, проявляющиеся по отношению к воздействию различных явлений и других материалов, называются их свойствами, а совокупность свойств, определяющих пригодность материалов для применения по назначению, характеризует их качество.

Свойства строительных материалов оценивают числовыми показателями, которые устанавливают путем лабораторных испытаний но единообразной стандартной методике.

Свойства строительных материалов многообразны и могут быть подразделены на физические, механические, химические, технологические, художественно-декоративные и др.

Физические свойства материала характеризуют его строение или отношение к физическим процессам окружающей среды. К физическим свойствам относят массу, истинную и среднюю плотность, пористость, водопоглощение, водостойкость, влажность, водопроницаемость, воздухо-, паро- и газопроницаемость, морозостойкость, теплопроводность, огнестойкость и др.

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему или деформирующему воздействию внешних сил. К механическим свойствам относят прочность, упругость, пластичность, хрупкость, сопротивление удару, твердость, истираемость, износ и др.

Из перечисленных выше свойств в данном учебном пособии рассматриваются только основные свойства строительных материалов, а именно физические и механические свойства, для них составлены примеры и задачи для самостоятельного решения, а также дано описание основных свойств и их значений в самостоятельной практической работе. Однако для конкретных строительных материалов и изделий примеры и задачи приведены в соответствующих темах данного учебного пособия.

В табл. 1 и 2 приведены расчетные формулы основных физических и механических свойств различных строительных материалов.

Таблица 1.

Расчетные формулы основных физических свойств строительных материалов

Свойство	Единица измерения	Расчетная формула	Пояснение к формуле
Истинная плотность	кг/м^3	$\rho = m/v$	m — масса сухого материала; v — объем в плотном состоянии
Средняя плотность	кг/м^3	$\rho_0 = m/v_1$	v_1 — объем материала с учетом пор и пустот
Насыпная плотность	кг/м^3	$\rho_н = m/v_н$	$v_н$ — объем материала в рыхлонасыпном состоянии
Пористость	%	$П = (1 - \rho_0/\rho)100$	
Влажность	%	$W = \frac{m_в - m}{m}100$	$m_в$ — масса влажного материала
Гигроскопичность	%	$W_г = \frac{m_г - m}{m}100$	$m_г$ — масса материала после достижения равновесной влажности при пребывании в воздушной среде со 100 %-ной влажностью
Водопоглощение:			
по массе	%	$W_m = \frac{m_н - m}{m}100$	$m_н$ — масса насыщенного водой материала
по объему	%	$W_о = \frac{m_н - m}{v}100$	
Коэффициент морозостойкости	—	$K_{мрз} = R_{мрз}/R_{нас}$	$R_{нас}$ — прочность стандартного образца в водонасыщенном состоянии $R_{мрз}$ — прочность образца после испытания

Таблица 2

Расчетные формулы основных механических свойств строительных материалов

Свойство	Единица измерения	Расчетная формула	Пояснение к формуле
Предел прочности при сжатии	МПа	$R = P/S$	P — разрушающая нагрузка; S — расчетная площадь сечения образца
Предел прочности при изгибе	МПа	$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	P — разрушающая нагрузка; l — расстояние между осями опор; b — ширина образца; h — высота образца посередине пролета
Твердость по Бринеллю	МПа	$HB = \frac{2F_{тв}}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	$F_{тв}$ — нагрузка на стандартный стальной шарик; D — диаметр шарика; d — диаметр отпечатка
Истираемость	г/см^2	$U=(m-m_1)/S$	m — масса образца до истирания; m_1 — масса образца после истирания; S — площадь истирания
Ударная прочность	МПа	$A = \frac{F_к(1+2+3+...+n)}{v}$	$F_к$ — вес бабы копра; n — порядковый номер удара, разрушающего образец; v — объем образца
Усадка	мм/м	$\varepsilon_{ус} = (l_0 - l_1)/l_0$	l_0 — первоначальная длина образца; l_1 — конечная длина образца
Ползучесть	мм/м	$\varepsilon_{пз} = \varepsilon_п - (\varepsilon_{ус} - \varepsilon_у)$	$\varepsilon_п$ — полная деформация; $\varepsilon_у$ — упругая деформация

Свойство	Единица измерения	Расчетная формула	Пояснение к формуле
Модуль упругости	МПа	$E = \sigma_н/\varepsilon_у$	$\sigma_н$ — нормальное напряжение
Предел текучести	МПа	$\sigma_т = F_т/S$	$F_т$ — нагрузка, соответствующая пределу текучести

Цель работы: определить истинную, среднюю и насыпную плотность материала.

Примеры решения задач

Задача № 1. Рассчитать истинную плотность строительного гипса, если во время лабораторного определения была взята навеска гипса $m_0 = 85$ г. В колбу Ле-Шателье внесена часть этой навески, остаток составил $m_1 = 15{,}5$ г. При этом уровень керосина в колбе повысился от нулевой отметки до 25 см^3.

Решение. Масса гипса, помещенная в колбу Ле-Шатье, равна

$$m_г = m_0 - m_1 = 85 - 15{,}5 = 69{,}5 \text{ г}.$$

Объем гипса в абсолютно плотном состоянии равен объему вытесненного керосина, т.е. $V_г = 25$ см^3.

Таким образом, истинная плотность гипса

$$\rho = m_г / V_г = 69{,}5 : 25 = 2{,}7 \text{ г/см}^3.$$

Задача № 2. Образец природного камня, пористость которого отлична от нуля, имеет массу 39 г (в сухом состоянии). Поверхность образца покрыли парафином. Масса гирь при взвешивании образца в воде составила 19,7 г. Парафина израсходовано 0,7 г, плотность парафина 0,9 г/см^3. Определить среднюю плотность камня.

Решение. Объем парафина на покрытие камня $V_п = \dfrac{0{,}7}{0{,}9} = 0{,}78$ см^3.

Объем образца $V_e = \dfrac{m - m_1}{\rho_в} - V_п = \dfrac{39 - 19{,}7}{1} - 0{,}78 = 18{,}52$ см^3.

Средняя плотность камня $\rho_m = \dfrac{m}{V_e} = \dfrac{39}{18{,}52} = 2{,}1$ г/см^3.

Задача № 3. Рассчитать пористость горной породы, если истинная плотность породы 3,1 г/см^3, а средняя — 2,68 г/см^3.

Решение. Пористость горной породы

$$П = (1 - \rho_0 / \rho) \cdot 100 = \left(1 - \frac{2{,}68}{3{,}1}\right) 100 = 12\ \%.$$

Задача № 4. Вычислить влажность строительного песка, если масса пробы влажного песка 600 г, а высушенного — 560 г.

Решение. Влажность песка

$$W = \frac{m_1 - m}{m} 100 = \frac{600 - 560}{600} 100 = 6{,}6\ \%.$$

Задачи для самостоятельного решения

1.1. Определить истинную плотность цемента, если при всыпании в колбу Ле-Шателье навески цемента массой 100 г остался остаток 40 г. Объем порошка, всыпанного в прибор, — 20 $см^3$.

1.2. Материал в воздушно-сухом состоянии имеет среднюю плотность 1 500 $кг/м^3$, а влажность по массе 4 %. Материал погрузили в ванну с водой и выдержали в ней до полного насыщения, после чего средняя плотность увеличилась до 1 920 $кг/м^3$. Определить открытую пористость материала.

1.3. Вычислить среднюю плотность образца горной породы неправильной формы, если при взвешивании на воздухе его масса была 120 г, а в воде — 67 г. До погружения образца в воду его покрывали парафином. Масса парафинированного образца равнялась 122,6 г. Плотность парафина 0,93 $г/см^3$.

1.4. Образец известняка в сухом состоянии имеет массу 600 г, а после насыщения водой — 614 г. Определить открытую пористость, если средняя плотность в сухом состоянии 2 400 $кг/м^3$.

Практическая работа 3
«Расчет свойств строительных материалов»

Цель работы: определить водопоглощение и морозостойкость материала.

Примеры решения задач

Задача № 5. Образец камня в сухом состоянии весит 77 г, а после насыщения водой — 79 г. Вычислить объемную массу и пористость, если его плотность — 2,67 г/см^3, а объемное водопоглощение 4,28 %.

Решение. Водопоглощение по массе

$$W_m = \frac{79-77}{77}100 = 2,6\ \%.$$

Объемная масса

$$\gamma_0 = W_o : W_m = 4,28 : 2,6 = 1,645\ \text{г/см}^3.$$

Пористость

$$П = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma}100 = \frac{2,67-1,645}{2,67}100 = 38,4\ \%.$$

Задача № 6. Образец горной породы в виде цилиндра диаметром и высотой 15 см имел массу в сухом состоянии 6,9 кг. После водонасыщения образца масса его увеличилась до 7,4 кг. Истинная плотность горной породы 2,9 кг/м^3, а средняя — 2,6 кг/м^3. Определить пористость горной породы и водопоглощение по массе и объему.

Решение. Пористость горной породы

$$П = (1 - \rho_0/\rho)100 = (1 - 2,6/2,9)100 = 10,3\ \%.$$

Объем образца

$$V = \frac{\pi d^2}{4}h = \frac{3,14\cdot 15^2}{4}15 = 2649,4\ \text{см}^3 = 2,65\ \text{л}.$$

Водопоглощение образца по массе

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m}100 = \frac{7,4-6,9}{6,9}100 = 7,2\ \%.$$

Водопоглощение образца по объему

$$W_o = \frac{m_1 - m}{V}100 = \frac{7,4-6,9}{2,65}100 = 18,8\ \%.$$

Задача № 7. Определить водостойкость материала – песчаника, если предел прочности при сжатии образца материала в сухом состоянии был 140 МПа, а аналогичный стандартный образец из этого же материала с площадью поперечного сечения 100 см^2 при испытании в водонасыщенном состоянии разрушился при нагрузке 120 тс.

Решение. Предел прочности образца в водонасыщенном состоянии

$$R_{\text{нас}} = \frac{P}{F} = \frac{120}{0,01} = 12 \text{ МПа}.$$

Коэффициент размягчения материала

$$K_{\text{р}} = R_{\text{нас}}/R_{\text{сух}} = 120{:}140 = 0,86 > 0,8.$$

Песчаник относится к водостойким материалам.

Задача № 8. Рассчитать, морозостоек материал конструкции или нет, если образцы из него не имели следов разрушения, а средний предел прочности при сжатии образцов после испытания на морозостойкость был 46 МПа и предел прочности при сжатии аналогичных образцов в водонасыщенном состоянии до испытания на морозостойкость составил 52 МПа.

Решение. Коэффициент морозостойкости материала

$$K_{\text{мрз}} = R_{\text{мрз}}/R_{\text{нас}} = 46 : 52 = 0,88 > K_{\text{мрз}} = 0,75.$$

Материал морозостоек.

Задача № 9. Вычислить теплопроводность кирпичной кладки, если через наружную стенку из кирпича площадью 30 м^2 за отрезок времени $\tau = 24$ ч проходит $Q = 8\,900$ кДж теплоты. Толщина стены $\delta = 51$ см. Температура теплой стороны стены $t_1 = 20$ °С, холодной — $t_2 = -10$ °С.

Решение. Теплопроводность кирпичной стены

$$\lambda = \frac{Q\delta}{S(t_1 - t_2)\tau} = \frac{8\,900 \cdot 0,51}{30 \cdot (20 + 10) \cdot 24} = 2,1 \text{ кДж/(м} \cdot \text{°С)};$$

$$1 \text{ кДж} = \frac{\text{Вт}}{3,6}; \text{ тогда } \frac{2,1}{3,6} = 0,58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}.$$

Задача № 10. Образец бетона размером 15×15×15 см разрушился при нагрузке 460 000 Н. Определить предел прочности.

Решение. Площадь поперечного сечения образца $F = 15^2 = 225$ см^2 = 0,0225 м^2. Коэффициент K для бетонного образца-куба с ребром 15 см равен 1.

Предел прочности

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{F}K = \frac{460\,000}{0,0225} = 2\,044\,000 \text{ Па} = 20,4 \text{ МПа}.$$

Задача № 11. Определить предел прочности при сжатии горной породы, если образец-цилиндр диаметром и высотой 10 см разрушился при нагрузке 78 тс (780 000 Н). Масштабный коэффициент принять равным 1, а коэффициент K, учитывающий влажность породы α, равен 0,9.

Решение. Предел прочности при сжатии

$$R = \alpha \frac{P}{F} K = \frac{780\ 000 \cdot 0,9}{3,14 \cdot 0,005^2} = 89,4 \text{ МПа}.$$

Задача № 12. Определить предел прочности на растяжение при изгибе бетонной призмы размером 15×15×60 см, если она разрушилась при нагрузке 220 кгс (2 200 Н).

Решение. Для стандартной призмы $\alpha = 1$. Для бетона $K = 1$. Предел прочности бетона на растяжение при изгибе при загружении призмы двумя сосредоточенными силами равен

$$R = \alpha \frac{Pl}{bh^2} K = 1 \frac{2\ 200 \cdot 0,45}{0,15 \cdot 0,15^2} 1 = 4,4 \text{ МПа},$$

где b и h — ширина и высота призмы, м;
l — расстояние между опорами, м.

Задачи для самостоятельного решения

1.5. Образец горной породы в виде цилиндра диаметром и высотой 15 см имел массу в сухом состоянии 6,9 кг. После водонасыщения образца масса его увеличилась до 7,5 кг. Истинная плотность горной породы 2,9 кг/м^3, а средняя — 2,6 кг/м^3. Определить пористость горной породы и водопоглощение по массе и объему.

1.6. Определить водостойкость материала горной породы, если предел прочности при сжатии образца материала в сухом состоянии был равен 120 МПа, а аналогичный стандартный образец из этого же материла с площадью поперечного сечения 225 см^2 при испытании в водонасыщенном состоянии разрушился при нагрузке 124 тс (1240 кН).

1.7. Изготовлена серия образцов тяжелого бетона для конструкций, подвергающихся попеременному замораживанию — оттаиванию. Выяснить, имеет ли указанный бетон марку по морозостойкости F100, если после 100 циклов замораживания — оттаивания среднее значение предела прочности при сжатии в серии

образцов составило 16,5 МПа, а среднее значение предела прочности контрольных образцов (не подвергаемых замораживанию — оттаиванию) в эквивалентном возрасте составило 22 МПа.

1.8. Вычислить коэффициент морозостойкости горной породы и определить, морозостойка она или нет, если стандартные образцы-цилиндры перед испытанием на морозостойкость в водонасыщенном состоянии имели предел прочности при сжатии 45 МПа, а после испытания — 27 МПа. Потеря массы образцов при испытании составила 7 %.

1.9. Однослойная наружная стеновая панель из легкого бетона с теплопроводностью $\lambda = 0{,}5$ Вт/(м · °С) имеет толщину 28 см. Какую толщину может иметь равноценная в теплотехническом отношении наружная стена, выполненная из керамического кирпича? Теплопроводность кирпичной кладки $\lambda = 0{,}91$ Вт/(м · °С).

1.10. Вычислить предел прочности при сжатии образцов-цилиндров диаметром и высотой 15 см, выпиленных из горных пород, если разрушающая нагрузка равнялась соответственно 130 тс (1 300 кН) и 210 тс (2 100 кН). Масштабный коэффициент принять равным 1. Коэффициент, учитывающий влажность горной породы, принять соответственно 0,9 и 1.

1.11. Вычислить, какую нагрузку при сжатии выдержит образец горной породы в виде цилиндра диаметром и высотой 15 см, если предел прочности горной породы равен 100 МПа. В расчете принять коэффициенты α и K, равными 1.

1.12. Определить предел прочности бетонных образцов-кубов с ребром 10, 15 и 20 см, если разрушающая нагрузка равнялась соответственно 46 тс (460 кН), 55 тс (550 кН) и 59 тс (590 кН). Масштабные коэффициенты для бетонных образцов этих размеров соответственно равны 0,95; 1 и 1,05. Коэффициент K для бетона принять равным 1.

1.13. Гидравлический пресс имеет два диапазона измерения: 50 тс (500 кН) и 100 тс (1 000 кН). Ожидаемая разрушающая нагрузка при определении предела прочности должна составлять 0,2—0,8 максимального усилия, соответствующего выбранному диапазону измерения. Какой диапазон должен быть принят для измерения предела прочности при сжатии кубических образцов бетона размером 15×15×15 см?

Практическая работа 4
«Расчет строительных материалов из древесины»

Древесина является распространенным строительным материалом, применение которого осуществлялось еще в глубокой древности. Лесные материалы получают преимущественно из древесины путем ее соответствующей обработки. Древесина — освобожденные от коры древесные ткани ствола дерева — является важным строительным материалом, широкое применение которого можно объяснить рядом его положительных свойств: высокой прочностью при небольшой плотности, малой теплопроводностью, легкостью механической обработки. Наряду с этим материалы из древесины имеют и существенные недостатки: неоднородность строения, неравнозначность ряда свойств в различных направлениях, способность усыхать, разбухать, коробиться и растрескиваться, высокую гигроскопичность, легкую загниваемость и возгораемость, а также наличие разнообразных пороков.

Древесина является экологически чистым материалом, она как строительный материал безвредна для человека. Человек получает древесину как материал в готовом виде, не используя энергию для ее производства, т.е. в этом случае исключается загрязнение окружающей среды промышленными выбросами.

Древесина в настоящее время широко используется для производства столярных изделий — дверных и оконных коробок, переплетов, дверного заполнения, паркета, встроенной мебели и др., а также для производства новых экономичных индустриальных материалов и изделий из древесно-волокнистых и древесно-стружечных плит, древесных пластиков, изделий из клееной древесины и др. Кроме того, древесина широко используется для различных конструкций в малоэтажном жилищном строительстве.

Цель работы: изучить физико-механические свойства древесных материалов

Примеры решения задач

Задача № 1. Образец древесины влажностью 18 % имеет форму параллелепипеда с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм. После высушивания до постоянной массы размеры образца стали 19×19×29,1 мм. Определить объемную усушку, а также максимально возможное значение усушки и коэффициент объемной усушки (предел гигроскопичности принять равным 30 %).

Решение. Объемная усушка определяется

$$У_{об} = \frac{bc - b_1c_1}{b_1c_1}100 = \frac{20 \cdot 20 - 19 \cdot 19}{19 \cdot 19}100 = 9,75\ \%.$$

Максимальная объемная усушка $У_{об.max} = 2 \cdot 9,75 = 19,5$ % (известно, что при высушивании древесины влажностью 18 % усушка составляет примерно половину своего максимального значения).

Коэффициент объемной усушки

$$K_у = \frac{У_{об.max}}{W_{п.г.}} = \frac{19,5}{30} = 0,65.$$

Задача № 2. Средняя плотность древесины дуба в абсолютно сухом состоянии $\rho_{о.д} = 650$ кг/м^3. Найти пористость и максимальное водопоглощение древесины дуба.

Решение. Истинная плотность древесины, или так называемый показатель плотности древесного вещества $\rho_{д.в}$, в среднем для всех пород составляет 1,53 г/см^3. Тогда пористость дуба

$$П_д = \frac{\rho_{д.в} - \rho_{о.д}}{\rho_{д.в}}100 = \frac{1,53 - 0,65}{1,53}100 = 57,5\ \%.$$

Влажность, характеризующую максимальное водопоглощение древесины, находят по формуле

$$W_{max} = W_{п.н} + \frac{(\rho_{д.в} - \rho_{о.д})\rho_в}{\rho_{д.в}\rho_{о.д}}100,$$

Для дуба $W_{max} = 30 + \frac{1,53 - 0,65}{1,53 \cdot 0,65}100 = 118,5\ \%.$

Задача № 3. Масса стандартного образца для испытания древесины (дуба) на сжатие вдоль волокон равна 8,76 г. Предел прочности оказался равным 57,1 МПа. Определить влажность образца, а также среднюю плотность и предел прочности древесины при стандартной влажности, если известно, что масса образца в сухом состоянии составляла 7,0 г.

Решение. Фактическая влажность древесины

$$W_{\text{р}} = \frac{8,76 - 7,00}{7,00} 100 = 25\ \%.$$

Объем образца

$$V_{\text{е}} = 2 \cdot 2 \cdot 3 = 12\ \text{см}^3.$$

Средняя плотность при фактической влажности

$$\rho_m^{25} = \frac{8,76}{12} = 0,73\ \text{г/см}^3\ (730\ \text{кг/м}^3).$$

Средняя плотность при стандартной влажности

$$\rho_m^{12} = 730 + 2,5(12 - 25) = 697,5\ \text{кг/м}^3.$$

Предел прочности при сжатии при стандартной влажности

$$R_{\text{сж}}^{12} = 57,1\ [1 + 0,05\ (25 - 12)] = 94,2\ \text{МПа}.$$

Задача № 4. Определить предел прочности при сжатии сосны при 42 %-ной влажности, если содержание ранней древесины у сосны — 70 %.

Решение. Предел прочности подсчитывается по формуле для сосны

$$R_{\text{сж}}^{15} = 0,6 \cdot 30 + 30,0 = 48\ \text{МПа}.$$

При 12 %-ной влажности

$$R^{12\text{сж}}_{\text{сос}} = 48[1 + 0,04(15 - 12)] = 53,76\ \text{МПа}.$$

древесины 20×20×30 мм нормализованной влажности 18 % на сжатие вдоль колонок разрушился от нагрузки 12 800 Н. Плотность древесины при влажности 18 % — 680 кг/м^3, коэффициент усушки — 0,5.

Решение. Коэффициент конструктивного качества рассчитывается по формуле

$$K_{\text{к.к}} = \frac{R^{\text{сж}}{}_{12}}{\rho} 10.$$

Задача № 5. Рассчитать коэффициент конструктивного качества древесины сосны при влажности 12 %, если при испытании образец

Предел прочности при сжатии при 18 %-ной влажности составит

$$R_{18}^{сж} = 12\ 800/0{,}02 \cdot 0{,}02 = 32\ МПа.$$

Предел прочности при сжатии при 12 %-ной влажности получится равным:

$$R_{12}^{сж} = 32[1 + 0{,}04(18 - 12)] = 39{,}8\ МПа.$$

Плотность древесины при 12 %-ной влажности определяется как

$$\rho_{12} = 680\left(1 - \frac{0{,}5(6)}{100}\right) = 475\ кг/м^3.$$

Коэффициент конструктивного качества сосны составит

$$K_{к.к} = 39{,}8 \cdot 10/475 = 0{,}835.$$

Задачи для самостоятельного решения

2.1. Сосновая доска при влажности 21 % имела ширину 90 мм, а в абсолютно сухом состоянии — 81,8 мм. Определить усушку древесины, а также ширину, которую будет иметь доска при влажности 12 %.

2.2. Для устройства чистого пола в жилых зданиях были применены сосновые доски шириной 84 мм с влажностью 15 % вместо допустимой 12 %. Какие возможны щели между досками при их высыхании до 12 %, если коэффициент усушки сосны 0,44?

2.3. Рассчитать линейную усушку в продольном, тангенциальном и радиальном направлениях и объемную усушку древесины, образец которой в естественном состоянии имеет размер 20×20×30 мм, а после полного высушивания принимает размер 18×17×29 мм. Сравнить точность расчета объемной усушки по точной и приближенной формулам.

2.4. Свежесрубленная сосна имела влажность 75 %. Она была выдержана сначала на открытом воздухе при температуре 15 °С и относительной влажности 80 %, а затем в помещении при 20 °С и относительной влажности воздуха 60 %. Как изменилась средняя плотность древесины сосны? При стандартной влажности она имеет плотность 500 кг/м^3.

2.5. Стандартный образец древесины сосны при испытании на статический изгиб разрушился при нагрузке 150 кгс (1 500 Н). Масса образца при влажности 25 % составляла 52,8 г. Определить предел прочности при статическом изгибе и среднюю плотность древесины при стандартной влажности.

2.6. Предел прочности древесины при изгибе — 78 МПа, влажность — 15 %. Определить предел прочности при изгибе для нормированной влажности. Плотность образца 730 кг/м^3.

Практическая работа 5
«Расчет каменных материалов»

Природными каменными материалами называют строительные материалы, полученные из горных пород без обработки или в результате применения лишь механической обработки (раскалывание, распиливание, шлифование, полирование и др.). Природные каменные материалы в этом случае полностью сохраняют физико-механические свойства горной породы, из которой они были получены.

Горная порода представляет собой камневидное тело, состоящее из одного или нескольких минералов. Минералы являются природными химическими соединениями, образовавшимися в результате различных физико-химических процессов, происходящих в земной коре.

Природные каменные материалы широко применяются в строительстве. Горные породы служат сырьем для производства нерудных строительных материалов, минеральных вяжущих веществ и искусственных материалов.

Цель: Научиться определять среднюю плотность, пористость, водопоглощение и водонасыщение природных каменных материалов по результатам лабораторных исследований.

Задание 1

Масса образца горной породы в сухом состоянии на воздухе равна m1 = 55 г. После парафинирования его поверхности масса в воде составила m2 = 33 г. Расход парафина mп = 0,8 г, а его истинная плотность ρп = 0,9 г/см3. Плотность воды ρв =1000 кг/м3. Вычислить среднюю плотность горной породы.

Задание 2

Масса образца горной породы в сухом состоянии 240 г. После выдерживания в воде в течение 48 ч масса увеличилась до 265 г. После высушивания и насыщения водой под давлением масса была равна 235 г. Истинная плотность горной породы 2780 кг/м3, а средняя плотность 2000 кг/м3. Определить пористость, водопоглощение и водонасыщение по массе и по объему.

Примеры решения задач

Задача 1. Масса образца горной породы в сухом состоянии на воздухе равна m_1 = 60 г. После парафинирования его поверхности масса в воде составила m_2 = 37 г. Расход парафина $m_п$ = 0,6 г, а его истинная плотность $\rho_п$ = 0,9 г/см^3. Плотность воды $\rho_в$ =1000 кг/м^3. Вычислить среднюю плотность горной породы.

Решение.

Объем парафина на образце:

$$V_п = \frac{m_п}{\rho_п} = \frac{0,6}{0,9} = 0,66см^3 .$$

Объем образца при гидростатическом взвешивании определяем по формуле

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_в},$$

где m_1 – масса образца, взвешенного на воздухе, г;

m_2 – масса образца, взвешенного в воде, г;

$\rho_в$ – плотность воды, г/см^3.

Следовательно, объем парафинированного образца составит:

$$V = \frac{60 - 37}{1} = 23см^3$$

Объем образца горной породы равен разности объемов парафинированного образца и парафина на образце:

$V_о = V - V_п = 23 - 0{,}66 = 22{,}34$ см^3.

Средняя плотность горной породы:

$$\rho_т = \frac{m_1}{V_{об}} = \frac{60}{22{,}34} = 2{,}68г/см^3.$$

Задача 2. Масса образца горной породы в сухом состоянии 210 г. После выдерживания в воде в течение 48 ч масса увеличилась до 225 г. После высушивания и насыщения водой под давлением масса была равна 232 г. Истинная плотность горной породы 2780 кг/м^3, а средняя плотность 2000 кг/м^3. Определить пористость, водопоглощение и водонасыщение по массе и по объему.

Решение.

Водопоглощение в % по массе вычисляем по формуле:

$$W = \frac{m_в - m_с}{m_с} \cdot 100$$

где $m_в$ – масса насыщенного водой материала, г;

$m_с$ – масса сухого материала, г.

$$W_м = \frac{225 - 200}{200} \cdot 100 = 7{,}1\%$$

Водопоглощение в % по объему:

$$W_о = W_м \frac{\rho_т}{\rho_в} = 7{,}1 \cdot \frac{2000}{1000} = 14{,}2\%$$

где ρ_m – средняя плотность материала, кг/м^3;

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3.

Водонасыщение по массе $W_{нм} = \frac{232 - 210}{210} 100 = 10{,}5\%$

Водонасыщение по объему: $W_{но} = 10{,}5 \cdot \frac{2000}{1000} = 21\%$

Пористость породы: $П = \left(1 - \frac{\rho_т}{\rho}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{2000}{2780}\right) \cdot 100 = 28{,}1\%$

где ρ – истинная плотность материала, кг/м^3.

Практическая работа 6
«Расчет керамических и силикатных материалов»

Керамическими называют искусственные каменные материалы, получаемые из глиняных масс путем формования, сушки и последующего обжига. После обжига керамические материалы приобретают значительную прочность, водостойкость, морозостойкость и ряд других ценных свойств. Среди керамических материалов наибольшее распространение имеют керамический обыкновенный и пустотелый кирпич, пустотелые керамические камни, облицовочные плитки, керамическая черепица и керамзит.

Керамические материалы и изделия имеют разнообразные размеры, форму, физико-механические свойства и различное назначение, но основные этапы технологического процесса производства их примерно одинаковы и складываются из добычи сырьевых материалов, подготовки сырьевой массы, формования изделия (сырца), сушки, обжига, сортировки обожженных изделий, упаковки и хранения их на складе.

Керамический кирпич является широко распространенным стеновым материалом, к его качеству предъявляются определенные требования: к внешнему виду изделия, его геометрическим размерам, к качеству черепка, физическим и механическим свойствам кирпича — водонасыщению, морозостойкости, пределу прочности при изгибе и при сжатии.

Цель работы: определить физические и механические свойства керамических материалов.

Примеры решения задач

Задача № 1. Определить расход глины (по массе и объему), необходимый для изготовления 15 000 шт. керамического полнотелого кирпича, при следующих данных: средняя плотность кирпича — 1760 кг/м^3, средняя плотность сырой глины — 1 650 кг/м^3, ее влажность 15 %; во время обжига сырца в печи потери при прокаливании составляют 10 % массы сухой глины.

Решение. Объем заданного количества кирпичей составит

$$V_к = 15\,000 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}065 = 29{,}25 \text{ м}^3,$$

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

Масса кирпича рассчитывается по его плотности

$$m_к = 29{,}25 \cdot 1\,760 = 51\,480 \text{ кг}.$$

Масса глины, необходимой для изготовления 15 000 шт. полнотелых кирпичей, составит:

$$m_г = 51\,480 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}1 = 65\,122 \text{ кг}.$$

Объем сырой глины

$$V_г = 65\,122/1\,650 = 39{,}47 \text{ м}^3.$$

Задача № 2. Определить, какое количество глины (по массе и объему) необходимо для изготовления 10 000 шт. керамического полнотелого кирпича со средней плотностью 1800 кг/м^3. Кирпич должен соответствовать требованиям ГОСТ 530—95. Средняя плотность глины 1700 кг/м^3, влажность ее 15 %, а потери при прокаливании составляют 10 % массы сухой глины. Во время изготовления, выгрузки и погрузки кирпича брак составляет 2 % всей партии кирпича.

Решение. С учетом 2 % брака необходимо изготовить полнотелого кирпича

$$N = 10\,000 \cdot 1{,}02 = 10\,200 \text{ шт}.$$

Объем полнотелого кирпича

$$V_к = 10\,200 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}065 = 19{,}89 \text{ м}^3.$$

Масса кирпича рассчитывается по его плотности

$$m_к = 19{,}89 \cdot 1\,800 = 35\,800 \text{ кг}.$$

Масса глины, необходимой для изготовления 10 000 шт. полнотелых кирпичей, составит

$$m_г = 35\,800 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}10 = 45\,287 \text{ кг}.$$

Объем сырой глины

$$V_г = 45\,287/61\,700 = 26{,}6 \text{ м}^3.$$

Задача № 3. Какое количество керамического полнотелого кирпича (ГОСТ 530—95) со средней плотностью 1750 кг/м^3 можно изготовить из 10 т глины с влажностью 10 % и потерями при прокаливании 8 % массы сухой глины?

Решение. Масса глины после обжига с учетом влажности и потерь при прокаливании

$$m_г = 10\,000 : 1{,}1 : 1{,}08 = 8\,418 \text{ кг}.$$

Объем одного кирпича

$$0{,}25 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}065 = 0{,}00195 \text{ м}^3.$$

Масса одного кирпича со средней плотностью 1750 кг/м^3

$$m_к = 0{,}00195 \cdot 1\,750 = 3{,}412 \text{ кг}.$$

Количество получаемого кирпича 8 418 : 3,412 = 2 460 шт.

Задача № 4. Сколько штук кирпича глиняного полнотелого одинарного получится из 10 м^3 глины и сколько штук пустотелого кирпича одинарного с 32 пустотами из того же количества при следующих данных: средняя плотность черепка кирпича — 1 740 кг/м^3, средняя плотность сырой глины — 1 660 кг/м^3, влажность глины — 13 %, потери при прокаливании в процессе обжига сырца в печи — 8 % массы сухой глины?

Решение. Масса глины при заданных объеме и плотности составит

$$m_г = 1\,660 \cdot 10 = 16\,600 \text{ кг}.$$

Масса кирпича (черепка)

$$m_к = 16\,600/(1{,}13 \cdot 1{,}08) = 13\,600 \text{ кг}.$$

Объем черепка пустотелого кирпича или объем полнотелого кирпича

$$V_к = 13\,660/1\,740 = 7{,}817 \text{ м}^3.$$

Количество кирпича полнотелого, которое при этом получится

$$N_1 = 7{,}817/(0{,}25 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}065) = 4\,008 \text{ шт}.$$

Пустотелый кирпич одинарный имеет пустотность при 32 пустотах 22 %, поэтому пустотелого кирпича получится

$$N_2 = 7{,}817/(0{,}25 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}065 \cdot 0{,}78) = 5\,139 \text{ шт}.$$

Задача № 5. При испытании керамического кирпича полнотелого пластического формования предел прочности при сжатии, средний для пяти образцов, составил 23,8 МПа, а наименьший для отдельного образца — 18,2 МПа. Средний из 5 образцов предел прочности при изгибе — 3,5 МПа, наименьший для отдельных образцов при изгибе — 1,8 МПа. Какова марка кирпича?

Решение. В соответствии с допустимым пределом прочности при изгибе отдельных образцов 1,8 МПа — марка кирпича 200 (см. таб-

Задачи для самостоятельного решения

4.1. Рассчитать расход глины (по массе и объему), необходимый для изготовления 8 000 шт. керамических кирпичей (кирпич модульных размеров полнотелый), при следующих данных: средняя плотность сырой глины — 1 680 кг/м^3, ее влажность — 15 %, средняя плотность черепка кирпича — 1 750 кг/м^3; обжиг сырца в печи дает потери при прокаливании 10 % массы сухой глины.

Таблица 5. Прочность керамического кирпича

Марка кирпича	Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при изгибе, МПа			
	Для всех видов кирпича		Для полнотелого кирпича пластического формования		Для полнотелого кирпича полусухого формования и пустотелого кирпича	
	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для 5 образцов	Наименьший для отдельного образца
300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7
250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5
200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3
175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1
150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0
125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9
100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7

4.2. Определить расход глины (по массе и объему), необходимый для изготовления 10 000 шт. керамических кирпичей (кирпич полнотелый утолщенный), при следующих данных: средняя плотность черепка кирпича — 1 750 кг/м^3, средняя плотность сырой глины — 1 660 кг/м^3, ее влажность — 14 %; в процессе обжига сырца в печи потери при прокаливании составляют 8 % массы сухой глины.

4.3. Вычислить, какое количество штук кирпича керамического полнотелого утолщенного получится из 12 м^3 глины при следующих данных: средняя плотность черепка кирпича 1 720 кг/м^3, средняя плотность сырой глины 1 660 кг/м^3, влажность глины 15 %, потери при прокаливании в процессе обжига сырца в печи составляют 10 % массы сухой глины.

4.4. Необходимо изготовить 10 000 шт. керамических кирпичей (кирпич с 18 пустотами утолщенный) при следующих данных: средняя плотность черепка кирпича — 1 760 кг/м^3, средняя плотность сырой глины — 1 670 кг/м^3, ее влажность — 15 %; обжиг сырца в печи дает потери при прокаливании 10 % массы сухой глины. Определить расход глины (по массе и объему).

4.5. Какое количество керамического кирпича полнотелого одинарного получится из 10 м^3 глины при следующих данных: средняя плотность черепка кирпича 1 720 кг/м^3, средняя плотность сырой глины 1 640 кг/м^3, влажность глины 14 %? Потери при прокаливании во время обжига сырца в печи составляют 9 % массы сухой глины.

4.6. Средняя плотность черепка кирпича 1 680 кг/м^3, средняя плотность сырой глины 1 630 кг/м^3, влажность глины 14 %, потери при прокаливании сырца в печи составляют 9 % массы сухой глины. Какое количество кирпича полнотелого модульного можно изготовить из 10 м^3 такой глины?

4.7. Определите марку полнотелого керамического кирпича пластического формования, если среднее значение предела прочности при сжатии — 28 МПа, средний предел прочности при изгибе — 4,1 МПа, минимальный предел прочности при сжатии отдельного образца — 21 МПа, при изгибе — 2,1 МПа. Количество образцов, имеющих отклонения от нормативных по линейным размерам, искривлениям и другим факторам внешнего осмотра, — 2 %.

4.8. Установить марку полнотелого кирпича пластического формования, если среднее значение предела прочности при сжатии — 16,2 МПа, средний предел прочности при изгибе — 2,9 МПа, минимальный предел прочности при сжатии отдельного образца — 12,8 МПа, при изгибе — 1,5 МПа.

4.9. Определить предел прочности при изгибе полнотелого керамического кирпича, соответствующего требованиям ГОСТ 530—95. Отклонения кирпича от размеров составляют: по ширине +3 мм, по толщине +2 мм. Разрушающее усилие при испытании кирпича составило 5 кН. Расстояние между опорами при испытании кирпича 20 см.

4.10. Какова марка полнотелого керамического кирпича полусухого формования, если среднее значение предела прочности при сжатии — 13 МПа, средний предел прочности при изгибе — 2,0 МПа, минимальный предел прочности при сжатии отдельного образца — 11 МПа, при изгибе — 0,95 МПа?

4.11. Полнотелый керамический кирпич пластического формования имеет среднее значение предела прочности при сжатии — 28 МПа, средний предел прочности при изгибе — 4,4 МПа, минимальный предел прочности при сжатии отдельного образца — 22 МПа, при изгибе — 2,1 МПа. Определите марку кирпича.

4.12. Среднее значение предела прочности при сжатии — 23 МПа, средний предел прочности при изгибе — 2,6 МПа, минимальный предел прочности при сжатии отдельного образца — 18 МПа, при изгибе — 1,4 МПа. Установите марку полнотелого кирпича полусухого формования.

4.13. Среднее значение предела прочности кирпича пластического формования при сжатии — 26 МПа, средний предел прочности при изгибе — 2,6 МПа, минимальный предел прочности при сжатии отдельного образца — 21 МПа, при изгибе — 1,4 МПа. Установите марку кирпича полнотелого.

Практическая работа 7
«Расчет металлических изделий и материалов»

Металлы широко применяют в строительстве. Так, при возведении каркасов промышленных и гражданских зданий, пролетных строений мостов используют стальной прокат, в железобетоне — стальную арматуру; применяют также стальные и чугунные трубы, кровельную сталь и другие металлические изделия. Этому способствует ряд ценных технических свойств метаплов, которые выгодно отличают их от других строительных материалов: высокие прочность и пластичность обработки давлением (прокатка, штамповка и др.). Однако металлы обладают и существенными недостатками: имеют большую плотность, при действии различных газов и влаги сильно корродируют, а при высоких температурах значительно деформируются.

Металлы, применяемые в строительстве, разделяются на две группы: черные и цветные.

Черные металлы представляют собой сплав железа с углеродом. Кроме того, в них могут содержаться в большем или меньшем количестве и другие химические элементы (кремний, марганец, сера, фосфор). Для придания черным металлам специфических свойств в их состав вводят улучшающие или легирующие добавки (никель, хром, медь и др.).

Черные металлы в зависимости от содержания углерода подразделяют на чугуны и стали.

Чугун — железоуглеродистый сплав с содержанием углерода 2— 4,3 %. Наличие в чугуне марганца, кремния, фосфора, а также легирующих добавок — никеля, хрома и др. придает ему высокие механические свойства и обеспечивает высокие жаростойкость и коррозионную стойкость. Чугуны с добавками никеля, хрома, магния и Других элементов называют легированными.

Сталь — ковкий железоуглеродистый сплав с содержанием углерода до 2 %. По химическому составу в зависимости от входящих в сплав химических элементов стали бывают углеродистые и легированные. К углеродистым сталям относят сплавы железа с углеродом и примесями марганца, кремния, серы и фосфора. Углеродистую сталь, полученную различными способами, по характеру застывания принято разделять на спокойную, полуспокойную и кипящую.

Тированными называют стали, в состав которых входят легирующие добавки (никель, хром, вольфрам, молибден, медь, алюминий и др.). Кроме того, по суммарному содержанию добавок стали разделяют на низколегированные (с содержанием легирующих добавок до 2,5 %), среднелегированные (с содержанием легирующих добавок от 2,5 до 10 %) и высоколегированные (с содержанием легирующих добавок более 10 %).

По назначению стали могут быть конструкционные (применяемые для изготовления различных строительных конструкций и деталей машин), специальные (характеризующиеся высокой жаро- и износостойкостью, а также коррозионной стойкостью) и инструментальные.

По качеству стали обычно подразделяют на обыкновенные (рядовые), качественные, высококачественные и особо высококачественные.

Стали для строительных конструкций разделяют на виды и маркируют условными обозначениями, в которых отражаются состав и назначение стали, механические и химические свойства, способы изготовления и раскисления.

Цветные металлы в чистом виде весьма редко используют в строительстве. Значительно чаще находят применение сплавы цветных металлов, которые по истинной плотности разделяют на легкие и тяжелые.

Легкие ставы получают на основе алюминия или магния. Наиболее распространенными легкими сплавами являются алюминиевомагниевые и сплавы дюралюминия. Их используют для несущих (фермы и др.) и ограждающих (оконные переплеты и др.) конструкций зданий и сооружений.

Тяжелые сплавы получают на основе меди, олова, цинка, свинца. Среди тяжелых сплавов в строительстве применяют бронзу (сплав меди с оловом или сплав меди с алюминием, железом и марганцем) и латунь (сплав меди с цинком). Из этих сплавов изготовляют архитектурные детали и санитарно-техническую арматуру.

Цель работы: определить физические и механические свойства металлических материалов.

Примеры решения задач

Задача № 1. Образец стали диаметром 10 мм и расчетной длиной 100 мм разрушается при нагрузке 29 000 Н, текучесть наступила при нагрузке 18 230 Н. Длина рабочей части образца после разрыва оказалась равной 132 мм. Определить марку стали.

Решение. Предел текучести равен

$$\sigma_s = \frac{P_s}{S} = \frac{18\ 230}{3,14 \cdot 0,005^2} = 213\ \text{МПа}.$$

Предел прочности при растяжении

$$\sigma_b = \frac{P_b}{S} = \frac{29\ 000}{3,14 \cdot 0,005^2} = 370\ \text{МПа}.$$

Относительное удлинение

$$\Delta l = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{132 - 100}{100} 100\ \% = 32\ \%.$$

Марки стали Ст2пс, Ст2сп.

Задача № 2. При испытании твердости стали по Бринеллю с помощью шарика диаметром $D = 10$ мм при нагрузке $F = 30$ кН получен диаметр отпечатка $d = 5,05$ мм. Какую твердость имеет сталь и к какой марке ее можно отнести?

Решение. Твердость по Бринеллю выражают числом твердости НВ и вычисляют по формуле

$$\text{НВ} = \frac{2F}{\pi D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} = \frac{2 \cdot 30\ 000}{3,14 \cdot 10\left(10 - \sqrt{100 - 25,5}\right)} = 1\ 430\ \text{Н/мм}^2.$$

Для ориентировочного определения временного сопротивления $\sigma_в$ стали используем эмпирическую формулу

$$\sigma_в \approx 0,34 \cdot \text{НВ} \approx 0,34 \cdot 1\ 430 = 486\ \text{МПа}.$$

По результатам определения твердости по Бринеллю испытанную сталь можно отнести к марке Ст3.

Задача № 3. Расшифровать марки углеродистой стали общего назначения: Ст1кп, Ст3Гпс3, БСт2сп2, ВСт4пс6; качественной конструкционной углеродистой стали: 05кп, 10кп, 60Г, А12; легированной стали: 09Г2СД, 12Х2Н4А, Г13, 30ГС.

Решение. Углеродистые стали общего назначения:

Ст1кп — сталь группы А (поставляемая по механическим свойствам) первой категории с условным номером 1, зависящим от химического состава и механических свойств, кипящая; Ст3Гпс3 — сталь группы А третьей категории с условным номером 3 с повышенным содержанием марганца (Г), полуспокойная; БСт2сп2 — сталь группы Б (поставляемая по химическому составу) второй категории с условным номером 2, спокойная; ВСт4пс6 — сталь группы В (поставляемая по механическим свойствам и химическому составу) шестой категории с условным номером 4, полуспокойная.

Качественные конструкционные углеродистые стали: 05кп — сталь со средним содержанием углерода 0,05 %, кипящая; 10кп — сталь со средним содержанием углерода 0,1 %, кипящая; 60Г — сталь со средним содержанием углерода 0,6 % и повышенным содержанием марганца; А12 —автоматная сталь со средним содержанием углерода 0,12 %.

Легированные стали:

09Г2СД — сталь с содержанием углерода 0,09 %, марганца до 2 %, кремния до 1 %, меди до 1 %; 12Х2Н4А — сталь с содержанием углерода 0,12 %, хрома 2 %, никеля 4 %, высококачественная; Г13 — сталь с содержанием углерода 1 % и более, марганца 13 %; 30ГС — сталь с содержанием углерода 0,3 %, марганца и кремния до 1 %.

Задачи для самостоятельного решения

6.1. При испытании на растяжение образец стали диаметром 15 мм и расчетной длиной 150 мм разрушается при нагрузке 68 000 Н, текучесть образца отмечена при величине нагрузки 41 500 Н. Длина рабочей части образца после разрыва оказалась равной 184 мм. Определить марку стали.

6.2. Арматурная сталь испытана на растяжение в образце диаметром 10 мм и длиной 100 мм. После испытания установлены следующие показатели: нагрузка при пределе текучести — 76 000 Н, разрушающая нагрузка — 82 500 Н, длина образца при пределе текучести — 106 мм, после разрыва —115 мм; диаметр образца шейки после испытания 6,8 мм. Определить относительное сужение и марку стали.

6.3. Определите марку стали, если нагрузка предела текучести 78 300 Н, разрушающая нагрузка 84 200 Н, длина образца 100, 107 и 118 до испытания, на пределе текучести и после разрыва соответственно, а диаметр шейки образца до и после испытания 10 и 6,7 мм.

6.4. Рассчитайте относительное сужение и другие показатели образца и определите марку арматурной стали, если нагрузка предела текучести 76 200 Н, разрушающая нагрузка — 83 500 Н, длина образца до испытания 100 мм, при пределе текучести — 105 мм, после разрыва — 118 мм, диаметр образца до испытания 10 мм, после испытания диаметр шейки 6,6 мм.

6.5. Установить ожидаемую глубину отпечатка стального шарика диаметром 10 мм при нагрузке 29,4 кН при испытании твердости по Бринеллю сталей марок Ст1кп ($\sigma_в$ = 350 МПа), Ст6пс ($\sigma_в$ = 600 МПа).

6.6. Определить механические характеристики и марку стали, если при испытании на твердость по Бринеллю шариком диаметром 10 мм при нагрузке 30 000 Н средний диаметр отпечатка составляет 6,27 мм.

6.7. Для арматурных сталей классов А-I, А-II, А-III, А-IV, А-V и А-VI временное сопротивление разрыву должно быть соответственно не менее, МПа: 373, 490, 590, 883, 1030 и 1230. Какими должны быть значения твердости арматурных сталей по Бринеллю?

6.8. Расшифровать состав стали по ее марке 12Х2Н4А.

6.9. Какой состав стали имеет марку Г13?

6.10. Марка стали Х14Г4Н. Определите состав такой стали.

6.11. Расшифровать марки углеродистой стали общего назначения: Ст0, Ст2пс, Ст3пс2, БСт3кп2, ВСт4пс2.

6.12. Расшифровать марки углеродистой качественной стали: 05кп, 10кп, 60Г, А30.

6.13. Расшифровать марки легированных сталей, применяемых для изготовления арматуры железобетонных конструкций: 20ХГ2Ц, 23Х2Г2Т, 22Х2Г2Р.

Практическая работа 8
«Расчет бетона и растворов»

Минеральными вяжущими веществами называют искусственно получаемые порошкообразные тонкодисперсные материалы, которые при затворении водой (водными растворами) образуют пластичное тесто, способное в результате физико-химических процессов затвердевать, т.е. переходить в камневидное состояние. Это свойство вяжущих веществ позволяет широко использовать их для приготовления строительных растворов и бетонов, а также для производства различных безобжиговых искусственных каменных материалов, изделий и деталей, клеящих и красочных составов.

Минеральные вяжущие вещества разделяют на воздушные и гидравлические. Воздушные вяжущие — вещества, которые способны твердеть, длительное время сохранять и повышать свою прочность только на воздухе. К воздушным вяжущим относятся воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие и др.

Гидравлическими вяжущими называют вещества, которые способны твердеть, длительное время сохранять и повышать свою прочность не только на воздухе, но и в воде. К гидравлическим вяжущим относятся гидравлическая известь, романцемент, портландцемент и его разновидности, глиноземистый цемент, водонепроницаемые расширяющиеся и безусадочные цементы и др.

Строительная воздушная известь

Строительная воздушная известь представляет собой продукт умеренного обжига кальциево-магниевых карбонатных горных пород: известняка, мела, доломитизированного известняка с содержанием глины не более 6 %.

Известняк состоит в основном из карбоната кальция $CaCO_э$. Обжигают известняк в шахтных и других печах при температуре 900— 1200 °С до полного удаления $C0_2$. При обжиге происходит реакция

$CaC0_3 = CaO + C0_2$.

Продукт обжига, комовая известь-кипелка, состоит в основном из оксида кальция CaO, кроме того, содержит небольшое количество оксида магния, образовавшегося в результате термической диссоциации содержащегося в известняке карбоната кальция по реакции

$MgCO_3 = MgO + CO_2$.

При обжиге известняка сначала испаряется свободная вода, а затем удаляется углекислый газ $C0_2$. Полученная комовая известь- кипелка в виде пористых кусков активно взаимодействует с водой.

Содержание активных CaO + MgO в %, считая на сухое веще, является основным показателем качества воздушной извести — ее активностью, по которой устанавливается сортность.

Кроме того, в комовой извести обычно содержится некоторое количество недожога и пережога.

При обработке негашеной комовой извести водой оксид кальция превращается в гидроксид кальция

$CaO + H_20 = Ca(OH)_2 + q$.

Этот процесс носит название гашения извести и сопровождается выделением большого количества теплоты и интенсивным парообразованием.

В зависимости от количества воды, взятой при гашении, получают гидратную известь (пушонку), известковое тесто или известковое молоко.

Непогасившиеся зерна, к которым относятся частицы недожога и пережога, теперь уже содержатся в гашеной извести и определяют ее качество.

По данной теме могут быть задачи трех типов

- определение количества негашеной комовой извести при обжиге заданного количества известняка;
- определение количества извести-пушонки или известкового теста при гашении заданного количества извести-кипелки определенной активности;
- определение качества (сорта) строительной воздушной извести по результатам лабораторных испытаний.

Технические требования к кальциевой, магнезиальной и доломитовой строительной извести приведены в таблице 6.

Таблица 6. Технические требования к строительной воздушной извести

Показатель	Значения показателя извести								
	кальциевой			магнезиальной			доломитовой		
	Сорт								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Содержание активных CaO+MgO, считая на сухое вещество, %, не менее:									
в негашеной извести без добавок	90	80	70	85	75	65	85	75	65
то же, с добавками	65	55	—	60	50	—	60	50	—
Скорость гашения, мин:									
быстрогасящаяся, менее	8	8	8	8	8	8	8	8	8
среднегасящаяся, не более	25	25	25	25	25	25	25	25	25
медленногасящаяся, более	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Количество непогасившихся зерен в негашеной комовой извести, %, не более	7	11	14	10	15	20	10	15	20
Тонкость помола — остаток частиц, %, не более, на ситах с сеткой:									
№ 02	1	1	1	1	1	1	1	1	1
№ 008	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Гипсовые вяжущие вещества

Гипсовым вяжущим называют воздушное вяжущее вещество, состоящее преимущественно из полуводного гипса.

Изготовляют это вяжущее путем термической обработки природного гипсового камня $CaS0_4 \cdot 2H_20$ с предшествующим этой обработке размолом в тонкий порошок. Кроме того, в качестве сырья используют природный ангидрит $CaS0_4$ и некоторые отходы промышленности, содержащие двуводный или безводный сернокислый кальций (фосфогипс, борогипс и др.).

Основным процессом при термической обработке двуводного гипса при температуре 110—170 °С является его дегидратация, происходящая по следующей реакции:

$CaS0_4 \cdot 2H_20 = CaS0_4 \cdot 0{,}5H_20 + 1{,}5H_20$.

Тепловую обработку гипсового камня производят в варочных котлах, сушильных барабанах, вращающихся печах, шахтных мельницах и др. Наиболее простым и распространенным способом производства строительного гипса является обжиг предварительно измельченного гипсового камня в варочных котлах.

Цемент

Среди минеральных вяжущих веществ наибольшее применение в строительстве имеют цементы на основе портландцементного клинкера. Эти цементы в зависимости от содержания и вида активных минеральных добавок подразделяют на портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и др.

Портландцемент представляет собой гидравлическое вяжущее вещество — продукт тонкого измельчения клинкера с добавкой гипса. Клинкер получают в результате обжига до спекания сырьевой смеси определенного состава, обеспечивающего преобладание в клинкере силикатов кальция.

Портландцемент с минеральными добавками — гидравлическое вяжущее вещество, получаемое измельчением клинкера с гипсом иактивными минеральными добавками осадочного происхождения (кроме глиежей) в количестве не более 10 % или доменным гранулированным ишаком в количестве не более 20 %.

Шлакопортландцемент — гидравлическое вяжущее вещество — продукт совместного тонкого измельчения клинкера, гипса и доменного гранулированного шлака или тщательного смешения этих же раздельно измельченных материалов. Количество доменного гранулированного шлака, вводимое в это вяжущее, составляет 21—60 % по массе готового цемента.

Пуццолановый портландцемент — гидравлическое вяжущее вещество — продукт совместного тонкого измельчения клинкера, гипса и активной минеральной добавки или тщательного смешения этих же раздельно измельченных материалов. Количество добавок вулканического происхождения (пемза, туфы, трассы), обожженных глин, глиежа или топливных шлаков, добавок осадочного происхождения (диатомит, трепел, опока) — свыше 20 %, но не более 40 % по массе готового цемента.

Кроме активных добавок, в состав портландцемента вводят до- бавки-микронаполнители, которые способны придавать бетонным смесям связность, пластичность и улучшать структуру бетона, а также уменьшать расход вяжущего. Добавки могут быть получены путем измельчения горных пород (известняков, песков и т.п.) или из отходов промышленности (доменных шлаков, топливных зол и шлаков, отходов обогащения железистых кварцитов, отходов камнеоб- работки и т.п.). Процентное содержание добавки-микронаполнителя устанавливают расчетом и опытным путем.

При введении добавок-микронаполнителей активность портландцемента обычно снижается. Если считать, что к 28-суточному возрасту добавка не участвует в образовании прочности цементного камня, то активность цемента будет снижаться пропорционально проценту введенной добавки. Активность смешанного цемента, МПа, следует определять по формуле

$$R_{см}=(1-P)R_{ц},$$

где Р — количество добавки-наполнигеля, доли единицы;

$R_{и}$ — активность портландцемента, МПа.

С целью создания пластичного цементного теста цементы разных видов требуют различного количества воды, а пластичность, в свою очередь, зависит от нормальной густоты цемента. Минимальную нормальную густоту имеют портландцементы без добавок. При введении в цемент при помоле клинкера добавок она увеличивается. Однако не вся вода, содержащаяся в цементном тесте, химически взаимодействует с цементом, в среднем 20—40 %. Основное же количество воды находится в межзерновом пространстве и в виде пленок воды на зернах заполнителя. Последнее приводит к значительной пористости цементного камня.

Основным показателем качества портландцемента, шлакопортландцемента и других цементов на основе цементного клинкера является его активность (марка), определяемая испытанием в лаборатории пробы цемента. По пределу прочности при сжатии и изгибе образцов из цементного раствора портландцемент подразделяют на следующие марки: 400, 500, 550, 600.

Цель работы: определить плотность, зерновой состав, содержание вредных примесей.

Примеры решения задач

Задача № 1. Требуется подобрать состав тяжелого бетона марки $R_{б} = 30$ МПа для бетонирования монолитных балок и колонн среднего сечения и рассчитать расход материалов на замес в бетоносмесителе с полезным объемом барабана 1200 л; подвижность бетонной смеси ОК = 3—4 см.

Характеристика исходных материалов: портландцемент активностью $R_{ц} = 47$ МПа, насыпная плотность сухих составляющих $\rho_{н.ц} = 1200$ кг/м^3; $\rho_{н.п} = 1500$ кг/м^3; $\rho_{н.щ} = 1600$ кг/м^3, а их истинная плотность $\rho_{ц} = 3100$ кг/м^3; $\rho_{п} = 2620$ кг/м^3; $\rho_{щ} = 2800$ кг/м^3; пустотность гранитного фракционированного щебня $V_{п.щ} = 0{,}43$, наибольшая крупность зерен щебня 40 мм; влажность крупного кварцевого песка $W_{п} = 3$ %; влажность щебня $W_{щ} = 1$ %.

Решение. Водоцементное отношение определяют по формуле

$$R_{б} = AR_{ц}(Ц/В - 0{,}5).$$

После преобразования относительно В/Ц формула примет вид

$$В/Ц = AR_{ц}(R_{б} + 0{,}5AR_{ц}) = 0{,}65 \cdot 47(30 + 0{,}5 \cdot 0{,}65 \cdot 47) = 0{,}68.$$

Значение $A = 0{,}65$ выбрано по таблице 9.2 как для высококачественных материалов.

Расход воды на 1 м^3 бетонной смеси определяют по таблице 9.3, учитывая заданную осадку конуса бетонной смеси для бетонирования балок и колонн ОК = 3—4 см. Для получения бетонной смеси такой подвижности с применением в качестве крупного заполнителя щебня с наибольшей крупностью зерен 40 мм расход воды на 1 м^3 бетонной смеси должен составлять 175 кг.

Расход цемента на 1 м^3 бетона

$$Ц = В/(В/Ц) = 175/0{,}68 = 259 \text{ кг}.$$

Расход щебня в сухом состоянии на 1 м^3 бетона

$$Щ = 1/(V_{п.щ}\alpha/\rho_{н.щ} + 1/\rho_{щ}) =$$

$$=1/(0{,}43 - 1{,}3/1600 + 1/2800) = 1416 \text{ кг}.$$

Значение коэффициента раздвижки зерен $\alpha = 1{,}3$ выбрано по таблице 9.4.

Расход песка в сухом состоянии на 1 м^3 бетона

$$П = [1 - (Ц/\rho_{д} + В/1000 + Щ/\rho_{щ})]\rho_{п} =$$

$$=[1 - (259/3100 + 175/1000 + 1416/2800)]2620 = 617 \text{ кг}.$$

В результате расчетов получают ориентировочный номинальный (лабораторный) состав бетона, кг/м^3:

цемент	—	259
вода	—	175
песок	—	617
щебень	—	1416
Итого	—	2467

Полученное в итоге значение является расчетной средней плотностью бетонной смеси, т.е. $\rho_{б.см} = 2467$ кг/м^3.

Коэффициент выхода бетона

$$\beta = 1/(V_{ц} + V_{п} + V_{щ}) = 1/(Ц/\rho_{н.ц} + П/\rho_{н.п} + Щ/\rho_{н.щ}) =$$

$$=1(259/1200 + 617/1500 + 1416/1600) = 0{,}66.$$

Расход материалов на 0,05 м^3 (50 л) бетонной смеси пробного замеса рассчитывают исходя из приведенного выше номинального состава бетона, кг:

цемент	— 259·0,05	= 12,95
вода	— 175·0,05	= 8,75
песок	— 617·0,05	= 30,85
щебень	— 1416·0,05	= 70,8

Отвешивают расчетное количество материалов и приготавливают бетонную смесь, подвижность которой определяют с помощью стандартного конуса. Если осадка конуса 1 см, т.е. меньше заданной (как в нашем примере), то для увеличения подвижности бетонной смеси добавляют 10 % цемента и воды (цемента 12,95·0,1 = 1,295 кг; воды

8,75·0,1 = 0,875 кг). Бетонную смесь с добавкой цемента и воды дополнительно хорошо перемешивают и проверяют подвижность. Если при проверке подвижности осадка конуса окажется 3 см, т.е. будет соответствовать заданной, опыт заканчивают и устанавливают действительный расход материалов с учетом добавления 10 % цемента и воды, определяя их абсолютный объем, м³:

цемент	— (12,95 + 1,295)/3100	= 0,0046
вода	— (8,75 + 0,875)/1000	= 0,0097
песок	— 30,85/2620	= 0,0116
щебень	— 70,1/2800	= 0,0254
Всего		0,0513

Зная объем бетонной смеси пробного откорректированного замеса $V_з$ и фактический расход материалов $Ц_з$, $В_з$, $П_з$, $Щ_з$, рассчитывают расход материалов на 1 м³ (1000 л) бетонной смеси, кг/м³:

Ц	$= Ц_з \cdot 1/V_з$	= 14,25/0,0513 = 277
В	$= В_з \cdot 1/V_з$	= 9,63/0,0513 = 187
П	$= П_з \cdot 1/V_з$	= 30,85/0,0513 = 599
Щ	$= Щ_з \cdot 1/V_з$	= 70,1/0,0513 = 1366
Всего		2429

Фактическая плотность свежеуложенной бетонной смеси $\rho_{б.см}$ = =2429 кг/м³, т.е. отличается от расчетной менее чем на 1 %.

Производственный (полевой) состав бетона вычисляют, принимая во внимание влажность заполнителей (в данном примере влажность песка 3 % и щебня 1 %), в связи с чем необходимое количество воды уменьшают

$$188 - (3 \cdot 599/100 + 1 \cdot 1366/100) =$$

$$= 188 - (18+14) = 156 \text{ кг.}$$

При этом количество заполнителей соответственно увеличивают

песок	— 599(1 + 3/100)	= 599 + 18 = 617 кг
щебень	— 1366(1 + 1/100)	= 1366 + 14 = 1380 кг

Для получения производственного состава в соотношениях по массе расход каждого компонента бетонной смеси, кг, делят на расход цемента

$$Ц/Ц:П/Ц:Щ/Ц =$$

$$=277/277:617/277:1380/277 = 1:2,2:5$$

$$\text{при } В/Ц = 0,56.$$

Дозировку составляющих бетонной смеси на один замес бетоносмесителя с полезным объемом барабана 1,2 м³ (1200 л) определяют по формулам:

$$Ц_v = \beta И Ц/1 = 0,68 \cdot 1,2 \cdot 277/1 = 226 \text{ кг;}$$

$$П_v = \beta И П/1 = 0,68 \cdot 1,2 \cdot 617/1 = 503 \text{ кг;}$$

$$В_v = \beta И В/1 = 0,68 \cdot 1,2 \cdot 156/1 = 127 \text{ кг;}$$

$$Щ_v = \beta И Щ/1 = 0,68 \cdot 1,2 \cdot 1380/1 = 1125 \text{ кг.}$$

В лаборатории из приготовленной бетонной смеси пробных замесов объемом по 50 л делают контрольные образцы-кубы размером 150×150×150 мм, которые после хранения в нормальных условиях испытывают в заданные сроки (обычно 7 и 28 сут) на гидравлическом прессе. По результатам испытаний строят график и уточняют водоцементное отношение, обеспечивающее получение бетона заданной марки.

Задача № 2. Рассчитать лабораторный состав тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В20, коэффициент вариации прочности 12 %. Материалы: портландцемент марки 400 с истинной плотностью 3100 кг/м^3, песок средней крупности с истинной плотностью $\rho_п$ = 2630 кг/м^3, гранитный щебень с наибольшей крупностью 40 мм, истинной плотностью $\rho_щ$ = 2600 кг/м^3, насыпной плотностью $\rho_{н.щ}$ = 1480 кг/м^3. Заполнители рядовые. Бетонная смесь имеет осадку конуса 4 см.

Решение. Средняя прочность бетона класса по прочности на сжатие В20

$$R_б = \frac{В}{1-1,64\cdot V_R} = \frac{20}{1-1,64\cdot 0,12} = 24,9 \text{ МПа} \cong 249 \text{ кгс/см}^2.$$

Из формулы $R_б = AR_ц(Ц/В - 0,5)$ находим

$$Ц/В = \frac{R_б}{AR_ц} + 0,5 = \frac{249}{0,6\cdot 400} + 0,5 = 1,54.$$

Расход воды 175 кг/м^3 (см. таблицу 10).

Расход цемента $Ц = В\frac{Ц}{В} = 175\cdot 1,54 = 270$ кг/м^3.

Пустотность щебня $V_{п.щ} = \frac{В}{1} - \frac{\rho_{н.щ}}{\rho_щ} = 1 - \frac{1,48}{2,6} = 0,43.$

Объем цементного теста $V_{ц.т} = \frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{В}{\rho_в} = \frac{270}{3,1} + \frac{175}{1} = 262$ дм^3.

Коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя $\alpha_{разд}$ = 1,33 (см. таблицу 9.4).

Расход щебня $Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha V_{п.щ}}{\rho_{н.щ}} + \frac{1}{\rho_щ}} = \frac{1000}{\frac{0,43\cdot 1,33}{1,48} + \frac{1}{2,6}} = 1297$ кг/м^3.

Расход песка $П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{В}{\rho_в} + \frac{Щ}{\rho_щ}\right)\right]\rho_п =$

$$= \left[1000 - \left(\frac{270}{3,1} + \frac{175}{1} + \frac{1297}{2,6}\right)\right]\cdot 2,63 = 629 \text{ кг/м}^3.$$

Расчетная средняя плотность бетонной смеси

$$\rho^р_{б.с} = Ц + В + П + Щ = 270 + 175 + 629 + 1297 = 2371 \text{ кг/м}^3.$$

Задача № 3. Номинальный состав бетона по массе 1:2,2:4,4 при В/Ц = 0,5. Средняя плотность бетона 2450 кг/м³. Насыпная плотность цемента 1300 кг/м³, песка 1400 кг/м³, щебня 1550 кг/м³. Найти номинальный состав бетона по объему и расход материалов на 1 м³ бетона.

Решение. Расход цемента

$$Ц = 2450/(1 + 2,2 + 4,4 + 0,5) = 302 \text{ кг}.$$

Расходы песка и щебня

$$П = 302 \cdot 2,2 = 664 \text{ кг}; \quad Щ = 302 \cdot 4,4 = 1329 \text{ кг}.$$

Объемы цемента, песка и щебня

$$V_ц = \frac{302}{1,3} = 232 \text{ л}; \quad V_п = \frac{664}{1,4} = 474 \text{ л}; \quad V_щ = \frac{1329}{1,55} = 857 \text{ л}.$$

Номинальный состав по объему

$$\frac{232}{232} : \frac{474}{232} : \frac{875}{232} = 1 : 2,04 : 3,69.$$

Задача № 4. При приготовлении тяжелого бетона использовался шлакопортландцемент марки 300, расход воды — 200 л на 1 м³ бетона, при В/Ц = 0,5.

Коэффициент качества заполнителей — 0,5. Определить экономию цемента, если через 90 дней требуется достижение прочности бетона 20,0 МПа.

Решение. Определяем прочность бетона через 28 дней

$$R_{28} = R_{90} \frac{\lg 28}{\lg 90} = 20,0 \frac{1,447}{1,98} = 14 \text{ МПа}.$$

Определяем В/Ц для бетона в 28-дневном возрасте

$$В / Ц = \frac{300 \cdot 0,5}{140 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 300} = 0,55.$$

Определяем прочность бетона в 90-дневном возрасте

$$В / Ц = \frac{300 \cdot 0,5}{200 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 300} = 0,7.$$

Определяем расход цемента по формуле Ц = В/(В/Ц)

$$Ц_{28} = 280 \text{ кг/м}^3; \quad Ц_{90} = 364 \text{ кг/м}^3.$$

Экономия цемента: $\frac{364 - 280}{364} 100 = 20 \%$.

Задача № 5. Определить состав тяжелого бетона по массе и объему при расходе цемента 300 кг/м³, В/Ц = 0,6. Насыпная плотность цемента 1300 кг/м³; песка 1600 кг/м³; щебня 1400 кг/м³, отношение между песком и щебнем по массе 0,45, истинная плотность, г/см³: Ц = 3,1; П = 2,62 и Щ = 2,7.

Решение. Абсолютный объем цемента в 1 м³ бетона: 300/3,1 = =97 дм³.

Абсолютный объем цемента в 1 м³ воды: 0,6 × 300 = 180 дм³.

Абсолютный объем цемента в 1 м³ песка и щебня

$$1000 - (97 + 180) = 723 \text{ дм}^3.$$

Истинная плотность песка и щебня

$$\frac{2,65 \cdot 0,45 + 2,7 \cdot 1}{1,45} = 2,67 \text{ кг/дм}^3.$$

Масса песка и щебня: 723 · 2,67 = 1940 кг.

Масса: песка (1940 · 0,45)/1,45 = 600 кг; щебня 1940—600 = 1340 кг при В/Ц = 0,6.

Состав бетона по массе: 300:600:1340 при В/Ц = 0,6, или 1:2:4,37.

Состав бетона по объему: $\frac{300}{1300} : \frac{600}{1600} : \frac{1340}{1400} = 0,23 : 0,375 : 0,955,$

или 1 : 1,63 : 4,15.

Задача № 6. На завод товарного бетона был передан лабораторный состав с расходом составляющих на 1 м³ бетона: Ц = 300 кг, П = 650 кг, Щ = 1300 кг, В = 150 л. Активность цемента $R_ц$ = 450 МПа. На сколько снизится прочность бетона, если не будет учтена влажность песка 2 % и щебня 3 %?

Решение. Содержание воды в песке и щебне

$$В_п = П W_п = 650 \cdot 0,02 = 13 \text{ кг};$$

$$В_щ = Щ W_щ = 1300 \cdot 0,03 = 39 \text{ кг}.$$

Содержание воды в бетоне в том случае, если не будет учтена влажность материалов

$$В = 150 + (13 + 39) = 202 \text{ л}.$$

Прочность бетона

$$R_б = A R_ц (Ц/В - 0,5).$$

Отсюда отношение уменьшенной прочности к рассчитанной

$$\frac{R'_б}{R_б} = \frac{(300/202 - 0,5)}{(300/150 - 0,5)} = 0,65.$$

Прочность бетона снизится на 35 %.

Задачи для самостоятельного решения

9.1. Определить состав тяжелого бетона марки М300 для бетонирования монолитных балок. Подвижность бетонной смеси 3—4 см.

Характеристика исходных материалов: портландцемент активностью $R_ц$ = 48 МПа, насыпная плотность сухих составляющих: цемента 1200 кг/м³, песка 1500 кг/м³, щебня 1600 кг/м³, а истинная плотность: цемента 3100 кг/м³, песка 2620 кг/м³, щебня 2800 кг/м³, пустотность гранитного щебня — 0,43; наибольшая крупность зерен щебня 40 мм, влажность крупного кварцевого песка 3 %, влажность щебня 1 %.

9.2. Определить теоретическую среднюю плотность бетонной смеси, если расход материалов на 1 м^3 бетона составляет: цемента — 320 кг, воды — 192 кг, песка — 603 кг и щебня — 1300 кг.

9.3. К какому классу по прочности на сжатие можно отнести бетон на плотных заполнителях, если бетонные образцы-кубы размером 150×150×150 мм при испытании в возрасте 28 сут разрушились при нагрузках 1315 тс, 1360 тс и 1390 тс?

9.4. Вычислить производственный состав бетона, если расход сухих материалов на 1 м^3 бетонной смеси составляет: цемента — 460 кг, воды — 186 кг, песка — 560 кг, щебня — 1300 кг. Влажность песка — 4 %, щебня — 2 %.

9.5. Расход материалов на 1 м^3 производственного состава бетона: Ц = 318 кг, В = 160 л, П = 615 кг, Щ = 1286 кг. Выразить состав бетона объемными соотношениями между цементом, песком и щебнем.

9.6. При испытании тяжелого бетона в образцах 10×10×10 см средний предел прочности при сжатии оказался равным 19,2 МПа. К какой марке относится испытанный бетон?

9.7. Тяжелый бетон марки М400 имеет состав по массе 1:2,1:4,3 при В/Ц = 0,5. Средняя плотность бетона 2480 кг/м^3. Какую экономию цемента можно получить на каждый кубометр бетона, если при условии сдачи монолитно возведенного сооружения в эксплуатацию прочность 40 МПа потребуется не через 28, а через 70 сут?