

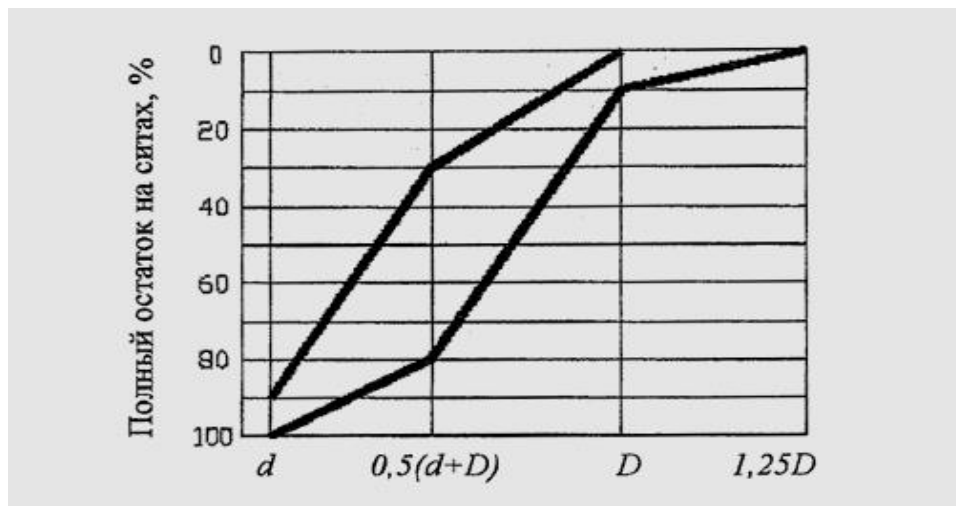
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра природообустройства и водопользования

Дёмина О.Н.

Лабораторный практикум

по материаловедению



Брянск 2015

УДК 620.22(07)

ББК 30.3

Д 30

Дёмина О.Н. Лабораторный практикум по материаловедению, 2-е изд. доп. и перераб. / О.Н. Дёмина. - Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 53 с.

Содержит лабораторные работы по изучению свойств основных строительных материалов в соответствии с действующими нормативными документами. Рассмотрены вопросы, связанные с проектированием состава цементного и лёгкого бетона. Предназначен для студентов очной и заочной формы обучения направлений 280100 Природобустройствои водопользование и 120700 Землеустройство и кадастры

Лабораторный практикум одобрен методической комиссией факультета энергетики и природопользования, протокол №1 от 3.09.2015 г.

Рецензенты:

д.т.н., профессор БГАУ Маркарянц Л.М.
к.т.н., доцент БГИТА Мельникова Е.А.

© Брянский ГАУ, 2015

© Дёмина О.Н., 2015

Содержание

Лабораторная работа №1. Природные каменные материалы.....	4
Лабораторная работа №2. Определение основных свойств строительных материалов	9
. Лабораторная работа № 3 Испытание портландцемента.....	15
Лабораторная работа № 4 Испытание строительного гипса.....	21
Лабораторная работа № 5 Испытание строительной извести.....	25
Лабораторная работа № 6 Песок-мелкий заполнитель для бетона.....	29
Лабораторная работа № 7 Щебень и гравий –крупные заполнители для бетонов.....	33
Лабораторная работа № 8. Проектирование состава цементного бетона.....	36
Лабораторная работа № 9. Проектирование состава лёгкого бетона.....	44
Приложения.....	50
Список литературы.....	52

Лабораторная работа №1

ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является более детальное ознакомление с горными породами, наиболее часто применяемыми в качестве природных строительных материалов или используемыми в качестве сырья для производства искусственных строительных материалов.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Изучение природных каменных материалов проводят в следующей последовательности:

1. Знакомство с главнейшими породообразующими минералами и их свойствами.
2. Знакомство с горными породами, их структурой и текстурой.
3. Определение петрографических характеристик горных пород.
4. Описание строительно-технических свойств пород и их применение в строительстве.

3. ТРЕБУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И АППАРАТУРА

Для выполнения работы требуется:

1. Коллекция главных породообразующих минералов.
2. Коллекция горных пород.
3. Эталонная коллекция минералов, представляющих шкалу твердости.
4. Капельница с соляной кислотой (HCl) 10% концентрации.
5. Учебники, монографии по природным каменным материалам.

4. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Всякая горная порода может быть полностью охарактеризована указанием ее минералогического состава, структуры и текстуры. Специальные термины и их определения приведены в прил. 1.

Знакомство с минералами и горными породами проводят по коллекциям образцов минералов и горных пород. Затем с помощью литературных источников устанавливают строительно-технические свойства горных пород и их применение.

4.1. Главнейшие породообразующие минералы и их свойства

Минералы, слагающие основной объем породы, называют главными породообразующими, а подчиненные им в количественном отношении – второстепенными.

Главные породообразующие минералы и их свойства студенты изучают, описывая их в форме табл. 1.

Определение свойств минералов ведется по следующему плану: цвет минерала, блеск,

спайность и излом, твердость, истинная плотность.

4.1.1. Цвет минералов

Цвет минералов может быть самым разнообразным, лишь в редких случаях может служить характерным диагностическим признаком (например, у лазурита – синий, у малахита – зеленый). Для большинства минералов этот признак весьма непостоянен. В обычной практике при определении цвета минерала прибегают к сравнительной оценке, сопоставляя его с окраской хорошо известных предметов или веществ. Поэтому пользуются двойными оттенками: молочно-белый кварц, оливково-зеленый оливин.

4.1.2. Блеск минерала

5

Падающий на минерал световой поток частично отбрасывается назад. Этот отраженный свет и создает впечатление блеска минерала. Различают следующие виды блеска:

1. Стекланный (кварц, ортоклаз, альбит, анортит, роговая обманка, оливин, кальцит, магнезит, доломит, гипс).
2. Шелковистый
3. Перламутровый (ортоклаз, альбит, биотит, мусковит, ангидрит).
4. Алмазный
5. Жирный
6. Смоляной
7. Восковой
8. Металлический (биотит, мусковит).
9. Полуметаллический
10. Матовый (магнезит, каолинит).

4.1.3. Спайность и излом

Многие минералы раскалываются по плоским поверхностям. В таких случаях говорят, что минерал имеет спайность. Спайность зависит от строения кристаллической решетки. Принята пятиступенчатая шкала спайности.

1. Весьма совершенная. Кристалл способен легко расщепляться на тонкие пластинки (слюда, кальцит, гипс, каолинит).

2. Совершенная. При ударе молотком всегда получаются выколки по спайности внешне напоминающие настоящие кристаллы (ортоклаз, плагиоклазы, лабрадор, роговая обманка, магнезит, ангидрит, доломит).

3. Средняя. На обломках минералов наблюдаются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным направлениям.

4. Несовершенная. Она обнаруживается с трудом.

5. Весьма несовершенная, т.е. практически отсутствует (кварц). Такие минералы обнаруживают раковистый, занозитный излом. Различают также волокнистый, ровный, неровный, ступенчатый и землистый излом.

Таблица 1.1. Главные породообразующие минералы

Название минерала	Химический состав	Группа по классификации	Цвет	Блеск	Спайность или излом
Кварц	SiO_2				
Ортоклаз	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$				
Альбит	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$				
Анортит	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$				
Биотит	$2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot (\text{Al, Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$				
Мусковит	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$				
Роговая обманка	$2\text{CaO} \cdot 5(\text{Mg, Fe, Al})\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$				
Оливин	$(\text{Mg, Fe})_2 [\text{SiO}_4]$				
Кальцит	CaCO_3				
Магнезит	MgCO_3				
Доломит	$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$				
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$				
Ангидрит	CaSO_4				
Каолинит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$				

4.1.3. Спайность и излом

Многие минералы раскалываются по плоским поверхностям. В таких случаях говорят, что минерал имеет спайность. Спайность зависит от строения кристаллической решетки. Принята пятиступенчатая шкала спайности.

1. Весьма совершенная. Кристалл способен легко расщепляться на тонкие пластинки (слюда, кальцит, гипс, каолинит).

2. Совершенная. При ударе молотком всегда получаются выколки по спайности внешне напоминающие настоящие кристаллы (ортоклаз, плагиоклазы, лабрадор, роговая обманка, магнезит, ангидрит, доломит).

3. Средняя. На обломках минералов наблюдаются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным направлениям.

4. Несовершенная. Она обнаруживается с трудом.

5. Весьма несовершенная, т.е. практически отсутствует (кварц). Такие минералы обнаруживают раковистый, занозитный излом. Различают также волокнистый, ровный, неровный, ступенчатый и землистый излом.

4.1.4. Твердость

В обычной минералогической практике применяется наиболее простой способ определения твердости царапанием одного минерала другим. Для оценки твердости принимается шкала Мооса, представленная десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. Минералы с равными значениями твердости не царапают друг друга.

Шкала Мооса – относительная шкала. С ее помощью может быть установлено лишь, какой минерал тверже. Эта шкала сопоставлена с абсолютными значениями твердости (твердость шлифования в воде по Розивалю), которая измеряется количеством минерала, сошлифовываемого с поверхности образца при определенных условиях (приложение 2), а также с величинами микротвердости, установленной с помощью специального прибора (ПМТ-3). Принцип действия прибора основан на вдавливании в образец алмазной пирамиды.

Пользуясь шкалой Мооса, можно установить твердость изучаемого минерала. Например, если исследуемый минерал царапает ортоклаз, а сам царапается кварцем, его твердость заключается между 6 и 7 (лабрадор, оливин).

4.1.5. Истинная плотность

Истинная плотность главных породообразующих минералов колеблется от 2300 до 3600 кг/м³ в зависимости от химического состава (значение плотности находят по литературе).

4.2. Горные породы

Главных представителей горных пород, используемых в качестве стеновых и облицовочных материалов зданий и сооружений, сырья для производства других материалов, их петрографическую характеристику и строительно-технические свойства студенты изучают в форме таблиц 2 и 3.

Петрографическая характеристика включает минералогический состав, цвет, структуру и текстуру горных пород.

Цвет устанавливают по образцам коллекций или литературных источников, с помощью последних описывают минералогический состав горной породы.

4.2.1. Структура магматических пород

Интрузивные горные породы имеют полнокристаллические (кристаллические и зернистые структуры), обусловленные медленным остыванием магмы. При этом различают:

- крупнозернистые при величине зерна более 5 мм;
- среднезернистые с величиной зерна 1-5 мм;
- мелко- и тонкозернистые – зернистость видна простым глазом.
- кроме того, выделяют неравномернозернистые (порфиоровидные) структуры.

Эффузивные породы имеют стекловатые и порфиоровые структуры. В порфиоровой структуре различают 2 элемента: более крупные кристаллы (порфиоровые выделения) и мелкая масса (стекловатая или неполнокристаллическая, служащая как бы цементом для вкрапленников – основная масса).

4.2.2. Текстура огромного большинства магматических пород – массивная (однородная), реже пористая.

4.2.3. Структура осадочных пород

Наиболее распространенные структуры осадочных пород: обломочные и кристаллически - зернистые (химические, органогенные породы). Среди обломочных структур по величине обломков выделяют:

- грубообломочные с частицами более 2 мм;
- среднеобломочные с частицами от 2 до 0,1 мм;
- мелкообломочные с частицами от 0,1 до 0,01 мм;
- глинистые с частицами 0,01 мм.

4.2.4. Текстура осадочных пород

Осадочные породы имеют большей частью слоистую текстуру, реже массивную и пористую.

4.2.5. Метаморфические породы имеют такие же структуры, как интрузивные породы.

4.2.6. Текстура метаморфических пород – сланцевая и массивная.

4.2.7. Строительно-технические свойства горных пород.

Таблица 2.1. Петрографическая характеристика и свойства горных пород

Название породы	Происхождение	Минералогический состав	Цвет	Текстура	Плотность истинная и средняя, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Другие строительно-технические свойства

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют горной породой?
2. Приведите классификацию горных пород в зависимости от условий образования.
3. Что называют минералом? Назовите основные свойства минералов?
4. Какие минералы образуют магматические (осадочные) горные породы?
5. Какие виды блеска имеют минералы?
6. Что такое спайность и излом? Какие типы спайности бывают у минералов?
7. Как определяют твердость минералов?
8. Какие горные породы относятся к интрузивным?
9. Какие горные породы относятся к эффузивным?
10. Какие горные породы относятся к обломочным осадочного происхождения, а какие магматического происхождения?
11. Для каких целей используют гранит, лабрадорит, базальт, порфиры, вулканический туф?
12. Где применяют известняки, мел, гипс, ангидрит, магнезит и доломит?
13. В каких условиях образовались метаморфические породы? Назовите главных представителей, их структуру и текстуру?
14. Почему мрамор не рекомендуют использовать для наружной облицовки зданий?

Лабораторная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Пробы, образцы или навески готовят лаборанты с соблюдением установленных норм, правил и требований соответствующих стандартов.

1.2. Пробы взвешивают с погрешностью 0,1 % массы, если в методичке не даны другие указания.

1.3. Пробы, образцы или навески высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ до тех пор, пока разница между результатами двух взвешиваний будет не более 0,1 % массы навески. Каждое последующее взвешивание проводят после высушивания в течение не менее 1 ч и охлаждения не менее 45 мин.

1.4. Образцы измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм, если в методичке не даны другие указания. Площадь каждого из оснований образца цилиндрической формы вычисляют по среднему арифметическому значению двух взаимно перпендикулярных диаметров. Для определения площади нижней и верхней граней образца кубической формы вычисляют средние арифметические значения длины каждой пары параллельных ребер данной грани.

1.5. Результаты испытаний рассчитывают с точностью до второго знака после запятой, если не даны другие указания относительно точности вычисления.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Основной целью работы являются изучение методов определения основных показателей свойств строительных материалов и ознакомление с приборами и оборудованием, применяемым в ходе выполнения опытов.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

3.1. Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы.

3.1.1. Подготовка к испытанию.

Среднюю плотность определяют не менее, чем на трех образцах. Их очищают от пыли и высушивают до постоянной массы. В данной работе испытывают материалы по рекомендации преподавателя.

3.1.2. Проведение испытания.

Объем образцов определяют по их геометрическим размерам, измеренным с погрешностью не более 0,1 см. Для определения каждого линейного размера образец измеряют в трех местах – по ребрам и середине грани. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из трех измерений.

3.1.3. Обработка результатов. Среднюю плотность (ρ_m) образца в кг/м^3 вычисляют по формуле:

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

где m – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг; V – объем образца, м³.

За значение средней плотности изделий принимают среднее арифметическое результатов определений средней плотности всех образцов, рассчитанное с точностью до 10 кг/м³.

Исходные данные и результаты определений средней плотности заносят в табл. 2.1.

Таблица 3.1. Опытные данные по определению средней плотности

Наименование материала	Номер образца	Размеры образца			Объем образца V , см ³ (м ³)	Масса образца m , г (кг)	Средняя плотность образца	Средняя арифм. величина плотности
		длина ℓ , см (м)	ширина b , см (м)	высота h , см (м)			ρ_m , кг/м ³	$\bar{\rho}_m$, кг/м ³

3.2. Определение средней плотности образцов

неправильной формы способом гидростатического взвешивания

Способ гидростатического взвешивания основан на измерении объема образца по массе вытесненной им жидкости (чаще всего воды).

Для этого необходимо взвесить образец на воздухе и в жидкости известной плотности, объем V вычислить по формуле: $V = \frac{m - m_{ж}}{\rho_{ж}}$, (3.2)

где m и $m_{ж}$ – масса образца взвешенного, соответственно, на воздухе и в жидкости, кг;
 $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³.

Средняя плотность образца неправильной формы вычисляется по формуле:

$$\rho_m = \frac{m}{V} = \frac{m \cdot \rho_{ж}}{m - m_{ж}}. \quad (3.3 \text{ а})$$

Таблица 3.2. Определение средней плотности гидростатическим взвешиванием

Номер образца	Масса образца, кг		Масса парафина, кг	Объем, м ³		Средняя плотность, кг/м ³	Среднее арифметическое средней плотности, кг/м ³
	в сухом состоянии	Покрытого парафином		Образца	Парафина		

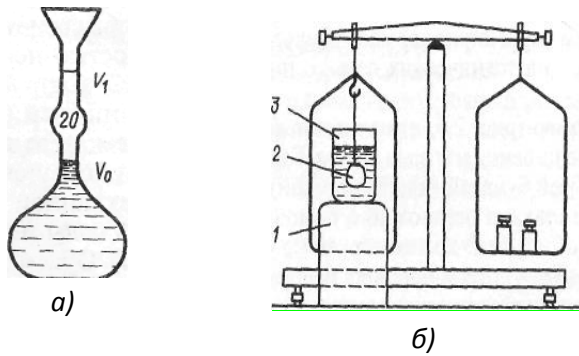


Рис. 2.1. Пикнометр (а) и весы для гидростатического взвешивания (б): 1 – П-образная подставка; 2 – образец материала; 3 – стакан с водой

3.3. Определение истинной плотности

3.3.1. Подготовка к испытанию

Истинную плотность определяют на пробе материала изделий, полученной не менее чем от трех образцов.

Для подготовки пробы от каждого образца, снаружи и из середины, откалывают по два куска массой не менее 100 г каждый, которые измельчают до зерен размером около 5 мм. Квартованием отбирают навеску массой не менее 100 г и измельчают ее в фарфоровой или агатовой ступке. Затем квартованием отбирают навеску массой не менее 30 г и измельчают ее до полного прохождения через сито с сеткой № 0,063.

3.3.2. Проведение испытания

Определение проводят параллельно на двух навесках массой около 10 г каждая, отобранных от пробы.

Отобранную навеску высыпают в чистый, высушенный и предварительно взвешенный пикнометр (рис. 1, а). Пикнометр взвешивают вместе с испытываемым порошком, затем наливают в него воду (или другую инертную жидкость) в таком количестве, чтобы он был заполнен приблизительно до половины объема.

Для удаления воздуха из материала навески и жидкости пикнометр с содержимым выдерживают под вакуумом в эксикаторе до прекращения выделения пузырьков. Допускается (при использовании в качестве жидкости воды) удалять воздух кипячением пикнометра с содержимым в течение 15...20 мин в слегка наклонном положении на песчаной или водяной бане.

Следует также удалить воздух из жидкости, которой будет дополнен пикнометр.

После удаления воздуха пикнометр заполняют до метки. Пикнометр помещают в термостат с температурой $20,0 \pm 0,5$ °С, в котором выдерживают не менее 15 мин.

После выдержки в термостате в пикнометре уровень жидкости доводят до метки по нижнему мениску.

После достижения постоянного уровня жидкости пикнометр взвешивают.

После взвешивания пикнометр освобождают от содержимого, промывают, заполняют той же жидкостью, удаляют из нее воздух, выдерживают в термостате, доводят жидкость до постоянного уровня и снова взвешивают.

3.3.3. Обработка результатов

Истинную плотность (ρ) материала навески в г/см^3 вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m \cdot \rho_{\text{в}}}{(m + m_2 - m_1)}, \quad (3.3)$$

где ρ – истинная плотность керамического кирпича, кг/м³; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, равная 1000 кг/м³;

m – масса порошка, кг; m_1 – масса пикнометра с порошком и водой, кг; m_2 – масса пикнометра только с водой, кг.

Таблица 3.3 Опытные данные по определению истинной плотности керамического кирпича

Номер опыта	Масса				Истинная плотность образцов:		Средняя арифметическая величина средней плотности
	пикнометр с навеской	пикнометра	пикнометра с жидкостью	пикнометр с навеской и жидкостью	г/см ³	кг/м ³	
	m_2	m_3	m_4	m_5	ρ	$\rho \cdot 1000$	
					$\bar{\rho}$		$\bar{\rho}_{\text{ср}}$

4. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ

Пористость образцов материалов определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений «истинной» плотности и средней плотности.

Полный объем пор образца $\Pi_{\text{п}}$ в процентах вычисляют с погрешностью до 0,1 % по формуле

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{(\rho - \rho_{\text{м}})}{\rho} 100, \quad (6)$$

где ρ – «истинная» плотность образца, кг/м³; $\rho_{\text{м}}$ – средняя плотность образца, кг/м³.

В данной работе определяют общую пористость керамического кирпича, используя результаты, полученные в пп. 3.1. и 3.3.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

(при атмосферном давлении в воде температурой 20±5 °С)

В данной работе водопоглощение определяется на образцах керамических кирпичей согласно ГОСТ 7025.

5.1. Подготовка к испытанию

Водопоглощение определяют не менее чем на трех образцах.

Образцы керамических изделий предварительно высушивают до постоянной массы, измеряют длину, ширину и высоту и подсчитывают объем каждого из них.

5.2. Проведение испытания Образцы укладывают в один ряд по высоте с зазорами между ними 2 см на решетку в сосуд с водой температурой $20 \pm 5^\circ\text{C}$ так, чтобы уровень воды был выше верха образцов на (2...10) см. Образцы выдерживают в воде 48...49 ч. Насыщенные водой образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают. Массу воды, вытекшей из образца на чашку весов во время взвешивания, включают в массу образца, насыщенного водой. Взвешивание каждого образца должно быть закончено не позднее 2 мин после его удаления из воды.

5.3. Обработка результатов

Водопоглощение образцов по массе (W_m) и по объему (W_o) в процентах вычисляют

по формулам:
$$W_m = \frac{M_B}{m_{\text{сух}}} 100 = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} 100, \quad (5a)$$

$$W_o = \frac{V_B}{V_{\text{обр}}} 100 = \frac{(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})}{V_{\text{обр}} \cdot \rho_B} 100, \quad (5б)$$

где M_B – масса воды, поглощенной образцом, г; $m_{\text{сух}}$ – масса образца, высушенного до постоянной массы, г;

$m_{\text{нас}}$ – масса образца насыщенного водой, г V_B – объем воды, поглощенной образцом, см^3 ;

$V_{\text{обр}}$ – объем образца, высушенного до постоянной массы, см^3 ; ρ_B – плотность воды, равная 1 г/см^3 .

За значение водопоглощения изделий принимают среднее арифметическое результатов определения водопоглощения всех образцов, рассчитанное с погрешностью до 1 %.

Исходные данные и результаты вычислений водопоглощения заносят в табл. 5.1.

Таблица 5.1 Опытные данные по определению водопоглощения керамического кирпича

Но мер а обр азц ов	Масса, кг		Объем сухого образца, $V_{\text{с.}}$, м^3	Водопоглощение, %		Среднеарифметическое значение водопоглощения, %	
	сухого образца , $m_{\text{сух}}$	насыщ енного водой, $m_{\text{н}}$		по массе	по объему	по массе	по объему
				W_m	W_o	W_m	W_o

6. ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

На практике для ориентировочной оценки теплопроводности материалов используют эмпирическую формулу В.П. Некрасова:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16, \quad (6)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С); d – относительная плотность материала.

В данной работе вычисляют коэффициент теплопроводности для тяжелого бетона и кирпича. Для других материалов коэффициент теплопроводности предлагается вычислить по справочным данным самостоятельно.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Последовательность определения средней плотности образцов правильной геометрической формы.
2. То же, образцов произвольной формы.
3. Чем отличается средняя плотность материала от истинной плотности?
4. При помощи какого прибора определяют истинную плотность?
5. Как определяется водопоглощение?

Лабораторная работа № 3

Испытание портландцемента

Цель работы: определение основных физических и механических свойств портландцемента, цементного теста и камня. Оценка их качества и марки цемента. Оценка правильности полученного результата.

Теоретическая часть

Портландцементом называют гидравлическое вяжущее вещество, получаемое путем совместного помола клинкера и гипса. Клинкер получают обжигом до спекания (при температуре 1450...1500° С) специально подобранной и приготовленной сырьевой смеси, состоящей из известняка, глины и корректирующих добавок. Клинкер состоит в основном из минеральных соединений, образовавшихся в результате взаимодействия при высокой температуре (спекания) оксида кальция известняка с алюмосиликатами и алюмоферритами глины. Эти высокотемпературные новообразования называют: трехкальциевый силикат или алит ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), двухкальциевый силикат или белит ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) и четырехкальциевый алюмоферрит ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$).

При взаимодействии клинкерных минералов и гипса с водой происходят процессы гидратации, которые приводит к формированию прочной кристаллической структуры цементного камня. Изменяя минеральный и химический состав, цементу придают определенные свойства, в соответствии с которыми он получает свое название: цветной, сульфатостойкий, пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент и др.

Материалы: цемент, песок вольский, вода.

Приборы и приспособления: сито с сеткой № 008, весы лабораторные технические, прибор Вика, чаша и лопатка для перемешивания цементного теста, мерные емкости,

встряхивающий столик, металлическая разъемная форма размером 40x40x160 мм, лабораторная виброплощадка, ванна с гидравлическим затвором, машина МИИ-100, гидравлический пресс.

Определение тонкости помола

Тонкость помола – характеристика дисперсности мелкозернистых материалов, в частности, неорганического гидравлического вяжущего - портландцемента.

Сущность метода заключается в определении массы остатка цемента после просеивания на сите № 008 в процентах к первоначальной массе навески. Отсеивают 50 г цемента и высыпают его на сито.

Сито закрывают крышкой и производят просеивание с использованием специального механизма или вручную. Просеивание осуществляется в течение 5...7 мин.

Операцию просеивания считают законченной, если при контрольном просеивании, выполненном вручную при снятом поддоне на бумагу, в течение минуты через сито проходит не более 0,05 г цемента.

Согласно ГОСТ 10178-85 при просеивании цемента остаток на сите 008 не должен превышать более 15 %.

Определение нормальной густоты цементного теста

Смесь цемента с водой называют цементным тестом. Нормальная густота цементного теста характеризуется такой консистенцией, при которой пестик прибора Вика, погруженный в кольцо с цементным тестом, не доходит до пластины, на которой установлено кольцо, на 5...7 мм.

Нормальная густота выражается количеством воды затворения, вычисленное в процентах (или в долях единицы)) к массе испытуемой навески цемента.

Сущность метода заключается в определении содержания воды затворения в цементном тесте, которое имеет консистенцию, обеспечивающую проникновение пестика прибора Вика на определенную глубину (рис. 1.1).

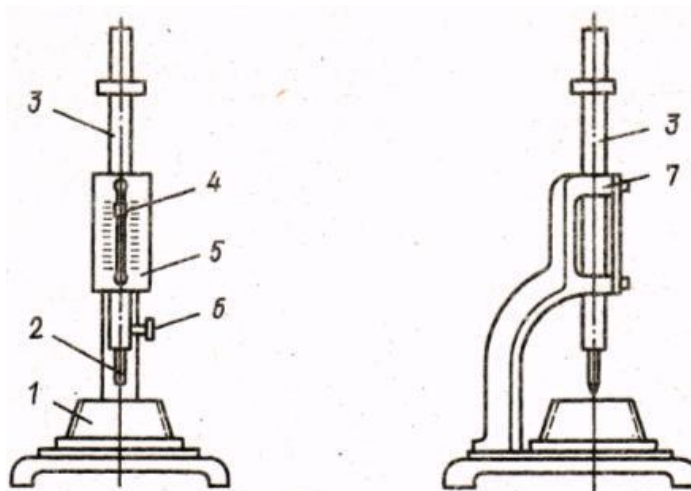


Рис. 3. 1. Прибор Вика для определения сроков схватывания: 1 – кольцо, 2 – стальная игла (или пестик), 3 – подвижный металлический стержень, 4 – указательная стрелка, 5 – шкала с делениями, 6 – зажимной винт, 7 – станина.

Масса подвижного стержня прибора Вика вместе с пестиком должна быть 300 ± 2 г. Перед началом испытаний проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на 0 при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпают в чашу, предварительно протертую влажной тканью непосредственно перед высыпанием цемента. Затем делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно 110...112 мл, т.е. 25-28 % по массе цемента) для получения цементного теста нормальной густоты. Осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях, в течение 5 мин.

После окончания перемешивания кольцо-конус наполняют в один прием цементным тестом и 5...6 раз встряхивают его, постукивая пластину о стол. Поверхность теста выравнивают ножом предварительно протертым влажной тканью, и ставят пластину с кольцом на прибор.

Приводят пестик в соприкосновение с тестом в центре кольца и закрепляют стержень стопорным устройством. Затем резко освобождают стержень, откручивая стопорный винт, и через 30 с определяют по шкале глубину погружения пестика в цементное тесто. Пестик не должен доходить до пластины 5...7 мм.

При несоответствующей консистенции цементного теста изменяют количество воды затворения (увеличивают или уменьшают) и повторяют опыт, добиваясь заданного погружения пестика.

Численно значение нормальной густоты, % с точностью до 0,1:

$НГ = В/Ц \cdot 100$, где

В – количество воды затворения, мл; Ц – масса цемента для испытания (400 г).

Определение сроков схватывания

Сроки схватывания (начало и конец) связаны с изменениями консистенции цементного теста, постепенной потерей им пластичности и превращением в камневидное тело. Эти изменения обусловлены физико-химическими процессами, протекающими в цементном тесте.

Сущность метода. Сроки схватывания определяются промежутками времени, протекающими от момента затворения водой до момента изменения консистенции цементного теста, измеряемого определенным образом. Для этой цели используется прибор Вика.

Перед испытанием проверяют свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое показание прибора, приведя иглу в соприкосновение с пластиной, на которой расположено кольцо, и передвигая в случае необходимости шкалу. Кольцо и пластину перед началом испытаний смазывают тонким слоем машинного масла.

Цементное тесто нормальной густоты заполняют кольцо, предварительно установленное на пластину. Тесто уплотняют 4...5 легкими ударами пластины о поверхность стола. Поверхность теста выравнивают, и иглу прибора Вика вводят в соприкосновение с поверхностью цементного теста.

Откручивая зажимной винт, иглу резко погружают в тесто через каждые 10 мин. Пластину каждый раз передвигают, чтобы игла погружалась в новое место поверхности. Иглу после погружения протирают влажной тканью.

Началом схватывания считают промежуток времени от момента затворения цемента водой до того момента, когда игла не доходит до пластины 2...4 мм. Отсчет ведут по шкале прибора.

Продолжая периодически погружать иглу в тесто устанавливают конец схватывания, который определяется временем, прошедшим от момента затворения цемента водой до того момента, когда игла входит в цементное тесто на глубину не более, чем на 1...2 мм.

Определение марки цемента

Марку цемента определяют по прочности на изгиб и сжатие образцов-балочек размером 40x40x160 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора состава 1:3 нормальной консистенции и твердевших в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4-85 во влажных условиях 28 сут при температуре $(20\pm 2)^\circ\text{C}$.

I. Приготовление цементно-песчаного раствора нормальной консистенции. Для изготовления трех образцов-балочек отвешивают 1500 г вольского песка и 500 г цемента, высыпают их в сферическую чашку и перемешивают лопаткой в сухом состоянии в течение минуты. Затем в центре сухой смеси делают воронку, вливают в нее 200 мл воды – В/Ц=0,4 и перемешивают смесь 3...5 мин. Приготавливаемая растворная смесь не является кладочным или штукатурным раствором, а представляет собой как бы модель бетона, поэтому она значительно менее пластична, чем традиционная растворная смесь, которой пользуются каменщики и штукатуры.

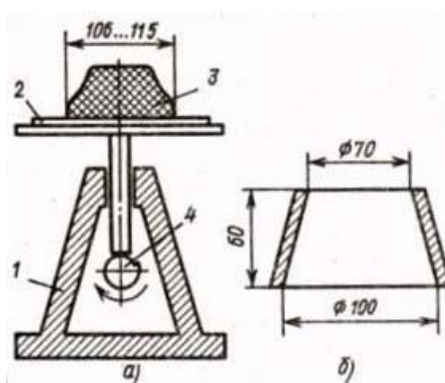


Рис. 3.2. Встряхивающий столик и форма-конус: 1 – станина, 2 – столик, 3 – испытуемый раствор, 4 - эксцентрик

По окончании перемешивания определяют консистенцию полученной растворной смеси. Для этого используют встряхивающий столик и форму-конус с насадкой (рис. 1.2), смоченные влажной тканью. Конус с насадкой заполняют раствором наполовину и уплотняют штыкованием 15 раз, затем наполняют конус с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. Штыкование ведут от периферии к центру, придерживая форму рукой. Излишек раствора срезается ножом вровень с краями конуса и металлическую форму-конус снимают вертикально вверх. Полученный конус цементного раствора встряхивают 30 раз, вращая рукоятку с частотой 1с-1. Затем металлической линейкой (или штангенциркулем) измеряют диаметр основания расплывшегося конуса в двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение.

Консистенция раствора считается нормальной, если среднее значение расплыва конуса составляет 106...115 мм. При отклонениях от указанных пределов готовят новую смесь с большим или меньшим количеством воды. Погрешность в определении требуемого соотношения В/Ц должна быть не более 0,02, т.е. в пересчете на воду 10 г.

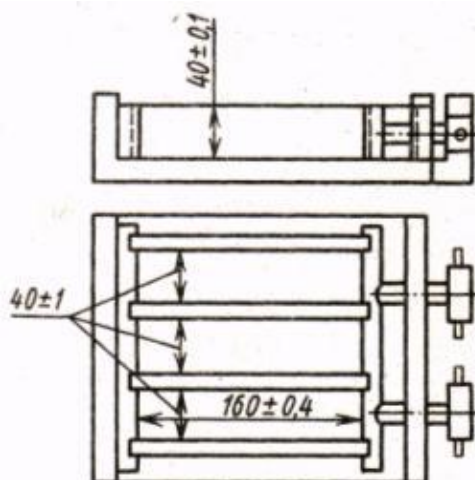


Рис. 3.3. Металлическая разъемная форма

II. Изготовление образцов. Из раствора требуемой консистенции формуют опытные образцы-балочки с помощью разъемных металлических форм (рис. 1.3), предварительно смазанных машинным маслом. Формы закрепляют на лабораторной виброплощадке, заполняют на 1 см раствором и включают виброплощадку. Заполняют все три гнезда формы раствором в 3 приема и вибрируют 3 раза по 1 минуте. После окончания формования отключают виброплощадку, форму снимают, убирают ножом излишек раствора, заглаживают поверхность образцов и маркируют их.

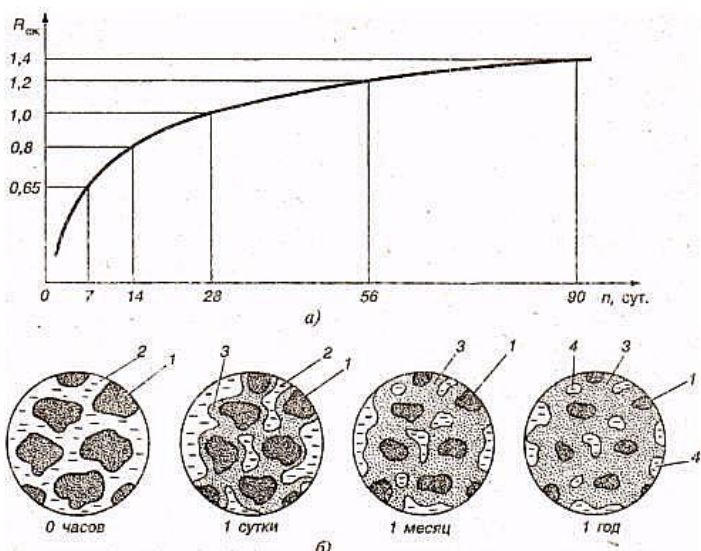


Рис. 3.4. Твердение цемента: а – рост цемента ($R_{сж}$) во времени (n); б – схема взаимодействия зерен цемента с водой в различные сроки; 1 – зерна цемента; 2 – вода; 3 – гидратные новообразования; 4 – воздушные поры

После изготовления образцы в формах хранят в течение первых суток (24 ± 2 ч) на столике в ванне с гидравлическим затвором или другом приспособлении, обеспечивающем влажность воздуха не менее 90 %. Затем образцы расформовывают и

укладывают в ванны с водой на 27 сут при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Испытание образцов на изгиб и сжатие после 28 сут (1+27) твердения производят по методике, изложенной в работе № 5 «Прочность строительных материалов» методических указаний «Основные свойства строительных материалов».

Процесс гидратации зерен портландцемента из-за малой их растворимости растягивается на длительное время (месяцы и годы) (рис. 1.4). Чтобы этот процесс мог протекать, необходимо постоянное присутствие воды в твердеющем материале. Однако нарастание прочности со временем замедляется. Поэтому качество цемента принято оценивать по прочности, набираемой им в первые 28 суток твердения.

Для определения марки цемента вычисляют среднее арифметическое из двух наибольших результатов, полученных при испытании на изгиб, и среднее арифметическое из четырех результатов (наибольший и наименьший отбрасывают), полученные при испытании на сжатие. На сжатие испытывают половинки балочек, оставшиеся после испытаний целых балочек на изгиб.

Полученные результаты сравнивают с требованиями ГОСТ 10178-85 для портландцемента, приведенными в табл. 1.1 и делают заключение о марке цемента.

Таблица 3.1. Требования к маркам портландцемента и его разновидностей

Цемент	Марка	Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа	
		при изгибе	при сжатии
Портландцемент обыкновенный и с минеральными добавками	400	5,5	40
	500	6	50
	550	6,2	55
	600	6,5	60
Шлакопортландцемент	300	4,5	30
	400	5,5	40
	500	6	50

Результаты испытаний портландцемента представляют в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 Результаты испытаний портландцемента

Показатель	Установлено испытанием
Тонкость помола (остаток на сите), %	
Нормальная густота цементного теста, %	
Сроки схватывания, мин. :	
- начало	
- конец	
Марка	

Контрольные вопросы

1. Что такое портландцемент?
2. Понятие химического и минерального состава цемента.
3. Какими физическими и механическими свойствами обладает портландцемент и цементный камень?
4. Опишите методику определения нормальной густоты цементного теста и связи этой характеристики со свойствами цементного камня.
5. Какие виды цемента Вы знаете?

Лабораторная работа № 4

Испытание строительного гипса

Воздушные вяжущие способны затвердевать и сохранять прочность только на воздухе. К ним относятся строительная известь, магнезиальные, гипсовые вяжущие, жидкое стекло (в виде раствора).

Цель работы: определение основных физических и механических свойств строительного гипса, гипсового теста и камня. Оценка их качества и марки строительного гипса. Оценка правильности полученного результата.

Теоретическая часть

Гипсовые вяжущие вещества – это воздушные вяжущие, полученные тепловой обработкой природного гипсового камня ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), во время которой происходит частичное или полное удаление химически связанной воды с образованием полуводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) или ангидрита (CaSO_4) и последующем помолом продукта.

Гипсовые вяжущие делятся на низкообжиговые и на высокообжиговые (в зависимости от температуры тепловой обработки). Низкообжиговые получают нагреванием двухводного гипса до температуры 110-180°C, при этом удаляется 1,5 молекул воды, и образуется полуводный сульфат кальция. К ним относятся строительный, высокопрочный, формовочный гипс (различие состоит в кристаллической модификации, содержании примесей и тонкости помола).

Высокообжиговые производят обжигом природного гипса при температуре 600-900°C с полным удалением воды и частичным разложением ангидрита до оксида кальция (CaO) и сернистого газа (SO_3). Это вяжущее называют высокообжиговым гипсом или эстрих-гипсом.

Строительный гипс – быстротвердеющее вяжущее вещество, которое после смешивания с водой образует с течением времени прочный гипсовый камень, состоящий из двухводного сульфата кальция (рис. 2.1).

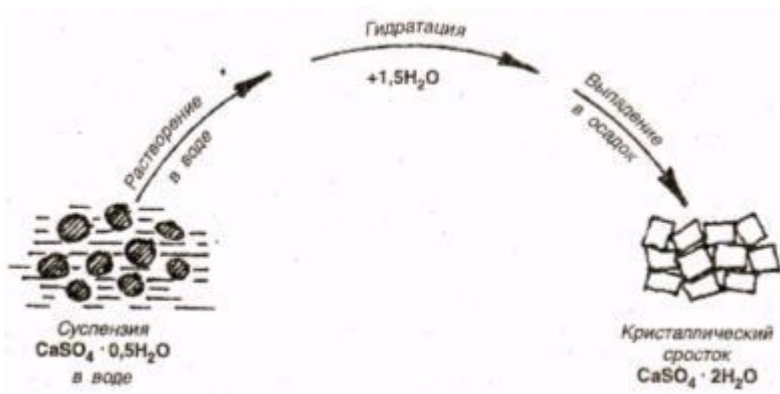


Рис. 4.1. Схема твердения гипса.

Материалы: строительный гипс, вода.

Приборы и приспособления: сито с сеткой № 02, весы лабораторные технические, вискозиметр Суттарда, чаша и лопатка для перемешивания гипсового теста, мерные емкости, металлические разъемные формы размером 40x40x160 мм, гидравлический пресс.

Определение тонкости помола

Тонкость помола – характеристика дисперсности мелкозернистых материалов, в частности, неорганического воздушного вяжущего – строительного гипса.

Сущность метода заключается в определении массы остатка гипса после просеивания на сите № 02 в процентах к первоначальной массе навески с точностью до 0,1 %.

Отсеивают 50 г гипса и высыпают его на сито. Сито закрывают крышкой и производят просеивание с использованием специального механизма или вручную. Просеивание осуществляется в течение 5...7 мин.

Операцию просеивания считают законченной, если при контрольном просеивании, выполненном вручную при снятом поддоне на бумагу, в течение минуты через сито проходит не более 0,05 г гипса.

По тонкости помола строительный гипс подразделяют на 3 группы:

- 1 – грубого помола – остаток на сите не более 23 %;
- 2 – среднего помола - остаток на сите не более 14 %;
- 3 – тонкого помола - остаток на сите не более 2 %.

Определение нормальной густоты гипсового теста

Смесь гипса с водой называют гипсовым тестом.

Нормальная густота гипсового теста характеризуется такой консистенцией, при которой расплыв стандартного объема теста под действием гравитационных сил составляет 180 ± 5 мм. Нормальная густота выражается количеством воды затворения, вычисленное в процентах (или в долях единицы) к массе испытуемой навески гипса (рис. 2.2).

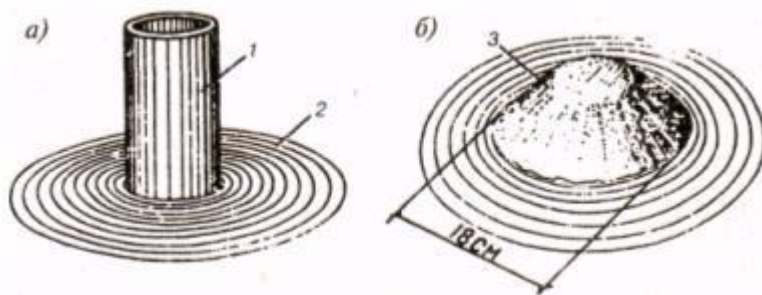


Рис. 4.2. Вискозиметр Суттарда: а) – в собранном виде; б) – расплыв лепешки из гипсового теста; 1 – латунный цилиндр; 2 – стеклянная пластинка с концентрическими окружностями; 3 – лепешка из гипсового теста нормальной густоты.

Сущность метода заключается в определении количества воды затворения гипсового теста, заполняющего цилиндр вискозиметра Суттарда и расплывающегося под действием собственного веса в лепешку определенного диаметра.

Перед испытанием цилиндр и стекло вискозиметра Суттарда смачивают влажной тканью. Отвешивают 300 г гипса и высыпают в чашу с заранее отмеренным количеством воды в пределах 150...200 мл и быстро перемешивают в течение 30 с пока не получится однородная масса. После чего гипсовую смесь переливают в цилиндр и выравнивают поверхность. На все эти операции дается 15 с. Через 45 с сначала отсчета времени цилиндр быстро поднимают вертикально вверх. При этом гипсовое тесто под действием собственного веса расплывается в лепешку, средний диаметр которой характеризует консистенцию теста.

Диаметр расплыва определяют по концентрическим окружностям в двух взаимно перпендикулярных направлениях или измеряют линейкой и вычисляют среднее арифметическое.

Если диаметр расплыва не соответствует стандартной консистенции (180 ± 5 мм), испытания повторяют, уменьшив или увеличив количество воды затворения на 1-2 %.

Нормальная густота гипсового теста, %:

$$НГ = В/Г,$$

где В – количество воды затворения, мл; Г – масса навески гипса (200 г).

Определение сроков схватывания

Сроки схватывания (начало и конец) гипсового теста определяют на приборе Вика, заменив пестик на иглу, аналогично п. 3 лаб. работы № 1 «Испытание портландцемента» настоящих методических указаний.

Для проведения испытаний можно использовать гипсовое тесто, оставшееся после определения нормальной густоты, если с момента затворения гипса водой не прошло 2 мин. В противном случае готовят тесто нормальной густоты с исходной массой навески 200 г.

Началом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипса водой до того момента, когда игла не доходит до пластины 0,5 мм. Отсчет ведут по шкале прибора.

Продолжая периодически погружать иглу в тесто, устанавливают конец схватывания, который определяется временем, прошедшим от момента затворения гипса водой до того момента, когда игла входит в гипсовое тесто на глубину не более чем на 1 мм.

В зависимости от сроков схватывания строительный гипс подразделяют на 3 группы (табл. 4.1.).

Таблица 4.1 Группы строительного гипса по срокам схватывания

Вид гипса	Начало схватывания	Конец схватывания
Быстротвердеющий(А)	Не ранее 2 мин	Не позднее 15 мин
Нормальнотвердеющий (Б)	Не ранее 6 мин	Не позднее 30 мин
Медленнотвердеющий (В)	Не ранее 20 мин	Не нормируется

Результаты испытаний строительного гипса представляют в виде таблицы 4.2.

Таблица 4.2 .Результаты испытаний строительного гипса

Показатель	Установлено испытанием
Тонкость помола (остаток на сите, %, группа)	
Нормальная густота, %	
Сроки схватывания, мин.:	
- начало	
- конец	
- группа	
Марка	

Контрольные вопросы

1. Что называется строительным гипсом?
2. Каковы достоинства и недостатки гипсовых вяжущих?
3. Как определяется нормальная густота гипсового теста?
4. Какие виды гипсовых вяжущих Вам известны?
5. Где применяются гипсовые вяжущие вещества?

Лабораторная работа № 5

Испытание строительной извести

Цель работы: определение содержания в извести активных $\text{CaO} + \text{MgO}$, скорости гашения извести, содержания в извести непогасившихся зерен и определение тонкости помола. Оценка качества выполненных работ и правильности полученного результата.

Теоретическая часть

Строительная воздушная известь – вяжущее вещество, получаемое умеренным обжигом не до спекания ($900 \dots 1100^\circ\text{C}$) карбонатных горных пород (известняков, мела, доломитов и т.п.), состоящих преимущественно из углекислого кальция CaCO_3 и небольшого количества углекислого магния MgCO_3 , а также примесей кварца и глины, которые ухудшают качество строительной извести. Содержание глины в карбонатных породах не должно превышать 6 %. В результате обжига получают комовую негашеную известь, называемую «кипелкой», и состоящую в основном из оксида кальция CaO (рис. 3.1).

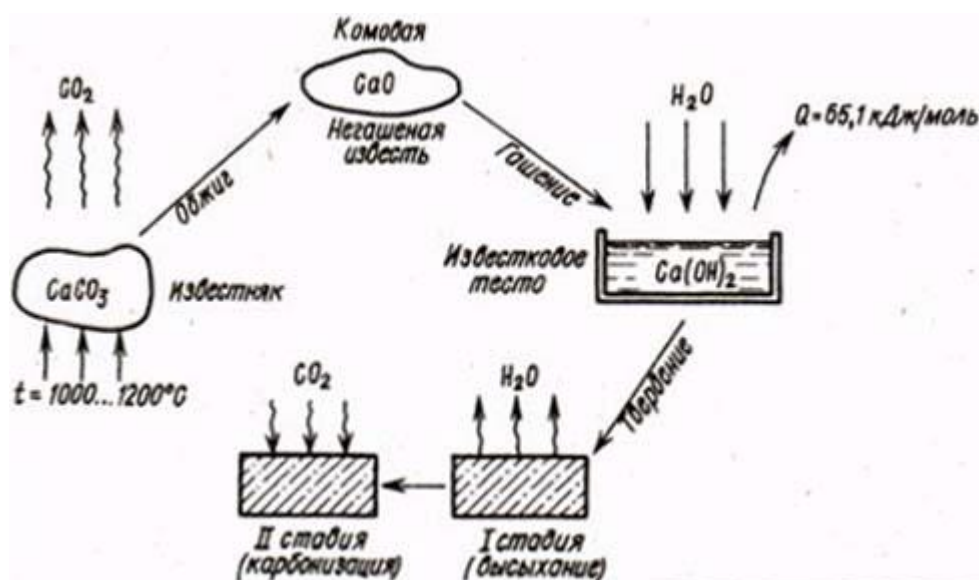


Рис. 5.1. Получение, гашение и твердение воздушной извести.

В зависимости от содержания оксида магния MgO воздушную известь разделяют на кальциевую (содержание $\text{MgO} \leq 5 \%$), магниевую (MgO - от 5 до 20 %) и доломитовую (MgO от 20 до 40 %).

Материалы: комовая известь-кипелка, соляная кислота, раствор фенолфталеина, вода.

Приборы и приспособления: весы технические, штатив с бюреткой, ступка фарфоровая или агатовая, сосуд Дьюара, баня песчаная, стеклянная пластинка, коническая колба, стакан, деревянная и стеклянная палочки.

Определение содержания активных оксидов кальция и магния

(активности извести)

Сущность метода заключается в определении объема соляной кислоты (титрата), израсходованной на нейтрализацию активных CaO и MgO , содержащихся в известковом растворе, с добавкой фенолфталеина и расчета активности.

От пробы извести-кипелки, измельченной до полного прохождения через сито с сеткой № 008, отбирают навеску в количестве 1 г и помещают в коническую колбу объемом 250 мл. Затем доливают 150 мл дистиллированной воды, закрывают стеклянной воронкой и нагревают 5...7 мин на песчаной бане, не доводя до кипения. После чего колбу охлаждают до температуры 20...30°C. Стенки остывшей колбы омывают дистиллированной водой, добавляют 2...3 капли 1%-го спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании раствором соляной кислоты до исчезновения фиолетовой окраски и полного обесцвечивания содержимого колбы.

Титрование следует проводить медленно, добавляя кислоту в известковый раствор по каплям. Титрование считается законченным, если по истечении 8 мин цвет содержимого не изменится.

Содержание активных оксидов кальция и магния в негашеной извести, %:

$$A=2,804VK/G,$$

где V – объем 1 н. раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование, мл; K – поправка к титру 1 н. раствора соляной кислоты; G – масса навески извести, г.

Определение скорости гашения

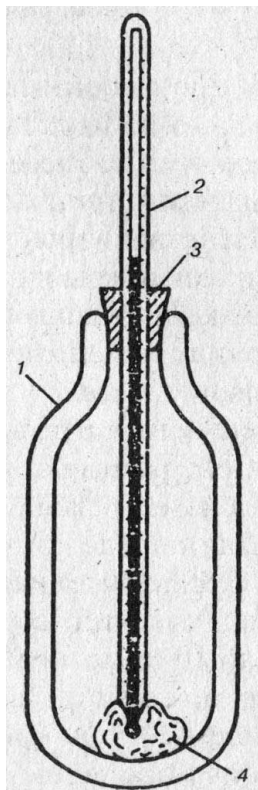
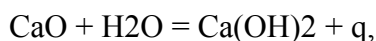


Рис. 5.2. Прибор для определения скорости гашения извести.

При взаимодействии негашеной извести с водой происходит гидратация оксида кальция по реакции:



где q – количество тепла, выделяющегося при реакции.

Этот процесс называют гашением извести. Он сопровождается выделением значительного количества тепла. При этом температура гасящейся извести повышается до определенного максимума. С окончанием реакции прекращается выделение тепла, и температура смеси падает. Момент начала снижения температуры смеси является признаком прекращения реакции гашения извести.

Сущность метода заключается в определении максимально высокой температуры гашения извести и времени, за которое произошло повышение температуры.

Для испытаний используют сосуд Дьюара (рис. 3.2), который состоит из термосной колбы (1), термометра со шкалой на 150° (2) и пробки (3).

От измельченного порошка воздушной извести, хранившейся до испытания в герметичном сосуде, берут навеску, масса которой, г:

$$m = 1000/A,$$

где A – содержание активных оксидов кальция и магния в извести, определенное в п. 1, г.

Навеску засыпают в сосуд прибора, вливают 25 мл воды, имеющей температуру 20°C , быстро перемешивают деревянной палочкой и закрывают пробкой со вставленным в нее термометром. Ртутный шарик термометра должен полностью быть погружен в реагирующую смесь.

Отсчет температуры ведут через каждую минуту, начиная с момента добавления воды. Определение считается законченным, если в течение 4 мин температура не повышается более, чем на 1°C .

По полученным данным строят график в координатах время – температура, и отмечают на нем максимальную температуру и время ее достижения. Время, прошедшее с момента затворения извести водой до начала падения температуры, характеризует скорость гашения извести.

Определение непогасившихся зерен

В процессе гашения комовой извести некоторая часть ее может либо вообще не погаситься, либо гаситься настолько медленно, что процесс гашения заканчивается в строительном растворе или даже в кладке.

Непогасившиеся зерна представляют собой различные примеси: кварцевый песок, неразложившийся при обжиге CaCO_3 (недожог), остеклованная трудногасящаяся окись кальция CaO (пережог). От содержания непогасившихся зерен извести зависит ее качество.

Сущность метода заключается в определении массы высушенного остатка на сите с сеткой № 063 после промывания на нем известкового молока под непрерывной струей воды.

Для определения содержания непогасившихся зерен готовят известковое тесто из 1 кг извести-кипелки и 3,5...4 л воды, выдерживают 2 ч и разбавляют водой до консистенции известкового молока.

Приготовленное известковое молоко промывают на сите с сеткой № 063 слабой непрерывной струей воды, слегка растирая мягкие кусочки стеклянной палочкой.

Остаток на сите высушивают при температуре 140...150°C до постоянной массы.

Содержание непогасившихся зерен, %:

$$HЗ = m/10,$$

где m – остаток на сите после высушивания, г.

Определение тонкости помола извести. Тонкость помола определяют просеиванием 50 г высушенной порошкообразной извести сквозь сита с сетками № 02 и № 008. Просеивание считается законченным, когда в течение 1 мин сквозь указанные сита проходит не более 0,1 г извести. Остаток на сите, умноженный на 2, соответствует содержанию зерен данной крупности, %.

Сортность извести устанавливают по соответствию полученных результатов испытаний с показателями табл. 5.1.

Таблица 5.1 Технические требования к строительной извести

Показатель	Значение показателя сорта		
	1-й	2-й	3-й
Содержание активных оксидов кальция и магния в негашеной извести, не менее, %	90	80	70
Количество непогасившихся зерен в негашеной извести, не более, %	7	11	14
Скорость гашения, мин:			
быстрогасящаяся, менее	8	8	8
среднегасящаяся, не более	25	25	25
медленногасящаяся, более	25	25	25
Тонкость помола – остаток частиц, %, не более, на ситах с сеткой:			
№ 02	1	1	1
№ 008	10	10	10

Результаты испытаний строительной извести представляют в виде табл. 5.2

Таблица 5.2 Результаты испытаний строительной извести

Показатель	Установлено испытанием
Активность, %	
Скорость гашения, мин	
Содержание непогасившихся зерен, %	
Сорт	

Контрольные вопросы

1. Что называют строительной известью?
2. Классификация воздушной извести.
3. Какие показатели характеризуют сортность извести?
4. Как определить активность извести?
5. Где используется строительная воздушная известь?

Лабораторная работа № 6. Песок мелкий заполнитель для бетона.

Цель работы: научиться определить основные свойства песка по требованиям ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» и соответствие свойств испытуемого песка требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические требования».

По результатам проведенной лабораторной работы указать возможность применения песка в качестве заполнителя при изготовлении бетона.

Теоритические положения.

В качестве мелкого заполнителя в тяжелом бетоне применяют песок, состоящий из зёрен размером 0,16 – 5 мм и имеющий истинную плотность от 2,0 – 2,8 г/см³.

Чаще всего для изготовления бетона применяют природный песок, который представляет собой рыхлую смесь зёрен различных минералов. Лучше всего применять кварцевые пески, которые хемосорбционно взаимодействует с цементным камнем и улучшают свойства затвердевшего бетона.

Качество песка определяется содержанием в нем пылеватых и глинистых частиц, которые ухудшают сцепление частиц песка с цементным камнем и снижают свойства бетона. Поэтому ГОСТ 8736-93 ограничивает содержание загрязняющих примесей 3%.

Песок используемый для изготовления бетона, должен иметь определенный зерновой состав, в котором будут содержаться зёрна всех фракций, в этом случае пустотность песка не будет превышать 40%.

Зерновой состав песка определяют просеиванием высушенной пробы песка (1000 г) через стандартный набор сит с ячейками 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм. Определяют остаток в граммах на каждом сите, затем частные и полные остатки на каждом сите в %.

Частным остатком a_i называется отношение массы остатка на данном сите к массе просеиваемой навески, выраженное в процентах:

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100\%$$

где m_i – остаток на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г;

i – размер ячеек сита.

Полным остатком A_i называется сумма частных остатков a_i на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите в процентах:

$$A_i = a_{2.5} + a_{1.25} + \dots + a_i$$

Зерновой состав испытуемого песка представляет графически на фоне стандартной области зернового песка, допустимого по требованиям государственного стандарта. Если песок не удовлетворяет по зерновому составу требованиям стандарта, т.е. кривая просеивания испытуемого песка хотя бы одной точкой выходит за стандартную область,

то его необходимо рассеять на фракции и дозировать каждую фракцию отдельно. Стандартная область песков допустимых для бетонов, приведена на рис. 6.1

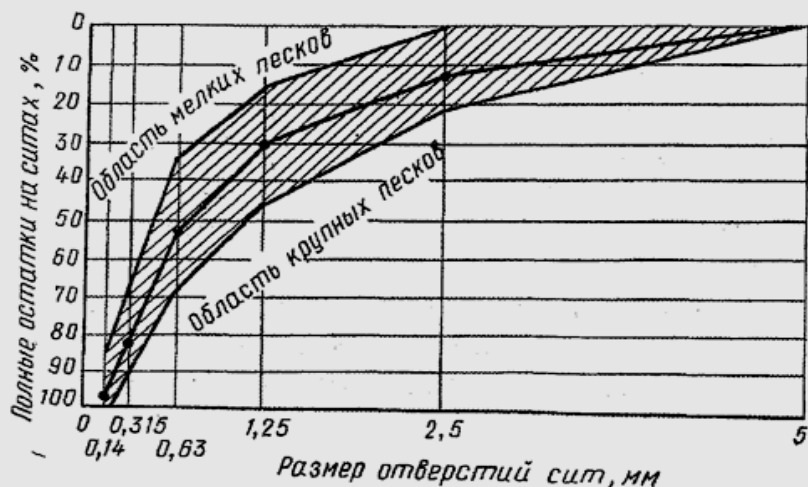


Рис. 6.1. График зернового состава песка:

▨ — область песков, допустимых для бетонов

Для оценки крупности песка применяют безразмерный показатель – модуль крупности $M_{кр}$, который вычисляют как отношение суммы полных остатков A на ситах, начиная с сита с ячейками 2,5 мм и кончая ситом с ячейками 0,14 мм, ко всей пробе, принятой за 100%.

$$M_{кр} = ;$$

В зависимости от модуля крупности пески бывают очень крупные, повышенной крупности, средние, мелкие, очень мелкие, тонкие очень тонкие. Значения модуля крупности для каждой группы песков указаны в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Группа песка	Модуль крупности $M_{кр}$
Очень крупный	свыше 3,5
Повышенной крупности	свыше 3,0 до 3,5
Крупный	свыше 2,5 до 3,0
Средний	свыше 2,0-2,5
Мелкий	свыше 1,5-2,0
Очень мелкий	свыше 1,0 до 1,5
Тонкий	свыше 0,7 до 1,0
Очень тонкий	до 0,7

Для бетона наиболее пригоден крупный песок, содержащий достаточное количество средний и мелких зерен. Мелкие пески применять не рекомендуется, так как они имеют очень большую пустотность, требуют более высокого расхода вяжущего, имеют высокую потребность.

Оборудование и материалы.

В лабораторной работе используют: сушильный шкаф, стандартный набор сит, стандартный воронку для определения насыпной плотности сыпучих материалов с мерным металлическим сосудом ёмкостью 1 л, металлическую линейку, лопатку, песок, воду.

Порядок выполнения работы.

Опыт 1. Определение насыпной плотности песка.

Насыпную плотность песка необходимо знать для перевода количества поступившего песка из весовой единиц в объёмные для определения состава бетона, определение пустотности пуска, а также для других расчетов.

Насыпная плотность песка в сухом состоянии определяют следующим образом. Пробу песка массой около 2 кг высушивают в сушильном шкафу при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы и просеивают через стандартное сито с ячейками 5 мм.

Подготовленную навеску помещают в воронку для определения насыпной плотности сыпучих материалов. Открыв нижнее отверстие прибора, насыпают песок в цилиндрический сосуд до образования конуса над верхом сосуда. Конус без уплотнения песка снимают вровень с краями сосуда линейкой. После чего ёмкость с песком взвешивают. Насыпную плотность ρ_n , кг/м^3 , вычисляют по формуле

$$\rho_n = \frac{m_1 - m_2}{V},$$

где m_1 – масса мерного цилиндра с песком, кг;

m_2 – масса цилиндра, кг;

V – объём цилиндра, м^3 .

Насыпную плотность песка определяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию песка. Окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

Таблица 6.2

Результаты испытаний и расчетов

Номер опыта	Масса цилиндра, кг		Масса песка m , кг	Объём цилиндра M , м^3	Насыпная плотность ρ_n , кг/м^3	Пустотность песка V_n
	пустого, m_2	с песком m_1				
1						
2						
					$\overline{\rho_n} = \frac{\sum \rho_n}{2}$	

Опыт 2. Определение пустотности песка в неуплотненном состоянии.

Пустотность песка зависит от относительного содержания зерен различной крупности, их взаимного расположения и степени уплотнения. Пустотность песка V_n вычисляют по формуле:

$$V_n = (1 - \frac{\rho_n}{\rho_{\text{ист}}}) 100\%$$

где ρ_n – насыпная плотность песка, кг/м^3 ;

$\rho_{\text{ист}}$ – истинная плотность песка, кг/м^3 .

Результаты расчетов заносят в табл. 6.2.

Опыт 3. Определение влажности песка.

При расчете количества песка для приготовления бетонной смеси необходимо учитывать количество воды, которое содержится в песке, т. е. его влажность.

Отбирают две пробы, по 50 г каждая, сразу же взвешивают, помещают в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Влажность песка в процентах по массе вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100\%$$

где m_1 – масса пробы песка в состоянии естественной влажности, г

m_2 – масса пробы в сухом состоянии, г.

Влажность песка вычисляют как среднее арифметическое влажности двух проб.

Результаты испытаний и расчетов записываются в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Номер опыта	Масса влажного песка, m_1 , г	Масса высушенного песка m_2 , г	Влажность песка W , %
1			
2			
			$\bar{W} = \frac{\sum W_i}{2}$

Опыт 4. Определение зернового состава и модуля крупности песка.

Зерновой состав песка характеризуется количественным содержанием в нем зёрен различной крупности.

Для определения зернового состава используют стандартный набор сит с размерами ячеек 10; 5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм. Отобранную пробу песка около 5 кг высушивают до постоянной массы и для определения содержания в нем гравия предварительно просеивают сквозь сита с ячейками 10 и 5 мм. Остатки на этих ситах взвешивают и вычисляют с точностью до 0,1% содержание в песке гравийных фракций крупностью более 10 (G_{10}) и 5 – 10 (G_5) по формулам:

$$G_{10} = \frac{m_{10}}{m} 100\%$$

$$G_5 = \frac{m_5}{m} 100\%$$

Из песка, прошедшего сито с ячейками 5 мм, для определения зернового состава отбирают навеску массой 1000 г и снова просеивают ее последовательно сквозь набор сит с ячейками 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм.

Просеивание производят ручным способом. Просеивание считается законченным, если при интенсивном встряхивании каждого сита вручную над листом бумаги практически не наблюдается падение зёрен песка. После просеивания колонку сит разбирают, остатки песка на каждом сите взвешивают. Затем вычисляют частные и полные остатки на каждом сите.

Результаты испытаний заносят в табл. 6.4.

Для оценки зернового состава песка результаты просеивания (по полным остаткам) наносят на график (рис. 6.1) и полученную кривую сравнивают с предельными кривыми, которыми определяют рациональную область применения песков в бетонах.

Некоторое представление о крупности песка дает модуль крупности.

Модуль крупности – это сумма полной остатков на стандартных ситах с ячейками 2,5-0,14 мм (в процентах), деленная на 100%:

$$M_{кр} = ,$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,14}$ – полные частицы в ситах с соответствующими размерами ячеек, %.

Таблица 6.4

Сито с ячейками, мм	Частные остатки		Полные остатки	
	г	%	г	%
2,5				
1,25				
0,63				
0,315				
0,14				
Прошло через сито с ячейками 0,14 мм				

Опыт 5. Определение удельной поверхности зерен песка.

Удельная поверхность зерен песка S может быть ориентировано вычислена по формуле А. С. Ладинского:

$$S = ,$$

где K – поправочный коэффициент, зависящий от крупности песка (для горного песка $K=2$; для речных и морских песков средней крупности $K=1,65$; для речных и морских мелких песков $K=1,3$);

a_n – прошло через сито с ячейками 0,14 мм, % по массе.

Контрольные вопросы:

1. Классификация песков по крупности.
2. Какую роль играет песок в формировании структуры бетона.
3. Почему при использовании мелкого песка расход цемента при изготовлении бетона увеличивается?
4. Какие требования предъявляются к песку как мелкому заполнителю, идущему при изготовлении бетона?

Лабораторная работа № 7

Щебень и гравий – крупные заполнители для бетона

Крупный заполнитель в бетоне образует структурный каркас, который воспринимает на себя все внешние нагрузки. Жёсткий каркас из высокопрочного заполнителя увеличивает прочность, повышает деформационную устойчивость, уменьшает ползучесть бетона. Крупный заполнитель уменьшает усадку бетона, потому что заполнитель воспринимает усадочные напряжения, возникающие при твердении цементного камня, и способствует получению более долговечного материала. В качестве крупного заполнителя можно использовать щебень и гравий с размером зерен от 5 до 70 мм. При бетонировании массивных конструкций можно применять щебень крупностью до 150 мм.

Щебень - это материал, полученный дроблением горных пород. Зерна щебня имеют шероховатую, угловатую форму, которая должна приближаться к кубу или тетраэдру. Более шероховатая, чем у гравия, форма зерен способствует лучшему их сцеплению с цементным камнем, поэтому для бетонов высокой прочности (В50 и выше) обычно применяют щебень, а не гравий.

Гравий - это природный материал, имеющий окатанную форму зерен. Часто гравий содержит некоторое количество песка, а также загрязняющие примеси – глину, пыль, гумусовые вещества (органические примеси) и др.

Зерновой состав крупного заполнителя показывает содержание в нем зерен разной крупности, определяется просеиванием пробы заполнителя через стандартный набор сит с разметом ячеек 5, 10, 20, 40 и 70 мм. Целесообразно использовать заполнитель с непрерывной гранулометрией, что позволяет уменьшить их межзерновую пустотность до 40%. После просеивания определяют частные остатки на каждом сите по формуле:

$$a_i = 100\%$$

m_i – остаток на сите с ячейками i мм, г;

$m_{пр}$ – масса всех проб, г.

Полные остатки на каждом сите определяются по формуле:

$$A_i = a_5 + a_{10} + \dots + a_i$$

Щебень из гравия должен содержать дробленные зерна не менее 80% по массе.

Щебень и гравий должны проверяться постоянно на содержание естественных радионуклидов.

Оборудование и материалы

В лабораторной работе используют: сушильный шкаф, гидростатические весы, сетчатый стакан, технические весы, разновесы, цилиндры для раздавливания с плужнером, набор сит с ячейками 0,14; 1,25; 5; 10; 20; 70 мм, гравий, щебень, воду.

Порядок выполнения работы

Опыт 1. Определение средней плотности гравия (щебня).

Отбирают 3 пробы гравия по 1000 г, высушивают до постоянного веса, взвешивают. Каждую пробу погружают в сосуд с водой. Сосуд ставят на электрическую плитку и воду доводят до кипения. Кипятят в течение 15-20 мин. При этом следят, чтобы уровень воды в сосуде был не менее чем на 20 мм выше уровня зерен. Насыщенные навески вынимают из воды и удаляют влагу с поверхности зерен мягкой тканью, после чего их взвешивают сначала на технических весах, а затем на гидростатических весах, помещая навеску в сетчатый стакан, погруженный в воду.

Среднюю плотность гравия (щебня) вычисляют с точностью до 0.01 г/см³ по формуле:

$$\rho_m = \frac{m_{\rho_{H_2O}}}{m_1 - m_2}$$

m - масса навески в сухом состоянии, г;

m_1 – масса навески в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;

m_2 – масса навески в насыщенном водой состоянии в воде, г

ρ_{H_2O} – плотность воды, равная 1 г/см³.

Опыт повторяют 3 раза. Результаты испытаний и расчетов записывают в табл. 7.1

Таблица 7.1

Номер пробы	Масса навески в сухом состоянии, г	Масса навески в насыщенном водой состоянии, г		Средняя плотность, г/см ³
		на воздухе	в воде	
1				
2				
3				
				$\bar{\rho}_m = \frac{\sum \rho_{mi}}{3}$

Опыт 2. Определение марки гравия (щебня) по дробности в цилиндре.

Отобранную пробу гравия фракции 5-10 мм, массой не менее 0,8 кг предварительно высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105-110 °С. Из приготовленной пробы берут навеску 400 г, насыпают в цилиндр и вставляют в него плунжер. Цилиндр ставят на нижнюю плиту пресса. Повышая давление пресса на 100 – 200 кг в одну секунду, доводят его до 5 т. Раздробленную таким образом навеску просеивают на сите с ячейками 1.25 мм. Остаток на сите взвешивают и определяют показатели D_p с точностью до 1%

$$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%$$

где m_1 – испытываемая навеска, г;

m_2 – масса осадка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре навески, г.

Показатель дробимости определяют как среднее арифметическое двух параллельных испытаний. По величине показателя определяют марку по дробимости по ГОСТ 8264-74.

Результаты испытаний и расчеты заносят в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Номер опыта	Масса навески, г	Масса остатка на контрольном сите, г	Показатель дробимости, %	Марка по дробности
1				
2				
			$\bar{D}_p = \frac{\sum D_{pi}}{2}$	

Опыт 3. Определение зернового состава гравия (щебня).

Пробу гравия промывают, высушивают до постоянной массы. Из пробы отбирают навеску, равную 5 кг. Навеску просеивают сквозь набор сит с ячейками 0,14; 5; 10; 20; 40; 70 мм. По данным опыта вычисляют частные и полные остатки. Результаты заносят в табл. 7.3

Таблица 7.3

Сито с ячейками, мм	Частные остатки на сите		Полные остатки на сите, %	Примечание
	г	%		
70				
40				
20				
10				
5				
0,14				

Определяют наибольшую и наименьшую крупность гравия. Наибольшая и наименьшая крупность заполнителя характеризуется размерами ячеек сит, полные остатки на которых составляют для D – 5%; для d – 95%.

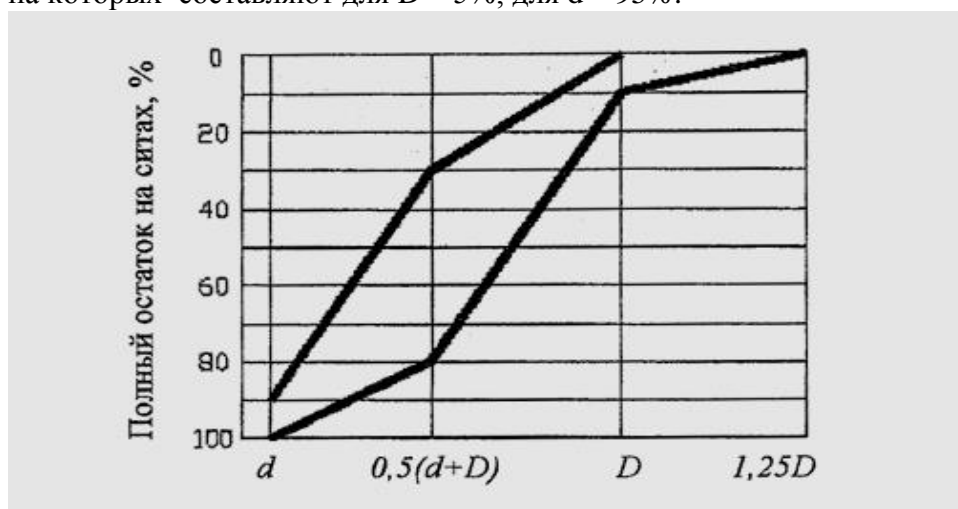


Рис 7.1. График зернового состава щебня

Значение этих размеров округляют в большую сторону до ближайших размеров отверстий стандартных сит. В примечании указывают сито с ячейками, соответствующими наименьшему d и наибольшему D диаметром зерен.

По данным опыта строят кривую просеивания гравия. Зерновой состав фракции должен находиться в пределах, указанных на графике (рис. 7.1) согласно ГОСТ 8268-74.

Контрольные вопросы и задачи

1. Классификация песков по крупности
2. Какую роль играют щебень (гравий) и песок в формировании структуры бетона?
3. Почему при использовании мелкого песка расход цемента при изготовлении бетона увеличивается?
4. Как определить марку щебня методом раздавливания в цилиндре? Марки щебня по дробности.
5. Предельно допустимые нормы содержания глины в песке и щебне (в случае использования их в качестве заполнителей для бетонов)
6. Какие требования предъявляют к песку, идущему для приготовления бетона?
7. Как определяют пустотность щебня?
8. Какие требования предъявляют к щебню, идущему для приготовления бетона?
9. На какие фракции разделяют щебень в зависимости от крупности зерен?

Лабораторная работы № 8 Проектирование состава цементного бетона

Цель работы: научиться выбирать минеральное вяжущее вещество и проектировать состав тяжелого цементного бетона для изготовления конструкций при строительстве зданий и сооружений промышленного, гражданского и сельскохозяйственного назначения в конкретно заданных условиях эксплуатации.

Теоретические положения

Свойства бетона зависят от многих факторов.

Подбор состава бетона производят с требованиями ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава».

Проектирование состава цементного бетона включает:

- задание на проектирование состава бетона;
- назначение требований к бетону исходя из вида и особенностей эксплуатации и технологии изготовления конструкций;
- выбор материалов для бетона и их испытание;
- определение предварительного номинального (лабораторного) состава бетона;
- корректирование состава на подобных замесах.

Задание учитывает:

- особенности при эксплуатации заданной конструкции или сооружения, а также различные специфические воздействия на нее;
- класс или марку бетона в соответствии с требованиями стандартов, техническими условиями или проектной документацией на конструкции конкретных видов, для которых предназначен бетон;
- показатели качества бетонной смеси – подвижность или жесткость, назначение в зависимости от размеров конструкций, густоты армирования и т.д.
- длительность и режимы твердения бетона и другие условия производства, применяемые по технологической документации, разработанной в соответствии с действующими стандартами, нормами и правилами;
- показатели однородности прочности бетона;
- ограничения по составу бетона и применению материалов для его приготовления, установленные нормативно-технической и технологической документацией.

Назначение требований к бетону исходя из особенностей эксплуатации конструкций осуществляется в соответствии со СНиПом, при этом определяются требуемая морозостойкость, водостойкость, водонепроницаемость, коррозионная стойкость и т.д.

Выбор материалов для изготовления бетона надо начать с выбора вяжущего. Выбор минерального вяжущего вещества необходимо осуществлять исходя из конкретных условий эксплуатации конструкции и сооружений. Необходимо аргументировать выбор вяжущего, связав его со специфическими условиями эксплуатации конструкций. После выбора вяжущего, песка и щебня их необходимо испытать в соответствии с требованиями государственных стандартов, т.е. определить их основные свойства и использовать их при расчете состава бетона.

Расчет состава бетона проводят исходя из двух условий:

1. Сумма абсолютных объемов компонентов бетона равна 1 м³ или 1000 л готового бетона

$$\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{В}{\rho_{В}} + \frac{П}{\rho_{П}} + \frac{Щ}{\rho_{Щ}} = 1000,$$

где Ц, В, П, Щ – соответственно расходы цемента, воды, песка, щебня (гравия), кг;

$\rho_{\text{в}}$; $\rho_{\text{ц}}$; $\rho_{\text{п}}$; $\rho_{\text{щ}}$ – истинные плотности соответственно цемента, воды, песка, щебня (гравия), кг/м³

2. Цементно-песчаный раствор должен заполнять все пустоты щебня с некоторой раздвижкой зерен α :

$$\frac{Ц}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{В}{\rho_{\text{в}}} + \frac{П}{\rho_{\text{п}}} = \alpha \frac{П_{\text{щ}} Щ}{\rho_{\text{нщ}}},$$

где $\rho_{\text{нщ}}$ – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³;

$П_{\text{щ}}$ – пустотность щебня (гравия), относительные единицы;

α – коэффициент раздвижки зерен, относительные единицы.

Различают номинальный (лабораторный) состав бетона, устанавливаемый для сухих материалов, и производительный (полевой) состав, назначаемый для материалов в естественно влажном состоянии.

Порядок расчета состава тяжелого бетона.

Расчет состава бетона осуществляют на 1 м³ бетонной смеси.

1. Определение водоцементного отношения.

Водоцементное отношение В/Ц вычисляют исходя из требуемого класса или марки бетона, активности цемента и с учетом вида и качества составляющих по следующим формулам:

- 1) для бетонов с водоцементным отношением В/Ц > 0,4 при соблюдении неравенства $R_{\text{Б}} < 1,3 AR_{\text{ц}}$ водоцементное отношение определяется по формуле

$$В/Ц = AR_{\text{ц}} / (R_{\text{Б}} + 0,5 AR_{\text{ц}})$$

где А – коэффициент, учитывающий качество материалов (его значения приведены в табл. 8.1).

$R_{\text{ц}}$ – активность или марка цемента, кг/см²;

$R_{\text{Б}}$ – марка бетона, кг/см².

- 2) для высокопрочных бетонов с водоцементным отношением В/Ц < 0,4 при соблюдении неравенства $R_{\text{Б}} > 1,3 AR_{\text{ц}}$ водоцементное отношение определяется по формуле:

$$В/Ц = A_1 R_{\text{ц}} (R_{\text{Б}} - 0,5 A_1 R_{\text{ц}})$$

где A_1 – коэффициент, учитывающий качество материалов (его значение приведены в табл. 8.1).

Таблица 8.1

Качество цемента	Коэффициенты качества материалов	
	А	A ₁
Высококачественные	0,65	0,4
Рядовые	0,6	0,4
		0,3

Для получения заданной прочности бетона и экономичного расходования цемента необходимо, чтобы марка цемента по возможности превышала требуемую прочность бетона. Марку цемента выбирают по табл. 8.2 в зависимости от требуемого класса бетона.

Таблица 8.2

Прочность бетона кг/см ²	100	150	250	300	400	500
Рекомендуемая марка цемента кг/см ²	300	400	400	500	600	600

2. Определение расхода воды.

Расход воды на 1 м³ бетона ориентировочно определяют по табл. 8.3 исходя из заданной удобоукладываемости бетонной смеси, принятой по таб. 8.4, с учетом вида и крупности зерен заполнителя.

Таблица 8.3

Удобоукладываемость бетонной смеси		Ориентировочный расход воды, кг/м ³ при крупности заполнителя			
осадка конуса, см	жесткость, с	10	20	40	70
1	2	3	4	5	6
Гравий					
9-12	-	215	200	185	170
6-8	-	205	190	175	160
3-5	-	195	180	165	150
1-2	-	185	170	155	140
-	30-50	165	160	150	-
-	60-80	155	150	140	-
-	90-120	145	140	135	-
-	150-180	135	130	128	-
Щебень					
9-12	-	230	215	200	185
6-8	-	220	205	190	175
3-5	-	210	195	180	165
1-2	-	200	185	170	155
-	30-50	175	170	160	-
-	60-80	165	160	150	-
-	90-120	160	155	140	-
-	150-200	150	145	135	-

Таблица 8.4

Вид конструкций, изделий и методы их изготовления	Значение подвижности и жесткости бетонной смеси	
	осадка конуса, см	показатель жесткости
Монолитные конструкции		
Подготовка под фундаменты и основания дорог	0	60-50
Полы, покрытия дорог, массивные неармированные конструкции	0-2	35-25
Массивные армированные конструкции, колонны большого сечения, армируемые на месте	2-4	25-15
Мосты, опорной части	5-8	15-10
Бункеры, силосы, тонкие колонны	4-6	15-10
Сборные бетонные и железобетонные изделия		
Канализационные колодцы	0	100-80
Стеновые блоки, формируемые на виброплощадках	2-4	25-15
Тонкостенные (непустотелые) сильнонасыщенные арматурой конструкции	2-6	20-15
Конструкции особо насыщенные арматурой (более 1%)	4-8	5-10

3. Определение расхода цемента.

Расход цемента на 1 м³ бетона вычисляют по уже известному водоцементному отношению и определенному по таблице 8.3 расходу воды:

$$Ц = В:В/Ц$$

4. Корректировка расхода цемента.

Расход цемента на 1 м³ бетона зависит от консистенции бетонной смеси и крупности заполнителя. Если при определении состава бетонной смеси окажется, что расход цемента, требуемой из условия получения заданной прочности, ниже указанных значений (табл. 8.5), его необходимо довести до этих минимально допустимых норм по требованию СНиПа для обеспечения требуемой морозостойкости и долговечности проектируемого бетона. Для исключения возможности расслаивания бетонной смеси минимальные расходы цемента не должны быть ниже значений, указанных в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Название смеси	Минимальный расход цемента для получения нерасслаиваемой плотной бетонной смеси, кг/м ³ , при предельной крупности заполнителя, мм			
	10	20	40	70
Особо жёсткая	160	150	140	130
Жесткая	180	160	150	140
Малоподвижная	200	180	160	150
Подвижная	220	200	180	160
Литая	250	220	200	180

В табл. 8.6 дана классификация бетонных смесей по консистенции в соответствии с подвижностью бетонной смеси.

Таблица 8.6

Название смеси	Осадка конуса, см
Литая	более 15
Подвижная	4-15
Малоподвижная	1-3
Жесткая	0-1
Особо жесткая	0

5. Определение расхода крупного заполнителя (щебня, гравия)

$$Щ = \frac{1000}{\alpha \frac{V_{нЩ}}{\rho_{нЩ}} + \frac{1}{\rho_{Щ}}},$$

где $\rho_{Щ}$ – истинная плотность щебня, кг/л;

$\rho_{нЩ}$ – насыпная плотность щебня, кг/л

$V_{нЩ}$ – пустотность щебня, определяемая по формуле

$$V_{нЩ} = \frac{\rho_{Щ} - \rho_{нЩ}}{\rho_{Щ}};$$

α – коэффициент раздвижки зерен, принимают по табл. 8.7 и назначают в соответствии с рекомендациями, обеспечивающими наиболее разумное соотношение между песком и щебнем, при котором расход цемента оказывается минимальным.

Таблица 8.7

Расход цемента, кг	Значение коэффициента α		
	осадка конуса, см		жесткость, с
	5-10	1-4	
200	1,22	1,18	1,10
250	1,28	1,22	1,12
300	1,34	1,28	1,14
350	1,40	1,34	1,16
400	1,48	1,40	1,18
500	1,60	1,48	1,20

Примечание: для других значений коэффициент α находят линейной интерполяцией.

6. Определение расхода песка

$$П = 1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{Щ}{\rho_{Щ}} + \frac{В}{\rho_{В}} \right) \rho_{П},$$

где Ц, П, Щ, В – расходы цемента, песка, щебня, воды, кг;
 $\rho_{Ц}$; $\rho_{Щ}$; $\rho_{В}$ – истинные плоскости цемента, песка, щебня, воды, кг/л.

7. Определение теоретической плоскости бетонной смеси, кг/м³

$$\rho_{б.см.} = Ц + В + П + Щ$$

8. Рассчитанный состав бетона выражают в виде соотношения по массе между цементом, песком, щебнем или гравием с обязательным указанием водоцементного отношения активности цемента. Количество цемента принимают за единицу, поэтому соотношение между составными частями бетона записывают в виде 1:х:у при В/Ц=Z.

9. Определение расхода материалов на лабораторный замес.

Для оценки объема получаемой бетонной смеси используют так называемый коэффициент выхода бетона β :

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц}{\rho_{нЦ}} + \frac{П}{\rho_{нП}} + \frac{Щ}{\rho_{нЩ}}},$$

где Ц, П, Щ – расход соответственного цемента, песка, щебня, кг;

$\rho_{нЦ}$, $\rho_{нП}$, $\rho_{нЩ}$ – насыпная плотность соответственно цемента, песка, щебня кг/л;

β – изменяется в пределах 0,5-0,75.

Объем лабораторного замеса для проверки запроектированного состава принимают 8 л. Расход материалов на замес лабораторной бетономешалки определяют по формулам:

$$Ц_{зам} = \frac{Ц V_{б.см.}}{1000 \beta};$$

$$П_{зам} = \frac{П V_{б.см.}}{1000 \beta};$$

$$Щ_{зам} = \frac{Щ V_{б.см.}}{1000 \beta};$$

$$В_{зам} = \frac{В}{Ц} Ц_{зам},$$

где $Ц_{зам}$; $П_{зам}$; $Щ_{зам}$; $В_{зам}$ – расход соответственно цемента, песка, щебня (гравия), воды на лабораторный замес.

Варианты заданий на проектирование состава бетона приведены в табл. 8.8

Таблица 8.8

Номер варианта	Шифр задания	Номер варианта	Шифр задания	Номер варианта	Шифр задания
1	А I 6 н 1	10	Л III 2 в 10	19	К I 8 н 19
2	Б I 7 н 2	11	А II 5 р 11	20	Л II 2 в 20
3	БПЗ р 3	12	Б I 6 р 12	21	А III 1 в 21
4	Г I 7 н 4	13	З I 6 н 13	22	Б I 2 в 22
5	Д II 5 р 5	14	Г II 4 р 14	23	В II 5 р 23
6	Е I 6 н 6	15	Д III 1 в 15	24	Г II 3 р 24
7	Ж II 4 р 7	16	Е III 2 в 16	25	Е II 5 р 25
8	З I 4 р 8	17	Ж III 1 р 17		
9	К III 1 в 9	18	З II 3 р 18		

Расшифровка А II 5 р 11

А – тип сооружения;
 II – марка бетона;
 5 – материалы для бетона;
 р – качество заполнителей;
 11 – условие эксплуатации.

Типы сооружений

А – массивные неармированные конструкции;
 Б – подготовка под фундаменты и основания дорог;
 В – массивные армированные конструкции;
 Г – мосты, опорные части;
 Д – бункеры;
 Е – силосы;
 Ж – канализационные колодцы;
 З – стеновые блоки, формируемые на виброплощадках;
 К – тонкостенные (непустотелые) сильнонасыщенные арматурой конструкции;
 Л – конструкции слабонасыщенные арматурой.
 Марка бетона: I – М150; II – М250; III – М300
 Качество заполнителей: р – рядовое; в – высшее; н – низкое

Материалы для бетона

1. Песок средней крупности с оптимальным зерновым составом. Гравийный щебень предельной крупности 20 мм. Истинная плотность песка 2630 кг/м^3 , портландцемента – 3100 кг/м^3 . насыпная плотность цемента 1300 кг/м^3 , крупного заполнителя – 1350 кг/м^3 , мелкого заполнителя – 1550 кг/м^3 .

2. Песок средней крупности с оптимальным зерновым составом. Гравийный щебень предельной крупности 40 мм. Истинная плотность песка 2530 кг/м^3 , щебня – 2600 кг/м^3 , портландцемента – 3100 кг/м^3 . Насыпная плотность цемента 1300 кг/м^3 , крупного заполнителя – 1400 кг/м^3 , мелкого заполнителя – 1510 кг/м^3 .

3. Песок средней крупности с оптимальным зерновым составом. Гравийный песок предельной крупности 20 мм. Истинная плотность песка 2500 кг/м^3 , гравия – 2580 кг/м^3 , портландцемента – 3100 кг/м^3 . Насыпная плотность цемента 1300 кг/м^3 , крупного заполнителя – 1430 кг/м^3 , мелкого заполнителя – 1520 кг/м^3 .

4. Песок средней крупности с оптимальным зерновым составом. Щебень оптимального зернового состава, предельной крупности 40 мм. Истинная плотность песка 2610 кг/м^3 , щебня – 2560 кг/м^3 , портландцемента – 3100 кг/м^3 . Насыпная плотность цемента 1300 кг/м^3 , крупного заполнителя – 1510 кг/м^3 , мелкого заполнителя – 1550 кг/м^3 .

5. Песок крупный. Щебень предельной крупности 20 мм. Истинная плотность песка 2530 кг/м³, щебня – 2600 кг/м³, портландцемента – 3100 кг/м³. Насыпная плотность цемента 1300 кг/м³, крупного заполнителя - 1500 кг/м³, мелкого заполнителя – 1510 кг/м³.

6. Песок крупный. Гравий оптимального зернового состава, предельной крупности 40 мм. Истинная плотность песка 2580 кг/м³, гравия – 2600 кг/м³, портландцемента – 3100 кг/м³. Насыпная плотность цемента 1300 кг/м³, крупного заполнителя – 1500 кг/м³, мелкого заполнителя – 1540 кг/м³.

7. Мелкий песок. Щебень низкой прочности, предельной крупности зерен 20 мм. Истинная плотность песка 2630 кг/м³, щебня – 2600 кг/м³, портландцемента – 3100 кг/м³. Насыпная плотность цемента 1300 кг/м³, крупного заполнителя – 1380 кг/м³, мелкого заполнителя – 1500 кг/м³.

8. Мелкий песок, графий предельной крупности 20 мм. Истинная плотность песка 2530 кг/м³, гравия – 2600 кг/м³, портландцемента – 3100 кг/м³. насыпная плотность цемента 1300 кг/м³, крупного заполнителя – 1510 кг/м³, мелкого заполнителя – 1480 кг/м³.

Условия эксплуатации

1. Выбрать вяжущее вещество для изготовления массивных неармированных конструкций, которые эксплуатируются при воздействии вод, содержащих 6% ионов SO₄²⁻.

2. Выбрать вяжущее вещество для изготовления подготовки под фундаменты и основания дорог, на которые воздействуют грунтовые воды с суммарным содержанием растворенных ионов 5%, в том числе ионов хлора – 3,67%, нитрат-ионов -0,93%, сульфат-ионов – 1%.

3. Выбрать вяжущее вещество для изготовления массивных армированных конструкций, подверженных постоянному воздействию мягкой проточной воды.

4. Выбрать вяжущее веществ для изготовления опор моста, которые постоянно находятся в проточной речной воде с содержанием ионов хлора 1,14%, ионов сульфата – 0,97% и небольшого количества органических веществ.

5. Выбрать вяжущее вещество для изготовления бункера хранения угля, добытого в гидрошахте с использованием речной воды.

6. Выбрать вяжущее вещество для изготовления силоса под цемент.

7. Выбрать вяжущее вещество для изготовления канализационного колодца, заглубленного на 3.6 м, га который воздействуют грунтовые и паводковые воды.

8. Выбрать вяжущее вещество для изготовления стеновых блоков, эксплуатирующийся в городской бане в условиях парной.

9. Выбрать вяжущее вещество для изготовления тонкостенных сильнонасыщенных арматурой конструкций, используемых для строительства морских берегоукрепительных сооружений, подверженных воздействию морской воды.

10. Выбрать вяжущее вещество для изготовления слабонасыщенных арматурой конструкций, которые будут эксплуатироваться в отстойнике шахтовых вод, сильнозакислованных рН=6.1-6.9.

11. Выбрать вяжущее вещество для изготовления массивных неармированных конструкций полов в насосном отделении по перекачке растворов хлора кальция 15%-й концентрации.

12. Выбрать вяжущее вещество для изготовления подготовки под фундаменты в насосном отделении по перекачке растворов сульфатов магния и натрия.

13. Выбрать вяжущее вещество для изготовления стеновых блоков, эксплуатирующийся при постоянном воздействии водяных паров и высокой температуры.

14. Выбрать вяжущее вещество для изготовления опор моста, работающих в условиях постоянного воздействия проточных речных вод.

15. Выбрать вяжущее вещество для изготовления бункера отделения гидрозолоудаления по тепловой электростанции. На концентрацию воздействуют зола и вода при повышенной температуре.

16. Выбрать вяжущее вещество для изготовления силоса под загрузку азотным удобрением.
17. Выбрать вяжущее вещество для изготовления канализационного колодца, в котором возможны проливы агрессивных вод.
18. Выбрать вяжущее вещество для изготовления стеновых блоков, работающих в условиях сельскохозяйственной теплицы при повышенной влажности и испарениях от применяемых удобрений.
19. Выбрать вяжущее вещество для изготовления тонкостенных сильнонасыщенных арматурой конструкций, работающих в условиях постоянного воздействия морской воды и приобоя.
20. Выбрать вяжущее вещество для изготовления слабонасыщенных арматурой конструкций, работающих в цехе по производству серной кислоты.
21. Выбрать вяжущее вещество для изготовления массивных неармированных конструкций, работающих при постоянном воздействии воды.
22. Выбрать вяжущее вещество для изготовления основания дороги, которое подвергается воздействию атмосферных осадков, попеременно замораживаю и оттаиваю ранней весной и поздней осенью.
23. Выбрать вяжущее вещество для изготовления массивных армированных конструкций, работающих в плотине при постоянном воздействии речных вод.
24. Выбрать вяжущее вещество для изготовления надводной части опор моста через реку.
25. Выбрать вяжущее вещество для изготовления силоса для хранения угля.

Контрольные вопросы:

- 1) Что называется бетоном?
- 2) Какой состав бетона называется номинальным или лабораторным?
- 3) Чем отличается номинальный состав бетона от производительного?
- 4) Как производится корректировка расхода цемента при проектировании бетона?
- 5) Как определить коэффициент выхода бетона?

Лабораторная работа № 9 **Проектирование состава легкого бетона**

Прочность легких бетонов, как и тяжелых, зависит от водоцементного отношения, так как оно определяет свойства цементного камня, соединяющего все составляющие компоненты бетона в едины монолит.

Легкие бетоны имеют ряд специфических особенностей по сравнению с тяжелыми бетонами:

1) Пористые заполнители вследствие особенностей своей структуры имеют невысокую прочность, обычно ниже прочности цементного раствора. Введение их в легкий бетон приводит к снижению его прочности. Другой важной особенностью легких бетонов на пористые заполнителях является то обстоятельство, что каждый крупный заполнитель позволяет получать бетоны только до определенной прочности, характерной прочности заполнителя, по достижении которой дальнейшее повышение прочности раствора, например, за счет уменьшения водоцементного отношения, не приводит к заметному повышению прочности бетона.

2) Предельная прочность легкого бетона определяются видом крупного заполнителя

3) Еще одной особенностью легких бетонов является то, что влагообмен между пористым заполнителем и оболочкой из цементного камня есть саморегулирующаяся система. Высокая пористость заполнителя приводит к влагообмену между сухими пористыми заполнителями в легких бетонах и окружающей их оболочкой из цементного

теста –камня. После затворения происходит миграция воды из растворной части бетона в зерна заполнителя, а через некоторое время – из заполнителя в окружающую оболочку. В дальнейшем эта миграция влаги периодически меняет направление до тех пор, пока в системе не установится равновесие влажностное состояние и равновесие с окружающей средой. Процесс становления равновесной влажности в рассматриваемой системе подчиняется закону маятника.

4) Для легких бетонов характерно повышенное сцепление крупного заполнителя с растворной частью, превышающее сцепление плотного щебня в 1,7-2,5 раза. При затворении легкобетонной смеси зерна пористого заполнителя набухают, и, поскольку влажностный коэффициент линейного расширения заполнителя будет больше соответствующего значения для цементного раствора, цементный раствор будет обжимать зерна пористого заполнителя, усиливая сцепление и повышая прочность контактной зоны. Кроме того, пористые заполнители обладают более высокой удельной поверхностью по сравнению с плотными заполнителями, что приводит к улучшению адгезии зерен заполнителя с цементным раствором. Пористый заполнитель также имеет в своем составе повышенное содержание кислого оксида кремния, который хемосорбиционно взаимодействует с гидроксидом кальция цементного камня с образованием новых гидрантных соединений с пониженной основностью. Это, в свою очередь, повышает водостойкость легкого бетона.

5) Оптимальное водосодержание в легкобетонных смесях соответствует наилучшей удобоукладываемости, а не большей прочности. Это тоже одна из особенностей легких бетонов.

Состав бетона на пористых заполнителях определяется расчетно-экспериментальным путем. Вначале находят предварительный состав бетона, который затем уточняют на пробных замесах. При определении предварительного состава бетона учитывают особенности влияния на свойства бетона и бетонной смеси различных видов пористого заполнителя.

В отличие от обычного бетона при проектировании состава легкого бетона необходимо наряду с прочностью бетона и удобоукладываемостью бетонной смеси обеспечить заданную его плотность. Поскольку плотность зависит от свойств и содержания пористого заполнителя, расходы мелкого и крупного заполнителей определяют из условий заданной плотности бетона.

Для получения состава легкого бетона с минимальным расходом необходимо правильно выбрать материалы для бетона.

Проектирование состава легкого бетона

Проектирование состава легкого бетона на легких пористых заполнителях и плотном песке выполняется на основании задания, в котором указываются следующие данные:

- вид, класс или марка бетона;
- средняя плотность легкого бетона в сухом состоянии;
- показатель жесткости или подвижность бетонной смеси;
- предельная крупность легкого заполнителя.

Расчет состава легкого бетона выполняют для 1 м^3 .

1) выбрать вид легкого заполнителя для обеспечения необходимой марки или класса бетона, а также требуемой средней плотности проектируемого бетона.

При выборе легких пористых заполнителей для легких конструкционно-теплоизоляционных и конструктивных плотных бетонов следует руководствоваться рекомендуемыми соотношениями между марками пористого гравия, прочностью и минимальной плотностью легких бетонов (плотной структуры) (табл. 9.1) и между марками пористого щебня, прочностью и минимальной плотностью легкого бетона плотной структуры (табл. 9.2).

Таблица 9.1

Марка пористого гравия по насыпной плотности	Класс легкого бетона по прочности при сжатии, МПа	Минимальная плотность сухого бетона, кг/м ³ , в зависимости от вида мелкого заполнителя и его плотности			
		перлит до 450 кг/м ³	керамзитовый, до 700 кг/м ³	шлаковый, до 850 кг/м ³	на плотных породах до 1500 кг/м ³
200	2,5	650	700	850	-
	2,3	700	750	900	-
300	2,5	750	800	950	-
	3,5	800	800	1000	-
	5,0	800	850	1000	-
	7,5	850	900	1050	-
400	3,5	850	900	1100	-
	5,0	900	900	1100	-
	7,0	950	950	1150	-
	10,0	1000	1000	1150	1400
	15,0	-	-	-	-
500	5,0	1000	1000	1200	-
	7,5	1000	1050	1200	-
	10,0	1050	1100	1200	-
	15,0	-	-	-	1400
600	5,0	1050	1100	1250	-
	7,5	1050	1150	1300	-
	10,0	1100	1200	1300	-
	15,0	-	-	-	1400
	20,0	-	-	-	1400
	25,0	-	-	-	1500
	30,0	-	-	-	1700
700	7,5	1100	1200	1350	-
	10,0	1150	1250	-	-
	15,0	-	-	-	1400
	20,0	-	-	-	1400
	25,0	-	-	-	1500
	30,0	-	-	-	1500
800	15,0	-	-	-	1400
	20,0	-	-	-	1400
	25,0	-	-	-	1500
	30,0	-	-	-	1600

Таблица 9.2

Класс бетона	Минимальная плотность сухого бетона, кг/м ³ при марке пористого щебня					
	400	500	600	700	800	900
2,5	950	1050	1150	1250	1350	-
3,5	1000	1000	1200	1300	1400	-
5,0	1050	1150	1250	1350	1450	-
7,5	1100	1200	1300	1400	1500	-
10,0	1150	1250	1350	1450	1500	-
15,0	-	-	1500	1600	1700	1800
20,0	-	-	1550	1650	1750	1850
25,0	-	-	1600	1700	1800	1900
30,0	-	-	-	1750	1850	1950

- 2) Определить марку цемента для получения проектируемого класса или марки бетона (для легких бетонов плотной и поризованной структуры) по табл. 9.3

Таблица 9.3.

Проектируемая марка или класс бетона	Марка цемента		Проектируемая марка или класс бетона	Марка цемента	
	рекомендуемая	допускаемая		рекомендуемая	допускаемая
3,5	300	200, 400	25,0	400	500
5,0-10,0	400	300	30,0	500	400,600
15,0	400	300, 400	35,0	500	400,600
20,0	400	300, 500	40,0	600	500

3) Назначить расход цемента выбранной марки в зависимости от марки пористого заполнителя и его вида (щебня или гравия) по табл. 9.4, 9.5, 9.6.

Таблица 9.4

Класс бетона	Ориентировочный расход цемента М400, кг/м ³ , для конструкционно-теплоизоляционных бетонов плотной структуры при марке пористого гравия					
	220	300	350-400	350-600	550-600	700
2,5	210-240	180-210	170-200	-	-	-
3,5	210-230	190-210	180-200	170-200	-	-
5,0	-	200-220	190-210	180-210	170-200	-
7,5	-	220-240	200-300	190-220	180-210	170-200
10,5	-	-	240-270	220-240	200-230	190-220

Таблица 9.5

Класс бетона	Ориентировочный расход цемента М400, кг/м ³ , для конструкционно-теплоизоляционных бетонов плотной структуры при марке пористого заполнителя				
	400	500	600	700	800
2,5	230-260	210-230	200-230	190-220	180-210
3,5	250-280	220-240	220-240	210-240	200-230
5,0	270-300	240-260	230-250	220-240	210-220
7,5	300-330	280-300	250-300	240-260	230-240
10,5	-	320-360	270-320	250-280	240-260

Таблица 9.6

Марка крупного пористого заполнителя	Ориентировочный расход цемента М400, кг/м ³ , в легких бетонах повышенной прочности (плотной структуры) при плотности бетона, кг/м ³ , на пористых заполнителях					
	1400	1500	1600	1700	1800	1900
Класс бетона 15,0						
400	300-350	270-310	260-290	-	-	-
500	260-300	250-280	240-270	230-270	200-250	-
600	240-280	280-320	220-250	210-259	200-250	-
		300-380	300-360	290-350	280-350	-
700	240-270	220-240	210-240	200-240	200-240	-
			260-340	250-340	250-330	-
800	230-260	210-230	200-330	200-230	200-230	-
				250-330	240-320	-
1000	-	-	-	-	-	-
Класс бетона 20,0						
500	410-470	360-400	310-360	300-340	290-340	-
600	350-420	320-380	300-340	280-320	270-320	-
		350-430	330-430	320-430	310-400	-
700	330-400	310-360	290-330	260-310	250-310	-

			290-440	280-400	280-420	
800	320-370	300-340	280-310	250-300 270-420	240-300 260-400	-
1000	-	-	-	-	- 260-380	- 250-360
Класс бетона 25, 0						
600	-	440-500	410-460 420-500	380-420 400-480	360-400 380-470	-
700	-	410-480	390-420	350-390 350-460	340-380 330-450	-
800	-	380-450	370-410	330-370	420-360 320-440	- 310-430
1000	-	-	-	-	-	- 300-420
Класс бетона 30, 0						
600	-	490-540	460-510	440-500	420-470	-
700	-	480-520	450-550	420-470 400-480	400-440 380-460	-
800	-	-	430-480	410-450	390-420 370-460	- 360-450

Примечание: расход цемента, указанный в числителе, приведен для легких бетонов на керамическом гравии, остальные значения приведены для легких бетонов на пористом щебне.

4) Назначенный расход цемента должен быть не ниже минимально допустимых норм расхода цемента для обеспечения необходимой морозостойкости и водонепроницаемости. Минимально допустимые нормы расхода цемента для бетонов различных марок по морозостойкости и водонепроницаемости.

Таблица 9.7

Марка бетона	минимальные нормы расхода портландцемента, кг/м ³ , для конструкций из легкого бетона повышения морозостойкости и водонепроницаемости			
	неармированного		армированного	
	плотного	поризованного	плотного	поризованного
По морозостойкости F10-15	Не нормируется, принимается из условий требуемой прочности			
F25-35	220	300	250	320
F50	250	320	300	350
F100-150	300	не применяется	350	не применяется
F200	350	не применяется	190	не применяется
По водонепроницаемости				
B2	250	не применяется	300	не применяется
B4	300	не применяется	350	не применяется
B6 и более	350	не применяется	400	не применяется

Если назначенный расход цемента ниже минимально допустимого количества, необходимо увеличить его до минимальной нормы.

При применении вяжущих другой активности расход их принимают с поправочным коэффициентом изменения расхода цемента в зависимости от его марки по табл. 9.8

Таблица 9.8

Марка цемента	Коэффициент изменения расхода цемента, кг/м ³ , при классе легкого бетона				
	2,5-5,0	7,5-10,0	15,0-20,0	25,0-30,0	35,0-40,0
200	1,10	1,20	1,25	-	-
300	1,05	1,10	1,20	1,25	-
400	1,00	1,00	1,00	1,17	1,17
500	0,96	0,94	0,90	1,00	1,17
600	-	-	0,86	0,90	1,00

- 5) Определить расход крупного и мелкого заполнителей на 1 м³ бетона по формуле

$$Z = \rho + 1,15Ц$$

где ρ – требуемая средняя плотность сухого бетона, кг/м³

$Ц$ – расход цемента, кг/м³

- 6) Определить долю песка в смеси заполнителей в зависимости от назначения легкого бетона по табл. 9.9

Таблица 9.9

Бетон	Расход цемента, кг/м ³	Ориентировочный суммарный расход крупного и мелкого заполнителей, кг/м ³	Предельная крупность заполнителей, мм	Содержание песка в смеси заполнителей, % от объема, при использовании	
				пористого гравия	пористого щебня
Теплоизоляционный	до 175	1450	40 20	20-25 25-30	25-35 30-40
Конструкционно-теплоизоляционный	175-250	1550	40 20 10	35-45 40-50 45-55	40-50 45-55 50-60
Конструкционный	250-400	1600	20 10	40-50 50-60	45-55 55-65

- 7) Определить насыпную плотность смеси заполнителей по формуле:

$$\rho_{нз} = \frac{0,9[r \rho_{нп} + 1(1-r) \rho_{нкз}]}{1 - V_{нкз}(1-r)},$$

где r – доля песка в смеси заполнителей, относительные единицы;

$\rho_{нп}$ – насыпная плотность песка, кг/м³;

$\rho_{нкз}$ – насыпная плотность крупного заполнителя, кг/м³;

$V_{нкз}$ – межзерновая пустотность крупного заполнителя, относительные единицы.

- 8) Определить общий расход по объему смеси крупного и мелкого заполнителей V_3 , кг/м³, по формуле

$$V_3 = \frac{Z}{\rho_{иц}},$$

где Z – суммарный расход крупного и мелкого заполнителей, кг/м³;

$\rho_{иц}$ – насыпная плотность смеси заполнителей, кг/м³.

- 9) Установить расход песка на 1 м³ бетона по формуле

$$\Pi = V_{\text{зап}} \cdot \rho_{\text{нП}}$$

10) Определить расход крупного заполнителя Щ, кг/м³ по формуле

$$\text{Щ} = \text{З} - \text{П},$$

З – суммарный расход крупного и мелкого заполнителя, кг/м³;

П – расход песка, кг/м³.

11) Определить расходы воды в зависимости от подвижности бетонной смеси, вида крупного заполнителя и его марки.

Приложение 1

Термины, обозначения, определения

Термин	Определение
Горная порода	Сочетание (агрегат) минералов естественного (природного) происхождения. Это минеральная масса более или менее постоянного состава и строения.
Минерал	Природное соединение, однородное по химическому составу, строению и физическим свойствам, составная часть горной породы
Структура	Строение горных пород, обусловленное размером, формой и степенью кристалличности минералов
Текстура	Природный рисунок
Рисунок	Различные по форме, размеру, расположению, цвету отдельные составные элементы на поверхности материала (камня). Рисунок горных пород обусловлен характером размещения минералов
Цвет	Зрительное ощущение, вызываемое воздействием на глаза потоков электромагнитного излучения в диапазоне видимой части спектра, отраженного поверхностью камня или прошедшего через него
Блеск	Обусловлен тем, как свет отражается от поверхности минерала
Спайность	Свойство кристаллов и кристаллических зерен раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим плоскостям
Излом	Характер поверхности неправильных обломков, на которые кристалл раскалывается при ударе
Твердость	Свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела

Составление твердости по шкале Мооса с абсолютной твердостью

Шкала твердости	Минерал	Характеристика твердости минерала по Моосу	Твердость шлифования	Твердость по ПМТ-3, МПа
1	Тальк	Скорблится ногтем	0,03	24
2	Гипс	Царапается ногтем	1,25	360
3	Кальцит	Царапается медной монетой	4,50	1090
4	Флюорит	Легко царапается перочинным ножом	5,00	1890
5	Апатит	С трудом царапается перочинным ножом	6,50	5360
6	Ортоклаз	Царапается напильником	37,00	7950
7	Кварц	Царапает оконное стекло	120,00	11200
8	Топаз	Легко царапается кварц	175,00	14270
9	Корунд	Легко царапается топаз	1000,0	20600
10	Алмаз	Не царапается ничем	140000,00	106000

Строительно-технические свойства горных пород

Наименование породы	Средняя плотность %	Пористость, %	Водопоглощение по массе, %	Предел прочности при сжатии МПа	Долговечность годы
Гранит	2600-2800	0,45-1,5	0,01-5	90-250	500-200
Диорит и сиенит	2600-2700	1,4-1,5	0,1-1	190-200	200-300
Габбро	3000-3100	менее 0,22	0,1-0,2	200-300	200-350
Лабрадорит	3700-2800	0,5-1,5	0,2-1	100-350	200-300
Диабаз	2900-3000	0,1-0,2	0,01-0,2	200-400	200-350
Базальт	2900-3000	0,4-1,5	4-5	50-300	200-300
Кварцевый порфир	2600-2700	1,47-3,68	0,1-5	112-340	200-300
Вулканический туф	800-1100	4,72-13,22	4-40	15-60	50-100
Песчаник	2400-2500	2,8-3	0,2-2,5	80-100	100
Брекчия	2400-2500	-	-	40-50	75-100
Известняк	1100-2300	0,36-27	0,5-40	0,4-100	25-50
Мрамор	2700-2800	0,59-1,0	0,1-0,7	60-200	20-25
Гнейс	2500-2600	-	-	100-300	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Боженков, Ю. М., Технология бетона: учебник/ Ю. М. Боженков – М.: Издательство АСБ, 2002. – 499с.
- 2.Буров, Ю. С.Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие вещества»/ Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. – М.; Стройиздат, 1994. – 225с.
- 3 Бутт, Ю. М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов./ Ю. М. Бутт, В. В. Тимашев. – М.; Высшая школа, 1993. – 504 с.
- 4 Волженский, Л. В. Минеральные вяжущие вещества: Учебник для вузов. – 4-е издание перераб. и доп./ Л.В. Волженский.– М.; Стройиздат, 1986. – 464 с.
- 5 Глекель, Ф. Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим./ Ф. Л. Глекель. – Ташкент, ФАН 4 ССР, 1985. – 198с.
6. Горчаков Г.И. Строительные материалы/Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. - М.: Стройиздат, 1986.-688 с.
- 7.ГОСТ 310.2-85 – ГОСТ 310.4-85. Портландцемент. Методы испытаний.
- 8.ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний.
- 9.ГОСТ 22688-77. Известь строительная. Методы испытаний
- 10.Комар А.Г. Строительные материалы и изделия/ А.Г. Комар - М.: Стройиздат, 1988.- 488 с.
- 11.Комар А.Г. Технология производства строительных материалов/ А.Г. Комар, Ю.М. Баженов, Л.М. Сулименко. - М.: Стройиздат, 1986.— 408 с.
12. Микульский В.Г. Строительные материалы (материаловедение и технология)/ В.Г. Микульский.- М.: ИАСВ, 2002.- 536 с.
- 13Раяк, С. М. Специальные цементы./ С. М. Раяк, Г.С. Раяк – М.; Стройиздат, 1987. – 220с.
- 14 Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: Учебное пособие. для строит. спец. вузов/ И.А. Рыбьев .- М.: Высшая школа, 2003.- 701 с.
15. Попов Л.Н. Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия»: Учеб. пособие/ Л.Н. Попов, Н.Л. Попов. - М.: ИНФРА-М, 2003. – 219 с.
- 16.Попов К.Н. Строительные материалы и изделия: Учеб./ К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высш. шк., 2002. – 367 с.
17. Хмеленко Т.В. Лабораторный практикум по материаловедению/Т.В. Хмеленко, А.В. Угляница, А.Б. Сорокин. –Кемерово: КузГТУ, 2004.-115 с.

Ольга Николаевна Дёмина

Лабораторный практикум

по материаловедению

2-е изд. доп. и перераб.

Компьютерная вёрстка: Дёмина О.Н.

Подписано к печати 05.10. 2015 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,08. Тираж 10 экз. Изд. № 3676.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район., с.Кокино,
ФГОУ ВО «Брянский ГАУ».

