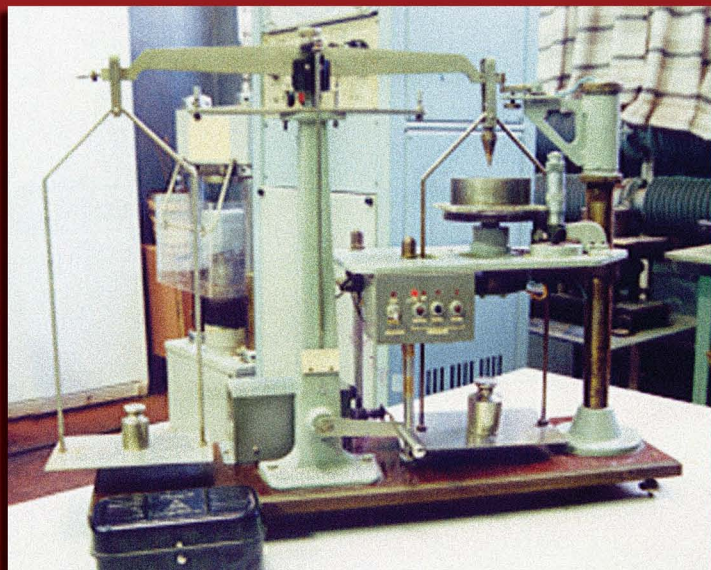


В.В. Белов В.Б. Петропавловская Ю.А. Шлапаков

ЛАБОРАТОРНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ



В.В. Белов В.Б. Петропавловская Ю.А. Шлапаков

ЛАБОРАТОРНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Допущено Министерством образования
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по направлению подготовки дипломированных
специалистов «Строительство»*



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва

2011

УДК 691 (035.5)

Рецензенты:

кафедра «Строительство, строительные материалы и конструкции»
Тульского государственного университета
(зав.каф., советник РААСН, д.т.н., проф. *А.А. Трещев*);
генеральный директор ОАО «НОКОСТ» советник РААСН,
к.т.н., лауреат премии Совета Министров СССР,
почётный строитель России, заслуженный изобретатель РФ *В.В. Цыро*.

Белов В.В., Петропавловская В.Б., Шлапаков Ю.А.

Лабораторные определения свойств строительных материалов: Учебное пособие.
– М.: Издательство АСВ, 2011. - 176 с.

ISBN 978-5-93093-256-0

В пособии описаны испытания и методы определения свойств основных строительных материалов и композиций для их изготовления в соответствии с действующими ГОСТами и стандартизированными методиками. Практикум снабжен необходимым объемом справочных данных. Приведены методические указания к двум самостоятельным и семи практическим работам студентов по изучению важнейших групп строительных материалов, решению наиболее часто встречающихся задач и расчетам состава основных композиций для изготовления.

Предназначено для студентов строительных специальностей высших учебных заведений, преподавателей, инженеров-строителей и работников строительных лабораторий.

Под редакцией к.т.н., доцента *В.В. Белова*

**Владимир Владимирович Белов
Виктория Борисовна Петропавловская
Юрий Абрамович Шлапаков**

Компьютерная верстка: *А.Б. Гранит*

ISBN 978-5-93093-256-0

© ООО «Издательство АСВ», 2011

© Белов В.В., Петропавловская В.Б.,
Шлапаков Ю.А., 2011

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Подписано к печати 14.06.11. Формат 60x90/16.

Бумага офс. №1. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 11 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, оф. 511
тел., факс: (499) 183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие составлено в соответствии с учебными программами дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов (строительные материалы и изделия)» для подготовки студентов строительных специальностей вузов и содержит методические разработки к лабораторным, практическим и самостоятельным работам по основным разделам курса.

В процессе лабораторных работ студенты знакомятся с методами испытаний строительных материалов, учатся работать с учебной и справочной литературой, определять важнейшие свойства строительных материалов, их сорта и марки.

Типовые примеры решения задач по основным свойствам строительных материалов, технологии минеральных вяжущих, бетона, керамических изделий, а также методики расчетов состава композиций для изготовления тяжелого, в том числе мелкозернистого, бетона и строительного кладочного раствора призваны обеспечить подготовку студентов по этим трудным и практически важным аспектам курса.

Выполнение самостоятельных работ направлено на развитие творческого мышления и профессиональных способностей студентов, умения решать вопросы прикладного характера, делать самостоятельные выводы.

Все работы снабжены формами рабочих журналов или формами записей, а также необходимыми справочными данными. К лабораторным и самостоятельным работам разработаны контрольные вопросы, а к практическим работам - контрольные задания, – для самоподготовки студентов и проверки приобретенных ими знаний.

Предлагаемое учебное пособие может быть полезно преподавателям строительных отделений вузов и строительных техникумов, инженерам-строителям и технологам, а также работникам строительных лабораторий при определении свойств строительных материалов и композиций для их изготовления.

Учебное пособие подготовлено коллективом авторов кафедры производства строительных изделий и конструкций Тверского государственного технического университета.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам книги профессору А.А. Трещеву и генеральному директору ОАО «НОКОСТ» В.В. Цыро за ценные замечания по содержанию пособия.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Строительные материалы и конструкции воспринимают те или иные нагрузки и подвергаются воздействию окружающей среды. Поэтому строительные материалы должны обладать комплексом определенных показателей свойств, например, достаточной прочностью, способностью сопротивляться физическим и химическим воздействиям среды: воздуха и содержащихся в нем паров и газов, воды и растворенных в ней веществ, колебаниям температуры и влажности, совместному воздействию воды и мороза и т.п.

Важнейшими свойствами строительных материалов, определяющими их долговечность и надежность, являются физические и механические свойства.

Физические свойства материала характеризуют его строение или отношение к физическим воздействиям окружающей среды. Физические свойства разделяются на:

1) удельные характеристики состояния и структурные характеристики (истинная плотность, средняя плотность, насыпная плотность; общая, открытая и закрытая пористость);

2) свойства материалов по отношению к действию воды, или гидрофизические свойства (влажность, водопоглощение и другие), а также к одновременному действию воды и мороза (морозостойкость);

3) свойства материалов по отношению к действию тепла или холода, т.е. теплофизические свойства (теплопроводность, теплоемкость, огнеупорность, огнестойкость и другие).

Механические свойства строительных материалов характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему или деформирующему воздействию внешних сил или внутренних напряжений.

Механические свойства разделяют на деформативные (упругость, пластичность и другие) и прочностные (пределы прочности при сжатии, растяжении, изгибе, скалывании; ударная прочность или сопротивление удару; сопротивление истиранию).

Лабораторные работы, относящиеся к данному разделу, содержат методики определения основных физических и механических свойств материалов в основном применительно к испытаниям каменных материалов и прежде всего бетона.

Лабораторная работа №1

Определение физических свойств строительных материалов

1. Определение истинной плотности

Истинная плотность – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии, т.е. без пор и пустот. Истинная плотность ρ (г/см³, кг/м³) вычисляется по формуле

$$\rho = m/V_a, \quad (1.1)$$

где m – масса материала; V_a – объем материала в абсолютно плотном состоянии.

Истинную плотность материала определяют либо с помощью специальной стеклянной колбы – объёмомера Ле-Шателье, вместимостью 120–150 см³, либо с помощью пикнометра – колбы точного объема, обычно вместимостью 100 см³.

Для определения истинной плотности каменного материала с помощью объёмомера Ле-Шателье из отобранной и тщательно перемешанной пробы отвешивают 200–220 г. Кусочки отобранной пробы сушат в сушильном шкафу при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы; затем их тонко измельчают в агатовой или фарфоровой ступке. Полученный порошок просеивают через сито с сеткой № 02 (размер ячейки в свету $0,2 \times 0,2$ мм). Отвесив в фарфоровой чашке навеску около 180 г просеянного порошка, его снова высушивают при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, а затем охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе, в котором порошок хранят до проведения испытания. Объёмомер наполняют до нижней нулевой черты жидкостью (водой, безводным керосином или спиртом), инертной по отношению к порошку материала.

После этого свободную от жидкости часть (выше черты) тщательно протирают тампоном из фильтровальной бумаги. Затем объёмомер 4 помещают в стеклянный сосуд 5 с водой и термометром 3 (рис.1.1). Вода имеет температуру 20°C (температура, при которой градуировали его шкалу). В воде объёмомер остается все время, пока идет испытание. Чтобы объёмомер в этом положении не всплывал, его закрепляют на штативе 1 так, чтобы вся градуированная часть шейки находилась в воде.

От подготовленной пробы, находящейся в эксикаторе, отвешивают с погрешностью до 0,01 г на технических весах 80 г порошка материала и высыпают его ложечкой через воронку 2 в прибор небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в нем не поднимется до черты с делением 20 см³ или до черты в пределах верхней градуированной части прибора. Разность между конечным и начальным уровнями жидкости в объёмомере показывает значение объема порошка, всыпанного в прибор. Остаток порошка взвешивают. Масса порошка, всыпанного в объёмомер, будет равна разности между результатами первого и второго взвешиваний.

Истинная плотность материала (г/см^3)

$$\rho = (m_1 - m_2) / V_a, \quad (1.2)$$

где m_1 – навеска материала до опыта, г; m_2 – остаток от навески, г; V_a – объем жидкости, вытесненной навеской материала (объем порошка в объёмомере), см^3 .

Истинную плотность материала вычисляют с округлением до $0,01 \text{ г/см}^3$ как среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$.

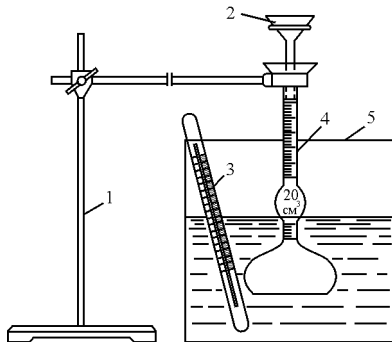


Рис. 1.1. Прибор для определения истинной плотности

Результаты опытов записывают в табл.1.1.

Таблица 1.1.

Результаты определения истинной плотности с помощью объёмомера Ле-Шателье

Наименование материала	№ опыта	Первоначальная масса пробы, г	Масса остатка, г	Объем вытесненной жидкости, см^3	Истинная плотность, г/см^3	Среднее значение, г/см^3

Для определения истинной плотности материала с помощью *пикнометра* используют предварительно высушенную и измельченную пробу около 30 г. Ее разделяют на две части. Каждую часть засыпают отдельно в заранее высушенный и взвешенный пикнометр. Затем определяют массу пикнометра с материалом.

В пикнометр заливают дистиллированную воду, примерно на 1,5-2 см выше уровня материала, ставят на водяную или песчаную баню в наклонном положении и кипятят в течение 15-20 минут для удаления пузырьков воздуха.

После этого пикнометр охлаждают до комнатной температуры, доливают водой до метки (по нижнему мениску), вытирают и взвешивают с погрешностью до $0,01 \text{ г}$. Пикнометр освобождают от содержимого, промывают и заполняют дистиллированной водой до риски и снова взвешивают.

Истинную плотность материала вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2) \cdot \rho_{\text{в}}}{m_1 - m_2 + m_3 - m_4}, \quad (1.3)$$

где m_1 – масса пикнометра с порошком, г; m_2 – масса пустого пикнометра, г; m_3 – масса пикнометра с дистиллированной водой, г; m_4 – масса пикнометра с порошком и дистиллированной водой, г; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды (принимается равной 1 г/см³).

Истинную плотность вычисляют как среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 г/см³.

Результаты опытов заносят в табл.1.2.

Таблица 1.2.

Результаты определения истинной плотности с помощью пикнометра

Наименование материала	№ опытов	Масса пикнометра с порошком m_1 , г	Масса пустого пикнометра m_2 , г	Масса пикнометра с дистиллированной водой m_3 , г	Масса пикнометра с порошком и дистиллированной водой m_4 , г	Истинная плотность порошка, г/см ³	Среднее значение истинной плотности, г/см ³

2. Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы

Средняя плотность – масса единицы объема материала в естественном состоянии, т.е. вместе с порами и пустотами. Средняя плотность ρ_0 (г/см³, кг/м³) вычисляется по формуле

$$\rho_0 = m / V_0, \quad (1.4)$$

где m – масса материала; V_0 – объем материала в естественном состоянии.

Для определения плотности* используют образцы материала в форме куба, параллелепипеда или цилиндра.

Образцы измеряют с необходимой точностью штангенциркулем или металлической линейкой (в зависимости от размера образцов), вычисляют их объем, после чего взвешивают на технических весах. Каждую грань образца кубической или близкой к ней формы измеряют в трех местах, как показано на рис.1.2а. За окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерении каждой грани.

* Для краткости допускается вместо термина «средняя плотность» применять термин «плотность».

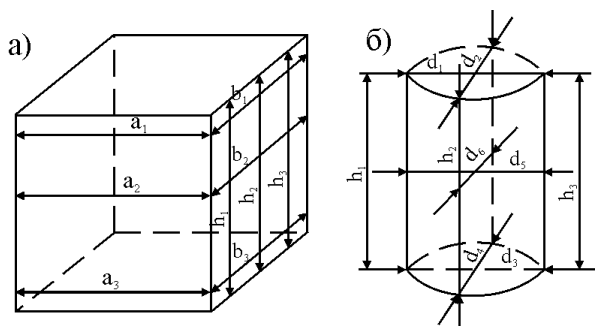


Рис. 1.2. Схемы измерения объема образцов правильной геометрической формы

На каждой из параллельных плоскостей образца цилиндрической формы проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (d_1, d_2, d_3, d_4) и измеряют их длину; кроме того, измеряют диаметры средней части цилиндра (d_5, d_6) в середине его высоты (рис.1.2б). За окончательный результат принимают среднее арифметическое шести измерений диаметра. Высоту цилиндра определяют в четырех местах (h_1, h_2, h_3, h_4) и за окончательный результат принимают среднее арифметическое четырех измерений.

Образцы любой формы со стороной размером до 100 мм измеряют с погрешностью до 0,1 мм, размером 100 мм и более – с погрешностью до 1 мм.

Образцы массой менее 500 г взвешивают с погрешностью до 0,1 г, а массой 500 г и более – с погрешностью до 1 г.

Объем образца (см^3), имеющего вид куба или параллелепипеда,

$$V_0 = a_{cp} \cdot b_{cp} \cdot h_{cp}, \quad (1.5)$$

где a_{cp}, b_{cp}, h_{cp} – средние значения размеров граней образца, см.

Объем образца цилиндрической формы (см^3)

$$V_0 = \pi \cdot d_{cp}^2 \cdot h_{cp} / 4, \quad (1.6)$$

где $\pi = 3,14$; d_{cp} – средний диаметр цилиндра, см; h_{cp} – средняя высота цилиндра, см.

Зная объем и массу образца, по формуле (1.4) вычисляют его среднюю плотность. Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое трех ее значений для различных образцов.

Результаты опытов заносят в табл.1.3.

Таблица 1.3.

Результаты определения средней плотности образцов правильной геометрической формы

Наименование материала	Масса образца г	Размеры образца, см			Объем, см ³	Средняя плотность	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>		г/см ³	кг/м ³

3. Определение плотности образцов неправильной геометрической формы

При определении плотности образцов неправильной формы используют метод, основанный на измерении с помощью объёмера объема вытесненной образцом из сосуда жидкости, в которую образец погружают, или метод гидростатического взвешивания.

Определение плотности с помощью объёмера

Этот прибор (рис.1.3) представляет собой цилиндр 1 диаметром 150 и высотой 350 мм с впаянной на высоте 250 мм латунной трубкой 2 диаметром 8-10 мм, имеющей загнутый вниз конец. Объёмер наполняют водой несколько выше трубки и ждут, пока избыток воды стечет, затем под трубку подставляют взвешенный стакан 4.

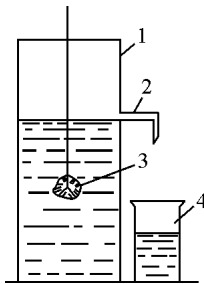


Рис.1.3. Объёмер

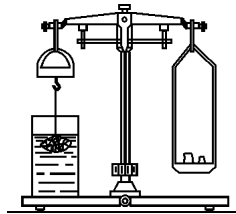


Рис.1.4. Взвешивание образца на гидростатических весах

Образец 3 высушивают, взвешивают, а затем парафинируют, т. е. покрывают с помощью кисти тонким слоем расплавленного парафина. После того как парафин застынет, образец осматривают, удаляют обнаруженные на парафиновой пленке пузырьки или трещины, заглаживая нагретой металлической проволокой или пластинкой. После парафинирования образец перевязывают прочной нитью и вторично взвешивают.

При погружении испытуемого образца в объёмер вытесняемая вода будет вытекать из трубки в стакан. После того как падение капель из трубки

прекратится, стакан с водой взвешивают и определяют массу вытесненной воды.

Плотность образца вычисляют следующим образом. Сначала определяют объем парафина (см^3), затраченного на покрытие образца

$$V_{\text{п}} = (m_1 - m) / \rho_{\text{п}}, \quad (1.7)$$

где m — масса сухого образца, г; m_1 — масса образца, покрытого парафином, г; $\rho_{\text{п}}$ — плотность парафина, равная $0,930 \text{ г/см}^3$.

После этого вычисляют плотность образца (г/см^3)

$$\rho_0 = m / (V_1 - V_{\text{п}}), \quad (1.8)$$

где m — масса сухого образца, г; V_1 — объем образца с парафином, численно равный массе воды, вытесненной образцом, см^3 ; $V_{\text{п}}$ — объем парафина, см^3 .

Результаты опытов заносят в табл.1.4.

Таблица 1.4.

Результаты определения средней плотности образцов неправильной геометрической формы с помощью объемомера

Наименование материала	Масса образца m , г	Масса образца, покрытого парафином m_1 , г	Объем образца с парафином V_1 , см^3	Объем парафина $V_{\text{п}}$, см^3	Средняя плотность образца, г/см^3	Средняя плотность материала, г/см^3

Определение плотности методом гидростатического взвешивания.

Согласно закону Архимеда на тело, находящееся в жидкости, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости. Так как в жидкости используется вода, плотность которой равна 1 г/см^3 , то объем образца будет численно равен выталкивающей силе, рассчитанной как разность веса образца на воздухе и в воде.

Сухой образец неправильной формы взвешивают на технических весах, затем парафинируют и снова взвешивают. После этого его подвешивают на тонкой нити к крючку приспособления, закрепленного на левом конце коромысла гидростатических весов (рис.1.4).

Массу образца уравнивают гириями, устанавливая их на правую чашку. Образец погружают в стакан с водой так, чтобы он не касался стенок и дна (при этом равновесие весов нарушается), весы снова уравнивают, сняв с правой чашки часть гирь, и определяют вес образца в воде. При этом плотность образца (г/ см^3)

$$\rho_0 = m / (m_1 - m_2 - (m_1 - m) / \rho_{\text{п}}), \quad (1.9)$$

где m - масса сухого образца, г; m_1 - масса образца, покрытого парафином на воздухе, г; m_2 – вес образца в воде, г; $\rho_{\text{п}}$ - плотность парафина, равная $0,93 \text{ г/см}^3$.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ	4
Лабораторная работа №1. Определение физических свойств строительных материалов	5
Лабораторная работа №2. Определение механических свойств ма- териалов	15
Практическая работа №1. Решение задач по основным свойствам материалов	21
ГЛАВА 2. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ (МИНЕРАЛЬНЫЕ)	
ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА	25
Лабораторная работа №3. Определение свойств строительной воз- душной извести	26
Лабораторная работа №4. Определение свойств портландцемента	29
Практическая работа №2. Решение задач по свойствам неорганиче- ских вяжущих веществ и строительной керамики	37
ГЛАВА 3. ТЯЖЕЛЫЕ БЕТОНЫ	40
Лабораторная работа №5. Определение свойств заполнителей для тяжелого бетона.....	41
Практическая работа №3. Расчет зернового состава заполнителей для тяжелого бетона.....	50
Лабораторная работа №6. Определение свойств бетонной смеси.....	55
Лабораторная работа №7. Определение свойств тяжелого бетона.....	59
Практическая работа №4. Решение задач по свойствам тяжелого бетона	71
Практическая работа №5. Подбор состава тяжелого бетона.....	75
Практическая работа №6. Подбор состава мелкозернистого бетона	84
ГЛАВА 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ	102
Лабораторная работа №8. Определение свойств строительного кла- дочного раствора.....	103
Практическая работа №7. Подбор состава строительного кладочно- го раствора	108
ГЛАВА 5. КИРПИЧ И КАМНИ СИЛИКАТНЫЕ	113
Лабораторная работа № 9. Определение свойств силикатного кир- пича.....	116

ГЛАВА 6. КИРПИЧ И КАМНИ КЕРАМИЧЕСКИЕ	120
Лабораторная работа № 10. Определение свойств керамического кирпича	124
ГЛАВА 7. ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	126
Лабораторная работа №11. Определение физико-механических свойств древесины	127
ГЛАВА 8. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА	137
Лабораторная работа №12. Определение физико-механических свойств нефтяных вязких битумов.....	137
ГЛАВА 9. АСФАЛЬТОБЕТОН	146
Лабораторная работа №13. Определение свойств минерального порошка для асфальтобетона.....	147
Лабораторная работа №14. Определение физико-механических свойств асфальтобетона	156
Лабораторная работа № 15. Определение состава асфальтобетона	163
ГЛАВА 10. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
И ИЗДЕЛИЯ.....	168
Самостоятельная работа №1. Сравнительный анализ характеристик теплоизоляционных материалов.....	168
ГЛАВА 11. ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	171
Самостоятельная работа №2. Сравнительный анализ свойств дорожно-строительных материалов	171
Библиографический список	173