РОСЖЕЛДОР

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»

(ФГБОУ ВО РГУПС)

А.В. Долгова, О.В. Дудукалова

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Ростов-на-Дону
2017

УДК 691(07) + 06

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент А.Ю. Богатина;
кандидат технических наук, доцент М.В. Плешко

Долгова, А.В.

Строительные материалы : учебно-методическое пособие к лабораторным работам / А.В. Долгова, О.В. Дудукалова; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 38 с.

Содержатся программа, методические указания к разделам курса и необходимая справочная литература. Описана методика выполнения лабораторных испытаний.

Предназначен для студентов 2-го курса очной формы обучения по направлению подготовки Строительство, профиль «Промышленное и гражданское строительство».

Одобрен к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

Учебное издание

Долгова Анна Владимировна
Дудукалова Оксана Викторовна

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 29.12.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,32.
Тираж экз. Изд. № 901451. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2.

© Долгова А.В., Дудукалова О.В., 2017
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение …… 4

1 Общие свойства строительных материалов ……. 5

2 Лабораторная работа № 1. Определение общих свойств строительных материалов…….. 7

3Лабораторная работа №2. Определение свойств керамических материалов. Физико-механические свойства древесины……. 14

3.1 Определение свойств керамических материалов……. 14

3.2 Физико-механические свойства древесины…….

4 Лабораторная работа № 3 Определение свойств битумов……. 24

5 Лабораторная работа №4. Определение свойств строительного гипса. Изучение свойств цемента…… ….. 28

5.1 Определение свойств строительного гипса…… 31

5.2 Изучение свойств цемента……

6Лабораторная работа № 5. Расчет состава тяжелого цементного бетона. Изучение свойств железобетона…….. 32

Библиографический список ……... 37

ВВЕДЕНИЕ

Индустрия строительных материалов является одной из ведущих в промышленной отрасли страны.

Строительные материалы – это природные и искусственные материалы и изделия, используемые при строительстве и ремонте зданий и сооружений. Различают строительные материалы общего (цемент, бетон, древесина) и специального назначения (акустические, теплоизоляционные, огнеупорные материалы).

На каждый строительный материал имеется ГОСТ или ТУ, в котором дается определение материала, приводятся важнейшие требования, предъявляемые к нему, методы испытаний, правила транспортирования, приемки и хранения. Стандарт имеет силу закона, и соблюдение его обязательно.

Основными направлениями экономического и социального развития РФ в XXI веке являются улучшение качества и развития производства эффективных строительных материалов, более широкое использование материалов попутной добычи, вторичного сырья и отходов других отраслей для производства строительных материалов, последовательный переход на поставку изделий высокой строительной готовности, расширение ассортимента и объема поставки высококачественной продукции для нужд населения, в том числе местных строительных материалов.

Студент изучает строительные материалы по технологическому признаку, положенному в основу классификации. К основным группам (классам) строительных материалов относятся:

1 Природные каменные материалы.
2 Неорганические вяжущие материалы.
3 Строительные растворы.
4 Бетоны и изделия из них.
5 Железобетонные изделия.
6 Керамические изделия.
7 Органические вяжущие материалы и изделия на их основе.
8 Лесные материалы.
9 Силикатные материалы.
10 Тепло- и звукоизоляционные материалы.
11 Стеклянные и другие плавленые материалы и изделия.
12 Строительные материалы из пластических масс.
13 Асбестоцементные изделия.
14 Материалы для окраски и других видов отделки.
15 Металлические изделия.

Основным критерием сравнения различных видов материалов служат их технические свойства. Анализируя показатели технических свойств, можно сравнивать металл и древесину, бетон и кирпич, цемент и известь и др.

1 ОБЩИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Истинная плотность ρ (г/см^3, кг/м^3) – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии без пор и пустот:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \qquad (1.1)$$

где m – масса материала, г;
V_a – объем в плотном состоянии, см^3.

Средняя плотность ρ$_0$ (г/см^3, кг/м^3) – есть масса единицы объема материала в естественном состоянии (объем определяется вместе с порами):

$$\rho_0 = \frac{m}{V_e}. \qquad (1.2)$$

Пористость П – есть степень заполнения объема материала порами:

$$П = \frac{V_П}{V_e}. \qquad (1.3)$$

Пористость выражают в долях объема материала, принимаемого за 1, или в % от объема. Для вычисления пористости в %, используют формулу:

$$П_o = (1 - \frac{\rho_0}{\rho})100. \qquad (1.4)$$

Влажность материала W(%) определяется содержанием в нем влаги, отнесенным к массе материала в сухом состоянии:

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100, \qquad (1.5)$$

где m_2 – масса влажного образца, г;
m_1 – масса сухого образца, г.

Водопоглощением называют способность материала поглощать и удерживать воду.

Количество поглощенной материалом воды, отнесенное к массе сухого материала, называется *водопоглощением по массе* W_m(%):

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100, \qquad (1.6)$$

где m_2 – масса образца , насыщенного водой, г;
m_1 – масса сухого образца, г.

Объем поглощенной материалом воды (численно равный ее массе), отнесенный к объему материала, называется *объемным водопоглощением* W_o (%):

$$W_o = \frac{m_2 - m_1}{V_e} \cdot 100. \qquad (1.7)$$

Степень снижения прочности материала при предельном его водонасыщении называется **водостойкостью.** Водостойкость численно характеризуется коэффициентом размягчения $К_{разм}$:

$$К_{разм}=\frac{R_{нас}}{R_{сух}}, \quad (1.8)$$

где $R_{нас}$ – предел прочности при сжатии материала в насыщенном водой состоянии, кгс/см^2;
$R_{сух}$ – предел прочности при сжатии сухого материала, кгс/см^2.

Прочность – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами.

Предел прочности при осевом сжатии $R_{сж}$ (Мпа) определяется по формуле:

$$R_{сж}=\frac{P_{разр}}{F}, \quad (1.9)$$

где $P_{разр}$ – разрушающая сила, кгс, *Н*;
F– площадь поперечного сечения образца, см^2 или м^2.

Предел прочности при изгибе $R_И$ (Мпа) определяется по формуле:

$$R_И=\frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (1.10)$$

где l – расстояние между опорами, см;
b– ширина образца, см;
h– высота образца, см.

Коэффициент конструктивного качества материала равна отношению показателя прочности при осевом сжатии $R_{сж}$ (МПа) к средней плотности (безразмерная величина), определяется по формуле:

$$К.к.к.=\frac{R_{сж}}{\rho_0}, \quad (1.11)$$

Истираемость материала И (г/см^2) определяется по формуле:

$$И=\frac{m-m_1}{S}, \quad (1.12)$$

где m – масса материала до истирания, г;
m_1– масса материала после истирания, г;
S– площадь истираемой поверхности,см^2.

2 Лабораторная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Опыт №1. Определение средней плотности образца правильной геометрической формы

Для определения средней плотности образцы материалы могут быть изготовлены в форме куба, параллелепипеда или цилиндра. При этом необходимо учитывать, что для пористых материалов размер образца кубической формы должен быть не менее 10×10×10 см, а для плотных – не менее 4×4×4 см. У цилиндрических образцов диаметр и высота должны быть соответственно не менее 7 и 4 см.

Образцы правильной геометрической формы (три для испытуемого материала) высушивают в сушильном шкафу при температуре 110±5°С, охлаждают в эксикаторе и хранят в нем до момента испытания.

При помощи штангенциркуля измеряют размер образцов и вычисляют его объем, после чего образец взвешивают на технических весах. Каждую грань образца кубической или близкой к ней формы измеряют в трех местах (a_1, a_2, a_3;b_1,b_2, b_3;h_1,h_2,h_3) по ширине и высоте и за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений каждой грани. На каждой из параллельных плоскостей образца цилиндрической формы проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (d_1,d_2,d_3,d_4), затем измеряют их; кроме того измеряют диаметры средней части цилиндра (d_5,d_6) в середине его высоты. 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 10 см измеряют с точностью до 0,1 мм, размером 10 см и более – с точностью до 1 мм. Образцы массой менее 500 г взвешивают с точностью до 0,1 г, а массой 500 г и более – с точностью до 1 г.

Объем образца V, см^3, имеющего вид куба или параллелепипеда, вычисляют по формуле:

$$V=a_{ср}\cdot b_{ср}\cdot h_{ср}, \qquad (2.1)$$

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

Объем образца V, см^3, цилиндрической формы вычисляют по формуле:

, (2.2)

где π=3,14;

$d_{ср}$– средний диаметр цилиндра, см;

$h_{ср}$– средняя высота цилиндра, см.

Зная объем и массу образца, по формуле определяют его среднюю плотность.

$$\rho_0=\frac{m}{V}. \qquad (2.3)$$

Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое трех значений различных образцов.

Результаты испытания записывают в журнал для лабораторных работ. В журнале следует зарисовать образцы правильной геометрической формы с указанием их размеров.

Таблица 2.1

Результаты испытаний

1	№ опыта	1	2	3
2	Наименование материалов			
3	Размеры образца: высота – h, см			
	диаметр – d, см			
	длина – l, см			
	ширина – b, см			
4	Объем образца в естественном состоянии: $V_e = b \cdot l \cdot h$, см³ $V_e = h \cdot (\pi \cdot d^2)/4$, см³			
5	Масса образца m, г			
6	Средняя плотность материала $\rho_0 = m/V_e$, г/см³			

Опыт №2. Определение средней плотности образца неправильной геометрической формы материала пористого

При определении средней плотности образца неправильной формы сложно найти его объем. Для этого применяют метод, основанный на вытеснении образцом из сосуда жидкости, в которую его погружают.

Для испытания берется мерный цилиндр (прозрачный с градуировкой), в который заливается исходный объем жидкости, после чего данное значение записывается в журнал.

Испытуемый образец материала сначала высушивают и взвешивают. Затем образец покрывают парафином и взвешивают повторно. После этого образец погружают в воду и определяют объем жидкости в сосуде.

Определяют объем образца материала, покрытого парафином, по формуле:

$$V_3 = V_2 - V_1, \quad (2.4)$$

где V_2 – объем жидкости в приборе после погружения образца, см^3;

V_1 – исходный объем жидкости в приборе, см^3.

Объем парафина, налипшего на образец, вычисляют по формуле:

$$V_п = \frac{m_1 - m}{\rho_п}, \quad (2.5)$$

где m_1 – масса образца, покрытого парафином, г;

m_2 – масса сухого образца, г;

$\rho_п$ – плотность парафина, $\rho_п$ = 0,93 г/см^3.

Вычисляют естественный объем образца (см^3) по формуле:

$$V_e = V_3 - V_п. \quad (2.6)$$

После этого вычисляют среднюю плотность образца (г/см^3) по формуле:

$$\rho_о = \frac{m}{V_e}. \quad (2.7)$$

Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Результаты испытаний

1	№ опыта	1
2	Наименование материала	
3	Масса образца: до парафинирования –m, г после парафинирования – m_1, г	
4	Объем жидкости в приборе: исходный – V_1, см³	
	после погружения образца в парафин –V_2,см³	
5	Объем образца материала, покрытого парафином: $V_3 = V_2 - V_1$,см³	
6	Объем парафина на образце $V_п = \frac{m_1 - m}{\rho_п}$, см³ *плотность парафина принять равной0,93 г/см³	
7	Объем образца $V_e = V_3 - V_п$, см³	
8	Средняя плотность материала $\rho_о = \frac{m}{V_e}$, г/см^3	

Опыт №3. Определение насыпной плотности материалов (цемента, гипса, песка, щебня и др.)

Для испытаний используют мерный цилиндр объемом 1 л (1000 см^3). Производится взвешивание мерного сосуда. Затем сосуд заполняется испытуемым материалом с условием, что материал должен полностью заполнять объем сосуда. Взвешивается сосуд с материалом и определяется масса материала по формуле:

$$m = m_2 - m_1, \quad (2.8)$$

где m_2– масса мерного сосуда с материалом, г;
m_1– масса мерного сосуда, г.

Затем определяется насыпная плотность материала по формуле:

$$\rho_н = \frac{m}{V}, \quad (2.9)$$

где V – объем мерного сосуда, см^3.

Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Результаты испытаний

1	№ опыта	1	2
2	Наименование материала		
3	Объем мерного сосуда – V, см³		
4	Масса мерного сосуда – m_1, г		
5	Масса мерного сосуда с материалом – m_2, г		
6	Масса материала $m=m_2-m_1$, г		
7	Насыпная плотность материала $\rho_н = \frac{m}{V}$, г/см³		

Опыт №4. Определение истинной плотности

Плотностью материала называют физическую величину, равную отношению массы материала к его объему.

Для определения плотности каменного материала из отобранной и тщательно перемешанной средней пробы отвешивают 200–220 г. кусочки отобранной пробы материала сушат в сушильном шкафу при температуре 110±5°С до постоянной массы; затем их тонко измельчают в агатовой или фарфоровой ступке. Полученный порошок просеивают через сито с сеткой № 02 (размер ячейки в свету 0,2×0,2 мм). Отвесив в фарфоровой чашке навеску около 180 г просеянного порошка, его снова высушивают при температуре 110±5°С, а затем охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе, в котором порошок хранят до проведения испытания.

Для испытания берут стеклянную колбу с градуировкой, в которую заливают жидкость. Определяют исходный объем жидкости в см³. Далее берут испытуемый материал, взвешивают и засыпают в сосуд.

Определяют объем материала в плотном состоянии по формуле:

$$V_a=V_2-V_1, \qquad (2.10)$$

где V_2 – объем жидкости в сосуде с материалом, см³;

V_1 – исходный объем жидкости в сосуде, см³.

Истинную плотность материала определяют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \qquad (2.11)$$

где m–масса материала, г.

Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Результаты испытаний

1	№ опыта	1	2
2	Наименование материала		
3	Масса материала – m, г		
4	Объем жидкости в приборе: исходный – V_1,см³		
	с материалом – V_2, см³		

Окончание табл. 2.4

1	2	3	4
5	Объем материала в плотном состоянии $V_a = V_2 - V_1$, см³		
6	Истинная плотность материала $\rho = \frac{m}{V_a}$, г/см³		

Опыт №5. Определение водопоглощения

Водопоглощение – это способность материала впитывать и удерживать в порах воду. Вода заполняет мельчайшие поры и капилляры в материале, но так как часть из них все же оказывается недоступной для воды, а в порах, заполняемых водой, частично остается воздух, то по количеству воды, поглощаемой материалом, только приблизительно можно установить открытую пористость. Определяют водопоглощение по массе и объему.

Водопоглощение по массе W_m, %, равно отношению массы воды, поглощенной образцом при насыщении, к массе сухого образца:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m}, \qquad (2.12)$$

где m – масса сухого образца, г;

m_1 – масса насыщенного водой образца, г.

Водопоглощение по объему W_v, %, равно массе поглощенной образцом воды при насыщении его, отнесенной к объему образца V:

$$W_v = \frac{m_1 - m}{V}. \qquad (2.13)$$

Соотношение между водопоглощением по массе и объему равно средней плотности материала в сухом состоянии:

$$\frac{W_v}{W_m} = \frac{m_1 - m}{V} : \frac{m_1 - m}{m} = \frac{m}{V} = \rho_0. \qquad (2.14)$$

Зная значения водопоглощения по массе и среднюю плотность, можно получить формулу для расчета водопоглощения по объему:

$$W_v = W_m \cdot \rho_0. \qquad (2.15)$$

Водопоглощение строительных материалов определяют следующим образом: три – пять образцов высушивают до постоянной массы при температуре 110±5°С и охлаждают до комнатной температуры, после чего их погружают в воду и выдерживают там до постоянной массы. Однако порядок испытания различных видов материала регламентируется соответствующими ГОСТами.

Водопоглощение по массе W_m и объему W_v вычисляют по приведенным выше формулам с точностью до 0,1%. За окончательный результат определения водопоглощения принимают среднее арифметическое трех определений для однородных горных пород и пяти определений для неоднородных горных по-

род. Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Результаты испытаний

1	№ опыта	1	2
2	Наименование материала		
3	Масса сухого образца – m, г		
4	Масса образца, насыщенного водой, – m_1, г /время выдержки в воде не менее 48 час/		
5	Масса образца, насыщенного водой, при гидростатическом взвешивании, – m_2, г		
6	Объем образца: $V_e = \frac{m_1 - m_2}{\rho_{H_2O}}$, см³ Плотность воды принимаем равной ρ_{H_2O} =1,0 г/см^3		
7	Водопоглощение по массе $W_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\%$		
8	Водопоглощение по объему $W_v = \frac{m_1 - m_2}{Ve} \cdot \frac{1}{\rho_{H_2O}} \cdot 100\%$		

Опыт №6. Определение пористости

Пористость материала характеризуется степенью заполнения его объема порами. Ее вычисляют по формуле:

$$П = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100 \quad , \qquad (2.16)$$

где $П$ – пористость материалов, %;

ρ_0– средняя плотность материала, г/см^3;

ρ – плотность материала, г/см^3.

Для сыпучих материалов по приведенной выше формуле определяют истинную пористость, называемую обычно пустотностью. В данном случае берут насыпную плотность, а вместо плотности – среднюю плотность кусков (зерен) материала.

Результаты вычисления пористости материала заносят в журнал для лабораторных работ (табл. 2.6).

В объеме материала одновременно могут находиться поры и пустоты. Поры представляют собой мелкие ячейки в материале, заполненные воздухом

или водой; пустоты же – более крупные ячейки и полости, образующиеся между кусками рыхло насыпанного материала.

Значения пористости строительных материалов различны, например для стекла и металла пористость составляет 0%, для кирпича 25–35%, для обычного тяжелого бетона 5–10 %, для газобетона 55–85%, для поропласта 90–95 %.

Пористость в значительной степени определяет эксплуатационные свойства материалов: водопоглощение, водопроницаемость, морозостойкость, прочность, теплопроводность и др.

Таблица 2.6

Результаты испытаний

1	№ опыта	1	2
2	Наименование материала		
3	Истинная плотность материала – ρ, г/см³		
4	Средняя плотность материала – ρ_0, г/см³		
5	Масса образца материала – m, г		
6	Масса образца материала насыщенного водой – m_1, г		
7	Объем образца материала – V_e, см³		
8	Общая пористость материала $П_О = \left[1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right] \cdot 100\%$		
9	Открытая пористость материала $П_u = \frac{m_1 - m}{V_e} \cdot \frac{1}{\rho_{H_2O}} \cdot 100\%$		
10	Закрытая пористость материала $П_з = П_О - П_u$, %		

Опыт №7. Определение влажности

Испытуемый образец взвешивается в естественном (влажном) состоянии. Затем образец помещается в сушильный шкаф, где высушивается при температуре 110±5°С до постоянного веса. Затем образец взвешивается повторно. Определяется влажность образца по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%, \qquad (2.17)$$

где m_1 – масса образца в естественном состоянии, г;

m_2 – масса высушенного образца, г.

Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Результаты испытаний

1	№ опыта	1	2
2	Наименование материала		
3	Масса образца в естественном состоянии – m_1, г		
4	Масса образца высушенного при температуре 110±5ºС до постоянного веса – m_2, г		
5	Влажность образца $W=\frac{m_1-m_2}{m_2}\cdot 100\,\%$		

3 Лабораторная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

3.1 Определение свойств керамических материалов

Опыт №1. Оценка качества керамических материалов по форме, размерам, внешнему виду, определение степени обжига (СТБ 1160-99)

Оборудование и материалы: мерная металлическая линейка, угольник, эталон кирпича нормального обжига, образцы

кирпича.

Проведение испытаний. Для оценки соответствия кирпича требованиям СТБ 1160-99 их осматривают, оценивают форму и определяют линейкой размеры по длине, ширине, толщине, непрямолинейность ребер и граней, отбитости углов, отбитости и притупленности ребер, длину сквозных трещин, степень обжига.

Кирпич должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда с ровными гранями на лицевых поверхностях. Допускается изготовление кирпича с закругленными углами радиусом до 15мм. Поверхность граней может быть рифленой.

Пустоты в кирпиче могут быть сквозными и несквозными. Толщина наружных стенок кирпича должна быть не менее 12мм.

Линейные размеры кирпича, размеры трещин замеряют линейкой с точностью до 1 мм. Каждую грань измеряют в трех местах (по краям и середине) и за окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из трех измерений.

Допускаемые отклонения от стандартных размеров отдельного образца кирпича, изготовленного из глинистых пород, не должны превышать: по длине — ±5мм, по ширине — ±4мм, по толщине — ±3мм. Непрямолинейность ребер и граней кирпича не должна превышать по постели 3 мм, по ложку 4мм.

Допускаемые отклонения отдельного образца кирпича из кремнеземистых пород не должны превышать по длине ±7мм, по ширине ±5м, по толщине

для кирпича ±3мм. Непрямолинейность ребер и граней определяют металлической линейкой и угольником, как это показано на рис. 2.

Величину отбитости и притупленность определяют измерением просвета между поверхностью образца и гранью приложенного к образцу металлического угольника (рис. 1).

Допускается не более двух отбитостей углов глубиной от 10 до 15мм и двух отбитостей (притупленностей) ребер глубиной более 5мм или длиной по ребру от 10 до 15мм. Общее количество кирпича с отбитостями, превышающее допустимые значения, не должно быть более 5%.

Величину отбитости и притупленности определяют изменением просвета между поверхностью образца и гранью приложенного к образцу металлического угольника (рис. 1).

Количество трещин в кирпиче ограничивается, так как они понижают физико-механические свойства изделия. Допускается на ложковой и тычковой гранях не более чем по одной сквозной трещине протяженностью до 30мм по постели полнотелого кирпича или не более чем до первого ряда пустот для пустотелого кирпича. Полнотелый кирпич, имеющий сквознуютрещину более 30мм, или пустотелый кирпич со сквозными трещинами более чем до первого ряда пустот в половину ложковой или тычковой грани, а также изделия, состоящие из парных половинок, относятся к половняку. Содержание его в партии допускается не более 5%.

Недожог или пережог кирпича является браком и запрещается к поставке потребителю. Степень обжига определяют сравнением отобранных образцов с эталоном кирпича нормального обжига, полученного с завода-изготовителя и хранящегося в лаборатории. Недожженные изделия имеют низкую прочность иморозостойкость, пережженные – повышенную прочность , но теплопроводны.

Таблица 3.1

Оценка качества кирпича

Показатель	Отклонения от размеров и показателей внешнего вида по СТБ 1160-99	Данные обмера и внешнего осмотра отобранной пробы кирпича				
		1	2	3	4	5
1. Отклонения от размеров, мм:						
по длине	±5					
по ширине	±4					
по толщине кирпича	±3					
2. Непрямолинейность ребер и граней кирпича, мм, не более:						

по постели	3					
по ложку	4					
3. Отбитости углов глубиной от 10 до 15 мм, шт.	2					
4. Отбитости и притупленности ребер, не доходящие до пустот, глубиной более 5 мм, длиной по ребру от 10 до 15 мм, шт.	2					
5. Трещины протяженностью по постели полнотелого кирпича до 30 мм, пустотелых изделий не более чем до первого ряда пустот — на всю толщину, шт.:	1					
на ложковых гранях	1					
на тычковых гранях	1					

Опыт №2 Определение средней плотности (ГОСТ 7025-91)

По средней плотности (г/см^3) кирпичи подразделяют на эффективные со средней плотностью для кирпича до 1,4, условно эффективные со средней плотностью кирпича — от 1,4. Обыкновенный кирпич имеет среднюю плотность выше 1,6 г/см^3. Чем меньшесредняя плотность материала, тем меньше его коэффициенттеплопроводности, что позволяет уменьшить толщину стены, Оборудование и материалы: используемые образцы кирпича, измерительная линейка, технические весы, сушильныйшкаф.

Проведение испытаний. Среднюю плотность кирпича с учетом пор и пустот определяют на трех кирпичах, предварительновысушенных до постоянной массы при температуре 105...110°С**.** Образцы должны соответствовать требованиям стандарта поформе, внешнему виду и размерам.

Кирпич взвешивают, затем измеряют размеры: длину, ширину и толщину с точностью до 1 мм. Каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое значение из трех измерений каждой стороны, по краям и посередине. Умножая длину на ширину и толщину, вычисляют его объем.

Обработка результатов. Среднюю плотность отдельного образца вычисляют по формуле:

$$\rho_c = \frac{m}{V_e} \qquad (3.1)$$

где ρ_c— средняя плотность, г/см^3; m — масса образца, высушенного до постоянной массы, г; V_e— объем образца, см^3

Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания трех образцов с погрешностью до 0,01 г/см^3. Полученные данныезаписывают в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Определение средней прочности

Показатель	Номер образцов		
	1	2	3
Масса сухого образца, г			
Размеры:			
длина*L*,см			
ширина*b*, см			
толщина*h*,см			
объем *V*, см^3			
Средняя плотность отдельного образца ρ_c , г/см^3			
Средняя плотность материала ρ_c , г/см^3			

Опыт №3 Определение марки по прочности. (ГОСТ 8462-85)

Марку керамического кирпича определяют путем определенияпределов прочности при сжатии и изгибе испытанием образцов.

Оборудование и материалы**:** образцы кирпича, портландцемент с минеральными добавками или шлакопортландцемент марки 400, гипсовое вяжущее марки Г-16, песок кварцевый с зернами не более 1,25 мм, вода, чашка для приготовления растворной смеси, лопатки для перемешивания, пресс гидравлический, линейка металлическая измерительная, сито с сеткой № 1,25, пластины металлические или стеклянные размером 270х150х5 мм, войлок технический толщиной 5-10 мм, пластина резинотканевая толщиной 5-10 мм или картон,ножовка по металлу или дисковая пила, приспособление для раскалывания кирпича на прессе, приспособление для испытания образцов на изгиб.

Проведение испытаний при сжатии. Схема испытания образцов на сжатие приведена на рис. 3. Перед испытанием вычисляют площадь поперечного сечения образца как среднее арифметическое площадей верхней и нижней граней. Линейный размер каждой грани определяют как среднее арифметическое зна-

чение результатов измерений поверхностей образца. Замеры выполняют с точностью до 1 мм.

Разрушающую нагрузку определяют на гидравлическом прессе при нарастании скорости хода поршня, обеспечивающейразрушение образца через 20-60 с после начала испытания.

Обработка результатов. Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = P/F, (3.2)$$

где $R_{сж}$ — предел прочности при сжатии, МПа; P — разрушающая нагрузка, Н; F— площадь образца, м .

Средний предел прочности вычисляют с точностью до 0,1 МПа как среднее арифметическое значение результатов испытаний пяти образцов.

При вычислении предела прочности образцов утолщенного кирпича (толщиной 88 мм) результаты испытаний умножают на коэффициент 1,2. *цж*

При вычислении предела прочности кирпича пластического прессования, выровненных шлифованием, гипсовым раствором или прокладками, применяют поправочный коэффициент перехода. Он вычисляется по формуле:

$$K = R_{сж1}/R_{сж2} (3.3)$$

где K — поправочный коэффициент;$R_{сж1}$ - предел прочности при сжатии образцов, отобранных из десяти партий кирпича, изготовленных по основной методике, как среднее арифметическое значение результатов испытаний 50 образцов, МПа; $R_{сж2}$ — предел прочности при сжатии образцов, отобранных из десяти партий кирпича и изготовленных по ускоренной методике, как среднее арифметическое значение результатов испытаний 50 образцов, МПа.

Результаты испытаний записывают в табл.3.3.

Таблица 3.3

Определение предела прочности кирпича при сжатии

Номер образца	Площадь образца F. $м^2$	Разрушающая нагрузка Р,Н	Предел прочности при сжатии отдельного образца$R_{сж,}$ МПа	Среднее значение предела прочности $R_{сж}$, МПа	Наименьшее значение предела прочности $R_{сж}$, МПа
1					
м					

Определение предела прочности кирпича при изгибе* Проведение испытаний. Испытание кирпича на изгиб выполняют нацелых кирпичах, как балок свободно лежащих на двух опорах инагруженных посередине пролета (рис. 4).

Опоры должны быть расположены на расстоянии 200 мм друг от друга. Передача нагрузки от пресса на середину кирпича выполняется через опору. Длина каждой опоры должна быть не менее ширины кирпича и иметь закругления радиусом 10-15 мм,

В местах опирания и приложения нагрузки поверхность кирпича-пластического прессования выравнивают цементным или гипсовым раствором, шлифованием или укладывают прокладки. Образцы из пустотелого кирпича с несквозными пустотами кладут пустотами вниз. Перед испытанием измеряют размеры поперечного сечения кирпича с точностью до 1 мм.

Обработка результатов. Предел прочности при изгибе отдельного образца, определяют по формуле:

$$R_н = \frac{3PL}{2bh^2} \qquad (3.4)$$

где$R_н$ — предел прочности при изгибе, МПа; *P* — разрушающая сила, Н; I—длина пролета между опорами, м; *b*— ширина кирпича, м; h; — высота (толщина) кирпича по середине пролета, м.

За окончательное значение предела прочности при изгибе принимают среднее арифметическое значение из результатов испытаний пяти образцов, вычисленное с точностью 0,05 МПа. Если один го образцовимеет прочность, отличающуюся более чем на 50% в большую или меньшую сторону от среднего значения, то этот образец не учитывается и принимается среднее арифметическое значение прочности четырех образцов. Результаты испытаний записывают в таблицу 3.4.

Таблица 3.4

Определение пределов прочности кирпича при изгибе

№ образцов	Размеры, м			Разрушающая нагрузка Кн	Среднее значение предела прочности R_H, МПа

3.2 Физико-механические свойства древесины

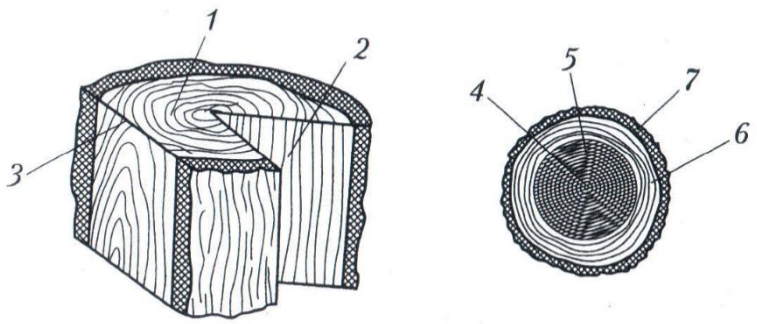

Рисунок 3.1 – Разрез ствола древесины
1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный; 3 – тангентальный;
4 – сердцевина; 5 – ядро; 6 – заболонь; 7 – кора

Торцовый, или поперечный, разрез получается при пересечении ствола плоскостью, перпендикулярной к его оси. **Радиальный** разрез получается при пересечении ствола плоскостью, проходящей через его ось по радиусу или диаметру поперечного сечения. **Тангентальный** (тангенциальный) разрез получается при пересечении ствола плоскостью, перпендикулярной к радиусу ствола, т.е. по хорде поперечного сечения на некотором расстоянии от оси ствола.

Опыт №4. Определение влажности древесины весовым методом (ГОСТ 16483.7-71)

Приборы и материалы:
1. Шкаф сушильный, обеспечивающий высушивание древесины при 103±2 °С.
2. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
3. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
4. Образцы древесины в форме прямоугольной призмы с основанием 20х20 мм и высотой в направлении вдоль волокон 30 мм (по 3 образца каждой породы).
5. Влагомер ИВ-1 или другая аппаратура подобного типа.

Влажность древесины определяют следующим образом:
1. Определяют массу образца взвешиванием на весах.
2. Образцы помещают в сушильный шкаф, в котором автоматически поддерживается температура 100…105 °С. Температура не должна превышать 105 °С, так как при большей температуре происходит выделение смолы (из древесины хвойных пород) и химическое разложение древесины.
3. Определяют массу высушенных образцов. Первый раз массу образцов определяют через определенное время после начала высушивания: для образцов из древесины всех пород, кроме ясеня и дуба, - через 6 ч, а из ясеня и дуба – через 10 ч. Второе и последующие взвешивания проводят через каждые 2 ч, т.е. до тех пор, пока последующее взвешивание

не даст тот же результат, что и предыдущие (в пределах точности взвешивания).

4. Влажность образцов древесины W с округлением до 1% вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100, \% \qquad (3.5)$$

где m_1 – масса влажного образца (т.е. до высушивания), г;

m_2 – масса высушенного образца (т.е. после высушивания), г;

$m_1 - m_2$ – масса испарившейся воды, г.

Полученные результаты заносят в таблицу 3.5.

Таблица 3.5

Результаты определения влажности древесины

Показатель	№ образца	
	1	2
Масса образца до сушки m_1, г		
Масса образца после сушки m_2, г		
Масса испарившейся воды $(m_1 - m_2)$, г		
Влажность древесины W, %		
Среднее арифметическое значение влажности, %		

Достоинством весового метода определения влажности являются большая точность при любом значении начальной влажности и относительная простота при наличии необходимого оборудования.

Недостаток метода – большая продолжительность сушки образцов (от 12 до 24 ч).

Опыт №5. Определение влажности древесины влагомером ИВ-1

Измерение прибором проводится согласно инструкции по его эксплуатации.

Рабочей частью наиболее распространенного влагомера является датчик, представляющий собой ручку с тремя металлическими иглами. Иглы датчика вдавливают (погружают) до упора рукоятки в поверхность древесины (на глубину 3-4 мм) и включают прибор. На шкале указывается влажность древесины в процентах. Полученные результаты заносят в таблицу 3.6.

Достоинством измерения влажности влагомером являются оперативность и возможность проверки влажности лесоматериала или изделия из древесины любого размера. Недостаток состоит в том, что влагомер определяет влажность только в месте контакта иголок с древесиной (а не среднюю влажность по сече-

Таблица 3.6

Результаты определения влажности древесины

Показатель	№ образца		
	1	2	3
Влажность образца древесины по прибору *W*, %			
Среднее арифметическое значение влажности, %			

нию материала). При влажности до 30 % погрешность измерения составляет 1,0…1,5 %, а при влажности более 30 % – 10 %.

Опыт №6. Определение линейной и объемной усушки

Определение линейной и объемной усушки состоит в измерении размеров образцов в состоянии исходной влажности *W* и после высушивания. Измеряют максимальные размеры каждого образца в радиальном и тангенциальном направлениях, а также в направлении вдоль волокон.

Сушка образцов осуществляется в сушильном шкафу при температуре 103±2 °С. Далее измеряют образцы после высушивания и определяют линейную и объемную усушки.

Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу 3.7.

Таблица 3.7

Определение коэффициента линейной и объемной усушки

1	№ опыта	1	2
2	Наименование породы		
3	Влажность *W*, %		
4	Размеры образца до высушивания: a_1 (в радиальном направлении), см b_1 (в тангенциальном направлении), см c_1 (в направлении вдоль волокон), см		
5	Объем образца до высушивания $V_1=a_1b_1c_1$, см³		
6	Размеры образца после высушивания a_2 (в радиальном направлении), см b_2(в тангенциальном направлении), см c_2 (в направлении вдоль волокон), см		
7	Объем образца после высушивания $V_2=a_2b_2c_2$, см³		
8	Линейная усушка в радиальном направлении $У_Р=(a_1-a_2)/a_2\cdot100\%$		
9	Среднее значение из двух определений:		

10	Линейная усушка в тангенциальном направлении $У_т=(b_1-b_2)\backslash b_2 \cdot 100\ \%$		
11	Среднее значение $У_т$ из двух определений		
12	Коэффициент линейной усушки: а) в радиальном направлении $К_р=У_Р\backslash W$		
13	Объемная усушка $V_О=(V_1-V_2)/V_2 \cdot 100\ \%$		
14	Среднее значение объемной усушки из двух определений		
15	Коэффициент объемной усушки $К_О=V_О/W$		

Опыт №7. Определение содержания поздней древесины в годичном слое и прочности неразрушающим методом

На плоскости поперечного среза ствола дерева (рис. 3.3) видны годичные кольца, каждое из которых состоит:

- из слоя ранней (весна-лето), светлоокрашенной, пористой, малопрочной и недолговечной древесины;
- слоя поздней (лето-осень), темной за счет насыщения смолой, плотной, прочной и водостойкой древесины.

Рассматривая под микроскопом раннюю и позднюю древесину годичных колец, можно сделать вывод, что чем больше их в сечении поздней древесины, тем выше ее плотность ρ_0 и, следовательно, прочность при сжатии $R_{сж}$.

Содержание поздней древесины можно приблизительно определить по ГОСТ 16483.18-72 следующим образом.

На гладко обработанной плоскости поперечного среза древесины проводят линию по радиальному направлению (перпендикулярно к касательным к годичным кольцам) и на ней отмечают отрезок длиной l, например, 30 мм (но не менее 20 мм). На этом отрезке с помощью измерителя под лупой или микроскопом замеряют ширину каждого слоя поздней древесины (темные участки) в каждом годичном кольце (a_1, a_2, a_3, …, a_n) (см. рис. 3.2).

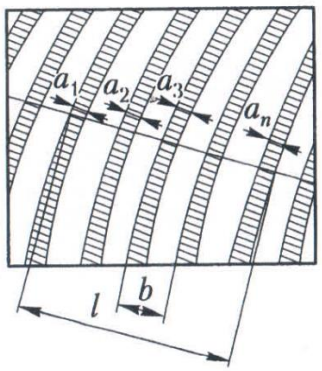

Рисунок 3.2 – Поперечный разрез ствола дерева

Все измеренные величины (мм) в годичном кольце поздней древесины суммируют (Σa_i) и вычисляют содержание поздней древесины m по формуле:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{l} \cdot 100 \text{, \%} \qquad (3.6)$$

где $\sum_{i=1}^{n} a_i$ - общая ширина зон поздней древесины, см;

l – протяжение годичных колец по радиальному направлению, см.

$$\sum_{i=1}^{n} a_i = a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n \qquad (3.7)$$

Средняя плотность древесины ρ_0 зависит от породы дерева и его пористости. С увеличением плотности прочность древесины возрастает. Именно эти зависимости положены в основу эмпирических формул для расчета прочности древесины при сжатии вдоль волокон (Мпа), которые были получены в результате обобщения большого объема экспериментальных данных. Эти формулы позволяют ориентировочно оценить прочность древесины:

- по содержанию поздней древесины m;
- по величине средней плотности древесины при стандартной влажности ρ_0^{12}.

Прочность древесины при сжатии при стандартной влажности рассчитывают по формулам:

(3.8)

(3.9)

где A, B, C, D – эмпирические коэффициенты (табл. 3.4);

m – содержание поздней древесины, %;

- средняя плотность древесины при стандартной влажности, г/см^3.

Таблица 3.8

Значение эмпирических коэффициентов для ориентировочной оценки прочности древесины при сжатии вдоль волокон при W=12 %

Породы	A	B	C	D
Лиственные	0,32	30,0	68,0	-
Хвойные	0,6	30,0	61,0	10,0

Результаты испытания следует записать в таблицу 3.9.

Таблица 3.9

Результаты определения содержания поздней древесины в годичных кольцах (порода _____)

Показатель	№ образца		
	1	2	3
Общая длина отрезка l по радиальному направлению на плоскости поперечного разреза, мм			
Суммарная ширина частей поздней древесины в го-			

дичных кольцах $\sum a_i$, мм			
Содержание поздней древесины *m*, %			
Ориентировочный предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон , МПа			

Для древесины сосны предел прочности при сжатии вдоль волокон можно вычислить по формуле:

$$R_{сж}=0,6m+30, \text{ Мпа} \qquad (3.10)$$

4 Лабораторная работа №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ БИТУМОВ

Опыт № 1. Определение вязкости битума

Приборы и оборудование:

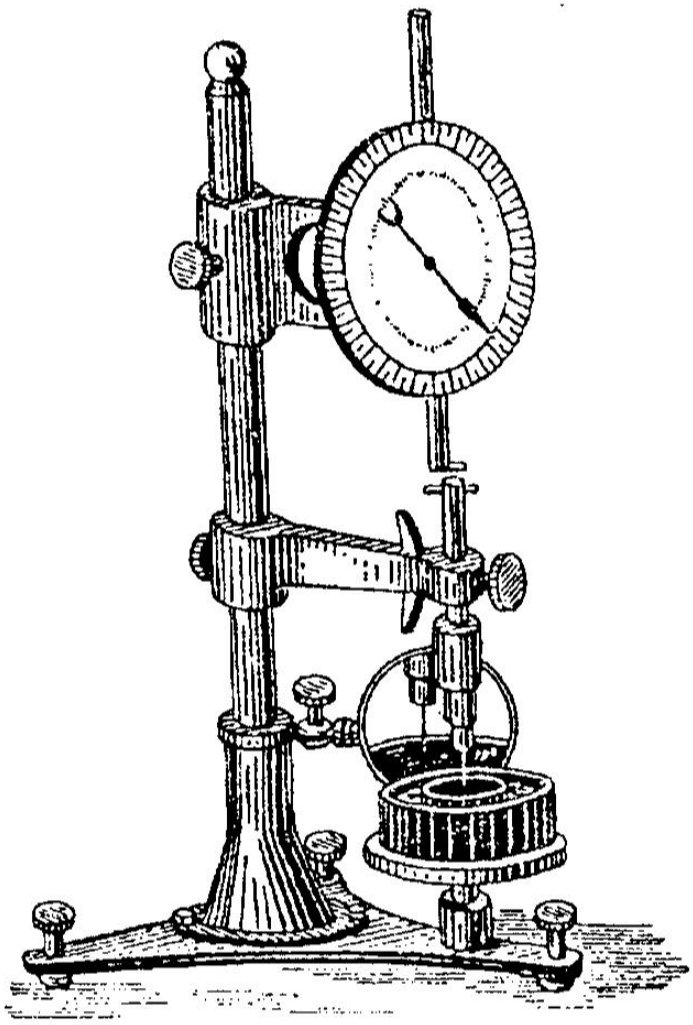

Рис. 12.3. Прибор для определения глубины проникания иглы

Таблица 4.1

Определение вязкости

№	Отчеты по циферблату в десятых долях, мм			Среднее значение глубины проникания их трех опытов
	1 опыт	2 опыт	3 опыт	
	до после Опыта	до после Опыта	до после опыта	
1				
2				

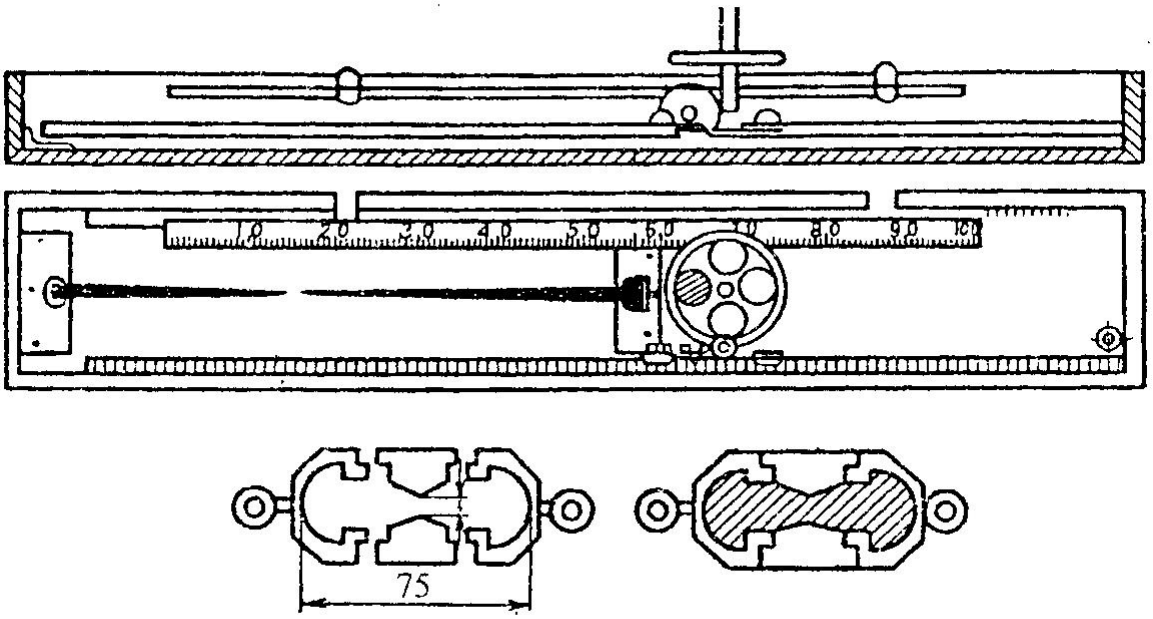

Рис. 12.5. Прибор для определения растяжимости

Опыт № 2. Определение температуры размягчения

Таблица 4.2

Определение температуры размягчения

№	Температура размягчения		
	1 кольцо	2 кольцо	Среднее значение из двух определений
1			
2			

Опыт № 3. Определение растяжимости

Таблица 4.3

Определение растяжимости

№	Длина нити в см			Средняя растя-жимость битума в см
	1 восьмерка	2 восьмерка	3 восьмерка	
1				
2				

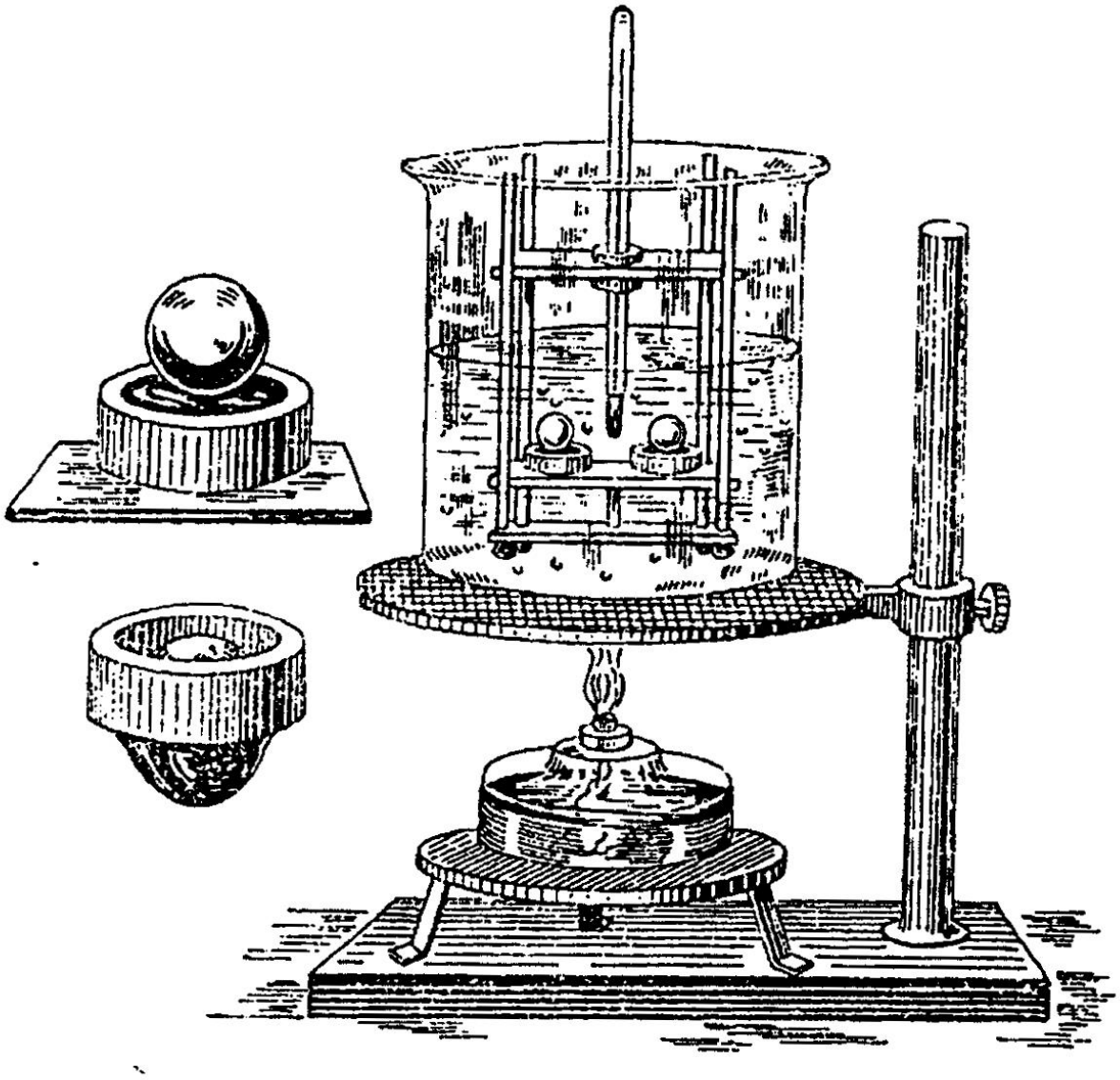

Рис. 12.6. Прибор «Кольцо и шар» для определения температуры размягчения (КиШ)

Контрольные вопросы и задания:

1. Каковы состав и структура битумов?
2. Назовите основание свойства битумов.
3. Подберите состав сплав битумов l_0 с температурой размягчения t_1=40ºС и t_2=25ºС

$$Б_ф=(t_п-t_м)/(t_ф-t_м)\cdot Б_м$$

$$Б_ф=100-Б_м,\%$$

5Лабораторная работа №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

5.1 Определение свойств строительного гипса

Строительным гипсом называют воздушное вяжущее вещество, получаемое путем термической обработки природного двуводного гипса ($CaSO_4 \cdot 2 H_2O$) при температуре 150-180 °С до превращения его в полуводный гипс ($CaSO_4 \cdot 0{,}5 H_2O$) с измельчением в тонкий порошок до или после обработки. Строительный гипс применяют для изготовления строительных деталей и изделий, а также для штукатурных работ.

При испытании гипса определяют тонкость помола, нормальную густоту и сроки схватывания гипсового теста, предел прочности при изгибе и сжатии.

Опыт №1. Определение нормальной густоты гипсового теста

Нормальную густоту гипсового теста определяют при помощи вискозиметра Суттарда (рис. 3.1), представляющего собой медный или латунный цилиндр, имеющий высоту 10 см и внутренний диаметр 5 см. цилиндр должен иметь хорошо отполированные внутреннюю поверхность и место соприкосновения со стеклом, на которое его устанавливают при проведении опыта. На стекле или на бумаге под стеком наносят ряд концентрических окружностей диаметром от 6 до 20 см, причем окружности диаметром до 14 см наносят через 1 см, а остальные – через 2 см. перед испытанием цилиндр и стекло слегка смачивают чистой водой. Стеклянную пластинку кладут строго горизонтально, а цилиндр устанавливают в центре концентрических окружностей.

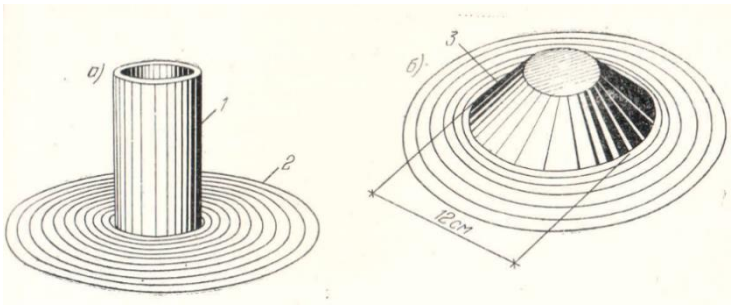

Рисунок 5.1 - Вискозиметр Суттарда
а – в собранном виде; б – расплыв лепешки из гипсового теста;
1 – латунный цилиндр; 2 – стеклянная пластинка с концентрическими окружностями; 3 – лепешка из гипсового теста нормальной густоты.

Для определения нормальной густоты теста отвешивают 300 г гипса, всыпают его в сферическую чашку с заранее отмеренным количеством воды в пределах 150-200 мл и лопаточкой быстро размешивают снизу вверх в течении

30 с до тех пор, пока не получится однородная масса, которую оставляют на 1 мин в спокойном состоянии. Затем, сделав два резких перемешивания, выливают в цилиндр и заглаживают поверхность (на все это затрачивают не более 30 с). После этого цилиндр быстрым и строго вертикальным движением поднимают вверх; при этом тесто разливается на стекле в конусообразную лепешку (рис. 4.1, б), средний диаметр которой характеризует консистенцию гипсового теста.

Если тесто образовало лепешку диаметром 12 см, значит оно обладает нормальной густотой. В том случае, когда во время испытания диаметр лепешки из гипсового теста будет более 12 см, опыт повторяют с меньшим количеством воды (на 1-2 %); если диаметр окажется меньше 12 см, то опыт повторяют с большим количеством воды.

Нормальную густоту гипсового теста выражают числом кубических сантиметров воды, приходящихся на 100 г гипса.

Таблица 5.1

Определение нормальной густоты гипсового теста

№ опыта	Масса гипсового вяжущего $m_{г.в}$, г	Масса воды $m_в$, г	Диаметр расплыва, см	Нормальная густота НГ, %
1				
2				
3				
4				

Опыт №2. Определение сроков схватывания гипсового теста

Для определения сроков схватывания гипсового теста используют стандартный прибор Вика (рис. 5.2), который состоит из станины *1*, подвижного металлического стержня *2* с площадкой *3* для добавочного груза, латунного кольца в виде усеченного конуса *8*, стеклянной пластинки *9*. Для закрепления стержня на требуемой высоте служит зажимный винт *6*. Стержень снабжен указательной стрелкой *4* для отсчета перемещения его относительно прикрепленной к станине шкалы *5* с делениями от 0 до 40 мм. В нижней части подвижного стержня закрепляют стальную иглу *7* диаметром 1 мм и длинной 50 мм.

Перед началом испытания проверяют свободное падение металлического стержня, чистоту иглы, положение стрелки, которая должна быть на нуле, если игла упирается в пластинку. Масса стержня с иглой составляет 120 г. кольцо и пластинку перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла.

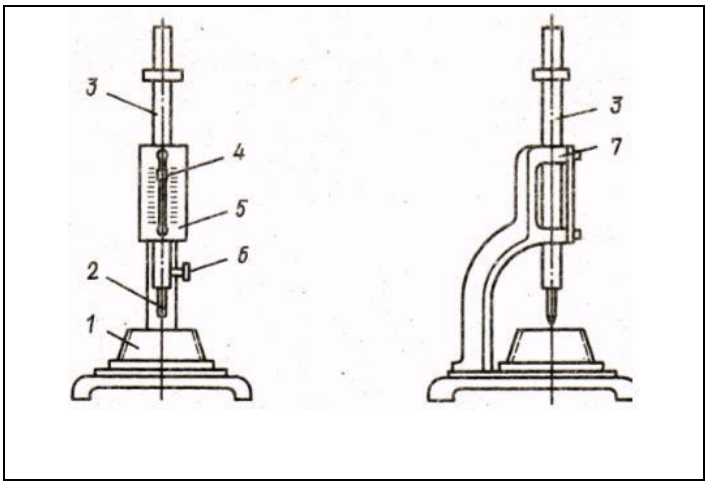

Рисунок 5.2 - Прибор Вика

Для определения сроков схватывания отвешивают 200 г гипса, равномерно всыпают его в воду, количество которой соответствует нормальной густоте теста, и перемешивают массу в течение 30 с. Приготовленное тесто быстро вливают в кольцо прибора, установленное на стекле. Избыток теста срезают и поверхность заглаживают ножом. Затем кольцо помещают под иглу прибора, приводят ее в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень зажимным винтом; затем иглу через каждые 30 с опускают в гипсовое тесто так, чтобы каждый раз она погружалась в новое место. После извлечения из теста иглу тщательно вытирают. Глубину погружения иглы в гипсовое тесто фиксируют по показанию стрелки, расположенной на подвижном стержне, и ее значение заносят в журнал для лабораторных работ.

Таблица 5.2

Определение сроков схватывания гипсового теста

1	Масса гипсового вяжущего $m_{г.в}$,г	
2	Масса воды $m_в$, г	
3	Показание прибора ,мм через время t, мин	
	$t_1=$, $t_2=$, $t_3=$	
	$t_4=$, $t_5=$, $t_6=$	
	$t_7=$, $t_8=$, $t_9=$	
	$t_{10}=$, $t_{11}=$, $t_{12}=$	
	$t_{13}=$, $t_{14}=$, $t_{15}=$	
4	Начало схватывания t, мин	
5	Конец схватывания t, мин	

По полученным значениям определяют два момента: начало и конец схватывания. Началом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипсового теста (всыпания гипса в воду) до момента, когда игла не доходит до дна пластинки на 0,5 мм. Концом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипсового теста до момента погружения иглы в тесто не более чем на 0,5 мм.

Сроки схватывания испытуемого гипсового теста заносят в журнал для лабораторных работ и сравнивают с требованиями стандарта.

По таблице 5.3 определяется группа строительного гипса по срокам схватывания.

Таблица 5.3

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

5.2 Изучение свойств портландцемента

Сроки схватывания портландцемента должны наступать не ранее 45 мин и не позже 10 ч. В действительности для большинства цементов начало схватывания наступает через 1-2 ч, а конец — через 5-8 ч. Эти сроки обеспечивают перевозку и укладку растворных и бетонных смесей. При необходимости сроки схватывания цементов можно регулировать введением химических добавок.

Оборудование и материалы: проба цемента, вода, прибор Вика, чаша для затворения сферической формы, стандартная лопатка, мерный цилиндр, секундомер, технические весы, нож,машинное масло, часы.

Сроки схватывания цементного теста определяют на приборе Вика (рис. 5), на нижней части подвижного стержня которого закреплена стальная игла сечением 1 мм^2. Для сохранения общей массы подвижной части прибора, равной (300 ± 2) г, на верх стержня укладывают довеску. За начало схватывания принимают время от Начала затворения (приливания воды) цемента водой до момента, когда игла прибора не дойдет до пластинки на 1-2 мм. За конец схватывания принимают время от начала затворения до момента, когда игла опустится в тесто не более чем на 1-2 мм.

Проведение испытаний. Приготавливают тесто нормальной густоты, которым заполняют кольцо прибора, слегка встряхивают его 5-6 раз для удаления воздуха и ставят под иглу. Доводят иглу до соприкосновения с поверхностью теста, закрепляют стержень винтом, после чего отвинчивают винт, освобождая стержень, и дают игле свободно погружаться в тесто. В начале опыта иглу сле-

дует слегка придерживать, чтобы она не согнулась при соприкосновении с пластинкой. Погружение делают через 10 мин. Кольцо с тестом передвигают перед каждым погружением, чтобы игла не попадала в одно и то же место. После каждого погружения иглу вытирают.

Результаты испытания записывают табл. 5.4

Цемент_____Завод_____
Температура помещения_____ Навеска цемента_____
Количество воды для теста нормальной густоты_____г_____%
Прибор_____
Время затворения_____ ч _____мин

Таблица 5.4

Результаты испытания

Номер опыта	Показания работы , мм	Время	
		ч	мин
N			
Начало схватывания			
Конец схватывания			

6 Лабораторная работа № 5

РАСЧЕТ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон материалами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием).

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов по массе на 1 м^3 уложенной и уплотненной бетонной смеси или же отношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента, принимаемой за единицу, т. е. 1:*x*:*y* (цемент : песок : щебень или гравий) при В/Ц = z.

Различают два состава бетона: номинальный (лабораторный), рассчитанный для материалов в сухом состоянии, и производственный (полевой) – для материалов в естественно-влажном состоянии.

Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные: заданную марку бетона $R_б$; требуемую удобоукладываемость бетонной смеси, определяемую осадкой конуса ОК, см; вид и активность цемента $R_ц$; объемную насыпную массу составляющих $\rho_{н.ц.}$, $\rho_{н.п}$, $\rho_{н.щ(г);}$ и их плотность $\rho_ц$, $\rho_п$, $\rho_{щ(г)}$; пустотность щебня или гравия $V_{п.щ(г)}$; наибольшую крупность зерен щебня (гравия); влажность заполнителей $W_п$, $W_{щ(г).}$

Состав бетона рассчитывается в следующей последовательности:

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

– для бетонов с водоцементным отношением В/Ц $\geq 0{,}4$

$$R_б = AR_ц\left(\frac{Ц}{B} - 0{,}5\right); \qquad (6.1)$$

для бетонов с водоцементным отношением В/Ц < 0,4

$$R_б = AR_ц\left(\frac{Ц}{B} + 0{,}5\right); \qquad (6.2)$$

где $R_б$ – марка бетона, кгс/см^2;
$R_ц$ – активность цемента, кгс /см^2;
A– коэффициент, учитывающий качество материалов, А = $0{,}55 \div 0{,}65$.

После преобразования относительно В/Ц приведенные выше формулы имеют следующий вид:

$$\frac{B}{Ц} = \frac{AR_Ц}{R_Б + 0{,}5AR_Ц} \text{ или } \frac{B}{Ц} = \frac{AR_Ц}{R_Б - 0{,}5AR_Ц}. \qquad (6.3)$$

2 Расход воды (водопотребность в л/м^3) ориентировочно определяют исходя из заданной удобоукладываемости бетонной смеси по табл. 6.1, которая составлена с учетом вида и крупности зерен заполнителя.

Таблица 6.1

Водопотребность бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси		Расход воды, кг/м^3, при наибольшей крупности заполнителя					
Осадка конуса, см	Жесткость, с	гравия			щебня		
		10	20	40	10	20	40
0	150–200	145	130	120	155	140	130
0	90–120	150	135	125	160	145	135
0	60–80	160	145	130	170	155	145
0	30–50	165	150	135	175	160	150
0	15–30	175	160	145	185	170	155
1–2	-	185	170	155	195	180	165
3–4	-	195	180	165	205	190	175
5–6	-	200	185	170	210	195	180
7–8	-	205	190	175	215	200	185
9–10	-	215	200	185	225	210	195

Примечание. Данные таблицы справедливы для бетонной смеси на портландцементе и песке средней крупности. При применении пуццоланового портландцемента расход воды увеличивают на 20 кг/м^3; при использовании мелкого песка взамен среднего расход воды также увеличивают на 10 кг, а при использовании крупного песка – уменьшают на 10 кг.

3 Расход цемента на 1 м^3 бетона вычисляют по формуле:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}. \qquad (6.4)$$

4 Расход заполнителей (песка, щебня или гравия) в кг на 1 м^3 бетона вычисляют, исходя из двух условий:

Во-первых, сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м^3 уплотненной бетонной смеси, т. е.

$$\frac{Ц}{\rho_Ц} + \frac{B}{\rho_B} + \frac{П}{\rho_П} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{Щ(Г)}} = 1, \qquad (6.5)$$

где Ц, В, П, Щ(Г) – расход цемента , воды , песка и щебня (гравия), кг/м^3;

$\rho_Ц, \rho_B, \rho_{Щ(Г)}$ – плотность этих материалов, кг/м^3;

$\frac{Ц}{\rho_Ц}, \frac{B}{\rho_B}, \frac{П}{\rho_П}, \frac{Щ(Г)}{\rho_{Щ(Г)}}$ – абсолютные объемы материалов, м^3.

Во-вторых, цементно-песчаный раствор заполнит пустоты в крупном заполнителе с некоторой раздвижкой зерен, т. е.

$$\frac{Ц}{\rho_Ц} + \frac{B}{\rho_B} + \frac{П}{\rho_П} = V_{П.Щ(Г)} \frac{Щ(Г)}{\rho_{Н.Щ(Г)}} \alpha, \qquad (6.6)$$

где $V_{п.щ(г)}$ – пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии ;

$\rho_{н.щ(г)}$ – объемная масса щебня (гравия), кг/м^3;

α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия) – находится по таблице:

Таблица 6.2

Оптимальные значения коэффициента раздвижки зерен в зависимости от расхода цемента и вида крупного заполнителя

Расход цемента, кг на 1 м^3 бетона	Щебень	Гравий
200	1,25	1,30
250	1,30	1,37
300	1,35	1,42
350	1,43	1,50
400	1,48	1,57

Решая совместно эти два уравнения, находят формулы для определения расхода щебня (гравия) в кг на 1 м^3 бетона:

$$Щ(Г) = \frac{1}{\frac{V_{П.Щ(Г)}}{\rho_{Н.Щ(Г)}}\alpha + \frac{1}{\rho_{Щ(Г)}}}. \quad (6.7)$$

После определения расхода щебня (гравия) рассчитывают расход песка в кг/м^3 по формуле:

$$П = \left[1 - (\frac{Ц}{p_Ц} + \frac{В}{p_В} + \frac{Щ(Г)}{p_{Щ(Г)}})\right] p_П \ . \quad (6.8)$$

5 Определив расход компонентов Ц, В, П, Щ(Г) на 1 м^3 бетонной смеси, вычисляют ее расчетную объемную массу:

$$\rho_{о.б.см} = Ц + В + П + Щ(Г), \text{ кг/м}^3. \quad (6.9)$$

6 Определяют коэффициент выхода бетона β на 1 м^3 бетонной смеси в уплотненном состоянии на сумму объемов сухих составляющих, затраченных на ее приготовление, по формуле:

$$\beta = \frac{1}{V_Ц + V_П + V_{Щ(Г)}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{Н.Ц}} + \frac{П}{\rho_{Н.П}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{Н.Щ(Г)}}}, \quad (6.10)$$

где $V_ц$, $V_п$, $V_{щ(г)}$ – объем сухих составляющих, затраченных на приготовление 1 м^3 бетонной смеси , м^3;

Ц, П, Щ(Г) – расход сухих материалов на 1 м^3 бетона , кг;

$\rho_{Н.Ц}, \rho_{Н.П}, \rho_{Н.Щ(Г)}$ – объемная насыпная масса сухих материалов, кг/м^3.

Значение коэффициента выхода бетона β обычно находится в пределах 0,55–0,75.

7 Определяют производственный (полевой) состав бетона, принимая во внимание влажность заполнителей (песка и щебня), в связи с чем необходимое количество воды уменьшают:

$$В^1 = В - [(П_В - П) + (Щ_В - Щ)]. \quad (6.11)$$

При этом количество заполнителей соответственно увеличивают:

$$П_{вл} = П\left(1 + \frac{W_П}{100}\right); \quad (6.12)$$

$$Щ_{вл} = Щ\left(1 + \frac{W_Щ}{100}\right). \quad (6.13)$$

8 Производственный (полевой) состав бетона по массе вычисляют путем деления расхода каждого компонента бетонной смеси на расход цемента:

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(Г)}{Ц} = 1 : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(Г)}{Ц}; \quad (6.14)$$

по объему состав бетона выражают следующим образом:

$$\frac{V_Ц}{V_Ц} : \frac{V_П}{V_Ц} : \frac{V_{Щ(Г)}}{V_Ц} = 1 : \frac{V_П}{V_Ц} : \frac{V_{Щ(Г)}}{V_Ц}, \quad (6.15)$$

где Ц, П, Щ(Г) – расход материалов на 1 м^3 бетона по массе, кг;

$V_ц$,$V_п$,$V_{щ(г)}$ – расход материалов на 1 м^3 бетона по объему, м^3.

Исходные данные для расчета берутся у преподавателя и записываются в виде таблицы.

Таблица 6.3

Исходные данные

№ п/п	Наименование	Обозначение	Ед. изм	Величина
1	Марка бетона	$R_б$	-	
2	Удобоукладываемость бетонной смеси	ОК (Ж)	см (сек)	
3	Вид цемента	-	-	
4	Активность (марка) цемента	$R_ц$	-	
5	Истинная плотность:		г/см^3	
	цемента	$\rho_ц$	г/см^3	
	песка	$\rho_п$	г/см^3	
	щебня	$\rho_щ$		
6	Средняя плотность:			
	: цемента	$\rho_{н.щ.}$	г/см^3	
	песка	$\rho_{н.п.}$	г/см^3	
	щебня	$\rho_{н.щ.(г)}$	г/см^3	
7	Пустотность щебня (гравия)	$V_{п.щ.(г)}$	-	
8	Наибольшая крупность зерен щебня (гравия)	D_{max}	мм	
9	Влажность: песка	$W_п$	%	
	щебня (гравия)	$W_{щ(г)}$	%	
10	Коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия)	α	-	
11	Модуль крупности песка	M_k	-	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Строительное материаловедение : учеб. пособие для вузов / ред. В.А. Невский. – Ростов н/Д : Феникс, 2010.

2 **Белов, В.В.** Краткий курс материаловедения и технологии конструкционных материалов для строительства / В.В. Белов, В.Б. Петропавловская. – М. : Изд-во «АСВ», 2006.

3 Строительные материалы. Лабораторный практикум : учебно-метод. пособие / под ред. Я.Н. Ковалева. – М. : Инфра-М, 2013.