

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждено на заседании кафедры
«Строительные материалы»
26 марта 2013 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»
по дисциплине «Строительные материалы»

Ростов-на-Дону
2013

УДК 691

Методические указания к лабораторной работе «Определение основных физических свойств строительных материалов» по дисциплине «Строительные материалы». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2013. – 16 с.

Регламентируют содержание лабораторной работы по учебным дисциплинам «Строительные материалы», «Архитектурно-реставрационное материаловедение», «Материаловедение» и правила оформления ее результатов. Содержат методики определения основных физических свойств строительных материалов: их средней плотности (путем испытания образцов правильной и неправильной геометрической формы), истинной плотности, пористости и водопоглощения.

Предназначены для обучающихся очной и заочной форм обучения по направлениям 270800 «Строительство», 270200 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия», 261400 «Технология художественной обработки материалов», 221700 «Стандартизация и метрология», 120700 «Землеустройство и кадастры», а также по специальности 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

УДК 691

Составители: канд. техн. наук, доц.
А.В. Каклюгин
канд. техн. наук, доц.
И.В. Трищенко

Редактор Н.Е. Гладких
Темплан 2013 г., поз. 222

Подписано в печать 10.06.13. Формат 60×84 / 16. Бумага писчая.

Ризограф. Уч.-изд. л. 0,7

Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский центр
Ростовского государственного строительного университета
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2013

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1 Общие сведения

Свойство – способность материала определенным образом реагировать на действие одного или совокупности внутренних или внешних факторов.

Физические свойства характеризуют особенности физического состояния материала (истинная и средняя плотность, пористость, влажность) или определяют его отношение к действию различных физических процессов (гигроскопичность, водопоглощение, теплопроводность, морозостойкость и др.).

Оценку свойств строительных материалов производят в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов (государственных стандартов или технических условий). Отдельные положения этих документов приведены в [1 - 3 и др.].

2 Определение средней плотности материала

2.1 Понятие о средней плотности

Средняя плотность - масса единицы объема материала в естественном состоянии (т.е. с порами и пустотами). Среднюю плотность, ρ_{cp} , кг/м³ (г/см³), рассчитывают по формуле

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V_e}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг (г);

V_e – объем образца в естественном состоянии, м³ (см³).

Массу и объем определяют путем испытания образцов материала в состоянии естественной влажности или в нормированном влажностном состоянии: сухом, воздушно-сухом, нормальном, водонасыщенном.

В настоящей лабораторной работе предусмотрено определение средней плотности различных строительных материалов в воздушно-сухом состоянии.

Образцы предварительно подготавливают к испытаниям: очищают их от пыли и рыхлых частиц и выдерживают не менее 10 сут в помещении при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(50 \pm 20) \%$.

Методика определения средней плотности зависит от формы испытываемого образца: правильной или неправильной геометрической формы.

2.2 Определение средней плотности материала испытанием образцов правильной геометрической формы

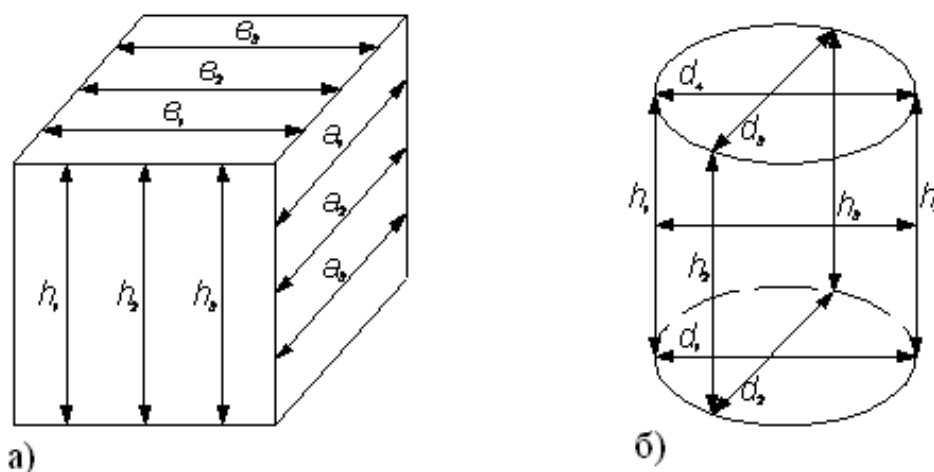
Аппаратура (должна соответствовать требованиям нормативно-технической документации на конкретный строительный материал):

- весы лабораторные технические;
- штангенциркуль.

Проведение испытания. Испытания проводят на образцах-кубах или цилиндрах. С помощью штангенциркуля измеряют геометрические размеры:

- у куба – длину a , ширину b и высоту h ;
- у цилиндра – диаметр d и высоту h .

Геометрические размеры образцов измеряют согласно схеме, представленной на рисунке 1.



а) – измерение размеров куба; б) – измерение размеров цилиндра

Рисунок 1 – Схема измерения геометрических размеров образцов

Длину, ширину и высоту куба измеряют в трех местах: по параллельным друг другу ребрам и средней между ними линии (посередине замеряемой грани). За окончательный результат по каждому размеру принимают среднее арифметическое значение

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}, \quad (2)$$

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3}, \quad (3)$$

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}, \quad (4)$$

где a_{cp} , b_{cp} , h_{cp} – среднее арифметическое значение соответственно длины, ширины и высоты куба, см;

a_1 , a_2 , a_3 – фактические значения длины в первом, втором, третьем замерах, см;

b_1 , b_2 , b_3 – то же, ширины куба, см;

h_1 , h_2 , h_3 – то же, высоты куба, см.

Средние арифметические значения геометрических размеров образца куба используют в расчете его объема в естественном состоянии V_e , см³.

$$V_e = a_{cp} \cdot b_{cp} \cdot h_{cp}. \quad (5)$$

Диаметр цилиндра измеряют четыре раза: по два взаимно перпендикулярных диаметра на верхнем и нижнем основании (d_1, d_2 и d_3, d_4). По результатам замеров рассчитывают среднее арифметическое значение диаметра d_{cp} , см.

$$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4}. \quad (6)$$

Высоту измеряют по образующим цилиндра, проходящим через точки пересечения выбранных диаметров с окружностью. По результатам замеров рассчитывают среднее арифметическое значение высоты h_{cp} , см.

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}, \quad (7)$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 – фактические значения высоты соответственно в первом, втором, третьем, четвертом замерах, см.

Средние арифметические значения диаметра и высоты цилиндра используют для определения его объема в естественном состоянии V_e , см³

$$V_e = \frac{\pi d_{cp}^2}{4} h_{cp}, \quad (8)$$

Массу m , г, определяют, взвешивая измеренный образец.

Результаты испытаний заносят в таблицу 1 и по формуле (1) вычисляют среднюю плотность ρ_{cp} .

2.3 Определение средней плотности пористых материалов испытанием образцов неправильной геометрической формы

Аппаратура и вспомогательные материалы (должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации на материал):

- весы технические коромысловые;
- стеклянный сосуд с водой;
- разновесы;
- электрическая печка;
- парафин технический.

Таблица 1 – Результаты определения средней плотности

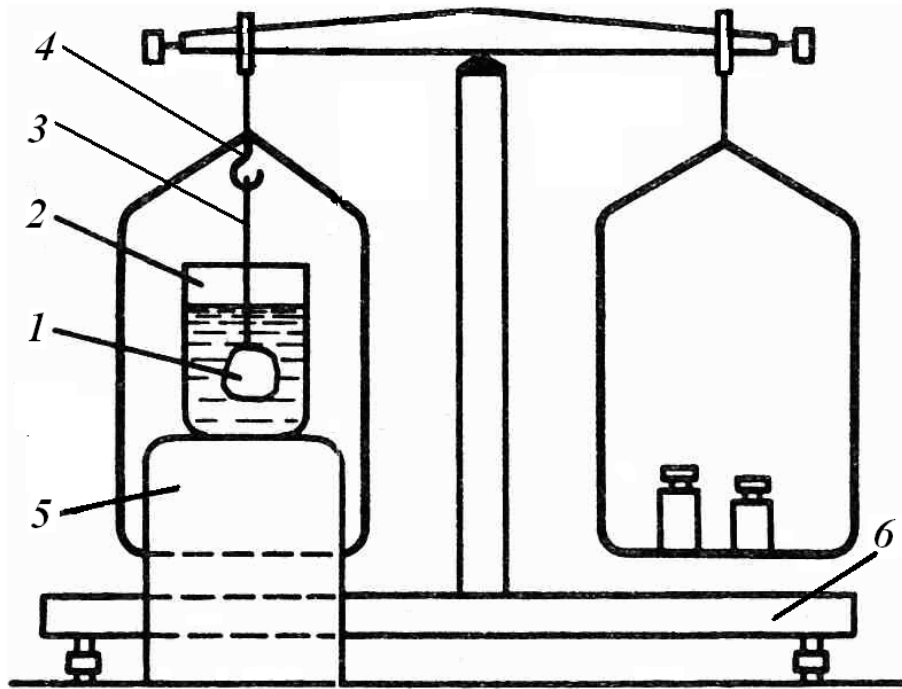
Показатели	Наименование материалов											
Масса образца m , г												
Размеры куба, см:												
длина: a_1, a_2, a_3												
a_{cp}												
ширина: b_1, b_2, b_3												
b_{cp}												
высота: h_1, h_2, h_3												
h_{cp}												
Размеры цилиндра, см:												
диаметр: d_1, d_2, d_3, d_4												
d_{cp}												
высота: h_1, h_2, h_3, h_4												
h_{cp}												
Объем образца V_e , см ³												
Средняя плотность ρ_{cp} , г/см ³												
Средняя плотность ρ_{cp} , кг/м ³												

Испытания производят с использованием метода гидростатического взвешивания (рисунок 2).

Проведение испытания. Испытания выполняют на трех образцах в следующей последовательности:

– определяют массу образца m , г, взвешивая его на технических коромысловых весах;

– образец обвязывают нитью и покрывают его поверхность тонким слоем парафина, расплавленного при температуре 75 - 85 °С. Охлажденный образец осматривают. Образовавшиеся на парафиновой пленке трещины и пузырьки удаляют при помощи горячей иглы;



1 – образец; 2 – сосуд с водой; 3 – нить;
4 – крючок для подвешивания образца; 5 – подставка; 6 – весы

Рисунок 2 – Испытания с применением метода
гидростатического взвешивания

– определяют массу образца, покрытого парафином, m_1 , г, взвешивая его на технических коромысловых весах;

– за нить образец подвешивают к крючку, закрепленному на левом конце коромысла весов, и погружают его в сосуд с водой. Определяют массу образца в воде m_2 , г. При взвешивании образец не должен касаться стенок и дна сосуда.

По результатам взвешивания выполняют вычисления.

Массу парафина, покрывающего образец $m_{нар}$, г, рассчитывают по формуле

$$m_{нар} = m_1 - m, \quad (9)$$

Объем парафина, покрывающего образец $V_{нар}$, см^3 , рассчитывают по формуле

$$V_{нар} = \frac{m_{нар}}{\rho_{нар}}, \quad (10)$$

где $\rho_{нар}$ – плотность парафина, равная $0,93 \text{ г/см}^3$.

Объем образца, покрытого парафином, V , см^3 , вычисляют по формуле

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_{воды}}, \quad (11)$$

где $\rho_{воды}$ – плотность воды; $\rho_{воды} = 1,0 \text{ г/см}^3$.

Объем образца в естественном состоянии V_e , см^3 , рассчитывают по формуле

$$V_e = V - V_{нар}; \quad (12)$$

По формуле (1) рассчитывают среднюю плотность $\rho_{ср}$, г/см^3 .

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты определения средней плотности

Показатели	Номера образцов	
	1	2
Масса образца m , г		
Масса образца, покрытого парафином m_1 , г		
Масса парафина $m_{нар}$, г		
Плотность парафина $\rho_{нар}$, г/см^3	0,93	
Объем парафина $V_{нар}$, см^3		
Масса образца, покрытого парафином, в воде m_2 , г		
Объем образца, покрытого парафином, V , см^3		
Объем образца V_e , см^3		
Средняя плотность $\rho_{ср}$, г/см^3		
Среднее значение средней плотности $\bar{\rho}_{ср}$, г/см^3		
Среднее значение средней плотности $\bar{\rho}_{ср}$, кг/м^3		

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов трех определений средней плотности.

3 Определение истинной плотности материала

Истинная плотность – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (т.е. без пор и пустот). Истинную плотность $\rho_{ист}$, кг/м³ (г/см³), рассчитывают по формуле

$$\rho_{ист} = \frac{m}{V_a}, \quad (13)$$

где m – масса материала, кг (г);

V_a – объем в абсолютно плотном состоянии, м³ (см³).

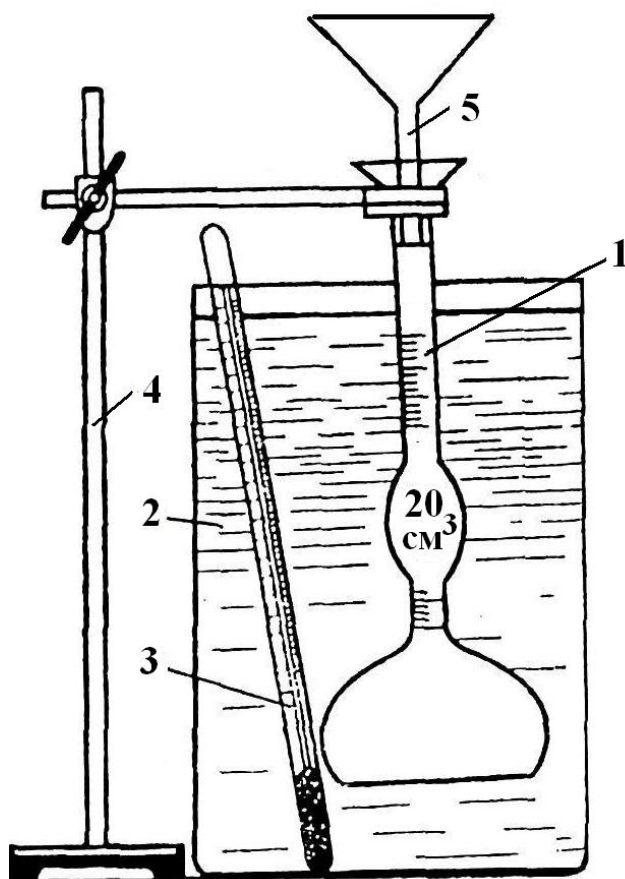
Аппаратура и реактивы (должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации на конкретный материал):

- весы лабораторные технические;
- прибор Ле-Шателье;
- стеклянная воронка;
- стеклянный или фарфоровый стакан со стеклянной палочкой.

Подготовка к испытаниям. Куски испытываемого материала высушивают при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы, охлаждают и измельчают до порошкообразного состояния. Отвешивают 180 – 200 г измельченного материала, повторно сушат его при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ и охлаждают до комнатной температуры.

Прибор Ле-Шателье заполняют водой до любого деления в нижней части шкалы. Свободную от жидкости часть прибора протирают тампоном из фильтровальной бумаги. Прибор с водой термостатируют при температуре, соответствующей температуре, при которой произведена его градуировка (рисунок 3). По нижнему мениску определяют уровень жидкости в колбе.

Проведение испытания. Пробу подготовленного материала засыпают в стеклянный или фарфоровый стакан. Помещают в него стеклянную палочку. Определяют массу стакана с измельченным материалом и палочкой m_1 , г.



1 – прибор Ле-Шателье; 2 – стеклянный сосуд с водой;
3 – термометр; 4 – штатив; 5 – воронка

Рисунок 3 – Определение истинной плотности

Через стеклянную воронку небольшими порциями с помощью стеклянной палочки измельченный материал засыпают в прибор. Заполнение прибора осуществляют до тех пор, пока уровень жидкости поднимется до верхней отметки или будет находиться в пределах градуированной верхней части прибора. Для удаления пузырьков воздуха прибор вынимают из сосуда с водой и поворачивают его в наклонном положении в течение 10 мин на гладком резиновом коврике. После этого его снова помещают в сосуд с водой. Не ранее чем через 10 мин после этого производят отсчет уровня жидкости в приборе. Объем, занимаемый материалом, равен объему вытесненной им воды V_a , см^3 . Он соответствует разности уровней жидкости в верхней и нижней части шкалы прибора.

Определяют массу стакана с остатком измельченного материала и стеклянной палочкой m_2 , г. Рассчитывают массу материала, находящегося в колбе m , г.

$$m = m_1 - m_2. \quad (14)$$

Испытания проводят два раза.

Полученные значения истинной плотности сравнивают. Если расхождение между ними не превышает $0,02 \text{ г/см}^3$, рассчитывают среднее арифметическое значение истинной плотности. Если расхождение между отдельными результатами испытаний превышает $0,02 \text{ г/см}^3$, проводят дополнительные испытания. В этом случае за окончательный результат принимают среднее арифметическое значение, рассчитанное по правилам, установленным в нормативно-технической документации на конкретный строительный материал.

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты определения истинной плотности

(наименование материала)		
Показатели	Результаты	
	1	2
Масса стакана с измельченным материалом и палочкой m_1 , г		
Масса стакана с остатком измельченного материала и палочкой m_2 , г		
Масса материала в колбе m , г		
Объем вытесненной воды V_a , см^3		
Истинная плотность $\rho_{ист}$, г/см^3		
Среднее значение истинной плотности $\bar{\rho}_{ист}$, г/см^3		
Среднее значение истинной плотности $\bar{\rho}_{ист}$, кг/м^3		

4 Определение пористости

Пористость – степень заполнения объема материала порами. Пористость P , %, рассчитывают с использованием экспериментально установленных значений средней $\bar{\rho}_{ср}$ и истинной $\bar{\rho}_{ист}$ плотности.

$$P = \left(1 - \frac{\bar{\rho}_{cp}}{\rho_{ист}}\right) \cdot 100. \quad (15)$$

Все результаты заносят в таблицу 4.

Таблица 4 - Результаты определения пористости

Показатели	Наименование материалов	
Средняя плотность $\bar{\rho}_{cp}$, г/см ³		
Истинная плотность $\bar{\rho}_{ист}$, г/см ³		
Пористость P , %		

5 Определение водопоглощения

Водопоглощение – способность материала поглощать и удерживать в себе воду при непосредственном контакте с ней.

Различают *водопоглощение по массе* W_m и *водопоглощение по объему* W_o . Расчет показателей водопоглощения W_m и W_o , %, производят по формулам

$$W_m = \frac{m_g - m_c}{m_c} \cdot 100, \quad (16)$$

$$W_o = \frac{m_g - m_c}{V_c \rho_{воды}} \cdot 100, \quad (17)$$

где m_g – масса насыщенного водой образца, г;

m_c – масса образца, высушенного до постоянной массы, г;

V_c – объем сухого образца, см³;

$\rho_{воды}$ – плотность воды.

Между водопоглощением по объему и водопоглощением по массе существует зависимость

$$W_o = W_m \cdot \frac{\rho_{cp}}{\rho_{воды}}. \quad (18)$$

Аппаратура:

- кристаллизатор (стеклянный сосуд);
- весы электрические;
- секундомер.

Подготовка к испытанию. Предназначенные для испытания образцы строительных материалов высушивают в сушильном шкафу при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы и охлаждают.

Проведение испытаний. Определяют массу сухого образца m_c , г. На одной из сторон образца мелом или карандашом проводят линии, делящие его на четыре примерно одинаковые по высоте части. Образец устанавливают в кристаллизатор и заливают в него воду. Уровень воды должен доходить до нижней линии на образце (до уровня, соответствующего $\frac{1}{4}$ высоты образца) и выдерживают в таком состоянии в течение 5 мин. Образец вынимают, протирают его поверхность влажной тканью. Определяют массу образца, насыщенного водой m_g , г.

Образец снова помещают в кристаллизатор. Доливают в кристаллизатор воду до уровня, соответствующего следующей отметке. Повторно выдерживают в воде в течение 5 мин, вынимают, протирают его поверхность влажной тканью, взвешивают. Эти действия повторяют на каждой глубине погружения образца.

После каждого взвешивания образца, насыщенного водой, по формуле (16) рассчитывают водопоглощение по массе W_m , %.

Используя фактическое значение средней плотности материала $\bar{\rho}_{cp}$, приведенное в таблице 4, по формуле (18) рассчитывают водопоглощение по объему W_o .

По значению водопоглощения по объему W_o , полученному при полном погружении образца в воду, рассчитывают коэффициент насыщения пор водой K_n .

$$K_n = \frac{W_o}{P}, \quad (19)$$

где P – пористость материала, % (по данным таблицы 4).

Результаты взвешивания образцов и вычислений заносят в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты определения водопоглощения

(наименование материала)				
Показатели	Глубина погружения образца по высоте			
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	полное
Время насыщения, мин	5	5	5	5
Масса сухого образца m_c , г				
Масса водонасыщенного образца m_e , г				
Водопоглощение по массе W_m , %				
Водопоглощение по объему W_o , %				
Пористость P , %	-	-	-	
Коэффициент насыщения пор водой K_n	-	-	-	

По фактическим данным строят график кинетики водопоглощения материала (рисунок 4).

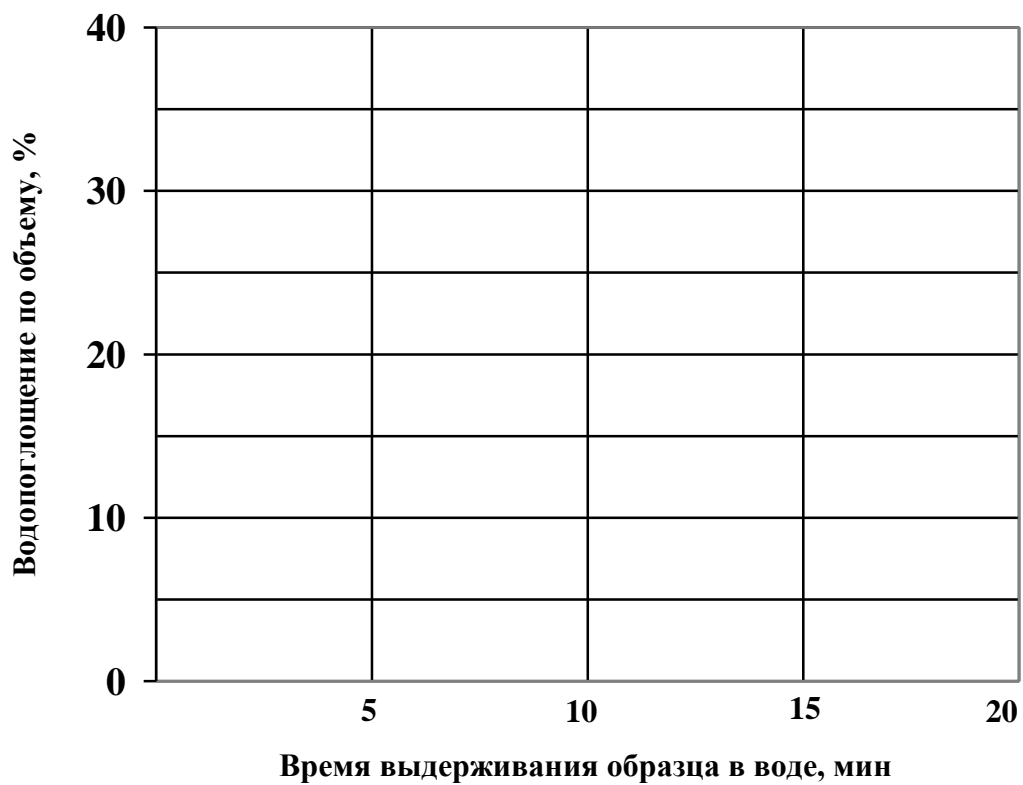


Рисунок 4 – Кинетика водопоглощения

6 Контрольные вопросы

1 Дайте определение средней плотности материала. Приведите расчетную формулу.

2 Изложите методику определения геометрических размеров образцов правильной геометрической формы, используемых для определения средней плотности.

3 Назовите особенность определения объема пористых образцов неправильной геометрической формы.

4 Опишите порядок определения истинной плотности.

5 Приведите формулу, устанавливающую зависимость между водопоглощением по объему и водопоглощением по массе.

6 Объясните, какой вывод можно сделать на основе анализа полученного значения коэффициента насыщения пор водой.

7 Опишите график кинетики водопоглощения.

Библиографическое описание

1 Лабораторные определения свойств строительных материалов: учеб. пособие/ В.В. Белов [и др.]. – М.: АСВ, 2008.

2 Оценка качества строительных материалов: учеб. пособие/ К.Н. Попов [и др.]. – М.: АСВ, 2004.

3 Попов Л.Н., Попов Н.Л. Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия»: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003.