

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 19.09.2024 09:46:15  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf278995d8c7d91034637015786

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений



## СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания по выполнению лабораторных работ по  
дисциплине «Строительные материалы» для студентов специальности  
08.05.01

УДК 691

Составители: А.Г. Колесников, И.А. Спасских.

Рецензент

Кандидат социологических наук Ю.И. Гладышкина

**Строительные материалы:** методические рекомендации по выполнению лабораторных работ / Юго-Зап. гос. ун-т; А.Г. Колесников, И.А. Спасских – Курск , 2023. – 60 с. - Библиогр.: С. 58.

В методических указаниях изложены принципы и методики исследования основных характеристик различных материалов, применяемых в строительстве.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Строительные материалы» для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист 3,49. Уч.-изд.л. 3,16. Тираж 100 экз. Заказ Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Определение физических свойств строительных материалов.....	5
1.1 Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы.....	6
1.2 Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы.....	7
1.3 Определение насыпной плотности зерновых материалов..	8
1.4 Определение истинной плотности материала с помощью пикнометра.....	9
1.5 Определение водопоглощения.....	11
1.6 Определение пористости.....	12
1.7 Определение межзерновой пустотности.....	13
2 Лабораторная работа № 2. Воздушные вяжущие вещества....	16
2.1 Определение нормальной густоты гипсового теста.....	16
2.2 Определение сроков схватывания гипсового теста.....	18
2.3 Определение предела прочности гипсового камня на растяжение при изгибе.....	20
2.4 Определение прочности гипсового камня при сжатии.....	22
2.5 Определение прочности гипсового камня при сжатии.....	24
3. Лабораторная работа №3. Гидравлические вяжущие вещества. Портландцемент.....	27
3.1 Определение нормальной густоты цементного теста.....	27
3.2 Определение сроков схватывания цементного теста.....	29
3.3 Определение тонкости помола цемента по ГОСТ 310.2....	30
3.4 Создание образцов для определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии по ГОСТ 310.4.....	31
4. Лабораторная работа № 4. Испытания бетонных образцов....	34
5. Лабораторная работа № 5. Испытание керамических стеновых материалов.....	38
5.1 Показатели внешнего вида.....	38
5.2 Определение средней плотности керамического кирпича...	40
5.3 Определение водопоглощения керамического кирпича при атмосферном давлении в воде температурой $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ .....	41

5.4	Определение предела прочности керамического кирпича при изгибе.....	42
5.5	Определение предела прочности керамического кирпича при сжатии.....	43
6.	Лабораторная работа №6. Зависимость свойств гипсового камня от состава смеси.....	47
7.	Лабораторная работа №7. Физико-механические свойства древесины.....	51
7.1	Общие сведения о равновесной влажности, средней плотности и прочности древесины.....	51
7.2	Определение равновесной влажности древесины.....	52
7.3	Определение средней плотности древесины.....	54
7.4	Определение прочности древесины при сжатии вдоль волокон.....	55
7.5	Определение предела прочности древесины при статическом изгибе.....	55
	Библиографический список.....	58
	Приложение 1.....	59

# 1 Лабораторная работа № 1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пористость, истинная и средняя плотности являются важнейшими параметрами физического состояния любого строительного материала, которые обуславливают его отношение к действию факторов окружающей среды: воздействию влаги, температуры, газов и др.

**Цель работы** – ознакомление с ГОСТ 7025 [10], ГОСТ 8736[12], ГОСТ 8735 [13], изучение методики и порядка определения показателей основных физических свойств строительных материалов.

Определение плотности

*Плотность* – масса единицы объема материала:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

где  $\rho$  – плотность материала (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>);

$m$  – масса материала, (г; кг);

$V$  – объем материала (см<sup>3</sup>; м<sup>3</sup>).

Так как большинство строительных материалов пористые, поэтому для них определяют две характеристики:

- истинную плотность;
- среднюю плотность.

Для сыпучих материалов (песок, цемент, гравий), основной характеристикой является насыпная плотность, вместо средней.

Истинная плотность – масса единицы объема материала без учета пор и пустот.

$$\rho_a = \frac{m}{V_a}, \quad (1.2)$$

где  $\rho_a$  – плотность материала (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>);

$m$  – масса материала, (г; кг);

$V_a$  – объем твердого вещества материала (см<sup>3</sup>; м<sup>3</sup>).

*Средняя плотность* – физическая величина определяемая отношением массы  $m$  (кг) материала ко всему занимаемому им объему  $V_{\text{ест}}$  (м<sup>3</sup>), включая имеющиеся в нем поры и пустоты:

$$\rho_m = \frac{m}{V_{\text{ест}}}, \quad (1.3)$$

где  $m$  – масса материала, (г; кг);

$V_{\text{ест}}$  – объем материала в естественном состоянии ( $\text{см}^3$ ;  $\text{м}^3$ ).

Таблица 1.1 – Показатели плотности различных строительных материалов

Материал	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$		Пористость, %
	истинная	средняя	
Гранит	2700...2800	2600...2700	0,5...1
Тяжелый бетон	2600...2700	2200...2500	8...12
Кирпич	2500...2600	1400...1800	25...45
Древесина	1500...1550	400...800	45...70
Пенопласт	950...1200	20...100	90...98

### ***1.1 Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы***

*Образцы правильной геометрической формы в виде куба, параллелепипеда или цилиндра должны иметь размер по наименьшему измерению не менее 50 мм. Среднюю плотность определяют не менее чем на трех образцах.*

**Материалы:** керамический кирпич.

**Приборы:** весы технические, электрошкаф сушильный, металлическая линейка, штангенциркуль.

**Порядок проведения испытания.** Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 7025 [10] на моделях керамического кирпича. Образцы очищают от пыли и высушивают до постоянной массы. Размеры образцов определяют металлической линейкой или штангенциркулем с погрешностью не более 1 мм, за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений каждой грани. Вычисляют объем.

Затем взвешиванием определяют массу образцов. Масса образцов определяется на технических весах.

Зная объем и массу образца, по формуле (1.3) вычисляют его среднюю плотность. Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое трех ее значений.

Результаты определения средней плотности заносят в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – результаты определения средней плотности образцов

Номер опыта	Масса образца, м, г	Размеры образца, см			Объем образца V, см <sup>3</sup>	Средняя плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	
		a	b	h		Полученное значение для образца	Среднее значение
1.							
2.							
3.							

### **1.2 Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы**

**Приборы:** весы технические с разновесами, подставка, мерный стакан, нитки.

**Материалы:** модель строительного материала неправильной геометрической формы с около нулевым водопоглощением (гранитный камень, стекло, металл), вода.

**Порядок проведения работы.** Образец взвешивают на воздухе, затем измеряется объем, опуская образец в мерный стакан с водой. Средняя плотность вычисляется по формуле (1.3), минимум для трех различных образцов, результаты измерений и расчетов заносятся в таблицу 1.3

Таблица 1.3 – определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы

Номер опыта	Масса образца, м, г	Объем образца V, см <sup>3</sup>	Средняя плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	
			Полученное значение для образца	Среднее значение
1.				
2.				
3.				

### 1.3 Определение насыпной плотности зерновых материалов

Насыпная плотность – отношение массы ( $m$ ) единицы объема зернистых и порошкообразных материалов ко всему занимаемому объему ( $V_{\text{мат}}$ ), включая поры ( $V_{\text{пор}}$ ) и пустоты ( $V_{\text{пуст}}$ ) между частицами материала.

Насыпную плотность определяют по формуле (1.4):

$$\rho_{\text{н}} = \frac{m}{V_{\text{мат}}} = \frac{m}{V_{\text{а}} + V_{\text{пор}} + V_{\text{пуст}}}, \quad (1.4)$$

**Приборы:** стандартная воронка, мерный стакан, совок, металлическая линейка, весы технические.

**Материалы:** зернистый материал (кварцевый песок, гранитный щебень).

**Порядок проведения работы.** Сущность испытания заключается в заполнении мерного сосуда рыхло-зернистым материалом. Насыпную плотность сыпучих материалов (песок, цемент и др.) определяют с помощью воронки в виде конуса (рис. 1.1) с заслонкой в нижней части, либо при помощи совка с высоты 10 см.

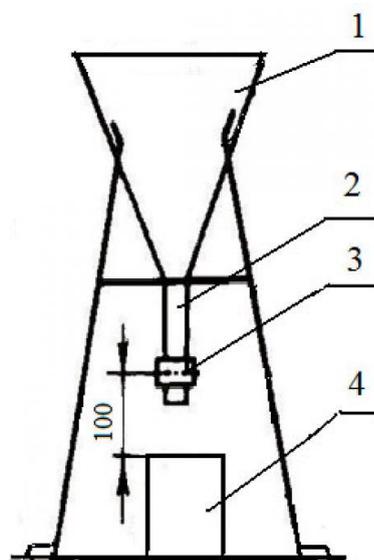


Рисунок 1.1 – Стандартная воронка: 1 – воронка, 2 – трубка, 3 – заслонка, 4 – мерный сосуд

Под воронку ставят заранее взвешенный стандартный мерный сосуд. В воронку засыпают сухой материал, открывают заслонку и с высоты 10 см заполняют сосуд с избытком. Металлической линейкой срезают излишек материала вровень с краями сосуда (без

уплотнения) и взвешивают. Насыпную плотность материала вычисляют по формуле (1.5). При использовании совка вместо воронки, сосуд заполняют с высоты 10 см с излишком и проводят тот же алгоритм, что и при использовании воронки.

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (1.5)$$

Где  $m_1$  – масса сосуда,  
 $m_2$  – масса сосуда с материалом,  
 $V$  – объём сосуда.

Результаты эксперимента заносят в таблицу 1.4

Таблица 1.4 – результаты определения насыпной плотности сыпучего материала

Номер опыта	Масса сосуда, $m_1$ , г	Масса сосуда с материалом, $m_2$ , г	Объём сосуда, $V$ , см <sup>3</sup>	Средняя плотность, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	
				Полученное значение	Среднее значение
1.					
2.					
3.					

#### **1.4 Определение истинной плотности материала с помощью пикнометра**

*Абсолютный объём материала определяется по методу вытесненной инертной жидкости. Для этого пробу материала предварительно высушивают при температуре 105 °С до постоянной массы и измельчают до полного прохождения через сито № 0,063. Истинную плотность определяют с помощью мерного цилиндра, пикнометра или прибора Ле-Шателье.*

**Приборы:** пикнометр, шпатель, пипетка, вакуумный шкаф, весы технические с разновесами.

**Материалы:** дистиллированная вода, высушенный порошок материала.

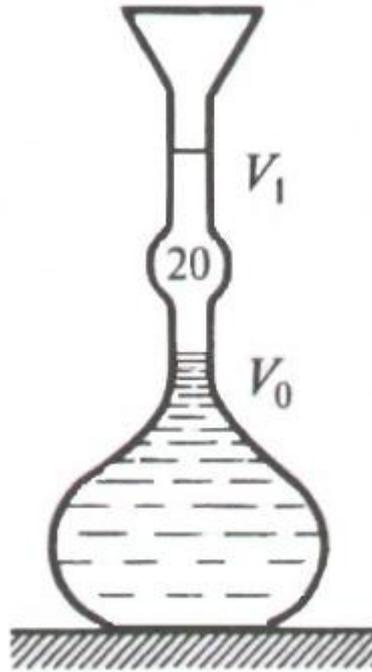


Рисунок 1.1 - Пикнометр

Истинную плотность определяют пикнометрическим способом. Сущность метода заключается в измельчении испытуемого материала в тонкий порошок для удаления пор и пустот, определении массы сухого порошка и измерении объема порошка в плотном состоянии при помощи пикнометра (рис. 1.2).

Порядок проведения работы. Испытания проводятся по ГОСТ 7025-91[11] – для кирпича, по ГОСТ 8735-88 [для песка. Студенты работают на заранее измельченных и высушенных до постоянной массы порошках исходных материалов.

В пикнометр (рис 1.2) наливают воды до уровня 0, затем засыпают навеску порошка материала массой около 50 г, заранее взвешенной, уровень жидкости с порошком должен дойти до уровня 20мл, либо больше, взвешивают оставшийся порошок.

Истинную плотность материала вычисляют по формуле (1.5):

$$\rho_a = \frac{m - m_1}{V} \quad (1.5)$$

Где  $m$  – изначальная масса порошка

$m_1$  – масса оставшегося порошка

$V$  – изменение показаний объема пикнометра

Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу 1.5

Таблица 1.5 - Результаты измерений

Номер опыта	Масса порошка, m, г	Масса оставшегося порошка, m <sub>1</sub> , г	Изменение объёма, V, мл	Истинная плотность, ρ, г/см <sup>3</sup>	
				Полученное значение	Среднее значение
1.					
2.					

### 1.5 Определение водопоглощения

**Водопоглощение** - это способность материала поглощать влагу и удерживать ее в своих порах. Водопоглощение характеризуется максимальным количеством воды, поглощаемым образцом материала при выдерживании его в воде, отнесенным к массе сухого образца (водопоглощение по массе  $W_m$ ) или к его объему (водопоглощение по объёму  $W_v$ ).

Водопоглощение по объёму и по массе (весу) выражают в процентах и вычисляют по формулам соответственно:

$$W_v = \frac{m_1 - m}{V_0} \cdot 100\% \quad (1.6)$$

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\% \quad (1.7)$$

Где  $m$  – масса сухого материала, г.

$m_1$  – масса материала, насыщенного водой, г.

$V_0$  – объем образца в естественном состоянии, см<sup>3</sup>.

*Водопоглощение определяют не менее чем на трех образцах материала.*

**Приборы:** весы технические, электрошкаф сушильный, металлическая линейка, штангенциркуль, стеклянный стакан.

**Материалы:** образцы материалов, вода.

**Порядок проведения работ.** Работа выполняется одновременно на двух образцах каждого из материалов: плотном и пористом, чтобы

сопоставить результаты и сделать заключение о влиянии структуры на свойства вещества.

Образцы предварительно высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы, охлаждают до комнатной температуры, взвешивают, обмеряют и вычисляют объем. Образцы неправильной геометрической формы взвешивают и измеряют объём в мерном сосуде с водой. Затем укладывают в емкость с водой, имеющей температуру +20 °С. В воде образцы выдерживают 48 ч, затем вынимают, обтирают влажной мягкой тканью и сразу взвешивают.

Рассчитать водопоглощение материалов по массе и по объему по формулам (1.6) и (1.7). Результаты занести в табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Результаты определения водопоглощения

Номер опыта	Масса сухого образца, m, г	Масса насыщенного водой образца, m <sub>1</sub> , г	Объем образца, V <sub>0</sub> , см <sup>3</sup>	Водопоглощение отдельного образца		Среднее значение	
				W <sub>m</sub>	W <sub>v</sub>	W <sub>m</sub>	W <sub>v</sub>
1.							
2.							
3.							

### 1.6 Определение пористости

**Пористость** – это степень заполнения объема материала порами, %.

$$П = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{мат}}} \cdot 100\% \quad (1.9)$$

От величины пористости, размера и формы пор, равномерности распределения их в материале зависят важнейшие его свойства: прочность, плотность, водопоглощение, теплопроводность, морозостойкость и др.

Пористость строительных материалов колеблется в широких пределах: у стекла и металла она составляет 0 %, гранита и мрамора - 0,2...0,8 %, керамического кирпича - 18...35 %, тяжелого бетона - 5...10 %, газобетона - 55...85 %, ячеистых пластмасс - 90...95%.

Различают полную, открытую и закрытую пористости. Полная пористость ( $P$ ) включает в себя открытую ( $P_o$ ) и закрытую пористости ( $P_z$ ). Открытыми считаются поры, которые при помещении материала в воду заполняются ею, закрытыми – которые не заполняются водой.

Полную пористость рассчитывают по формуле:

$$P = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a}\right) \cdot 100\% \quad (1.10)$$

Открытая пористость примерно равна водопоглощению по объему:

$$P_o \approx W_v \quad (1.11)$$

Закрытая пористость определяется по формуле:

$$P_z = P - P_o \quad (1.12)$$

**Порядок проведения работы.** Определяют полную пористость двух исследуемых материалов по формулам (1.10 - 1.12) и по найденным ранее в работе значениям средней и истинной плотности. Результаты вычислений пористости материалов занести в табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Результаты определения пористости образцов

Наименование материала	Общая пористость, %	Открытая пористость, %	Закрытая пористость, %

### 1.7 Определение межзерновой пустотности

**Пустоты** – полости между зернами сыпучего материала или внутри штучных изделий.

Межзерновая пустотность ( $V_n$ ) для зернистых и порошкообразных материалов рассчитывается по формуле (1.13):

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho}\right) \cdot 100\% \quad (1.13)$$

где  $\rho_n$  – насыпная плотность материала, г/см<sup>3</sup>;

$\rho$  – средняя плотность материала, г/см<sup>3</sup> .

**Порядок проведения работы.** Пустотность песка и щебня из исследуемых горных пород вычисляется по формуле (1.13).

Результаты расчетов представить в произвольной форме.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется плотностью материала, дать определения видам плотности?
2. Как определяется истинная плотность материала?
3. Как определяется средняя плотность материала?
4. Опишите методику определения насыпной плотности материала.
5. Что такое и как определяется общая, открытая и закрытая пористость материала?
6. Какие свойства материала зависят от пористости?
7. Как рассчитывается межзерновая пустотность материала?
8. Опишите методику определения водопоглощения?

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

*Минеральными вяжущими веществами* называют (искусственно полученные) порошкообразные материалы, способные при смешивании с водой образовывать пластичное тесто, которое под влиянием физико-химических процессов, постепенно затвердевая, приобретает камневидное состояние. Это свойство вяжущих веществ широко используют для изготовления строительных растворов (кладочных, штукатурных и специальных), бетонов и для производства безобжиговых искусственных каменных материалов и изделий.

В зависимости от способности твердеть и сохранять прочность на воздухе или в воде минеральные вяжущие вещества подразделяют на две группы – *воздушные* и *гидравлические*.

*Воздушные вяжущие вещества* твердеют, сохраняют или повышают прочность только на воздухе (строительный гипс, воздушная известь и др.).

*Гидравлические вяжущие вещества* обладают этими свойствами не только на воздухе, но и в воде. К этой группе вяжущих относят портландцемент, пуццолановые цементы, шлаковые и др.

По условиям обжига, а также скорости схватывания и твердения гипсовые вяжущие вещества делят на две группы – низкообжиговые и высокообжиговые. *Низкообжиговые вяжущие вещества* – быстросхватывающие и быстротвердеющие, состоящие преимущественно из полуводного сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). К низкообжиговым гипсовым вяжущим относят строительный и высокопрочный гипс. *Высокообжиговые вяжущие вещества* – медленно схватывающиеся и медленно твердеющие, в состав которых в основном входит безводный сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ). К высокообжиговым гипсовым вяжущим относят ангидритовый цемент и высокообжиговый гипс (эстрих-гипс).

Для того, чтобы правильно и рационально использовать вяжущие вещества, необходимо знать их свойства и качества. Качество минеральных вяжущих веществ определяют путем их лабораторных испытаний в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТами на эти вяжущие.

## 2    Лабораторная работа № 2 ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

### *Гипс строительный*

Строительным гипсом (ГОСТ 26871-86) называют воздушное вяжущее вещество, получаемое путем термической обработки природного двуводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) при  $150 - 180^\circ\text{C}$  до превращения его в полуводный гипс ( $\text{CaSO}_4 \times 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) с измельчением в тонкий порошок до или после обработки.

Строительный гипс представляет собой порошок белого цвета; объемный вес его в рыхлом состоянии колеблется в пределах  $800 - 1100 \text{ кг/м}^3$ , а в уплотненном состоянии  $1250 - 1450 \text{ кг/м}^3$ , удельный вес  $2,6 - 2,75 \text{ г/см}^3$ . Он является быстросхватывающимся и быстротвердеющим веществом, к основным свойствам которого относят:

- нормальную плотность;
- сроки схватывания;
- тонкость помола;
- предел прочности при сжатии и изгибе.

При испытании гипса согласно ГОСТ 23789-79 в условиях учебной лаборатории определяют тонкость помола, нормальную плотность и сроки схватывания гипсового теста, предел прочности при изгибе и сжатии образцов из затвердевшего гипсового теста.

**Цель работы:** Проведение испытаний гипсового вяжущего по ГОСТ 23789 [4]; определение его марки и вида по ГОСТ 26871 [5] и установление области применения.

### **2.1    Определение тонкости помола гипса**

**Приборы и материалы:** проба гипса, весы технические, сито №02, сушильный шкаф.

**Порядок проведения работы.** От пробы гипса, предварительно высушенного в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре  $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ , на технических весах на часовом стекле отвешивают с точностью до 0,1 г навеску гипса в количестве 50 г. Навеску высыпают на сито с сеткой №02 (рис.2.1) и, закрыв крышкой, производят просеивание. Длительность просеивания составляет 5 – 7 мин. Контрольное просеивание гипса производят вручную на бумагу при снятом доннышке. Просеивание гипса считается законченным, если в течение 1 мин сквозь сито проходит не более 0,05 г гипса.

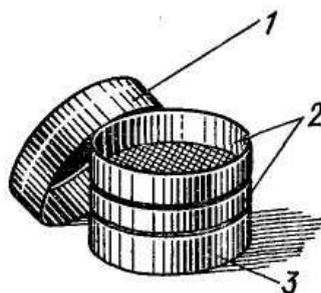


Рисунок 2.1 - Сито с крышкой и доньшком: 1 – сито с сеткой № 02; 2 – крышка; 3 – доньшко

Тонкость помола гипса определяют с погрешностью не более 0,1% как отношение массы, оставшейся на сите, к массе первоначальной пробы (50 г) по формуле

$$\Delta t = \frac{m}{m_1} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

где  $m$  – остаток на сите № 02, г;

$m_1$  – масса первоначальной навески

За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний. Результаты испытаний заносят в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Результаты определения тонкости помола

№ пробы	Масса навески, г	Масса остатка на сите № 02	Тонкость помола, %		Индекс степени помола и вид вяжущего по этому показателю
			частная	средняя	
1.					
2.					

В зависимости от тонкости помола строительный гипс делят на три группы: I – грубого помола – остаток на сите не более 23%, II – среднего помола – остаток на сите не более 14% и III – тонкого помола – остаток на сите не более 2%.

Таблица 2.2 - степень помола гипса

№	Тонкость помола	Индекс степени помола	Максимальный остаток на сите №02, % не более
1.	Грубого помола	I	23
2.	Среднего помола	II	14
3.	Тонкого помола	III	2

## 2.2 Определение нормальной густоты гипсового теста

Нормальная густота, или стандартная консистенция характеризуется диаметром расплыва гипсового теста, вытекающего из цилиндра при его поднятии. Диаметр расплыва должен быть равен (180\*5)мм. Величина стандартной консистенции выражается количеством воды и зависит от свойств вяжущего.

**Приборы и материалы:** проба гипса; вода питьевая по ГОСТ 2874-82; весы технические по ГОСТ 24104 с погрешностью взвешивания не более 1 г; вискозиметр Суттарда; цилиндр из нержавеющей металла с полированной внутренней поверхностью; мерный цилиндр; чаша из коррозионностойкого материала для затворения гипсового теста вместимостью более 500 см<sup>3</sup>; ручная мешалка для перемешивания; секундомер; линейка длиной 250 мм.

**Порядок проведения работы.** Для определения нормальной густоты теста отвешивают 300 г гипса, всыпают его в сферическую чашку с заранее отмеренным количеством воды (150 – 220 мл) и ручной мешалкой перемешивают в течении 30 с, начиная отсчет времени от начала всыпания гипса в воду. После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Через 45 с, считая от начала всыпания гипса в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр быстро поднимают вертикально и отводят в сторону. При этом гипсовое тесто расплывается на стекле в лепешку (см. рис. 2.2). Диаметр расплыва определяют по концентрическим окружностям или измеряют линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение.

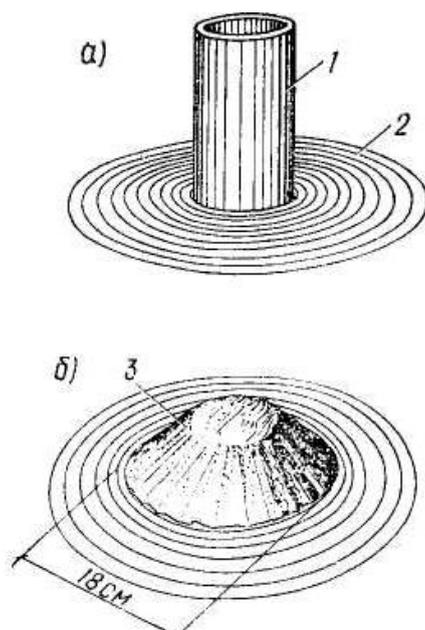


Рисунок 2.2 - Вискозиметр Суттарда: а – в собранном виде; б – расплыв лепешки из гипсового теста 1 – цилиндр из нержавеющей металла, имеющий диаметр 5 см и высоту 10 см; 2 – стекло с нанесенными концентрическими окружностями диаметром б – 22 см; лепешка из гипсового теста нормальной густоты

Средний диаметр расплыва характеризует консистенцию гипсового теста. Стандартная консистенция (нормальная густота) характеризуется диаметром расплыва гипсового теста, равного  $(180 \pm 5)$  мм. Если диаметр расплыва теста не соответствует  $(180 \pm 5)$  мм, испытания повторяют с измененной массой воды (на 1 – 2%). Нормальную густоту гипсового теста выражают числом миллилитров воды, приходящихся на 100 г гипса. Результаты определения густоты заносим в таблицу 2.3

Таблица 2.3 – результаты определения густоты гипсового теста

№ опыта	Навеска гипса, г	Количество воды, мл	Время приготовления теста, с		Диаметр лепешки, мм	Заключение: нормальная густота теста, %
			Время перемешивания	Время заполнения цилиндра и выдержка		
1.						
2.						

### 2.3 Определение сроков схватывания гипсового теста

Сроки схватывания гипса характеризуются началом и концом схватывания и определяются для теста нормальной густоты, т.к. зависят от количества воды затворения. Растворные и бетонные смеси применяют в период времени от затворения гипса водой до начала схватывания.

**Приборы и материалы:** проба гипса; вода; весы технические с разновесами; секундомер; ручная мешалка для перемешивания гипсового теста; чашка для затворения гипсового теста; мерный цилиндр; прибор Вика; коническое кольцо из коррозионностойкого материала.

**Порядок проведения работы.** Для определения сроков схватывания гипсового теста используют стандартный прибор

Вика (рис. 3), 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 зажимной 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 длиной 50 мм.

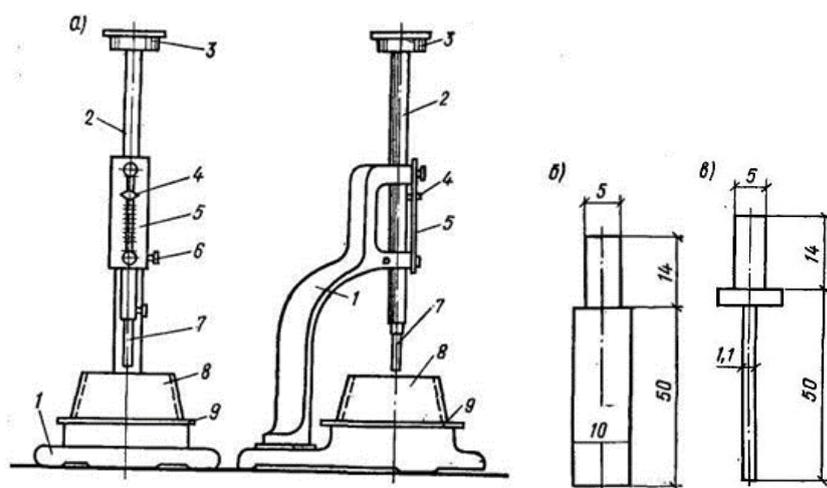


Рисунок 2.3 - Прибор Вика для определения сроков схватывания: а) вид прибора; б) пестик; в) стальная игла; 1 – станина; 2 – подвижный металлический стержень; 3 – площадка; 4 – стрелка; 5 – шкала прибора; 6 – зажимной винт; 7 – стальная игла; 8 – кольцо латунное; 9 – стеклянная пластина.

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 8 и пластинку 9 перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла.

Для определения сроков схватывания отвешивают 200 г гипса, равномерно всыпают его в воду, количество которой соответствует нормальной густоте теста, и перемешивают массу ручной мешалкой в течение 30 с. Приготовленное тесто быстро вливают в кольцо прибора, установленное на стекле. Для удаления попавшего в гипсовое тесто воздуха кольцо с пластинкой 4 – 5 раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. 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 записывают.

По полученным значениям определяют 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.

Результаты испытаний заносят в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты испытаний гипсового теста

Навеска гипса, г	Количество воды, мл	Конкретное время, мин			Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин	Заключение о сроках схватывания
		Затворение гипса водой	Игла прибора не доходит до дна	Игла прибора погружается не более 0,5мм			
1.							
2.							
3.							

В зависимости от сроков схватывания строительный гипс относят к одной из трех групп: А – быстротвердеющий (начало схватывания не ранее 2 мин, конец – не позднее 15 мин); Б – нормальнотвердеющий (начало схватывания не ранее 6 мин, конец – не позднее 30 мин); В – медленнотвердеющий (начало схватывания не ранее 20 мин, конец схватывания не нормируется) (см. табл. 2.5).

Таблица 2.5 – виды вяжущих гипсов

Виды гипсовых вяжущих	Индекс сроков схватывания	Сроки схватывания, мин	
		начало не ранее	конец, не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормальнотвердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	не нормируется

#### ***2.4 Определение предела прочности гипсового камня на растяжение при изгибе***

***Приборы и материалы:*** проба гипса; форма разъемная металлическая для изготовления образцов-балочек размером 40×40×160 мм; вода; весы технические с разновесами; секундомер; ручная мешалка для перемешивания гипсового теста; чашка для затворения гипсового теста; мерный цилиндр вместимостью 1л по ГОСТ 1770-74; машинное масло; пресс ПСУ-10; рамка с расстояниями между опорами 10см; рифель.

***Порядок проведения работы.*** Для оценки качества и сорта гипса определяют предел прочности при изгибе и сжатии образцов-

балочек, изготовленных из гипсового теста. Для изготовления трех образцов-балочек отвешивают 1200 г гипса и доливают в чашку воду в количестве, которое соответствует нормальной густоте теста. Гипс в течение 5-20 с засыпают в чашу с водой и перемешивают ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородной массы, которую заливают в металлическую форму. Форму предварительно надо смазать машинным маслом.

В каждой форме одновременно изготавливают три образца размером 40×40×160 мм. Для удаления воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего ее поднимают за торцевую сторону на высоту около 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой,

передвигая ее по верхним граням формы перпендикулярно поверхности образцов. Через 15±5 мин после конца схватывания образцы извлекают из формы и осматривают. Грани образцов-балочек, прилегающие к плитам пресса, должны быть параллельны и не иметь отклонения от плоскости более чем на 0,5 мм. Если на гранях образцов будут обнаружены дефекты, то испытывать их нельзя.

Через 2 часа после затворения гипса водой три образца-балочки испытывают на изгиб.

Схема испытания образцов-балочек приведена на рис. 2.4.

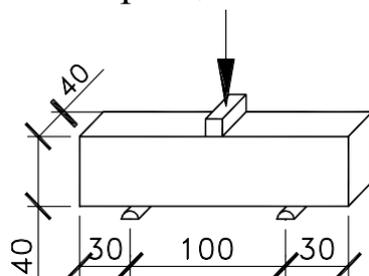


Рисунок 2.4 - Схема испытания гипсовой балочки на изгиб

Предел прочности при изгибе образца-балочки вычисляется по формуле

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}; \quad (2.2)$$

где:  $P$ - разрушающая нагрузка, кгс, (Н);

$l$ - расстояние между опорами, см, (м);  $b$  ширина образца, см, (м);

$h$ - высота образца, см, (м);

Результаты испытаний заносят в табл. 2.6 и сравнивают с требованиями стандарта.

Таблица 2.6 – результаты разрушения образцов

Размеры образцов, см		Разрушающая нагрузка, Н	R <sub>изг.</sub> (МПа)		Марка гипса
высота сечения	ширина сечения		каждого образца	среднее значение	
1.					
2.					
3.					

### 2.5 Определение прочности гипсового камня при сжатии

**Приборы и материалы:** половинки балочек 40×40×160, металлические пластины, пресс.

**Порядок проведения работы.** Предел прочности при сжатии определяют путем испытания шести половинок балочек, полученных при испытании образцов на изгиб. Для передачи нагрузки на половинки балочек используют плоские стальные шлифованные пластинки размером 40×62,5 мм (площадь 25 см<sup>2</sup>). Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, совпали с рабочими поверхностями, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца (см. рис. 2.5) Средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть 1±0,1 Н/с. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения должно быть в пределах 25 – 30 с.

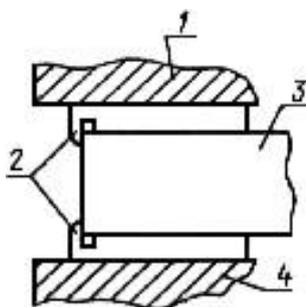


Рисунок 2.5 - Схема испытания половинок балочек на сжатие:

1 – верхняя плита пресса; 2 – пластины; 3 – образец; 4 – нижняя плита пресса

Предел прочности при сжатии каждого образца вычисляется по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}; \quad (2.3)$$

где:  $P$  - разрушающая нагрузка, кгс, (Н);

$F$  – площадь пластины, см<sup>2</sup>, (м<sup>2</sup>).

За окончательный результат принимают среднее арифметическое из четырех значений испытания шести образцов-половинок (без наибольшего и наименьшего результатов). Результаты испытаний заносим в табл. 2.7.

Общее заключение о марке гипса, если предел прочности при сжатии и при изгибе соответствует разным маркам, делается по худшему показателю.

Таблица 2.7 – определение предела прочности на сжатие

Разрушающая нагрузка Р, Н	Площадь пластины F, м <sup>2</sup>	R <sub>сж</sub> , (МПа)		Марка гипса
		каждого образца	среднее значение	
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

В табл. 2.8 приведены технические требования стандарта предъявляемые к строительному гипсу.

Таблица 2.8 – марки гипсового вяжущего

Марка вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размером 40×40×160 мм в возрасте 2 ч, МПа, не менее		Марка вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размером 40×40×160 мм в возрасте 2 ч, МПа, не менее	
	при сжатии	при изгибе		при сжатии	при изгибе
Г-3	3	1,8	Г-13	13	5,5
Г-4	4	2,0	Г-16	16	6,0
Г-5	5	2,5	Г-19	19	6,5
Г-6	6	3,0	Г-22	22	7,0
Г-7	7	3,5	Г-25	25	8,0

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты испытаний гипсового вяжущего сравнить с соответствующими показателями табл. 8 и дать ему условное обозначение.

Выводом по работе служит также указание о возможной области применения данной партии гипса в строительстве.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой строительный гипс?
2. С какой сеткой используют сито для определения тонкостипомола строительного гипса?
3. Изложите методику определения нормальной плотности гипсового теста.
4. При помощи какого прибора определяют сроки схватывания гипсового теста и какова методика этого определения?
5. Какие требования стандарта к срокам схватывания гипсового теста?
6. На каких образцах и каким образом определяется прочность гипса?
7. Перечислите марки строительного гипса в зависимости от предела прочности при сжатии.

### **3 Лабораторная работа №3** ***Гидравлические вяжущие вещества*** ***Портландцемент***

Портландцементом называют гидравлическое вяжущее вещество, в составе которого преобладают силикаты кальция (70–80%). Портландцемент – продукт тонкого измельчения клинкера с добавкой гипса (3–5%). Клинкер представляет собой зернистый материал (“горошек”), полученный обжигом до спекания (при температуре 1450<sup>0</sup>С) сырьевой смеси, состоящей в основном из углекислого кальция (известняки различного вида) и алюмосиликатов (глины, мергеля, доменного шлака и др.). Небольшая добавка гипса регулирует сроки схватывания портландцемента.

***Цель работы.*** Определение свойств средней пробы портландцемента, сравнение результатов с техническими требованиями ГОСТ 10178, установление марки цемента и заключение о возможности применения его в строительстве.

#### ***3.1 Определение нормальной плотности цементного теста***

***Нормальная плотность*** – это такая консистенция цементного теста, которая обеспечивает достаточную его удобоукладываемость или подвижность и позволяет плотно укладывать в форму.

***Приборы и материалы:*** цемент, вода, чаша для затворения цементного теста, лопатка для перемешивания теста, секундомер, мерный цилиндр, прибор Вика с пестиком.

***Порядок проведения работы.*** Нормальную плотность цементного теста определяют согласно ГОСТ 310.3 на приборе Вика. В этом случае иглу 7 прибора заменяют металлическим пестиком диаметром 10 и длиной 50 мм. Масса подвижного стержня прибора вместе с пестиком должна быть 300±2 г. Перед началом испытания проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на 0 при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г испытываемого цемента, высыпают его в сферическую металлическую чашку, предварительно протертую влажной тканью. Затем в цементе делают углубление, куда в один прием вливают предварительно отмеренную воду в количестве, необходимом для

получения цементного теста нормальной густоты. Количество воды для первого пробного затворения цемента может быть ориентировочно принято 110–112 см<sup>3</sup>, т.е. 25 – 28% по массе цемента. Углубление с помощью стальной лопатки заполняют цементом и через 30 с после этого осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях, периодически поворачивая чашу на 90<sup>0</sup>. Продолжительность перемешивания и непрерывного растирания с момента затворения цемента водой – 5 мин.

После окончания перемешивания цементное тесту складывают в один прием в кольцо, которое пять-шесть раз встряхивают, постукивают пластинкой с прижатым к ней кольцом о поверхность стола. Избыток цементного теста срезают ножом, предварительно протертым влажной тканью. Кольцо на стеклянной пластинке ставят под стержень прибора Вика, пестик приводят в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют его в таком положении зажимным винтом. Затем быстро отвинчивают зажимный винт, и стержень вместе с пестиком свободно погружается в тесто. Через 30 с момента освобождения стержня по шкале прибора фиксируют глубину погружения пестика.

Густота цементного теста считается нормальной, если пестик не доходит до стеклянной пластинки на 5–7 мм. Если он, погружаясь в цементное тесто, остановится выше, то опыт повторяют с большим количеством воды, а если ниже – меньшим, добиваясь погружения пестика на глубину, соответствующую нормальной густоте теста. Количество добавляемой воды для получения теста нормальной густоты, %, по массе цемента, определяют с точностью до 0,25%.

Нормальную густоту характеризуют количеством воды затворения, выраженным в % от массы цемента ( $V/C \times 100\%$ ).

Результаты определения нормальной густоты цементного теста заносим в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты определения нормальной густоты

№ опытов	Навеска цемента, г	Количество воды, мл	Отсчет по шкале прибора, мм	Водопотребность, %
1.				
2.				

### **3.2 Определение сроков схватывания цементного теста**

**Приборы и материалы:** цемент, вода, чаша для затворения цементного теста, лопатка для перемешивания теста, мерный цилиндр, прибор Вика с иглой, часы.

**Порядок проведения работы.** Сроки схватывания по ГОСТ 310.3 определяют с помощью прибора Вика, но вместо пестика на нижней подвижной части стержня закрепляют стальную иглу сечением  $1 \text{ мм}^2$  и длиной 50 мм. Масса стержня с иглой должна составлять 300 г.

Перед началом испытания проверяют свободное перемещение металлического стержня прибора Вика, положение стрелки, которая должна быть на нуле при опирании иглы на стеклянную пластинку, чистоту и прямизну иглы. После этого смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Цементное тесто нормальной густоты приготавливают по методике, изложенной ранее; сразу после приготовления помещают в кольцо прибора Вика, установленное на стеклянной пластинке, и слегка встряхивают пять-шесть раз для удаления воздуха. Избыток теста снимают ножом и поверхность выравнивают. Кольцо с цементным тестом устанавливают на столик прибора, опускают стержень до соприкосновения иглы с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом. Затем быстро отвинчивают зажимной винт, чтобы игла могла свободно погрузиться в тесто. Иглу погружают в тесто через каждые 15 мин в последующее время до конца схватывания. Место погружения иглы в тесто меняют, передвигая кольцо, иглу вытирают мягкой тканью или фильтровальной бумагой.

**За начало схватывания** принимают время с момента затворения цемента водой до момента, когда игла не дойдет до стеклянной пластинки на 1 – 2 мм. **За конец схватывания** принимают время от начала затворения цементного теста до момента, когда игла будет опускаться в тесто более чем на 1 – 2 мм. Начало схватывания портландцемента должно наступать не ранее чем через 45 мин, а конец схватывания – не позднее 10 ч с момента затворения цементного теста. Начало схватывания характеризует потерю тестом пластичности, конец схватывания – превращение его в камень.

Результаты определения сроков схватывания цементного теста заносим в табл. 3.2. Студенты определяют только начало схватывания.

Таблица 3.2 –сроки схватывания цементного теста

№ опыта	Навеска цемента, г	Количество воды, мл	Время от начала затворения водой	Отсчет по шкале прибора, мм	Начало схватывания цемента, мин	Конец схватывания цемента, мин
1.						
2.						

### **3.3 Определение тонкости помола цемента по ГОСТ 310.2**

**Приборы и материалы:** проба цемента, весы технические, сито с сеткой № 008, прибор для механического просеивания цемента, сушильный шкаф.

**Порядок проведения работы.** Тонкость помола определяют ситовым анализом. Для ситового анализа отвешивают 50 г цемента, с точностью до 0,05 г предварительно высушенного до постоянной массы при температуре 105 – 110<sup>0</sup>С, и переносят на сито №008 с размером сетки в свету 80 мкм. Закрывают сито крышкой, устанавливают его в прибор для механического просеивания, включают прибор в электрическую сеть и после этого просеивают в течение 5 – 7 мин. Допускается просеивание и вручную. Просеивание считается законченным, если при контрольном просеивании вручную на бумагу в течение 1 мин сквозь сито проходит не более 0,05 г цемента. По окончании просеивания взвешивают остаток на сите  $m_1$  (г) и вычисляют количество цемента, прошедшего через сито ( $m-m_1$ ). Тонкость помола рассчитывают по формуле (3.1) с точностью до 0,1%:

$$\Delta t = \frac{(m-m_1)}{m} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

где  $t$  – первоначальная навеска, г.

$m_1$  – остаток на сите № 008, г;

Результаты опытов заносим в табл. 3.3

Таблица 3.3 – определение тонкости помола цемента

№ опыта	Масса навески цемента, м, г	Остаток на сите № 008, $m_1$ , г	Полный просев ( $m-m_1$ ), г	Тонкость помола, $\Delta m$ , %

### **3.4 Создание образцов для определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии по ГОСТ 310.4**

**Приборы и материалы:** мешалка для перемешивания цементного раствора, чаша и лопатка, встряхивающий столик и форма-конус, штыковка, формы для изготовления образцов- балочек, насадка к формам, вибрационная площадка, штангенциркуль.

**Порядок проведения работы.** Для определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии изготавливают образцы-балочки размерами 40×40×160 мм из пластичного цементного раствора нормальной консистенции состава 1:3 по массе (1 ч. цемента и 3 ч. песка) при водоцементном отношении ( $A/C=0,40$ ). Компоненты загружают в предварительно протертую влажной тканью чашу лопастной мешалки в следующей последовательности: песок, вода, цемент. Чашу устанавливают на мешалку и производят перемешивание в течение  $(120\pm 10)$  с.

В центре диска встряхивающего столика устанавливают форму-конус с центрирующим устройством. Внутреннюю поверхность конуса и диск столика перед испытанием протирают влажной тканью. По окончании перемешивания раствора имзаполняют форму-конус на половину высоты и уплотняют 15 раз штыкованием металлической штыковкой. Затем заполняют конус раствором с некоторым избытком и штыкуют 10 раз. Во время укладки и уплотнения раствора конус прижимают рукой к диску столика. После уплотнения верхнего слоя раствора снимают насадку конуса и излишек раствора срезают ножом вровень с краями конуса. Нож предварительно протирают влажной тканью. Затем конус снимают в вертикальном направлении. После этого раствор встряхивают на столике 30 раз за  $(30\pm 5)$  с, измеряют расплыв конуса по нижнему основанию штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение. Расплыв конуса должен быть в пределах 106 ... 115 мм. Если расплыв конуса окажется меньше 106 мм, количество воды увеличивают до получения расплыва конуса 106 – 108 мм. Окончательное значение водоцементного отношения заносят в

рабочий журнал и принимают для проведения дальнейших испытаний.

Перед изготовлением образцов-балочек внутреннюю поверхность стенок формы и поддона слегка смазывают машинным маслом. Стыки наружных стенок друг с другом и с поддоном формы необходимо промазать тонким слоем солидола или другой густой смазкой. На собранную форму устанавливают насадку и промазывают снаружи густой смазкой стык между формой и насадкой. На каждый намеченный срок испытания изготавливают по три образца (одна форма).

Для уплотнения раствора подготовленные формы балочек с насадкой жестко закрепляют на виброплощадке. Одновременно устанавливают не более двух форм, симметрично расположенных относительно центра площадки. При уплотнении одной формы ее располагают в центре площадки. Формы заполняют раствором приблизительно на 1 см по высоте и включают вибрационную площадку, в течение двух первых минут вибрации все три гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. По истечении 3 мин от начала вибрации виброплощадку отключают. Форму снимают с виброплощадки, срезают смоченным водой ножом излишек раствора, заглаживают поверхность образцов вровень с краями формы и маркируют их.

Образцы в формах хранят первые сутки в ванне с гидравлическим затвором. Затем образцы осторожно расформовывают и укладывают в ванны с питьевой водой в горизонтальном положении так, чтобы они не соприкасались друг с другом, или в шкафу, обеспечивающим относительную влажность воздуха не менее 90%. Таким образом образцы хранят последующие 27 суток. Образцы, имеющие через  $(24 \pm 1)$  ч прочность, недостаточную для расформировки без повреждения, допускается вынимать из формы через  $(48 \pm 2)$  ч.

Вода должна покрывать образцы не менее чем на 2 см, меняют воду через каждые 14 суток. Температура воды при хранении, а также при ее замене должна быть  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ . По истечении срока хранения образцы вынимают из воды и не позднее чем через 30 мин подвергают испытанию. Непосредственно перед испытанием образцы должны быть насухо вытерты.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют портландцементом и какие компоненты входят в его состав? Какое природное сырье применяют при его изготовлении?
2. По каким основным показателям оценивают качество портландцемента?
3. С какой целью и как определяется нормальная густота цементного теста?
4. Как определяются сроки схватывания цементного теста?
5. Как определяют тонкость помола цемента?
6. Как изготавливают образцы для определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии?

## 4 Лабораторная работа № 4

### *Испытания бетонных образцов*

**Цель работы.** Определение свойств средней пробы портландцемента, сравнение результатов с техническими требованиями ГОСТ 10178, установление марки цемента и заключение о возможности применения его в строительстве.

**Приборы и материалы:** образцы бетонных балочек, пресс, рамка для проведения испытаний, металлические пластины.

#### *4.1 Испытание образцов-балочек.*

**Порядок проведения работы:** для определения марки цемента образцы-балочки в возрасте 28 суток с момента их изготовления испытывают на изгиб, а затем каждую из полученных половинок – на сжатие.

Испытание образцов-балочек проводят на гидравлическом прессе. Средняя скорость нарастания нагрузки должна быть  $(0,05 \pm 0,01)$  кН/с или  $(0,12 \pm 0,02)$  МПа/с в пересчете на единицу площади приведенного сечения балочки. К верхней плите прессы при помощи двух винтов прикрепляют рифель острием вниз. На нижней плите размещают рамку с опорами для образца. Образцы устанавливают на опоры таким образом, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении.

Предел прочности при изгибе цементного раствора вычисляют как среднее арифметическое значение из двух наибольших результатов испытания трех образцов.

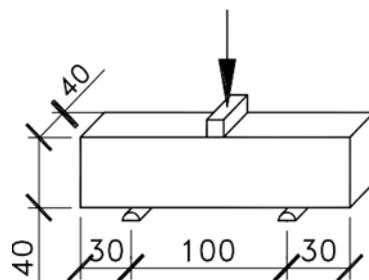


Рисунок 4.1 – Схема испытания балки

Предел прочности при изгибе вычисляется по формуле(4.1):

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (4.1)$$

где:  $P$  – разрушающая нагрузка, кгс, (Н);

$l$  – расстояние между опорами, см, (м);

$b$  – ширина образца, см, (м);

$h$  – высота образца, см, (м);

При определении предела прочности на сжатие полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек срезом же подвергают испытанию на сжатие. Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками площадью  $25 \text{ см}^2$  таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к стенкам формы, находились на плоскости пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой плоскости образца. Образец с пластинками центрируют на опорной плите прессы. Средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть  $(1,0 \pm 0,5) \text{ МПа/с}$ .

Предел прочности при сжатии каждого образца вычисляется по формуле:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{F} \quad (4.2)$$

где:  $P$  – разрушающая нагрузка, кгс, (Н);

$F$  – площадь пластины,  $\text{см}^2$ , ( $\text{м}^2$ ).

Предел прочности на сжатие для данного цемента вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов испытания образцов. Результаты измерений заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – определение пределов прочности бетонных образцов

Наименование определяемых показателей	Значение для отдельных образцов			Среднее значение из двух наибольших результатов		
	1	2	3			
Предел прочности при изгибе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )						
Разрушающая нагрузка при испытании на сжатие, кН(кгс)	Значение для отдельных образцов					
	1	2	3	4	5	6
Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )						

**Примечание:** марка цемента определяется по прочностным показателям образцов после их водного твердения в течение 28 суток. Допускается определение марки и в более ранние сроки, начиная с трех суток, пользуясь формулой пересчета:

$$R_{сж}^{28} = R_{сж}^n \cdot \frac{\lg 28}{\lg n} \quad (4.3)$$

Где  $R_{сж}^{28}$  – предел прочности при сжатии образцов возрастом 28 суток, кг/см<sup>2</sup>(МПа);

$R_{сж}^n$  – предел прочности при сжатии образцов в возрасте n дней, кг/см<sup>2</sup>(МПа).

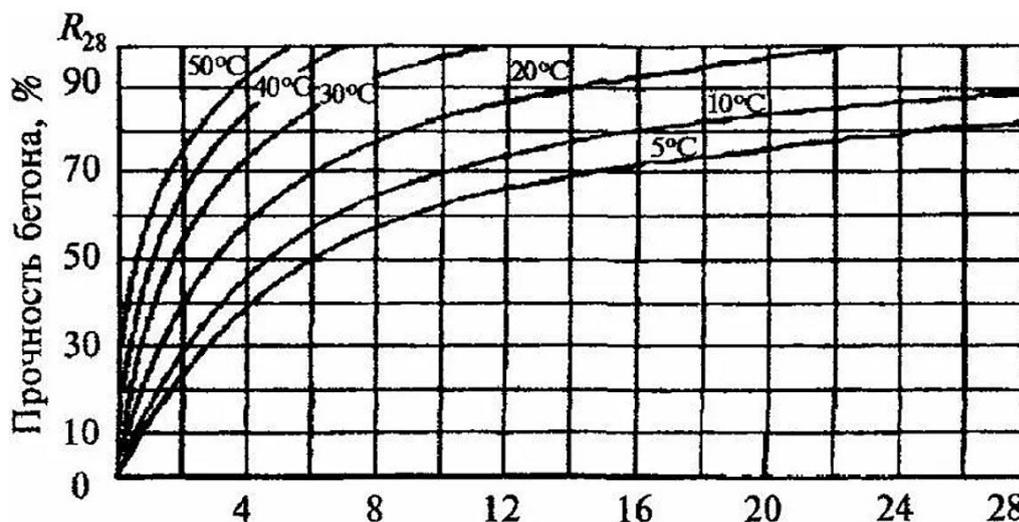


Рисунок 4.2 – График набора прочности бетона

В табл. 4.2 приведены технические требования ГОСТ 10178-85 предъявляемые к цементу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов испытаний цемента сделать заключение о его марке и области применения данной партии.

### Контрольные вопросы:

1. Каким образом производят испытания образцов и как рассчитывают пределы прочности при изгибе и сжатии?
2. По каким экспериментальным данным устанавливают марку цемента?
3. Как с течением времени изменяется прочность бетона в пределах первых 28 суток? Оказывает ли температура влияние на твердение бетона?
4. Изобразите расчетную схему испытания образцов.

Таблица 4.2 – нормативные значения прочности бетона

Обозначение вида цемента	Гаранти- рованная марка	Предел прочности, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )			
		при изгибе в возрасте, сут		при сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, ПЦ- Д5, ПЦ-Д20, ШПЦ	300	—	4,4 (45)	—	29,4 (300)
	400	—	5,4 (55)	—	39,2 (400)
	500	—	5,9 (60)	—	49,0 (500)
	550	—	6,1 (62)	—	53,9 (550)
	600	—	6,4 (65)	—	58,8 (600)
ПЦ-Д20-Б	400	3,9 (40)	5,4 (55)	24,5 (250)	39,2 (400)
	500	4,4 (45)	5,9 (60)	27,5 (280)	49,0 (500)
ШПЦ-Б	400	3,4 (35)	5,4 (55)	21,5 (220)	39,2 (400)

## 5. Лабораторная работа № 5

### ИСПЫТАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Керамические кирпичи и камни (ГОСТ 530-2007) предназначены для кладки наружных и внутренних стен и других элементов зданий и сооружений. Эти материалы изготавливают из глинистых и кремнеземных пород, а так же вторичных продуктов (отходов угледобычи и углеобогащения, зол, шлаков) с минеральными или органическими добавками либо без них.

Кирпич и камни керамические изготавливают в форме прямоугольного параллелепипеда с ровными гранями на лицевых поверхностях, поверхность граней может быть рифлёной.

Керамические стеновые материалы должны отвечать следующим требованиям:

- иметь достаточную прочность на сжатие;
- быть водостойкими и морозостойкими;
- обладать необходимыми теплоизолирующими свойствами.

**Цель работы:** определение марки кирпича, изучение основных физико-механических свойств керамических стеновых материалов, сравнение полученных результатов с требованиями ГОСТ 530-2007 «Кирпичи и камни керамические» и рекомендации о возможности его использования в строительстве.

#### 5.1 Показатели внешнего вида

**Определение размеров керамического кирпича и характеристик его внешнего вида.**

**Приборы:** линейка металлическая или угольник стальной, молоток, калибры.

**Материалы:** эталон (нормально обожженный кирпич), исследуемый образец.

**Порядок проведения опыта.** Качество кирпича определяют путем внешнего осмотра. Внешний осмотр отобранных образцов позволяет установить качество обжига (недожог или пережог), количество и характер трещин и искривлений, посторонних включений. Для выявления недожога или пережога, отобранные образцы сравнивают с эталоном (нормально обожженным кирпичом). Недожженный кирпич имеет более светлый вид, чем эталонный («алый» кирпич), и глухой звук при ударе по кирпичу молотком. Пережженный кирпич характеризуется искривленными гранями и

поверхностями, оплавленными местами и иногда вспученностью. Недожженный и пережженный кирпич является браком.

**Кирпич нормального формата (одинарный):** изделие номинальными размерами 250x120x65 мм (рис. 5.1).

Предельные отклонения номинальных размеров кирпича не должны превышать на одном изделии, мм:

- по длине кирпича  $\pm 4$ ,
- по ширине кирпича  $\pm 3$ ,
- по толщине кирпича лицевого  $\pm 2$ , кирпича рядового  $\pm 3$ .

Обмер кирпич выполняют с помощью металлической линейки, с погрешностью до 1 мм.

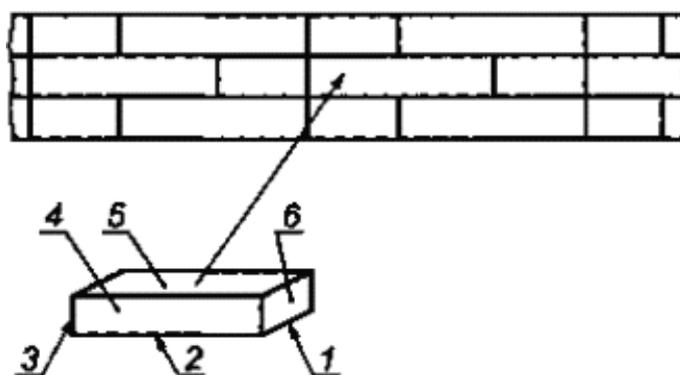


Рисунок 5.1 - Фрагмент кладки: 1 – ширина; 2 – длина; 3 – толщина; 4 – ложка; 5 – постель; 6 – тычок.

При помощи металлического угольника или линейки с точностью до 1 мм определяют искривление поверхностей и ребер, отбитость или притупленность ребер и углов. В лаборатории кирпич укладывают на ровный стол. К проверяемой поверхности прикладывают ребром металлическую линейку или треугольник в таком направлении, чтобы выявить максимальное значение прогиба поверхности (рис. 2). Максимальное значение зазора между ребром линейки и проверяемой поверхностью изделия измеряют специально изготовляемыми для этой цели калибрами.

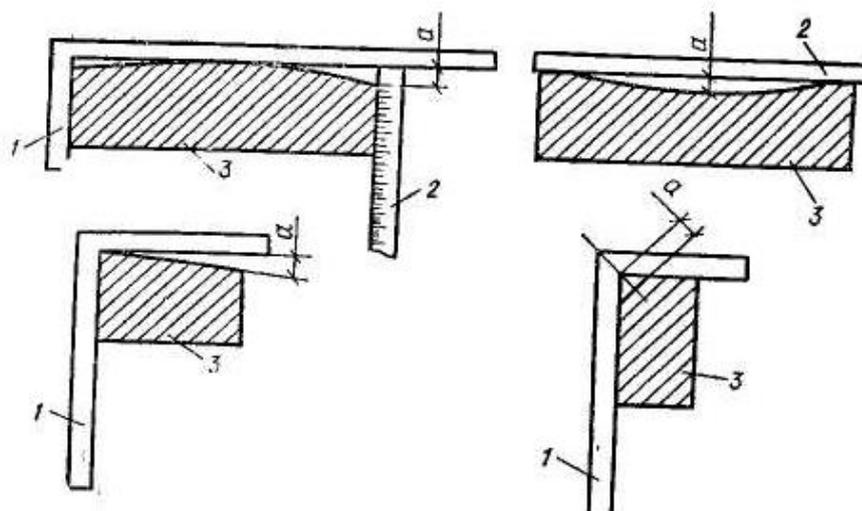


Рисунок 5.2 - Измерение искривления поверхности и ребер кирпича: 1 – стальной угольник; 2 – стальная линейка; 3 – кирпич

Отклонения по форме и внешнему виду для керамического кирпича согласно ГОСТ 530 [9] приведены в приложении табл. П.1.1.

Известковые включения (дутики), вызывающие разрушение кирпича, не допускаются.

Дефекты внешнего вида изделий, размеры и число которых превышают значения, указанные в Приложении 1, не допускаются.

### **Физические свойства керамического кирпича**

#### **5.2 Определение средней плотности керамического кирпича**

**Средняя плотность** – физическая величина определяемая отношением массы  $m$  (кг) материала ко всему занимаемому им объему  $V_{ест}$  ( $м^3$ ), включая имеющиеся в нем поры и пустоты:

$$\rho = \frac{m}{V_{ест}} \quad (5.1)$$

где  $m$  – масса образца, высушенного до постоянной массы, (г; кг);  $V_{ест}$  – объем материала в естественном состоянии ( $см^3$ ;  $м^3$ ).

**Приборы:** весы технические с разновесами, электрошкаф сушильный, металлическая линейка, штангенциркуль.

**Материалы:** кирпич керамический.

*Среднюю плотность определяют не менее чем на трех образцах.*

**Порядок проведения испытания.** Испытания керамического кирпича проводятся в соответствии с ГОСТ 7025[10]. Образцы очищают от пыли и высушивают до постоянной массы.

Размеры образцов определяют металлической линейкой или

штангенциркулем с погрешностью не более 1 мм, за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений каждой грани. Вычисляют объем.

Затем взвешиванием определяют массу образцов. Масса образцов определяется на технических весах с точностью до 10 г.

Зная объем и массу образца, по формуле (1.1) вычисляют его среднюю плотность. Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое трех ее значений.

Таблица 5.1 – результаты определения средней плотности

Номер опыта	Масса образца, $m$ , г	Размеры образца, см			Объем образца, $V$ , см <sup>3</sup>	Средняя плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	
		a	b	h		полученное значение	среднее значение
1.							
2.							
3.							

### ***5.3 Определение водопоглощения керамического кирпича при атмосферном давлении в воде температурой (20±5)°С***

***Водопоглощение*** - это способность материала поглощать влагу и удерживать ее в своих порах.

*Водопоглощение определяют не менее чем на трех образцах.*

*Образцы керамических изделий предварительно высушивают до постоянной массы. Водопоглощение силикатных изделий определяют без предварительного высушивания образцов.*

***Приборы:*** весы технические, электрошкаф сушильный, сосуд с решеткой, металлическая линейка.

***Материалы:*** образцы кирпича керамического, вода.

***Порядок проведения испытания.*** Испытания керамического кирпича проводятся в соответствии с ГОСТ 7025-91. Образцы укладывают в один ряд по высоте с зазорами между ними не менее 2 см на решетку в сосуд с водой температурой (20±5) °С так, чтобы уровень воды был выше верха образцов на 2-10 см.

Образцы выдерживают в воде 48<sup>+1</sup>ч.

Насыщенные водой образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают. Массу воды, вытекшей из образца на чашку весов, включают в массу образца, насыщенного водой. Взвешивание каждого образца должно быть закончено не позднее 2

мин после его удаления из воды.

Исходные данные и результаты определений водопоглощения заносят в таблицу 5.2.

Водопоглощение ( $W_m$ ) образцов по массе в процентах вычисляют по формуле:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\% \quad (5.2)$$

где  $m$  – масса образца, высушенного до постоянной массы, г;

$m_1$  – масса образца, насыщенного водой г;

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

После взвешивания образцы силикатных изделий высушивают до постоянной массы. Результаты определения водопоглощения заносят в табл.5.2

Таблица 5.2 – Водопоглощение образца

Наименование изделия	Масса сухого образца, г	Масса образца, насыщенного водой, г	Объем образца, см <sup>3</sup>	Водопоглощение образца, %
1.				
2.				
3.				

Водопоглощение для лицевых кирпичей и камней должно быть не менее 6%.

### ***Механические свойства керамического кирпича***

#### ***5.4 Определение предела прочности керамического кирпича при изгибе***

**Приборы:** пресс гидравлический, металлическая линейка, штангенциркуль.

**Материалы:** кирпич керамический.

**Порядок проведения испытания.** Испытания керамического кирпича проводятся в соответствии с ГОСТ 8462[11]. Определение предела прочности при изгибе заключается в испытании целого кирпича, уложенного на двух опорах с расстоянием между ними 200 мм, сосредоточенной нагрузкой, приложенной по середине

пролета (рис. 3). Для испытания образцов на изгиб используют гидравлический пресс, позволяющий регистрировать разрушающую нагрузку с погрешностью не более 100 Н, и опорных катков и катка для передачи нагрузки от пресса на кирпич. Для испытаний на изгиб образцы укладывают на опоры. Нагрузку на образец передают непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение не ранее чем через 20 с после начала испытания.

Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$  в МПа ( $кгс/см^2$ ), отдельного образца вычисляют по формуле (5.3):

$$R_{изг} = \frac{3P_{разр}l}{2bh}; \quad (5.3)$$

где  $P_{разр}$  – разрушающая нагрузка, установленная при испытании образца  $H$  ( $кгс$ );

$l$  – расстояние между осями опор, мм ( $см$ );

$b$  и  $h$  – ширина и высота образца в поперечном сечении, мм ( $см$ );

Предел прочности при изгибе образцов в партии вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний установленного количества образцов, с допускаемой погрешностью до 0,1 МПа.

Результаты опытов заносим в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – результаты определения предела прочности при изгибе

№ образца	Размеры образца, см			Разрушающая нагрузка, кг	Предел прочности образца при изгибе, МПа	Среднее значение предела прочности при изгибе серии образцов, МПа
	b	h	l			
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

### 5.5 Определение предела прочности керамического кирпича при сжатии

**Приборы:** пресс гидравлический, металлическая линейка, штангенциркуль, сито с сеткой № 1,25.

**Материалы:** кирпич керамический, войлок технический

толщиной 5-10 мм, вода по, песок кварцевый, портландцемент по.

**Порядок проведения испытания.** Испытания керамического кирпича проводятся в соответствии с ГОСТ 8462[11]. Для определения предела прочности при сжатии, отобранные для испытания кирпичи распиливают по ширине на две равные части и погружают в воду не менее чем на 5 минут. Обе половинки накладывают одна на другую поверхностями распила в противоположные стороны (рис. 5.4). Для соединения и выравнивания поверхностей образцов применяют цементный раствор, состоящий из равных частей портландцемента марки 400 и песка, просеянного через сито с сеткой № 1,25 ( $V/C=0,34\dots 0,36$ ). Шов между этими половинками заполняют тестом из портландцемента марки не ниже 400 слоем не более 5 мм.

Опорные поверхности, соприкасающиеся с плитами прессы, выравнивают прокладками из технического войлока.

Затем на кирпич или его половинку укладывают слой раствора толщиной не более 5 мм и на него укладывают кирпич или его вторую половинку, слегка прижимая. Излишки цементного теста срезают ножом.

Образцы до испытания выдерживают в лаборатории при температуре  $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха 60 – 80% в течение 3 суток для затвердевания цементного теста, после чего их испытывают на сжатие.

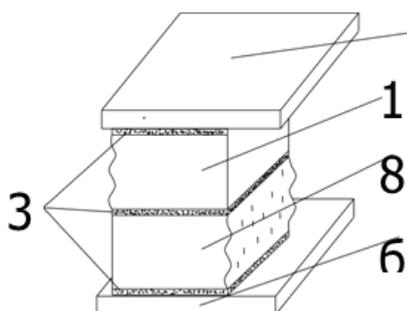


Рисунок 5.4 - Схема испытания кирпича на сжатие  
*а, б – плиты прессы; 1, 2 – половинки кирпича; 3 – слой раствора*

Перед испытанием образцы осматривают и измеряют, с погрешностью до 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляют как среднее арифметическое значение результатов трех измерений: двух измерений параллельных ребер, лежащих в плоскости одной грани, и средней прямой, лежащей между этими ребрами.

При испытании образец устанавливают в центр опорной плиты и прижимают верхней плитой пресса, которая должна плотно прилегать по всей грани образца. Нагрузка на образец при испытании должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20 ... 60 с после начала испытания. Разрушающая нагрузка должна составлять не менее 10% предельно развиваемого прессом усилия.

Предел прочности при сжатии  $R_{сж}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>), отдельного образца вычисляют по формуле (5.4):

$$R_{сж} = \frac{P_{разр}}{F}; \quad (5.4)$$

где  $P_{разр}$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н (кг);

$F$  – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, м<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>).

Среднее значение предела прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое из результатов испытания пяти образцов. Кроме того, записывают минимальный результат испытаний.

Марку кирпича определяют согласно ГОСТ 530 [9] по приложению табл. П1.2.

Результаты испытаний заносят в табл. 5.4.

Таблица 5.4 – определение предела прочности на сжатие

№ образца	Масса образца, г	Размеры образца, см	Площадь поперечного сечения образца, см <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка, кг	Предел прочности образца при сжатии, МПа	Среднее значение предела прочности при сжатии серии образцов, МПа
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

## **Контрольные вопросы**

1. Как классифицируются керамические кирпич и камни?
2. Какие технические требования предъявляют к керамическим кирпичам? Как оценивается внешний вид кирпича, его размеры, правильность формы?
3. Какие основные свойства характеризуют керамические стеновые изделия?
4. Как определяется предел прочности образца кирпича при сжатии?
5. Каким методом определяют плотность изделий?
6. Как определяется предел прочности образца кирпича при изгибе?
7. Как вычисляют водопоглощение керамического кирпича?

## 6. Лабораторная работа №6

### ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ГИПСОВОГО КАМНЯ ОТ СОСТАВА СМЕСИ

**Цель:** Ознакомиться со стандартной методикой определения марки гипсового вяжущего по прочности. Изготовить образцы из гипсового теста с различными значениями водогипсового отношения. Установить зависимости средней плотности и прочности образцов гипсового камня от состава смеси.

**Оборудование:** весы, мерный цилиндр, чаша, ручная мешалка, линейка, трехгнездовая форма для образцов-призм (балочек)  $4 \times 4 \times 16$  см, секундомер, пресс, рамка для испытаний, металлические пластины.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Слегка смазать машинным маслом внутреннюю поверхность металлических трехгнездовых форм для изготовления образцов размером  $4 \times 4 \times 16$  см (рис. 14). Для выполнения работы требуется три формы.

2. Выполнить несколько замесов гипсового теста. Образцы формируют из гипсового теста с различными значениями водогипсового отношения (В/Г). Значения В/Г принимаются по указанию преподавателя, рекомендовано три значения В/Г — 0,35; 0,5; 0,65. Для каждого состава отвесить 700 г гипсового вяжущего и отмерить воду в необходимом количестве — 245; 350 и 455 мл соответственно. В чистую чашу, предварительно протертую влажной тканью, влить воду, затем в течение 5...20 с в воду всыпать гипсовое вяжущее и интенсивно перемешать ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородного теста. Полученное гипсовое тесто залить в форму.

Количество образцов — два на каждый состав.

Размеры образцов —  $4 \times 4 \times 16$  см.

Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхнуть 5 раз, поднимая за торцевую сторону на высоту 8...10 мм и опуская, при этом ударяя о поверхность стола.

3. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снять линейкой. Через  $15 \pm 5$  мин после конца схватывания образцы извлечь из формы, промаркировать и хранить в помещении до испытания. Формы очистить.

**Условия твердения** — в помещении при температуре  $20 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха 50...60 %.

Продолжительность твердения — 7 сут (по стандарту марка гипса по прочности определяется в возрасте 2 ч).

**Испытание образцов гипсового камня:**

1. Образцы гипсового камня взвесить, рассчитать среднюю плотность гипсового камня с учетом известного объема ( $V = 256 \text{ см}^3$ ) для каждого образца в отдельности и определить среднее значение. Результаты занести в таблицу рабочей тетради.

2. Определить предел прочности образцов на изгиб. Для этого образец установить на опоры устройства для испытания на изгиб таким образом, чтобы те его грани, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении

3. Предел прочности образца на изгиб  $R_{и}$ , МПа, определить по Формуле (6.1)

$$R_{и} = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad (6.1)$$

Где  $l$  — расстояние между опорами, см;  $l = 100$ ;

$b, h$  — ширина и высота поперечного сечения образца соответственно, см;  $b = h = 4$ ;

$F$  — разрушающая нагрузка, кН.

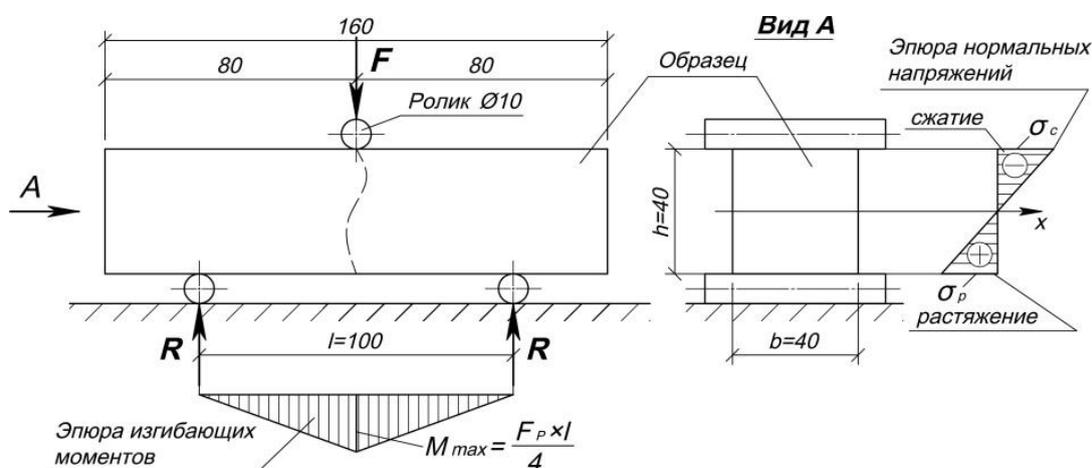


Рисунок 6.1 – Схема испытаний гипсовых балочек

4. Вычислить среднее арифметическое значение результатов двух испытаний.

5. Полученные после испытания на изгиб половинки образцов-призм сразу же испытать на сжатие. Для этого образцы поместить между двумя стальными нажимными пластинами таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегли к продольным стенкам форм, находились на плоскостях пластин, а упоры пластин плотно прилегли к торцевой гладкой стенке образца.

6. Предел прочности образца на сжатие  $R_c$ , МПа, определить по формуле (6.2)

$$R_c = \frac{F}{A} \quad (6.2)$$

где  $F$ — разрушающая нагрузка, кН;  
 $A$  — рабочая площадь пластины, см<sup>2</sup>.

7. Вычислить среднее арифметическое значение результатов испытаний.

8. Полученные результаты занести в таблицу результатов испытаний.

По полученным результатам построить графические зависимости средней плотности гипсового камня от водогипсового отношения, прочности гипсового камня на растяжение при изгибе и на сжатие от водогипсового отношения и взаимосвязи прочности гипсового камня и его средней прочности. По полученным графическим зависимостям необходимо сформулировать вывод. Результаты оформить в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты испытания гипсовых образцов

Номер образца	Объём, $V$ , см <sup>3</sup>	Масса образца, $m$ , г	Средняя плотность, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности на сжатие, МПа		Водогипсовое отношение
				Для одного образца	Средний	Для образца	Средний	
1.								
2.								
3.								

**Контрольные вопросы:**

1. Зависимость средней плотности от водогипсового отношения? Причины данной зависимости?
2. Зависимость пределов прочности при изгибе и сжатии от водогипсового отношения?
3. Изобразите расчетную схему испытания образца на изгиб и сжатие.

## 7. Лабораторная работа №7 Физико-механические свойства древесины

### 7.1 Общие сведения о равновесной влажности, средней плотности и прочности древесины

*Древесина* — совокупность проводящих, механических и запасающих тканей, расположенных в стволах, ветвях и корнях древесных растений между корой и сердцевиной.

*Влажность древесины* — отношение массы воды, содержащейся в древесине, к массе древесины в процентах.

*Равновесная влажность древесины* — влажность древесины, соответствующая определенному сочетанию температуры и влажности окружающей воздушной среды.

*Плотность древесины* — отношение массы древесины к ее объему.

*Прочность древесины* — способность древесины сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок.

*Предел прочности древесины* — напряжение, при котором разрушается образец древесины.

Существует несколько методов определения влажности древесины:

- стандартный;
- по электропроводности;
- по номограммам.

Стандартный метод основан на непосредственном определении содержания влаги в образцах древесины по потере ими массы при высушивании в сушильном шкафу при температуре 103 °С до постоянной массы. Метод определения влажности по электропроводности (экспресс-метод) основан на изменении электропроводности древесины в зависимости от ее влажности. Для испытания применяют прибор — электровлагомер, снабженный двумя иглами-датчиками. Иглы погружают в древесину на глубину 8 мм, и через них пропускают слабый электрический ток. Влажность (в диапазоне до 30 %) измеряют по шкале прибора с погрешностью не более 1...1,5 %. Однако прибор дает возможность определить влажность только в месте контакта иглолок с древесиной.

Расчет равновесной влажности по номограммам основан на том, что связанная (гигроскопическая) влажность древесины зависит от температуры и влажности окружающего воздуха. Для того чтобы

стандартный образец приобрел равновесную влажность, его необходимо выдержать в помещении с постоянным температурно-влажностным режимом не менее 2...3 сут. Номограммы равновесной влажности древесины составлены на основании экспериментов. Обычно используют номограмму равновесной влажности проф. Н.Н. Чулицкого.

## ***7.2 Определение равновесной влажности древесины***

**Задание:** Определить равновесную влажность древесины.

**Методика:** определение влажности древесины по номограмме Н.Н. Чулицкого.

**Оборудование:** штангенциркуль, весы, психрометр и психрометрическая таблица (табл. 7.1), номограмма равновесной влажности древесины.

**Образцы:** образцы-призмы из древесины сосны с основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм.

### ***Ход работы***

1. Для определения влажности древесины по номограмме Н.Н. Чулицкого с помощью психрометра измерить влажность воздуха в помещении, где выдерживались образцы. Психрометр имеет два термометра. Один термометр, спиртовой — для измерения температуры окружающего воздуха, его обычно называют сухим. Кончик второго термометра обмотан тканевым фитилем и опущен в емкость с водой. За счет испарения влаги этот термометр охлаждается. Такой термометр называют влажным.

2. По разнице температур сухого и влажного термометров определить относительную влажность воздуха. Результаты измерений занести в лабораторный журнал.

Пример определения влажности:

Показания психрометра:

- температура по сухому термометру - 24 °С;
- температура по влажному термометру - 22 °С;
- разность показаний температур термометров - 2 °С.

Таблица 7.1 – Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

Номограмма равновесной влажности древесины представлена на рис. 7.1

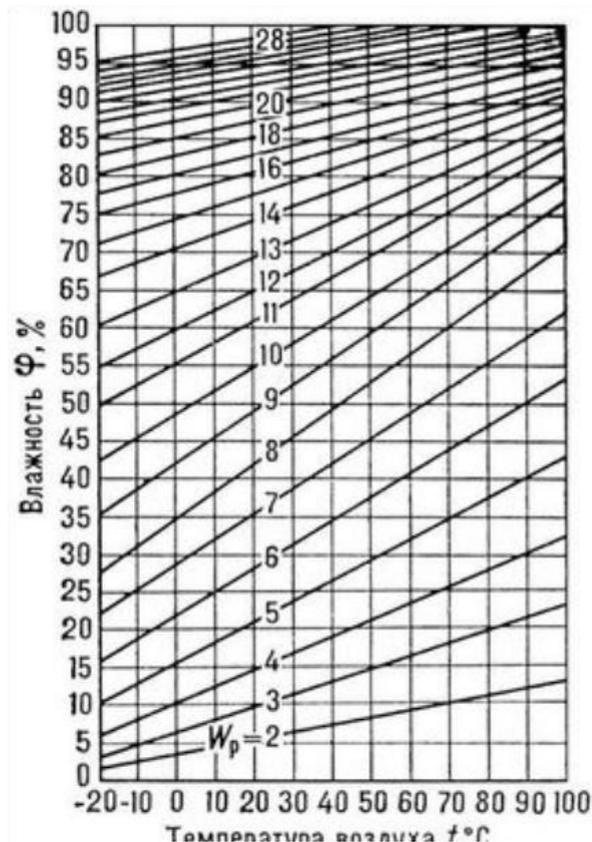


Рисунок 7.1 – Нормограмма равновесной влажности древесины

Относительная влажность воздуха в помещении (по психрометрической таблице)  $\varphi = 84 \%$ .

На номограмме равновесной влажности древесины отложить значения температуры и влажности воздуха по соответствующим осям и найти точку пересечения перпендикуляров из указанных координат. По наклонным линиям найти ближайшее к найденной точке значение влажности древесины с погрешностью не более 0,5%.

Равновесная влажность образца (по номограмме) составляет  $W_p = 17\%$ .

### 7.3 Определение средней плотности древесины

**Задание:** Определить среднюю плотность древесины.

**Методика:** определение средней плотности древесины при равновесной и стандартной влажностях.

**Оборудование:** штангенциркуль, весы.

**Образцы:** образцы-призмы из древесины сосны с основанием  $20 \times 20$  мм и высотой вдоль волокон 30 мм.

**Ход работы**

Для определения средней плотности древесины при равновесной влажности образцы-призмы взвесить с погрешностью не более 0,001 г. Размеры поперечного сечения и длину измерить с погрешностью не более 0,1 мм по осям симметрии образцов. Результаты измерений и вычислений занести в лабораторный журнал.

Поскольку плотность древесины зависит от влажности, то для сравнения значений плотности различных партий древесины, полученные результаты приводят к стандартной влажности 12 % (при этой влажности определяются свойства древесины при оценке ее качества).

Для расчета средней плотности древесины при стандартной влажности используют формулу

$$\rho_m^{12} = \rho_m^W + 2,5(12 - W_p), \quad (7.1)$$

$\rho_m^{12}$  — средняя плотность образца древесины при стандартной влажности,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_m^W$  — средняя плотность образца древесины при влажности  $W$  в момент испытания,  $\text{кг/м}^3$ ;

$W_p$  — равновесная влажность, %.

## **7.4 Определение прочности древесины при сжатии вдоль волокон**

*Методика:* стандартное нагружение образцов.

*Оборудование:* пресс гидравлический, приспособления для испытаний образцов древесины, штангенциркуль.

*Образцы:* образцы-призмы с сечением 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм.

*Ход работы:*

1. Для определения предела прочности при сжатии древесины вдоль волокон перед испытанием вычислить площадь поперечного сечения образца-призмы  $A$ , см<sup>2</sup>, измеряя его размеры посередине длины с погрешностью не более 0,1 мм.

2. Образец поместить строго по центру плиты пресса и нагружать равномерно с такой скоростью, чтобы он разрушился через  $1,0 \pm 0,5$  мин после начала нагружения. Разрушающую нагрузку  $F$  измерить с погрешностью не более 1 %.

3. Предел прочности образца при сжатии вдоль волокон  $R_c^w$ , МПа, при влажности  $W$  в момент испытания определяется по формуле:

$$R_c^w = \frac{F}{A}; \quad (7.1)$$

Где  $F$  – разрушающая нагрузка,  $A$  – площадь сечения.

4. Предел прочности при сжатии при стандартной влажности  $R_c^{12}$ , МПа, вычисляют по формуле:

$$R_c^{12} = R_c^w (1 + \alpha(W_p - 12)), \quad (7.2)$$

где  $R_c^{12}$  – предел прочности образца при сжатии при стандартной влажности 12%;

$R_c^w$  — предел прочности образца при сжатии вдоль волокон с влажностью  $W$  в момент испытания, МПа;

$W_p$  — равновесная влажность, %;

$\alpha$  — поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 %;  $\alpha = 0,04$ .

## **7.5 Определение предела прочности древесины при статическом изгибе**

*Методика:* определение максимальной нагрузки при разрушении образца и вычислении предела прочности при изгибе.

*Образцы:* образцы-призмы с сечением 20×20 мм и длиной вдоль

волокон 300 мм.

*Ход работы*

1. Измерить ширину  $b$  и высоту  $h$  образца (допустимая погрешность не более 0,1 мм).

2. Поместить образец в испытательную машину и нагружать по схеме:

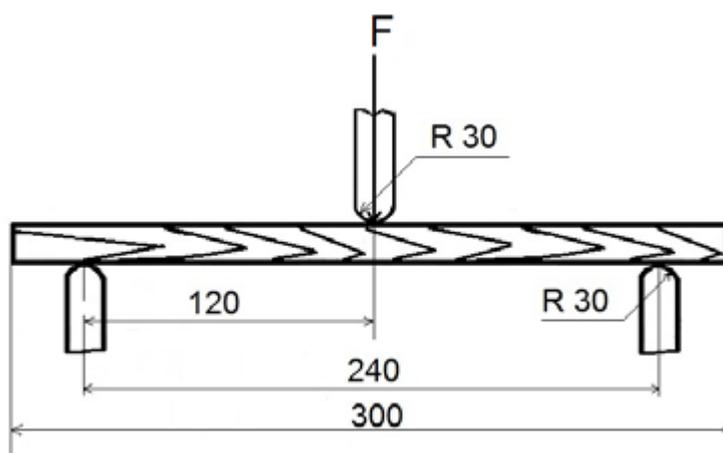


Рисунок 7.2 – Испытание деревянного образца

Для этого следует использовать приспособление, обеспечивающее изгиб образца приложением нагрузки к его боковой поверхности в середине расстояния между центрами опор.

Предел прочности при статическом изгибе образца с равновесной влажностью  $W_p$ ,  $R_{и}^w$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_{и}^w = \frac{3Fl}{2bh^2}; \quad (7.3)$$

где  $R_{и}^w$  — предел прочности образца древесины при статическом изгибе с равновесной влажностью.

$W_p$ , МПа;

$F$  — разрушающая нагрузка, Н;

$l$  — расстояние между центрами опор;  $l = 240$  мм;

$b, h$  — соответственно ширина и высота образца, мм.

5. Для пересчета предела прочности при статическом изгибе к стандартной влажности (12 %) используют формулу

$$R_{и}^{12} = R_{и}^w (1 + \alpha(W_p - 12)), \quad (7.4)$$

где  $R_{и}^w$  — предел прочности образца древесины при статическом изгибе с влажностью  $W$  в момент испытания, МПа;

$W_p$  — равновесная влажность образца древесины, %;

$\alpha$  — поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 % (для всех пород древесины);  $\alpha = 0,04$ .

### ***Контрольные вопросы***

1. Порядок определения влажности древесины.
2. Порядок определения предела прочности на сжатие дерева вдоль волокон? Влияние влажности материала на прочность при сжатии?
3. Порядок определения предела прочности на изгиб? Влияние влажности материала на прочность при изгибе?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Белов В.В., Петропавловская В.Б., Шлапаков Ю.А.** Лабораторные определения свойств строительных материалов: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 176 с.
2. **Горчаков Г. И., Мурадов Э. Г.** Основы стандартизации и управления качеством продукции промышленности строительных материалов. М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.
3. **ГОСТ 10178– 85. Портландцемент и шлакопортландцемент.** Технические условия. М.: 1998. – 6 с.
4. **ГОСТ 23789 – 79. Вяжущие гипсовые.** Методы испытаний. М.: 1980. – 8 с.
5. **ГОСТ 26871-86. Вяжущие гипсовые.** Технические условия. М.: 1980. 4 с.
6. **ГОСТ 310.2 – 76\*. Цементы.** Методы определения тонкости помола. М.: 1978. – 3 с.
7. **ГОСТ 310.3 – 76. Цементы.** Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема. М.: 1978. – 8 с.
8. **ГОСТ 310.4 – 81. Цементы.** Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. М.: 1983. – 12 с.
9. **ГОСТ 530-2007. Кирпич и камни керамические.** Технические условия. М.: 1980. – 15 с.
10. **ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические.** Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. М.: 1991. – 11 с.
11. **ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые.** Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. М.: 1985. 8 с.
12. **ГОСТ 8735-88.** Песок для строительных работ. Методы испытаний. М.: 1988 – 29 с.
13. **ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ.** Технические условия. М.: 2014. – 8 с.
14. **Строительные материалы:** Учебник / Под общей ред. В.Г. Микульского – М.: Изд-во АСВ, 2000. – 536 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1.1 - Дефекты внешнего вида кирпича керамического

Вид дефекта внешнего вида	Допустимое число дефектов на 1 изделие
Отбитости углов глубиной 10...15 мм, в том числе – для нелицевых углов лицевых изделий	2/-*
Отбитости и притупленности ребер глубиной до 10 мм и длиной 10...15мм, в том числе для нелицевых ребер лицевых изделий	2/1*
Трещины протяженностью до 30 мм по постели полнотелого кирпича, в пустотелом – до 1-го ряда пустот с глубиной на всю высоту кирпича или на 0,5 высоты камня: – на ложковых гранях, в том числе – для нелицевых граней лицевых изделий; – на тычковых гранях, в том числе – для нелицевых граней лицевых изделий	1/-*  1/-*
Кирпич-половняк	≤ 5 % объема партии

Примечание: \* – для лицевых поверхностей изделий по ГОСТ 7484.

Таблица П.1.2 - Технические требования к прочности  
керамического кирпича

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