

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

О.А. КОРЧАГИНА, В.Г. ОДНОЛЬКО

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рекомендовано Учёным советом университета  
в качестве учебного пособия для студентов 2 и 3 курсов очной и заочной форм обучения  
по направлению 270100 «Строительство»



---

Тамбов  
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ  
2010

Учебное издание

КОРЧАГИНА Ольга Алексеевна,  
ОДНОЛЬКО Валерий Григорьевич

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Лабораторный практикум

Редактор З.Г. Чернова  
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Филатова

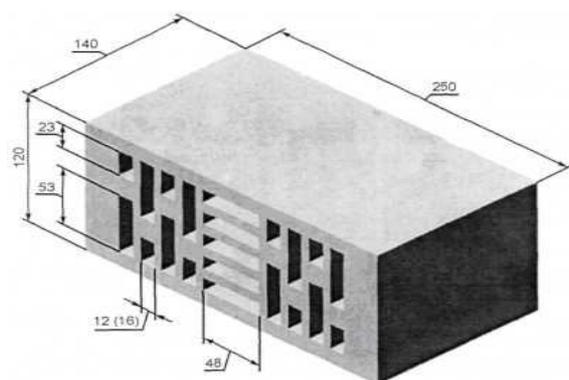
Подписано в печать 26.05.2010  
Формат 60 × 84/16. 5,58 усл. печ. л. Тираж 130 экз. Заказ № 325

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

О.А. КОРЧАГИНА, В.Г. ОДНОЛЬКО

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ



Тамбов

◆Издательство ГОУ ВПО ТГТУ◆

2010

УДК 666.9(075)  
ББК Н30-1я73-5  
К703

Рецензенты:  
Доктор технических наук, доцент ГОУ ВПО ТГТУ  
*П.В. Монастырев*  
Исполнительный директор ООО «Эксперт-сервис»  
*А.Г. Воронков*

**Корчагина, О.А.**  
К703      **Материаловедение: оценка качества строительных материалов : лаб. практик. / О.А. Корчагина, В.Г. Однолько. –**  
Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с. – 130 экз. – ISBN 978-5-8265-0924-1.

Представлены лабораторные работы по основным свойствам строительных материалов, определению качественных показателей керамических и силикатных кирпичей, воздушных и вяжущих, цемента. Даны вопросы для самопроверки, список рекомендуемой литературы.

Предназначен для студентов 2 и 3 курсов очной и заочной форм обучения по направлению 270100 «Строительство».

УДК 666.9(075)  
ББК Н30-1я73-5

ISBN 978-5-8265-0924-1      ©

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Промышленность строительных материалов является важной отраслью, от которой зависит экономический потенциал страны. В нашей стране создана государственная система стандартизации, которая применяется во всех отраслях.

В области строительных материалов и изделий наиболее распространены стандарты: технических условий, технических требований, методов испытаний, правил приемки, маркировки и т.д.

В данном пособии представлены материалы по проведению испытаний строительных материалов и изделий, согласно принятым ГОСТ: основные свойства строительных материалов, оценка качества керамических и силикатных кирпичей, бетонов; приведены методики испытаний стеновых материалов, минеральных вяжущих (воздушных и гидравлических).

Выполнение лабораторных работ предусмотрено учебным планом обучения студентов 2 и 3 курсов очной и заочной форм по направлению 270100 «Строительство» и способствует укреплению теоретического материала.

## I. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Средняя, истинная и насыпная плотность, а также пористость являются важнейшими характеристиками строительных материалов. От них функционально зависят такие свойства материалов, как прочность, деформативность, теплопроводность, звукопроводность и многие другие. Знание этих свойств необходимо при определении рациональной области применения материалов и изделий, проектировании конструкций и сооружений, определении их массы, при расчёте шихт и составов, решении вопросов, связанных с транспортом материалов и изделий, и других целей.

### Лабораторная работа 1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** освоить методику определения средней плотности материалов.

Средней плотностью ( $\rho_0$ , кг/м<sup>3</sup>) называется масса единицы объёма материала вместе с порами и пустотами

$$\rho_0 = \frac{m}{V},$$

где  $m$  – масса материала, кг;  $V$  – объём материала, м<sup>3</sup>.

Средняя плотность строительных материалов колеблется довольно в широких пределах.

Значения средней плотности некоторых строительных материалов приведены в табл. 1.

### 1. Объёмная масса материалов

Материал	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Материал	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>
Сталь	7850	Кирпич глиняный	1600 ... 1900
Гранит	2500 ... 2700	Кирпич силикатный	1800 ... 2000
Бетон тяжёлый	1800 ... 2400	Вода	1000
Бетон лёгкий	1000 ... 1800	Сосна	500 ... 600
Бетон конструкционно-теплоизоляционный	500 ... 1400	Дуб	700 ... 900
Бетон теплоизоляционный	< 500	Минераловатные изделия	200 ... 400

Выбор способа для определения средней плотности материала зависит от формы образца.

Среднюю плотность материалов определяют на целом изделии или на образцах правильной геометрической формы.

### 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ОБРАЗЦОВ ПРАВИЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

#### Подготовка образцов

В соответствии с ГОСТ 6427–75 образцы правильной геометрической формы в виде куба, параллелепипеда или цилиндра должны иметь размер по наименьшему измерению не менее 50 мм. Для испытаний отбирают три изделия или образца. Образцы должны быть очищены от пыли и высушены до постоянной массы.

#### Проведение испытания

Образцы при массе до 1 кг взвешивают с погрешностью не более 1 г.

Объём образцов правильной геометрической формы определяют по их геометрическим размерам, измеренным с погрешностью не более 0,1 мм при размере стороны до 20 см и с погрешностью не более 1 мм при размере стороны свыше 20 см.



1							
2							
3							
4							
5							

## Лабораторная работа 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** освоить метод определения истинной плотности строительных материалов.

Истинной плотностью ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>) называется масса единицы объёма материала без учёта пор и пустот, т.е. в абсолютно плотном состоянии:

$$\rho = \frac{m}{V_v},$$

где  $m$  – масса материала, г;  $V_v$  – объём вещества материала, см<sup>3</sup>.

Истинная плотность большинства строительных материалов (кроме металлов) колеблется довольно в узких пределах: неорганических 2,2 ... 3,3 г/см<sup>3</sup>, органических – 1,0 ... 1,6 г/см<sup>3</sup>.

Значения истинной плотности некоторых строительных материалов приведены в табл. 4.

#### 4. Значения истинной плотности

Материал	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Материал	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Сталь	7,8 ... 7,9	Портландцемент	2,9 ... 3,1
Гранит	2,7 ... 2,8	Глина	2,6 ... 2,7
Бетон тяжёлый	2,6 ... 2,7	Стекло	2,5 ... 3,0
Кирпич глиняный	2,5 ... 2,8	Древесина	1,5 ... 1,6
Песок кварцевый	2,6 ... 2,7	Полистирол	1,0 ... 1,05
Известняк	2,4 ... 2,6	Полиэтилен	0,92 ... 0,95

Определение истинной плотности может производиться либо в пикнометрах (например, определение истинной плотности стеновых и облицовочных материалов по ГОСТ 6427–75), или в специальных объёмомерах – приборах Лешатель-Кандло (например, определение плотности цемента по ГОСТ 3102–76).

#### 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ В ПИКНОМЕТРЕ

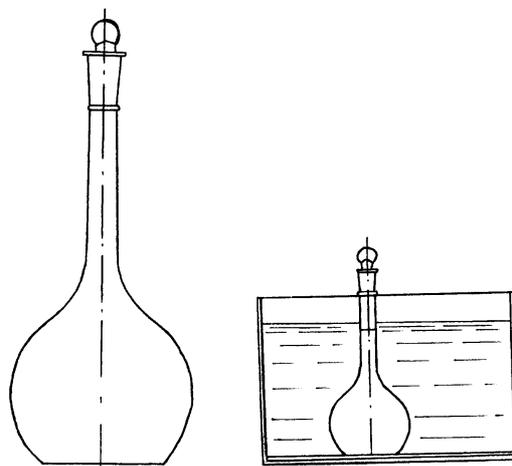
Пикнометр (рис. 2) представляет собой колбочку, специально приспособленную для строгого контроля в ней уровня жидкости. Объём пикнометра установлен заранее при определённой температуре (например, 20°C) и ограничивается на его горлышке круговой чертой. По ГОСТ 6427–75 рекомендуются к использованию пикнометры объёмом 50 ... 100 мл.

#### Подготовка пробы

С целью максимального уменьшения влияния пористости на значение плотности пробу подвергают измельчению до полного прохождения (по ГОСТ 6427–75) через сито с сеткой № 0125. Приготовленный порошкообразный материал высушивают в термостате до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлористым кальцием.

#### Проведение испытания

От пробы, подготовленной ранее, берут навеску массой около 10 г, высыпают её в чистый, предварительно высушенный и взвешенный пикнометр (рис. 2.) и вновь взвешивают. Затем в пикнометр наливают воду (или инертную жидкость) в таком количестве, чтобы пикнометр был заполнен не более, чем наполовину своего объёма. Для удаления воздуха из навески материала пикнометр с содержимым выдерживают под вакуумом в эксикаторе до прекращения выделения пузырьков.



**Рис. 2. Пикнометр и схема установки его в сосуд**

Удаление воздуха можно производить также путём кипячения пикнометра с навеской и небольшим количеством жидкости (приблизительно 1/3 от объёма пикнометра) в слегка наклонном состоянии на песчаной или водяной бане в течение 15 ... 20 мин.

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

После удаления воздуха пикнометр заполняют жидкостью до отметки и помещают в термостат с температурой  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , в котором выдерживают в течение 15 мин.

При отсутствии термостата используют водяную ванну с постоянной температурой  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Уровень жидкости в пикнометре доводят до метки по нижнему мениску.

После этого немедленно производят взвешивание пикнометра.

Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, заполняют водой (или инертной жидкостью), выдерживают в термостате так же, как с навеской, доводят жидкостью до постоянного уровня, как указано выше, и снова взвешивают.

Истинную плотность материала  $\rho$  в  $\text{г/см}^3$  вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)\rho_c}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)},$$

где  $m_1$  – масса пустого пикнометра, г;  $m_2$  – масса пикнометра с навеской, г;  $m_3$  – масса пикнометра с навеской и водой или инертной жидкостью, г;  $m_4$  – масса пикнометра с водой или инертной жидкостью, г;  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность воды (равная единице) или другой инертной жидкости, применяемой вместо воды.

Истинную плотность материала определяют параллельно для двух навесок с погрешностью не более  $0,01 \text{ г/см}^3$  (табл. 5) и вычисляют как среднее арифметическое этих определений.

## 5. Результаты испытаний

№ навески	Материал	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$m_3$ , г	$m_4$ , г	$\rho_{\text{ж}}$ , $\text{г/см}^3$	$\rho$ , $\text{г/см}^3$	$\rho_{\text{сред}}$ , $\text{г/см}^3$
1								
2								
3								
4								

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛОВ В ПРИБОРЕ ЛЕ-ШАТЕЛЬЕ-КАНДЛО

Для получения материалов в абсолютно плотном состоянии его измельчают и просеивают через сито № 02 (размер ячейки в свету 0,2 мм).

Измельченный материал высушивают в сушильном шкафу при температуре  $105^\circ\text{C}$  до постоянной массы.

Объёмомер Ле-Шателье-Кандло (рис. 3) заполняют до нижней черты жидкостью, инертной по отношению к материалу (водой, безводным керасином или спиртом). Избыток жидкости удаляют с помощью фильтрованной бумаги, свёрнутой в трубку или жгут.

Определив массу фарфоровой чашки как тары, отвешивают в ней примерно 60 г порошка материала и с помощью совка высыпают в объёмомер малыми порциями, следя за тем, чтобы не образовывались пробки и не было никаких потерь.

Порошок высыпают либо весь, либо, пока уровень вытесняемой жидкости не окажется на градуированном участке шейки прибора. В последнем случае определяют массу невысыпанного порошка.

Дав прибору немного постоять для удаления вовлечённого при всыпании воздуха, снимают с точностью до 0,1 см<sup>3</sup> отсчёт объёма вытесненной жидкости по нижнему мениску и вычисляют истинную плотность материала по формуле, г/см<sup>3</sup>,

$$\rho = \frac{m}{V_a},$$

где  $\rho$  – плотность материала, г/см<sup>3</sup>;  $m$  – масса порошка в объёмомере, г;  $V_a$  – абсолютно плотный объём порошка в объёмомере, см<sup>3</sup>.

Результаты определений плотности материала записываются в табл. 6.

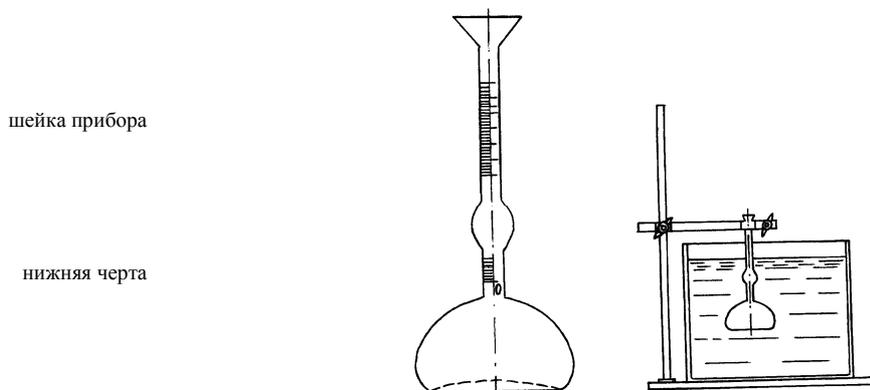


Рис. 3. Объёмомер Ле-Шателье-Кандло

### 6. Результаты испытаний

№ навески	Материал	Масса порошка $m_1$ , г	Остаток порошка после опыта $m_2$ , г	Масса порошка в объёмомере $m$ , г	Объём порошка в объёмомере $V$ , см <sup>3</sup>	Истинная плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>
1						
2						
3						
4						

Лабораторная работа 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** освоить методику определения насыпной плотности тела.

Насыпной плотностью ( $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup>) называется масса единицы объёма сыпучих материалов: порошкообразных (цемент, гипс и др.), зернистых (песок, щебень, керамзитовый гравий и др.) и комовых (комовая известь, комовый мел и др.):

$$\rho_n = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3.$$

где  $m$  – масса материала, кг;  $V$  – объём материала, м<sup>3</sup>.

Значения насыпной плотности некоторых строительных материалов приведены в табл. 7.

### 7. Значение насыпной массы

Материал	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Материал	$\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>
Цемент	1200 ... 1300	Щебень	1500 ... 1700
Гипс	800 ... 1100	Керамзит	300 ... 900
Песок кварцевый	1450 ... 1650	Песок перлитовый	80 ... 250

Насыпная плотность в зависимости от крупности частиц материала определяется в сосудах различного объёма:

размер частиц	рекомендуемый объём сосуда
0 ... 5 мм	1 ... 2 л
5 ... 40 мм	10 л
более 40 мм	20 л

## Подготовка пробы

Пробу материала при необходимости подсушивают до постоянного веса. Необходимое количество материала для одного определения устанавливается по его крупности.

## Проведение испытания

При определении насыпной массы порошкообразных и мелкозернистых материалов берут цилиндрический сосуд объёмом 1–2 л и взвешивают его на чашечных весах. Затем совком с высоты 5 см точно по центру осторожно насыпают в сосуд сыпучий материал до образования над верхом цилиндра конуса. Конус без уплотнения материала снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой, после чего сосуд с материалом взвешивают. Вычисление насыпной плотности сыпучего материала производится по формуле

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ кг/м}^3,$$

где  $m_1$  – вес мерного сосуда, кг;  $m_2$  – вес мерного сосуда с материалом, кг;  $V$  – объём сосуда, м<sup>3</sup>.

Насыпная плотность вычисляется как среднее арифметическое результатов испытания двух проб (табл. 8).

## 8. Результаты испытаний

№пробы	Вид материала	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$V$ , м <sup>3</sup>	$\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_n$ сред, кг/м <sup>3</sup>
1						
2						
3						
4						

## РАСЧЁТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ, ПОРИСТОСТИ И ПУСТОТНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** научиться работать на гидравлическом прессе и определять прочностные свойства строительных материалов.

Используя средние значения результатов определения средней и истинной плотности полученных в предыдущих экспериментах, вычисляют пористость, пустотность и относительную плотность по следующим формулам:

а) **относительную плотность  $d$ :**

$$d = \frac{\rho_0}{\rho} \cdot 100\%;$$

б) **пористостью  $\Pi$**  называется степень заполнения объёма материала порами. Определив экспериментально истинную плотность ( $\rho$ ) и среднюю плотность ( $\rho_0$ ), можно вычислить пористость ( $\Pi$ ) материала по формуле

$$\Pi = \left( \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \right) \cdot 100\% \text{ или } \Pi = \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \cdot 100\% ;$$

в) **пустотность  $\alpha$**  рыхлых материалов вычисляют по такой же формуле, но вместо средней плотности материала в формулу подставляется насыпная плотность, а вместо истинной плотности – средняя плотность материала в куске (зерне), которая для некоторых плотных материалов может совпадать с плотностью:

$$\alpha = \left( 1 - \frac{\rho_n}{\rho} \right) \cdot 100\% .$$

Результаты вычислений записываются в табл. 9.

## 9. Результаты испытаний

№ образца	Вид материала	$\rho$	$\rho_0$	$\rho_n$	$\Pi$ , %	$\alpha$ , %
1						
2						
3						
4						
5						

*Лабораторная работа 4*

**Цель работы:** научиться работать на гидравлическом прессе и определять прочностные свойства строительных материалов.

### Проведение испытаний

Наиболее характерными механическими воздействиями для большинства строительных материалов являются осевое центральное сжатие и статический изгиб.

**Предел прочности при сжатии** определяется обычно на образцах – кубах (иногда призмах или цилиндрах) путём разрушения их под нагрузкой на гидравлических прессах соответствующей мощности.

Принципиальная схема гидравлического пресса показана на рис. 4. Пресс имеет одну неподвижную 1 и одну подвижную 2 плиты, между которыми помещают образец материала 3. Подвижная плита соединена с поршнем 4, который перемещается вверх под давлением масла, создаваемого насосом 5. Масло к насосу поступает из бака 6. Разрушающая нагрузка на образец может быть установлена с помощью измерительного прибора 7, в качестве которого на прессе может быть динамометр, показывающий сразу величину её  $P_{\max}$  в кг или же манометр, показывающий максимальное давление масла  $P_{\max}$  в кг/см<sup>2</sup> площади поршня  $S$ , которую в последнем случае надо знать как характеристику пресса.

Предел прочности при сжатии определяется по формуле, кгс/см<sup>2</sup>, МПа,

$$R_{\text{сж}} = \frac{P_{\max}}{F},$$

где  $R_{\text{сж}}$  – предел прочности при сжатии, кгс/см<sup>2</sup>;  $P_{\max}$  – разрушающая нагрузка, кг;  $P_{\max} = P_{\text{ман}} S$  кг;  $F$  – площадь поперечного сечения образца посередине высоты, см<sup>2</sup>;  $S$  – площадь поршня насоса, см<sup>2</sup>.

Результаты определения предела прочности при сжатии материала записываются по форме табл. 10.

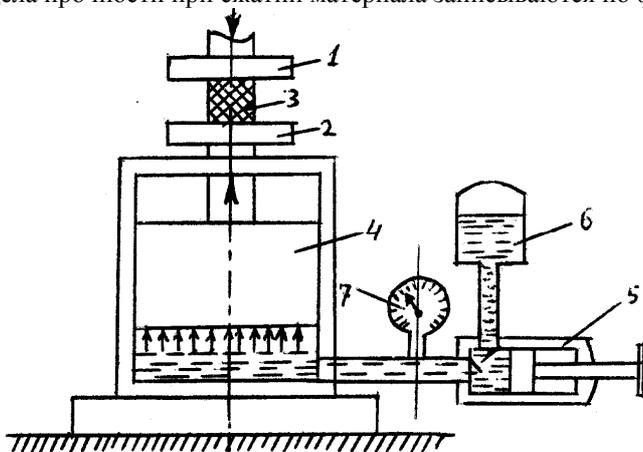


Рис. 4. Схема гидравлического пресса

### 10. Результаты испытаний

№ образца	Материал	Площадь поперечного сечения $F$ , см <sup>2</sup>	Показания манометра $P_{\text{ман}}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Площадь поршня насоса $S$ , см <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка $P_{\text{ман}}$ , кг	Предел прочности при сжатии	
						кгс/см <sup>2</sup>	МПа
1							
2							
3							

**Предел прочности при статическом изгибе** определяют разрушением на прессе образцов-балочек под изгибающей нагрузкой, приложенной к ним по следующим схемам, и рассчитывают по следующим формулам:

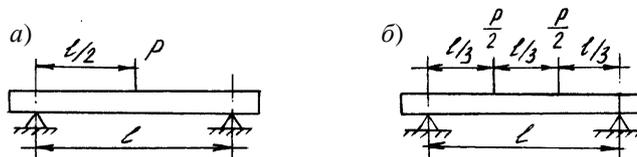
а) **при одной силе**, сосредоточенной посередине пролета (рис. 5, а), кгс/см<sup>2</sup> (МПа),

$$R_{\text{изг}} = \frac{3 P_{\max} l}{2 b h^2};$$

б) **при двух силах**, сосредоточенных на равных расстояниях между собой и от опор (рис. 5, б), кгс/см<sup>2</sup> (МПа),

$$R_{\text{изг}} = \frac{P_{\max} l}{b h^2},$$

где  $R_{\text{изг}}$  – предел прочности при статическом изгибе, кгс/см<sup>2</sup> (МПа);  $l$  – пролёт между опорами, см;  $b$  и  $h$  – ширина и высота сечения образца посередине пролета, см.



**Рис. 5. Схемы испытаний образца на статический изгиб:**  
*a* – одной силой, сосредоточенной посередине пролёта; *б* – двумя силами, сосредоточенными на равных расстояниях между собой и от опор

Результаты определения предела прочности при статическом изгибе записываются по форме в табл. 11.

### 11. Результаты испытаний

№ образца	Материал	Пролет между опорами <i>l</i> , см	Размеры сечения посередине пролёта, см		Показания манометра <i>P</i> , кгс/см <sup>2</sup>	Площадь поршня прессы <i>S</i> , см <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка <i>P</i> <sub>max</sub> , кг	Предел прочности при статическом изгибе	
			<i>b</i>	<i>h</i>				кгс/см <sup>2</sup>	МПа
1									
2									
3									
4									
5									

Лабораторная работа 5

## ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ И ВОДОСТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** Освоить методику определения водопоглощения материалов.

Водопоглощение и водостойкость строительных материалов относятся к группе свойств, характеризующих их отношение к воде.

### 1. ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ

Большинство строительных материалов являются капиллярно-пористыми телами, способными при контакте с водой впитывать и удерживать воду. Это свойство строительных материалов называется водопоглощением.

**Водопоглощение** характеризуется максимальным количеством воды, которое способен впитывать материал, будучи высушенным до абсолютно сухого состояния. Различают водопоглощение по массе  $W_m$  и водопоглощение по объёму  $W_0$ , которые определяются по формулам:

$$W_m = \frac{m_{\text{сух}} - m_{\text{нас}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100\%;$$

$$W_0 = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{V} \cdot 100\%,$$

где  $m_{\text{сух}}$  – масса сухого материала, кг;  $m_{\text{нас}}$  – масса материала, насыщенного водой, кг;  $V$  – объём материала до увлажнения, м<sup>3</sup>.

Отношение между водопоглощением по объёму и водопоглощением по массе численно равно средней плотности материала:

$$\frac{W_0}{W_m} = \rho_0.$$

Объёмное водопоглощение всегда меньше 100%, а весовое водопоглощение у очень пористых материалов, например, древесины, торфяных плит и др., может быть более 100%.

Для большинства строительных материалов определяют весовое водопоглощение (водопоглощение по массе). Данные по водопоглощению некоторых материалов приведены в табл. 12.

### 12. Значения водопоглощений

Материал	Водопоглощение $W_m$ , %	Материал	Водопоглощение $W_0$ , %
Гранит	0,1 ... 0,6	Керамзитовый гравий	15 ... 25
Кирпич строительный	8 ... 16	Газобетон	35 ... 70

Черепица	8 ... 15	Древесина	35 ... 100 и более
Бетон тяжёлый	5 ... 20	Полихлорвинил	0,4 ... 0,5

Как водопоглощение строительных материалов, так и скорость впитывания в них воды зависят от объёма пор, их вида и размеров, а также от природы вещества и степени его гидрофильности.

Объём пор, численно равный объёмному водопоглощению, т.е. доступный воде, называют видимой (кажущейся) пористостью, в отличие от действительной (истинной) пористости.

Водопоглощение можно определять тремя способами:

- 1) постепенным погружением испытуемого образца в воду;
- 2) кипячением образца с водой;
- 3) вакуумирование.

Наибольшее применение нашел первый способ. Этот способ является наиболее простым. Постепенное погружение образца в воду вызвано стремлением исключить так называемую «запрессовку» воздуха в образце, которая имеет место при его быстром опускании в воду и даёт, как правило, заниженные значения водопоглощения.

### Подготовка образцов

Определение водопоглощения производят как на образцах правильной геометрической формы, так и неправильной, в виде отколотых кусков с размером рёбер не менее 4 см. Образцы должны быть высушены до постоянной массы, охлаждены до комнатной температуры, очищены от рыхлых частиц. При правильной форме образцов для испытаний берутся 3 образца, при неправильной – 5.

### Проведение испытания

Образцы взвешиваются на технических весах с погрешностью 1 г., помещаются в стеклянные сосуды или фарфоровые кюветы и заливаются дистиллированной водой до 1/4 высоты образцов.

Через 2 ч доливают воды до 1/2 высоты и через 3 ч до 3/4 высоты образцов и оставляют на сутки. Через сутки образцы заливают полностью водой и вновь оставляют на сутки, после чего вынимают. Каждый из них слегка обтирают влажной тканью, взвешивают и снова спускают в воду на сутки. Так поступают до тех пор, пока образцы не будут иметь постоянной массы.

Водопоглощение в процентах по массе и по объёму вычисляют по проведённым выше формулам.

За окончательный результат испытания водопоглощения принимают среднее арифметическое трёх определений.

Результаты испытаний оформить в виде табл. 13.

### 13. Результаты испытаний

№ образца	Материал	$m_{\text{сух}}, \text{Г}$	$m_{\text{нас}}, \text{Г}$	Объём образца $V, \text{см}^3$	$W_m, \%$	$W_0, \%$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

## 2. ВОДОСТОЙКОСТЬ

Водостойкостью называется способность материалов сохранять прочность в насыщенном водой состоянии. Она характеризуется коэффициентом размягчения ( $K_p$ ), представляющим собой отношение его прочности в насыщенном водой состоянии к прочности в сухом состоянии.

Коэффициент размягчения вычисляется по формуле

$$K_p = \frac{R_{\text{нас}}}{R_{\text{сух}}},$$

где  $R_{\text{нас}}$  – предел прочности при сжатии образцов, насыщенных водой, МПа;  $R_{\text{сух}}$  – предел прочности при сжатии сухих образцов, МПа.

Коэффициент размягчения строительных материалов колеблется в широких пределах: от нуля (для сырцовых материалов из глины) – до 1, например, у стали и стекла, которые полностью сохраняют свою прочность при действии на них воды.

Снижение прочности материалов при их увлажнении происходит по ряду причин, к числу которых прежде всего должны быть отнесены возникновение расклинивающего давления в результате плёночной сорбции воды в местах контактов частиц материалов, имеющих коагуляционную структуру. Основное влияние на снижение прочности материалов в водной среде оказывает эффект Ребиндера, в соответствии с которым молекулы воды, при деформациях тел, способствуют раскрытию щелей (дефектов) и уменьшают межмолекулярные силы сцепления.

В некоторых случаях прочность снижается за счёт частичного или полного растворения в воде некоторых элементов структуры материалов.

### Подготовка образцов

Для проведения испытаний подготавливается шесть образцов-ку-биков, по методике, описанной выше. Из них три кубика насыщаются водой.

### Проведение испытания

Испытания осуществляются на гидравлическом пятитонном прессе.

Перед каждым испытанием определяется площадь образца, фиксируется разрушающая нагрузка и вычисляется предел прочности при сжатии в МПа, с погрешностью 0,1 МПа.

Далее по формуле, приведенной выше, рассчитывают коэффициент размягчения. В формулу подставляются среднее арифметическое значение предела прочности при сжатии, полученное при испытании трёх образцов, как в насыщенном, так и в сухом состоянии.

Результаты испытаний записываются в виде табл. 14.

Таблица 14

№ образца	Материал	$R_{\text{сух}}$ , МПа	$R_{\text{сух/ср}}$ , МПа	$R_{\text{нас}}$ , МПа	$R_{\text{нас/ср}}$ , МПа	$K_p$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

### Лабораторная работа 6

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА И МОДУЛЯ КРУПНОСТИ ПЕСКА

**Цель работы:** оценить качество мелкого заполнителя и сделать вывод о его пригодности в качестве заполнителя для бетона.

Свойства бетона и строительных растворов в значительной степени зависят от качества мелкого заполнителя (песка), который вместе с крупным заполнителем (щебнем, гравием) образует каменный скелет, снижает усадку и расход вяжущего вещества при изготовлении изделий. Согласно СНиП «Заполнители для бетонов и растворов» к песку следует относить мелкий заполнитель с крупностью зёрен от 0,14 до 5 мм. По своему происхождению пески бывают природные и искусственные, по средней плотности ( $\rho_0$ ) в сухом неуплотнённом состоянии – тяжёлые ( $\rho_0 > 1200 \text{ кг/м}^3$ ) и пористые ( $\rho_0 < 1200 \text{ кг/м}^3$ ). Природный песок в зависимости от зернового состава бывает крупным, средним, мелким и очень мелким. Качество песка для бетонов и растворов зависит от различного физического состояния его, наличия посторонних примесей и оценивается по результатам лабораторных испытаний.

### Подготовка пробы

Предварительно производят высушивание пробы песка до постоянной массы и просев его через сита 5 и 10 мм с целью определения содержания гравия в песке и отделения его от песка. Подготовленную таким образом пробу (1000 г) подвергают дальнейшему рассеву на лабораторном трясуне или вручную.

### Проведение испытания

Определение зернового состава песка производят путём просеивания его через набор сит с круглыми отверстиями 2,5 мм и сетками № 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм.

По окончании отсева завешивают остатки на ситах с точностью 0,1 % и определяют частные остатки  $a_i$  на каждом сите (отношение массы остатка на данном сите к массе просеиваемой навески) по формуле

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

где  $m_i$  – масса остатка на данном сите, г;  $m$  – масса просеиваемой навески, г.

Полные остатки  $A_i$  на каждом сите (сумма частных остатков на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите) в процентах вычисляют по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_{0,14},$$

где  $a_{2,5}$  и т.д. – частные остатки на ситах, %;  $a_i$  – частный остаток на данном сите.

Модуль крупности песка (без фракции гравия с размером зерен крупнее 5 мм) представляет собой частное от деления суммы ложных остатков на ситах на 100 и вычисляют по формуле

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100},$$

где  $A_{2,5}, \dots, A_{0,14}$  – полные остатки на ситах, %.

Результаты определений зернового состава и расчёта модуля крупности песка заносят в табл. 15.

Для каждой группы природного песка по ГОСТ полный остаток на сите № 063, модуль крупности  $M_k$  и проход через сито № 014 должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 16.

### 15. Результаты испытаний

Остатки на ситах	Размеры отверстий сит, мм					Прошло через сито 0,14 мм	Модуль крупности $M_k$
	2,5	1,25	0,63	0,31 5	0,1 4		
Масса, г							
Частные, %							
Полные, %							

### 16. Классификация песка

Группа песка	Полный остаток на сите 063 в %, по массе	Модуль крупности $M_k$	Проход через сито № 014 в % по массе
Крупный	более 50	более 2,5	до 10
Средний	от 30 до 50	2,5 ... 2,0	10
Мелкий	10 ... 30	2,0 ... 1,5	15
Очень мелкий	< 10	1,5 ... 1,0	20

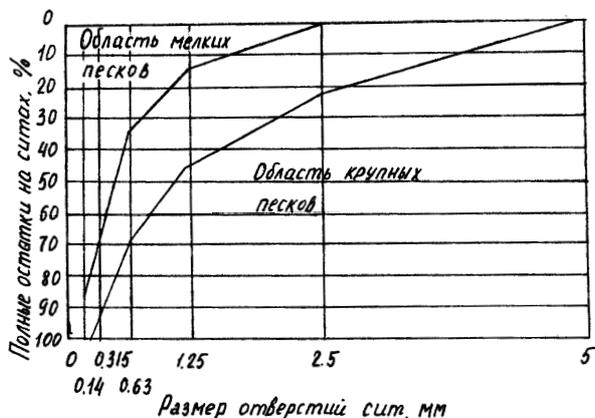
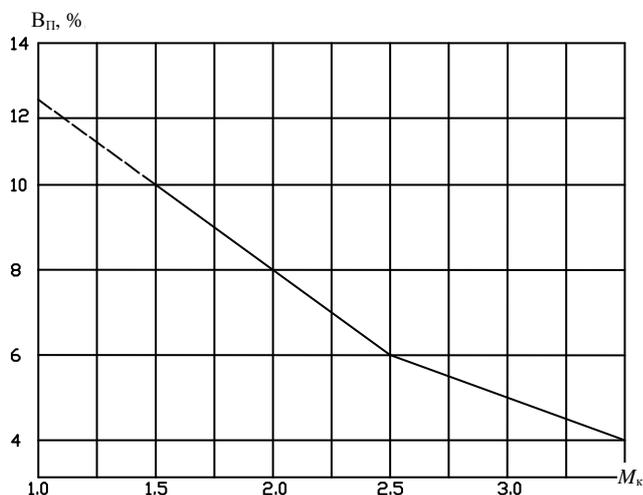


Рис. 6. График зернового состава песка

Для оценки пригодности песка к изготовлению бетона по результатам определения зернового состава песка строят график рассева (рис. 6).

По значению модуля крупности песка определяют его водопотребность (рис. 7).



**Рис. 7. Определение водопотребности песка в зависимости от модуля крупности**

Если кривая, характеризующая зерновой состав исследуемого песка, располагается между верхней и нижней кривыми графика (рис. 6), то такой песок считается пригодным к изготовлению бетона.

### Лабораторная работа 7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

**Цель работы:** оценить качество крупного заполнителя и сделать вывод о его пригодности в качестве заполнителя для бетона.

Крупный заполнитель имеет зерна от 5 до 70 мм. Зёрна гравия имеют окатанную форму и гладкую поверхность. Зёрна щебня угловатые: желательно, чтобы по форме зерна приближались к кубу. Поверхность зёрен щебня более шероховатая, чем у гравия. Это способствует лучшему сцеплению их с цементным камнем. Поэтому для бетонов высокой прочности (марки 400 и более) должен применяться щебень.

Качество крупного заполнителя определяется свойствами исходной породы (её прочностью и морозостойкостью), зерновым составом заполнителя и содержанием вредных примесей.

Прочность исходной породы при сжатии в насыщенном водой состоянии должна быть не менее, чем в 1,5–2 раза больше марки бетона, при этом прочность изверженных пород должна быть во всех случаях не ниже 800 кгс/см<sup>2</sup> (80 МПа), метаморфических – 600 кгс/см<sup>2</sup> (60 МПа), осадочных карбонатных пород – 300 кгс/см<sup>2</sup> (30 МПа).

## ОЦЕНКА ЗЕРНОВОГО СОСТАВА И НАИБОЛЬШЕЙ КРУПНОСТИ ЩЕБНЯ (ГРАВИЯ)

Зерновой состав крупного заполнителя при проектировании состава бетона подбирается, исходя из главного требования – получить наименьший объём пустот в крупном заполнителе, что обеспечит наименьший расход цемента в бетоне с заданными свойствами.

Относительный объём пустот (пустотность) крупного заполнителя определяют по формуле

$$\alpha_k = 1 - \frac{\rho_n}{\rho},$$

где  $\alpha_k$  – пустотность, выражаемая десятичной дробью;  $\rho_n$  – насыпная плотность крупного заполнителя, кг/дм<sup>3</sup>;  $\rho$  – истинная плотность (или объёмная масса в куске), кг/дм<sup>3</sup> (можно г/см<sup>3</sup>).

Из формулы видно, что для уменьшения пустотности необходимо увеличение насыпной плотности путём правильного подбора зернового состава.

Зерновой состав крупного заполнителя подбирается с учётом наибольшего  $D_{\text{наиб}}$  и наименьшего  $D_{\text{наим}}$  размеров щебня или гравия.

Наибольший размер зёрен, допустимый при бетонировании, зависит от размеров конструкции и расстояния между стержнями арматуры (не более 1/3 наименьшего размера поперечного сечения конструкции и 3/4 расстояния между стержнями арматуры).

**Наибольшая** крупность зёрен соответствует размеру отверстия первого из сит, на котором полный остаток не превышает 10%.

**Наименьшая** крупность зёрен соответствует размеру отверстия первого из сит, на котором полный остаток более 90%.

Качество зернового состава щебня или гравия оценивается значением полных остатков, %, на ситах с контрольными отверстиями  $d$ : 0,5( $D_{\text{наиб}}$  и  $D_{\text{наим}}$ ),  $D$  и 1,25 $D$ .

Крупная фракция должна соответствовать наибольшему размеру зерна, допустимому для данной конструкции.

Дозировка зёрен каждой фракции устанавливается на основе рекомендаций табл. 17.

Требования к зерновому составу крупного заполнителя можно представить на графике (рис. 8, 9) в виде предельных кривых.

Фактическая кривая располагается в рекомендованных пределах ГОСТ, что соответствует плотной упаковке зёрен с минимальным объёмом пустот.

### 17. Требования к зерновому составу крупного заполнителя

Размер отверстий контрольных сит, мм	$D_{\text{наим}}$		$0,5 (D_{\text{наиб}} + D_{\text{наим}})$		$D_{\text{наиб}}$	$1,25 D_{\text{наиб}}$
	для фракций с наименьшим размером зёрен		одной фракции	смеси фракций		
	5(3) мм	10 мм и более				
Полный остаток на ситах, % по массе	95 ... 100	95 ... 100	40 ... 80	50 ... 70	0 ... 10	0

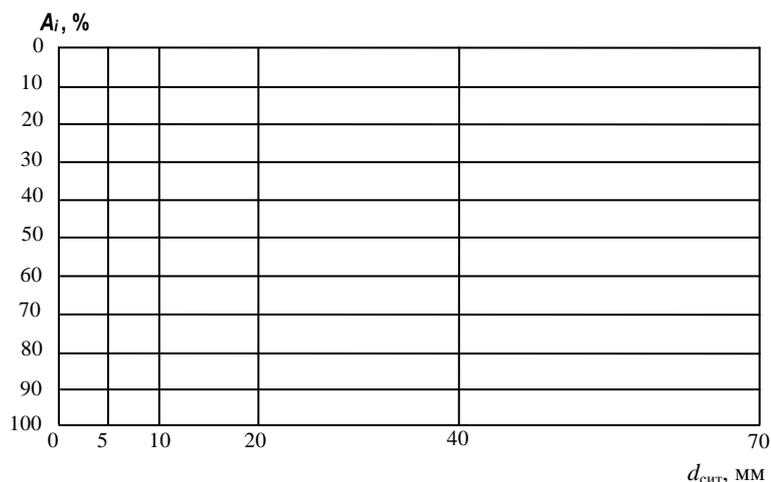


Рис. 8. График зернового состава крупного заполнителя ( $A_i$  – полные остатки на соответствующих ситах, %)

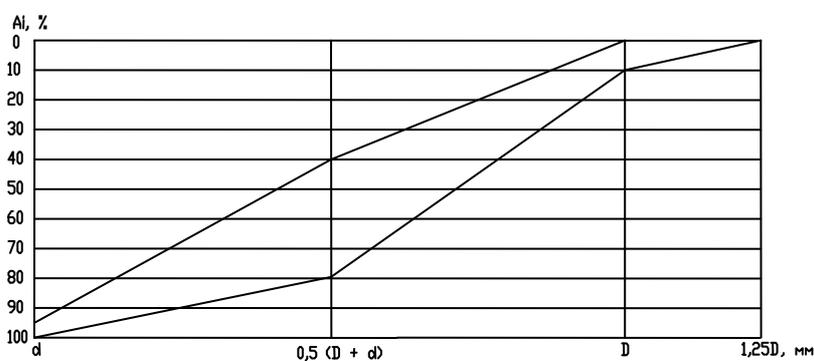


Рис. 9. График зернового состава крупного заполнителя  
Подготовка пробы и проведение испытания

Для определения зернового состава щебня (гравия) отвешивается 5 кг пробы, которая просеивается через стандартный набор сит (5, 10, 20, 40 и 70 мм). Затем вычисляют частные остатки (% от массы пробы) и полные остатки (%). Точность просева допускает отклонение не более  $\pm 0,5$  %.

Результаты определения зернового состава крупного заполнителя заносят в табл. 18.

### 18. Результаты испытаний

Остаток на ситах	Размеры отверстий сит, мм					Прошло через сито 5 мм
	70	40	20	10	5	
Масса, г						
Частные, %						
Полные, %						

По результатам просеивания устанавливают  $D_{\text{наиб}}$  и  $D_{\text{наим}}$  (см. табл. 17).

Результаты определения зернового состава щебня (гравия) выражают кривой просеивания, для построения которой на оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит (мм), а на оси ординат – полные остатки на ситах (%) (см. рис. 8).

Щебень или гравий признаётся пригодным по зерновому составу для приготовления бетона, если кривая его зернового состава располагается в области, ограниченной стандартной кривой (рис. 9).

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСТОТ В КРУПНОМ ЗАПОЛНИТЕЛЕ

Чем больше пустот в крупном заполнителе, тем больше нужно добавлять в бетон песка и цемента. Чем меньше объём пустот, тем лучше крупный заполнитель.

Для определения объёма пустот в крупном заполнителе, выдержанном в течение трёх часов в воде, щебень (гравий) высыпает с высоты 10 см в предварительно высушенный мерный сосуд до образования над верхом сосуда насыпного конуса, который снимается ножом вровень с краями сосуда (без уплотнения). Затем сосуд с заполнителем взвешивают, находят массу заполнителя (г) и вычисляют насыпную плотность заполнителя (кг/м<sup>3</sup>). Сосуд с заполнителем наполняют вровень с краями водой, ещё раз взвешивают, подсчитывают массу и объём добавленной воды и вычисляют абсолютный и относительный объёмы пустот.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСТОТНОСТИ И ПОРИСТОСТИ ЗЁРЕН ЩЕБНЯ (ГРАВИЯ)

**Пустотность** – это соотношение объёма межзерновых пустот щебня (гравия) к его полному объёму, выраженное в процентах, и вычисляется с точностью до 0,1% по формуле

$$\alpha = \left( 1 - \frac{\rho_n}{\rho_0 \cdot 1000} \right) \cdot 100,$$

где  $\alpha$  – объём пустот щебня (гравия), %;  $\rho_n$  – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_0$  – средняя плотность щебня (гравия), г/см<sup>3</sup>.

**Пористость** зёрен щебня (гравия)  $\Pi$  вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$n = \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \cdot 100,$$

где  $\rho_0$  – средняя плотность щебня (гравия), г/см<sup>3</sup>;  $\rho$  – истинная плотность щебня (гравия), г/см<sup>3</sup>.

Результаты опытов записывают в табл. 19.

### 19. Результаты испытаний

№ образца	Материал	Истинная плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Насыпная плотность $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	Объём пустот $\alpha$ , %	Пористость зёрен $\Pi$ , %
1					
2					
3					
4					
5					

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Значение показателей качества строительных материалов.
2. Какие технические показатели качества характеризуют строительные материалы?
3. Какие характеристики влияют на свойства строительных материалов?
4. Значение метрологии и квалиметрии для оценки качества строительных материалов.
5. Иерархическая структура свойств строительных материалов.
6. Что такое прочность?
7. От чего зависит прочность строительных материалов?
8. Как влияет температура на прочность строительных материалов?
9. Почему увеличение размеров образца вызывает снижение прочности строительных материалов?
10. Что такое теоретическая прочность?
11. Когда начинается процесс разрушения строительных материалов под нагрузкой?
12. Что такое коэффициент размягчения строительных материалов?
13. Что такое средняя и истинная плотность строительных материалов?
14. Что такое пористость строительных материалов?
15. Что такое гигроскопичность строительных материалов?
16. Что такое водопоглощение строительных материалов?

17. Какие поры строительных материалов быстрее насыщаются водой?
18. Что такое водопроницаемость строительных материалов и какое значение имеет её показатель?
19. На какие свойства строительных материалов оказывает влияние величина их водопоглощения?
20. От чего зависят влажные деформации строительных материалов?
21. Что такое морозостойкость строительных материалов и от чего она зависит?
22. От чего разрушаются строительные материалы при замораживании?
23. Какая пористость строительных материалов снижает их морозостойкость?
24. Как повысить морозостойкость строительных материалов?
25. Как влияет водопоглощение на морозостойкость строительных материалов?
26. Что такое теплоёмкость строительных материалов и у каких строительных материалов она наибольшая?
27. Что такое температурное расширение строительных материалов?
28. Что такое теплопроводность строительных материалов, в каких единицах измеряется и от чего зависит?
29. При какой температуре определяется огнеупорность и огнестойкость?
30. Что такое реологические свойства строительных материалов?
31. Что такое пластичность строительных материалов?
32. Что такое усадка и набухание строительных материалов?
33. Что такое стандартизация?
34. Как стандартизация влияет на повышение качества строительных материалов?
35. Какой экономический эффект получается от стандартизации?
36. Каковы основные единицы измерения в системе СИ: длины, массы, времени, силы тока, температуры, давления света, работы, мощности?
37. Что такое долговечность строительных материалов?
38. Укажите определение коэффициента плотности.
39. Укажите формулы для выражения средней плотности, истинной плотности; насыпной плотности; коэффициента плотности; пористости.
40. Укажите определение и формулу вычисления влажности материала.
41. Укажите формулы для определения абсолютной влажности, водопоглощения по массе, водопоглощения по объёму и коэффициента насыщения пор водой.
42. Укажите формулу для определения коэффициента размягчения материалов.
43. Укажите определение теплопроводности; удельной теплоёмкости и количества теплоты для нагревания материала.
44. Укажите формулы для вычисления количества теплоты, проходящей через ограждающую конструкцию.
45. Укажите определение тугоплавких и огнеупорных материалов
46. Укажите формулы для вычисления предела прочности при сжатии или растяжении.
47. Укажите формулы для вычисления напряжения при сжатии или растяжении.
48. Укажите формулы для вычисления количества теплоты для нагревания материала.
49. Укажите формулы для вычисления количества теплоты, проходящей через ограждающую конструкцию.

## **II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Лабораторная работа 8*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА**

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

#### **КЛАССИФИКАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА**

Керамические кирпичи и камни (ГОСТ 530–2007) предназначены для кладки наружных и внутренних стен и других элементов зданий и сооружений, а также для изготовления стеновых панелей и блоков. Эти материалы изготавливают из глинистых и кремнеземистых (трепела, диатомита) пород, лессов, а также вторичных продуктов (отходов угледобычи и углеобогащения, зол, шлаков) с минеральными или органическими добавками, либо без них.

Кирпич и камни керамические (далее – изделия) изготавливают в форме параллелепипеда и в зависимости от размеров подразделяют на виды, указанные в табл. 20.

При установлении марки изделий наименьший предел прочности для отдельного образца из пяти испытываемых по сравнению со средними показателями может быть ниже не более чем на одну марку при сжатии и половину требующейся прочности при изгибе. Прочностные показатели пустотелого кирпича и камней должны определяться по полному (брутто) сечению изделий, без вычета площади пустот.

Кирпич и камни должны иметь форму прямоугольного параллелепипеда с ровными гранями на лицевых поверхностях. Поверхность граней может быть рифлёной. Допускается изготовление кирпича и камней с закруглёнными углами радиусом до 15 мм.

Пустоты в кирпиче и камнях должны быть расположены перпендикулярно или параллельно постели и могут быть сквозными или несквозными. Размер вертикальных пустот по наименьшему диаметру не более 16 мм, ширина щелевидных

пустот не более 12 мм. Диаметр сквозных пустот не регламентируют. Толщина наружных стенок изделий должна быть не менее 12 мм.

## 20. Номинальные размеры изделий в миллиметрах

Вид изделия	Обозначение вида	Номинальные размеры, мм			Обозначение размера
		длина	ширина	толщина	
Кирпич нормального формата (одинарный)	КО	250	120	65	1 НФ
Кирпич «Евро»	КЕ	250	85	65	0,7 НФ
Кирпич утолщённый	КУ	250	120	88	1,4 НФ
Кирпич модульный одинарный	КМ	288	138	65	1,3 НФ
Кирпич утолщённый с горизонтальными и пустотами	КУГ	250	120	88	1,4 НФ
Камень	К	250	120	140	2,1 НФ
		288	288	88	3,7 НФ
		288	138	140	2,9 НФ
		288	138	88	1,8 НФ
		250	250	140	4,5 НФ
Камень крупноформатный	КК	250	180	140	3,2 НФ
		510	250	219	14,3 НФ
		398	250	219	11,2 НФ
		380	250	219	10,7 НФ
		380	255	188	9,3 НФ
Камень с горизонтальными и пустотами	КГ	380	250	140	6,8 НФ
		380	180	140	4,9 НФ
		250	250	188	6,0 НФ
		250	200	70	1,8 НФ

**Примечание.** Допускается по согласованию изготовителя с потребителем изготовление изделий других номинальных размеров, при этом предельные отклонения размеров не должны превышать значений, приведённых в ГОСТ 530–2007.

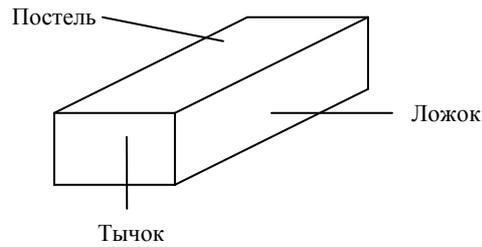
Отклонения от установленных размеров и показателей внешнего вида не должны превышать на одном изделии следующих значений: по длине  $\pm 5$  мм, ширине  $\pm 4$  мм, толщине кирпича  $\pm 3$  мм и камня  $\pm 4$  мм; непрямолинейность рёбер и граней по постели – 3 мм, по ложку – 4 мм; отбитости углов глубиной 10 ... 15 мм – 2 шт. Отбитости и притуплённости рёбер, не доходящие до пустот, глубиной 5 мм и длиной по ребру 10 ... 15 мм допускаются не более 2 шт.; трещины протяжённостью по постели полнотелого кирпича до 30 мм, пустотелых изделий не более чем до первого ряда пустот (на кирпиче – на всю толщину, на камнях – на 1/2 ложковой или тычковой грани) – по 1 шт. на ложковых и тычковых гранях.

Общее количество кирпича и камней с отбитостями, превышающими допустимые размеры, не должно быть более 5%. Количество половняка в партии также не должно превышать 5% (половняком считают изделия, состоящие из парных половинок или имеющие трещины больше допустимых размеров).

Недожог и пережог кирпича и камней считается браком. Известковые включения (дутики), вызывающие после испытания разрушение изделий или более трёх отколов на их поверхности размером по наибольшему отклонению 5 ... 10 мм, не допускаются.

Водопоглощение в рядовых изделий, высушенных до постоянной массы, должно быть не менее 6%, для лицевых изделий – не менее 6% и не более 14%. В насыщенном водой состоянии изделия должны выдерживать без каких-либо признаков видимых повреждений (расслоения, шелушения, растрескивания, выкрашивания) не менее 25, 35 и 50, 75 и 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания в зависимости от марки по морозостойкости.

Лицевые кирпич и камни подразделяют на изделия с гладкой, рельефной и офактуренной лицевой поверхностью.



**Рис. 10. Обозначение граней кирпича**

С гладкой и рельефной лицевой поверхностью изготавливают кирпич и камни естественного цвета или окрашенные в массу путём ввода в сырьевые материалы различных добавок. К офактуренным изделиям относят двухслойные, ангобированные и офактуренные сухой минеральной крошкой, а также глазурованные.

К лицевому кирпичу и камням предъявляют более жёсткие технические требования. Изделия должны иметь две лицевые поверхности – тычковую и ложковую (рис. 10). По форме, размерам и плотности лицевые изделия должны соответствовать требованиям ГОСТ к конструкционным кирпичу и камням, но по соглашению с потребителем можно выпускать и изделия других размеров, а также профильные изделия.

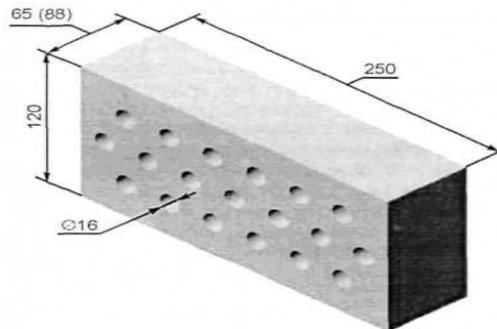
Помимо общих требований к керамическим кирпичу и камням в лицевых изделиях не допускаются трещины, отколы, выцветы, пятна на лицевых поверхностях, трещины и расслоения по контакту фактурного слоя с основной массой изделия.

Допускаемые отклонения от номинальных размеров лицевой поверхности кирпича должны не превышать по длине  $\pm 4$  мм, по ширине  $\pm 3$  мм, по толщине  $+3 \dots -2$  мм.

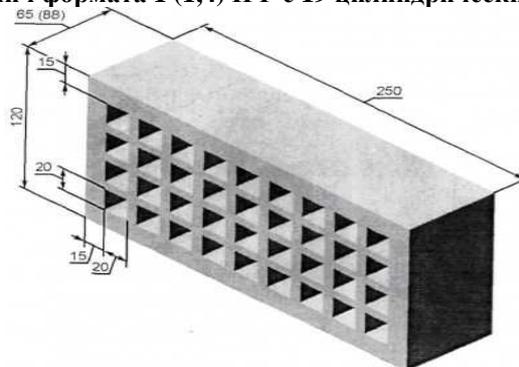
Общее количество кирпича с отбитостями выше нормативных, включая парный половняк не должно превышать 5 %. Требования к прочности лицевых изделий на изгиб выше, чем предъявляемые к конструкционным кирпичу и камням тех же марок.

Основные виды и размеры керамических кирпичей представлены на рис. 11.

**Экструзионные изделия**



**Рис. 11. Кирпич формата 1 (1,4) НФ с 19 цилиндрическими пустотами**



**Рис. 11.2. Кирпич формата 1(1,4) НФ с 36 квадратными пустотами**

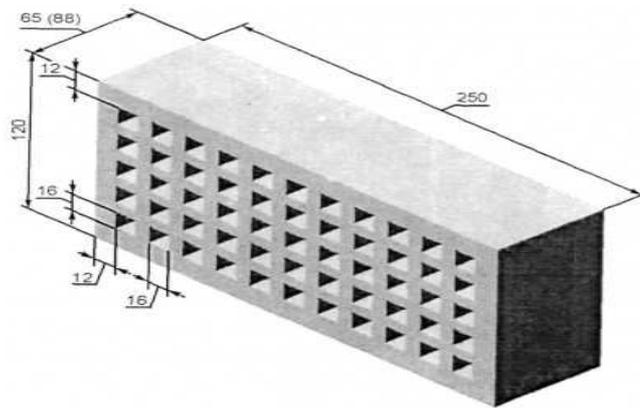


Рис. 11.3. Кирпич формата 1(1,4) НФ с 55 квадратными пустотами

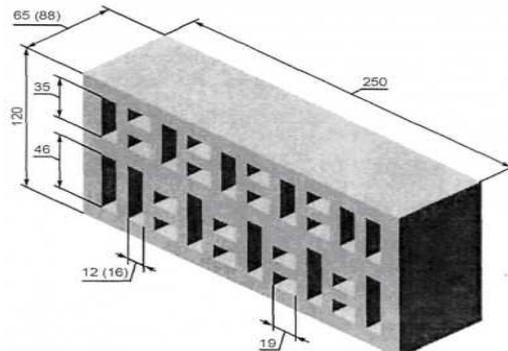


Рис. 11.4. Кирпич формата 1(1,4) НФ с 28 щелевидными пустотами

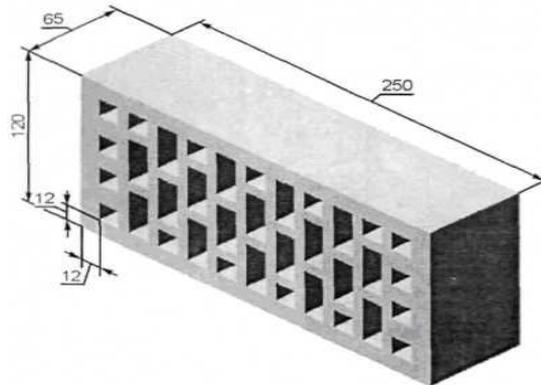


Рис. 11.5. Кирпич формата 1 НФ с 35 пустотами

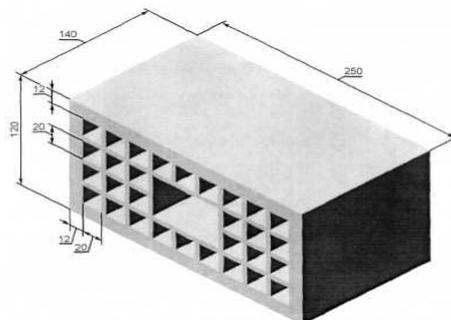


Рис. 11.6. Камень формата 2,1 НФ с 30 квадратными пустотами и отверстием для захвата

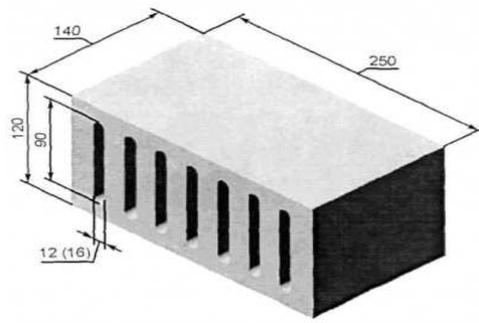


Рис. 11.7. Камень формата 2,1 НФ с семью щелевидными пустотами

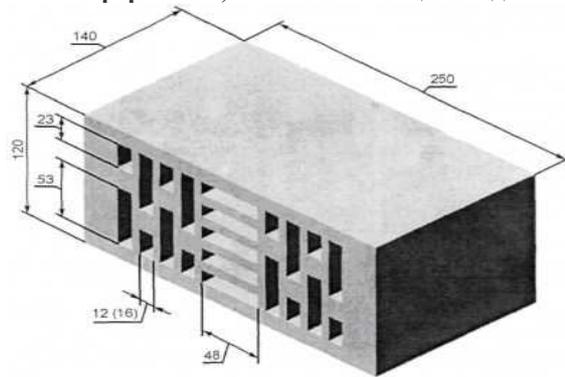


Рис. 11.8. Камень формата 2,1 НФ с 21 щелевидной пустотой

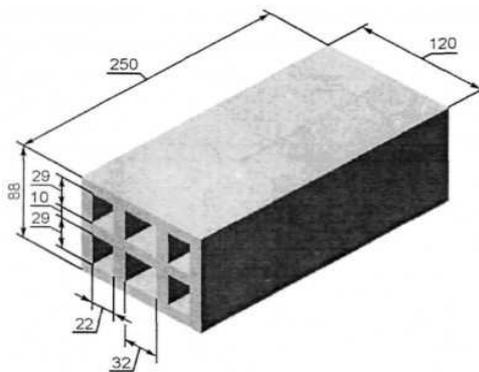


Рис. 11.9. Кирпич формата 1,4 НФ с шестью пустотами

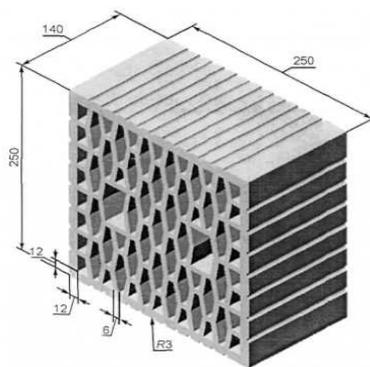


Рис. 11.10. Камень крупноформатный 4,5 НФ

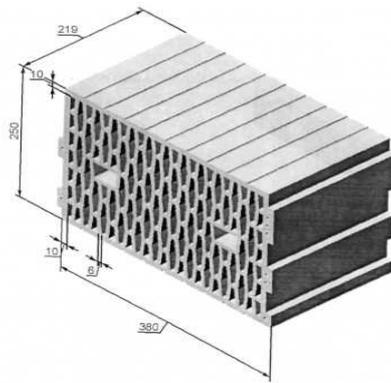


Рис. 11.11. Камень крупноформатный 10,7 НФ

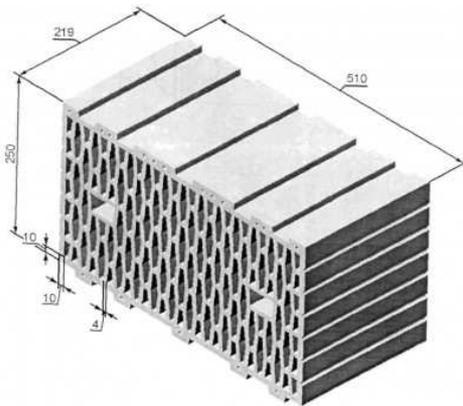


Рис. 11.12. Камень крупноформатный 14,3 НФ

Кирпич прессованный с вертикальным расположением пустот

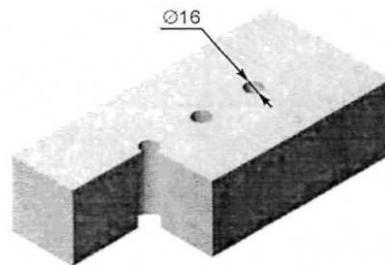


Рис. 11.13. Кирпич формата 1 НФ с тремя цилиндрическими отверстиями

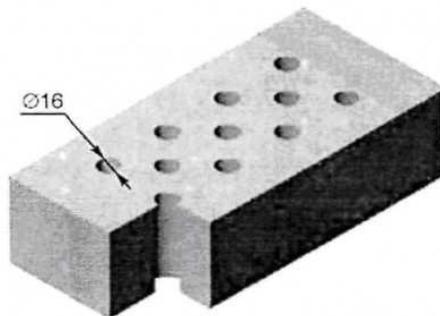


Рис. 11.14. Кирпич формата 1 НФ с 11 цилиндрическими отверстиями

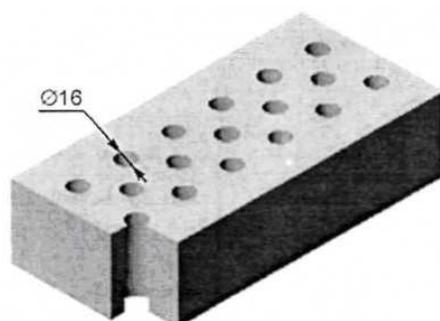


Рис. 11.15. Кирпич формата 1 НФ с 17 цилиндрическими отверстиями

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

К основным свойствам керамических стеновых материалов относятся прочность, плотность, водопоглощение, морозостойкость. Эти свойства в значительной степени зависят от пористости и показателя плотности изделий.

*Прочностью материала* называют его способность сопротивляться разрушению под действием напряжений, вызванных внешними силами. Кирпич хорошо сопротивляется сжатию, хуже – растяжению. Поэтому его применяют в конструкциях, работающих на сжатие. Прочность кирпича характеризуют пределом прочности при сжатии и изгибе.

*Пределом прочности* кирпича называют напряжение, соответствующее нагрузке, при которой он разрушается. В кладке кирпич испытывает напряжение не только на сжатие, но и на изгиб. Поэтому стандартами регламентирован также предел прочности кирпича на изгиб.

*Средней плотностью* называют отношение массы изделия ко всему занимаемому им объёму, включая пустоты и поры. Если в кирпиче или камнях сделаны специальные пустоты, то различают среднюю плотность брутто без вычета объёма пустот и среднюю плотность черепка нетто, с вычетом пустот.

По показателю средней плотности изделия подразделяют на классы: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0.

Средняя плотность кирпича и камня в зависимости от класса средней плотности должны соответствовать значениям, приведённым в табл. 21.

### 21. Классы средней плотности изделий

Классы средней плотности изделий	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
0,8	До 800
1,0	801 ... 1000
1,2	1001 ... 1200
1,4	1201 ... 1400
2,0	Св. 1400

Среднюю плотность образца  $\rho_m$  (г/см<sup>3</sup>) вычисляют по формуле

$$\rho_m = m/V_1,$$

где  $m$  – масса образца (изделия), высушенного до постоянной массы, кг;  $V_1$  – объём образца, м<sup>3</sup>.

*Истинной плотностью* называют отношение массы изделия к занимаемому им объёму без пор и пустот. Плотность керамических изделий колеблется в пределах 2200 ... 2500 кг/м<sup>3</sup>. Истинную плотность  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) вычисляют по формуле

$$\rho = m/V_2,$$

где  $m$  – масса (навеска) материала, высушенного до постоянной массы, г;  $V_2$  – объём материала без пор и пустот, см<sup>3</sup>.

*Показатель плотности* – это степень заполнения объёма материала твёрдым веществом, из которого он состоит. Определяют показатель плотности  $P$  как отношение средней плотности к истинной плотности материала:

$$P = \rho_m / \rho.$$

Показатель плотности керамических стеновых материалов всегда меньше 100%.

*Пористость материала* (%) – это степень заполнения объёма материала порами. Пористость  $\Pi$  определяют по формуле

$$\Pi = (1 - \rho_m / \rho) \cdot 100$$

или

$$\Pi_n = (1 - P) \cdot 100.$$

*Водопоглощение* – это способность материала впитывать и удерживать в своих порах капельно-жидкую воду. Оно характеризуется количеством воды, поглощаемым сухим материалом при погружении и выдерживании в воде и отнесённым к массе сухого материала. Водопоглощение образца  $W$ , %, вычисляют по формуле

$$W = [(m_1 - m) / m] \cdot 100,$$

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

Водопоглощение для лицевых кирпича и камней должно быть не менее 6%, для изделий, изготавливаемых из беложгущихся глин – не более 12%, из карбонатосодержащих глин и сырьевых смесей (содержащих до 10% CaCO<sub>3</sub>) и из глин с добавкой трепелов и диатомитов – не более 20%, из остальных глин – не более 14%, из трепелов и диатомитов – не более 28%.

*По теплопроводности и теплотехническим характеристикам* изделия в зависимости от класса средней плотности подразделяют на группы.

Теплотехнические характеристики изделий оценивают по коэффициенту теплопроводности кладки в сухом состоянии (табл. 22 и 23).

### 22. Значения коэффициента теплопроводности

Группы изделий по теплотехническим характеристикам	Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии $\lambda$ , Вт/(м·°С)
Высокой эффективности	До 0,20
Повышенной эффективности	Св. 0,20 до 0,24
Эффективные	Св. 0,24 до 0,36
Условно-эффективные	Св. 0,36 до 0,46
Малозэффективные (обыкновенные)	Св. 0,46

Примечания: 1. Значения коэффициента теплопроводности приведены для кладок с минимально достаточным количеством кладочного раствора. Значение коэффициента теплопроводности с учётом фактического расхода раствора устанавливают в проектной или ведомственной технической документации (строительные нормы и правила, территориальные строительные нормы и др.) на основании испытаний или расчётов.

2. Теплотехнические характеристики условных сплошных кладок приведены в приложении ГОСТ 530–2007.

### 23. Группы изделий по теплотехническим характеристикам

Группы изделий по теплотехническим характеристикам	Класс средней плотности изделия
Высокой эффективности	0,8
Повышенной эффективности	1,0
Эффективные	1,2
Условно-эффективные	1,4
Малозэффективные (обыкновенные)	2,0

Качество кирпича и камней определяют путём внешнего осмотра, обмера, определения средней плотности, водопоглощения, морозостойкости, предела прочности при сжатии и изгибе и других показателей, устанавливаемых ГОСТ и техническими условиями.

*Внешний осмотр* полученных изделий позволяет установить качество обжига (недожог, пережог), количество и характер трещин и искривлений, посторонних и крупных включений. Недожжённые изделия отличаются низкой механической прочностью, повышенным водопоглощением, неустойчивы против влияния отрицательной температуры и воды, легко разрушаются от механического и атмосферного воздействия, пережжённые – искривленными поверхностями и гранями, оплавленными местами и иногда вспученностью.

Трещины сверх допускаемых стандартом снижают физико-механические свойства изделия; посторонние и крупные включения, искривления ухудшают их товарный вид, а включения известняка приводят к разрушению обожжённых изделий. Разрушение происходит за счёт увеличения в объёме образовавшегося из  $\text{CaCO}_3$  оксида кальция  $\text{CaO}$  и превращающегося с увеличением в объёме в  $\text{Ca(OH)}_2$  при поглощении из воздуха паров воды. Недожог или пережог устанавливают, сравнивая изготолвленный кирпич с эталонами нормального обожжённого кирпича.

*Обмер кирпича и камней* выполняют с помощью измерительных инструментов: металлической линейки, штангенциркуля и угольника. Измерения производят с погрешностью до 1 мм. Искривления граней и рёбер определяют, прикладывая рёбра линейки или угольника и замеряя максимальные прогибы и выпуклости. Отбитые углы и рёбра выявляют, устанавливая разность между необходимыми размерами кирпича и целой частью каждого ребра, составляющего угол.

*Определение средней плотности* кирпича и камней сводится к нахождению объёма и массы. Объём вычисляют путём измерения стальной линейкой габаритных размеров с погрешностью до 1 мм. Массу определяют, взвешивая на технических весах образец, предварительно высушенный до постоянной величины, с погрешностью до 1 г. Среднюю плотность пустотелого, пористо-пустотелого кирпича и керамических камней вычисляют по формуле, приведённой выше.

*Для определения водопоглощения* кирпич или камни высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 ... 110°С. Высушенные образцы взвешивают на технических весах с погрешностью до 1 г и полученную величину записывают в журнал. Эти же образцы укладывают в сосуд с водой температурой 15 ... 20°С. Образцы располагают в один ряд на подкладки так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха образцов на 2 ... 10 см. В таком положении их выдерживают 48 ч, после чего вынимают, немедленно обтирают влажной мягкой тканью и каждый образец взвешивают. Массу воды, вытекшей из пор на чашку весов, следует включать в массу насыщенного водой образца.

Водопоглощение кирпича вычисляют как среднее арифметическое из результатов определения водопоглощения трёх образцов по формуле, приведённой выше.

Для ускорения определения водопоглощения керамических материалов допускается насыщать образцы водой в течение 2 ч. Процесс насыщения водой такой же, как при насыщении в течение 48 ч.

Водопоглощение образца  $W$ , %, по массе в этом случае вычисляют по формуле

$$W = a[(m_1 - m) / m] \cdot 100,$$

где  $a$  – коэффициент.

Каждое предприятие устанавливает коэффициент  $a$  предварительным сравнительным определением водопоглощения кирпича или камней в течение 2 или 48 ч, а затем оформляет это актом.

Водопоглощение и морозостойкость определяют по методике, регламентированной ГОСТ 7025–78.

*Морозостойкость* – это способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения и значительного снижения прочности.

По морозостойкости изделия подразделяют на марки F25, F35, F50, F75, F100.

*Определение морозостойкости кирпича и камней* производят при объёмном либо одностороннем замораживании.

*Объёмное замораживание изделий* выполняют в морозильной камере при температуре  $-15 \dots -20^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность одного замораживания для кирпича и камней, насыщенных водой, не менее 4 ч, перерыв в процессе одного замораживания не допускается. После окончания замораживания образцы полностью погружают в сосуд с водой температурой  $15 \dots 20^{\circ}\text{C}$ .

Продолжительность одного оттаивания образцов в воде не менее половины продолжительности замораживания. Цикл одного замораживания и оттаивания не должен превышать 24 ч.

Изделие считается выдержавшим испытание на морозостойкость, если после установленного стандартом количества циклов попеременного замораживания и оттаивания ни на одном из пяти образцов не будет обнаружено видимых повреждений (отколов, отслаиваний, шелушений, трещин) и потеря прочности и массы не превышает требований стандарта.

При одностороннем замораживании морозостойкость определяют в теплоизолирующей кассете с уложенными образцами, которую загружают в морозильную камеру. При испытании кирпича продолжительность одного замораживания 8 ч. После цикла замораживания теплоизолирующую кассету с образцами выгружают из морозильной камеры, образцы вынимают из кассеты и оттаивают в воде.

В случае оценки морозостойкости по потере прочности на сжатие и потере массы кирпича, установленные в теплоизолирующей кассете, разрезают на две равные части. Половинки образцов подвергают воздействию отрицательной температуры. Вторые половинки – контрольные.

## УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Условное обозначение керамических изделий* должно состоять из: названия вида изделия, обозначения вида изделия в соответствии с таблицей 2; букв Р – для рядовых, Л – для лицевых; обозначения размера в соответствии с табл. 2; обозначений: По – для полнотелого кирпича, Пу – для пустотелого кирпича; марок по прочности и морозостойкости; класса средней плотности и обозначения настоящего стандарта.

Примеры условных обозначений:

– кирпич рядовой (лицевой), полнотелый, одинарный, размера 1НФ, марки по прочности М100, класса средней плотности 2,0, марки по морозостойкости F50:

Кирпич КОРПо (КОЛПо) 1НФ/100/2,0/50/ГОСТ 530–2007;

– кирпич рядовой (лицевой), пустотелый, одинарный, размера 1 НФ, марки по прочности М100, класса средней плотности 1,4, марки по морозостойкости F50:

Кирпич КОРПу(КОЛПу) 1НФ/100/1,4/50/ГОСТ 530–2007;

– кирпич рядовой (лицевой), пустотелый, утолщенный, размера 1,4НФ, марки по прочности М150, класса средней плотности 1,4, марки по морозостойкости F50:

Кирпич КУРПу (КУЛПу) 1,4НФ/150/1,4/50/ГОСТ 530–2007;

– кирпич модульных размеров 1,3НФ, марки по прочности М150, класса средней плотности 1,2, марки по морозостойкости F50:

Кирпич КМ 1,3НФ/150/1,2/50/ГОСТ 530–2007;

– камень рядового (лицевого), размера 2,1НФ, марки по прочности М150, класса средней плотности 1,2, марки по морозостойкости F50:

Камень КР (КЛ) 2,1НФ/150/1,2/50/ГОСТ 530–2007;

– камень крупноформатный рядовой (лицевой), размера 9,3НФ, марки по прочности М150, класса средней плотности 1,0, марки по морозостойкости F50:

Камень ККР (ККЛ) 9,3НФ/150/1,0/50/ГОСТ 530–2007;

– кирпич рядовой (лицевой), утолщенный с горизонтальным расположением пустот, размера 1,4НФ, марки по прочности М100, класса средней плотности 1,4, марки по морозостойкости F50:

Кирпич КГУР (КГУЛ) 1,4НФ/100/1,4/50/ГОСТ 530–2007;

– камень рядовой (лицевой) с горизонтальным расположением пустот, размера 1,8НФ, марки по прочности М100, класса средней плотности 1,2, марки по морозостойкости F50:

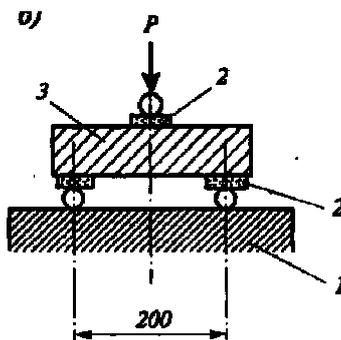
Камень КГР(КГЛ) 1,8 НФ/100/1,2/50/ГОСТ 530–2007.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ

*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. 14). Постели кирпича, отобранного для испытания на изгиб, в местах опирания и приложения нагрузки выравнивают слоем цементного или гипсового раствора толщиной не более 3 мм и шириной 25 ... 30 мм. При использовании цементного раствора образцы выдерживают в помещении не менее 3 суток, при использовании гипсового – не менее 2 ч. Допускается вместо цементных или гипсовых полосок выравнивать постели в местах опирания образца на опоры и в месте приложения нагрузки шлифованием.

Образцы пустотелого кирпича с несквозными пустотами испытывают, располагая их в растянутой зоне. На боковых гранях образцов, подготовленных к испытанию, отмечают центры опирания образца и приложения нагрузки.

Для испытания образцов на изгиб используют гидравлический пресс, позволяющий регистрировать разрушающую нагрузку с погрешностью не более 100 Н, и приспособление для испытаний, состоящее из подвижного и неподвижного опорных катков и катка для передачи нагрузки от пресса на кирпич. Диаметр катков должен быть не более 20 мм, длина катков – не менее ширины кирпича. Допускаемая погрешность – до 1 мм. Высоту определяют как среднее арифметическое значение двух измерений боковых граней и ширину как среднее арифметическое значение двух измерений верхней и нижней граней. 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.



**Рис. 12. Схема испытания кирпича на изгиб:**  
1 – нижняя плита пресса; 2 – опоры; 3 – кирпич

Предел прочности при изгибе  $R_{\text{изг}}$ , кгс/см<sup>2</sup> (МПа), отдельного образца вычисляют по формуле

$$R_{\text{изг}} = \frac{3 Pl}{2 bh^2},$$

где  $l$  – расстояние между осями опор, м (см);  $b$  – ширина образца, м (см);  $h$  – высота образца по середине пролёта без выравнивающего слоя, м (см);  $P$  – разрушающая нагрузка в кН(кгс).

Предел прочности при изгибе образцов в партии вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний установленного количества образцов. Допускаемая погрешность – до 0,1 МПа.

Если при испытании образцов данной партии в ней окажутся образцы с отклонением от среднего арифметического значения результатов испытаний всех образцов, то образцы с наибольшим отклонением не учитывают и в этом случае средний предел прочности при изгибе образцов данной партии вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний без этого образца. Показатель этого образца не является основанием для снижения марки кирпича данной партии.

## ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ

*Предел прочности при сжатии* определяют в такой последовательности: кирпич пластического и полусухого прессования обыкновенный, лицевой, пустотелый толщиной 65 и 88 мм испытывают в образцах, состоящих из двух целых кирпичей, уложенных постелями один на другой. В соответствии с ГОСТ 8462–85 полнотелый кирпич допускается испытывать в образцах, состоящих из двух равных половинок, наложенных постелями одна на другую. Поверхности разреза половинок кирпича должны быть направлены в противоположные стороны.

В соответствии с ГОСТ 8462–62 для определения этого показателя кирпичи, отобранные для испытания, распиливают по ширине ножовкой или дисковой пилой 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. Шов между этими половинками заполняют тестом из портландцемента марки не ниже 400 слоем не более 5 мм.

Для соединения и выравнивания поверхностей образцов применяют цементный раствор, состоящий из равных частей портландцемента марки не ниже 400 и песка крупностью не более 1 мм. Водоцементное отношение должно быть в пределах 0,34 ... 0,36. Толщина растворного шва и выравнивающих слоёв на верхней и нижней поверхностях образцов должна быть 3 ... 5 мм.

Половинки кирпича накладывают друг на друга на металлической плите, установленной строго горизонтально уровню. Поверхность кирпича предварительно смачивают водой. Цементное тесто кладут на стекло, покрытое смоченной бумагой, с таким расчётом, чтобы толщина слоя не превышала 3 – 5 мм. Затем одну половинку кирпича укладывают на цементное тесто и слегка прижимают, после чего верхнюю поверхность покрывают тем же тестом и на неё укладывают вторую половинку кирпича, слегка прижимая. Вторую поверхность второй половинки кирпича также покрывают цементным тестом и прижимают стеклом, покрытым смоченной бумагой.

Приготовленные таким образом образцы, близкие по форме к кубу, должны иметь поверхности, взаимно параллельные и перпендикулярные боковым граням. Образцы до испытания выдерживают на воздухе в закрытом помещении в течение 3–4 суток при температуре  $15 \pm 5^\circ\text{C}$  и его относительной влажности 90 ... 95%.

Для испытания образцов на сжатие применяют следующую аппаратуру и инструменты: гидравлический пресс, штангенциркуль, измерительную металлическую линейку, поверочную лекальную линейку, щуп для замера зазора. Перед испытанием образцы осматривают и обмеряют. Допускаемые погрешности – не более 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляют как среднее арифметическое результатов трёх измерений: двух измерений параллельных рёбер, лежащих в плоскости одной грани, и средней прямой, лежащей между этими рёбрами.

При испытании образец устанавливают в центр опорной плиты и прижимают верхней плитой пресса, которая должна плотно прилегать по всей грани образца (рис. 13). 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  $R_{сж}$ , кгс/см<sup>2</sup> (МПа), отдельного образца вычисляют по формуле

$$R_{сж} = P/F,$$

где  $P$  – наибольшая сжимающая нагрузка, установленная при испытании образца;  $F$  – площадь образца, вычисляемая как среднее арифметическое площадей верхней и нижней граней.

Средний предел прочности при сжатии в партии вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний. Погрешность 0,1 МПа. В этом случае не учитывают образцы, предел прочности которых более чем на 40% превышает среднее значение предела прочности всех образцов. При вычислении предела прочности образцов из двух кирпичей толщиной 88 мм или из двух их половинок результаты испытаний умножают на коэффициент  $K = 1,2$ .

Марку кирпича определяют по табл. 24 согласно ГОСТ 530–2007.

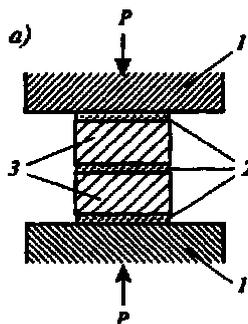


Рис. 13. Схема испытания кирпича на сжатие:

- 1 – верхняя и нижняя плиты гидравлического пресса;
- 2 – растворные швы; 3 – половинки кирпича

#### 24. Пределы прочности изделий при сжатии и изгибе

Марка изделий	Предел прочности, МПа									
	при сжатии				при изгибе					
	одинарных, «евро» и утолщенных кирпичей; камней		крупноформатных камней		одинарных и «евро» полнотелых кирпичей		одинарных и «евро» пустотелых кирпичей		утолщенных пустотелых кирпичей	
средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	
M300	30,0	25,0	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
M250	25,0	20,0	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
M200	20,0	17,5	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
M175	17,5	15,0	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
M150	15,0	12,5	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
M125	12,5	10,0	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
M100	10,0	7,5	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,3	1,4	0,7
M75	–	–	7,5	5,0	–	–	–	–	–	–
M50	–	–	5,0	3,5	–	–	–	–	–	–
M35	–	–	3,5	2,5	–	–	–	–	–	–
Для кирпича и камней с горизонтальным расположением пустот										
M100	10,0	7,5	–	–	–	–	–	–	–	–
M75	7,5	5,0	–	–	–	–	–	–	–	–
M50	5,0	3,5	–	–	–	–	–	–	–	–
M35	3,5	2,5	–	–	–	–	–	–	–	–
M25	2,5	1,5	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. При определении предела прочности при сжатии и изгибе кирпича и предела прочности при сжатии камня площадь нагружаемой грани изделия вычисляют без вычета площади пустот.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

**Цель работы:** изучение основных физико-механических свойств силикатного кирпича, сравнение полученных результатов с требованиями ГОСТ 379–95 «Кирпич силикатный», определение марки кирпича и рекомендации о возможности его использования в строительстве.

### Характеристики силикатного кирпича (ГОСТ 379–95)

Размер	250 × 120 × 65 – одинарный
	250 × 120 × 88 – модульный
	250 × 120 × 138 – силикатный камень (цвет кирпича светло-серый)

Силикатные камни изготавливают только пустотелыми. Масса модульного кирпича в сухом состоянии должна быть не >4,3 кг.

По средней плотности силикатные кирпичи делятся как показано в табл. 25.

1. Виды кирпича: сплошной и пустотелый (с пустотами замкнутыми с одной стороны), лицевой и рядовой, пустотелый кирпич на 25% легче обычного.

2. Марки: М75; 100; 125; 150; 175; 200; 250; 300.

Марка по прочности лицевого кирпича должна быть не менее 125, лицевых камней – 100.

Предел прочности при изгибе определяют по фактической площади изделия без вычета площади пустот.

### 25. Средняя плотность силикатных кирпичей

	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(мК)
Обыкновенные	> 1650	до 0,7
Условно-эффективные	1400 ... 1650	до 0,58
Эффективные	< 1400	до 0,46

Предел прочности (напряжение) при изгибе  $R_{изг}$  вычисляется по формуле

$$R_{изг} = \frac{3 Pl}{2 bh^2}, \text{ МПа (кгс/см}^2\text{)},$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка (сила), кН (кгс);  $l$  – расстояние между порами, м (см);  $h$  – толщина образца, м(см);  $b$  – ширина образца, м (см).

Предел прочности (напряжения) при сжатии  $R_{сж}$  – вычисляют по формуле

$$R_{сж} = P/F, \text{ кгс/см}^2 \text{ (МПа)},$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка (сила), кН (кгс);  $F$  – площадь образца, м<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>).

3. Водопоглощение 8 ... 16% (лицевого – не более 14%, рядового – не более 16%).

4. Теплопроводность 0,7 ... 0,87 Вт/(мК).

5. Плотность 1800 ... 2000 кг/м<sup>3</sup>.

6. Мрз 15(рядового), 25, 35, 50 (лицевого кирпича).

Силикатный кирпич (лицевой и рядовой) подразделяют на два вида: одинарный – размером 250 × 120 × 65 мм и модульный – 250 × 120 × 88 мм. Модульный кирпич (рис. 14) имеет технологические пустоты и массу в сухом состоянии не более 4,3 кг.

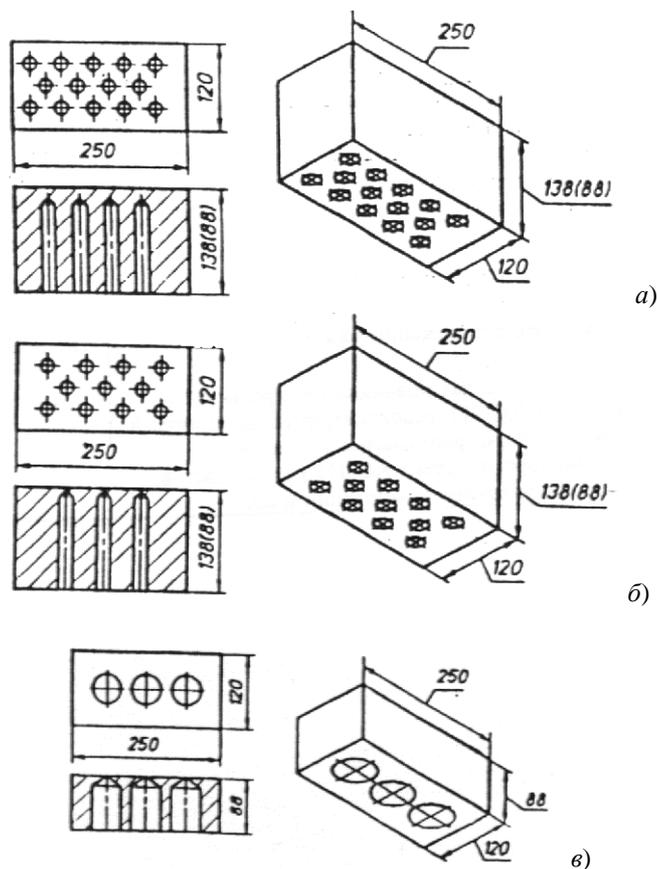
Водопоглощение силикатного кирпича должно быть не более 16% для рядового и 14% для лицевого. По показателям морозостойкости кирпич имеет марки: Мрз 15 (рядовой) и Мрз 25, Мрз 35, Мрз 50 (лицевой).

Силикатный кирпич в зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе делится на шесть марок: 300, 250, 200, 150, 125, 100 и 75. Лицевой силикатный кирпич изготавливают марки не ниже 125. Кирпич, которому присвоен Государственный знак качества, должен иметь следующие марки: лицевой – не менее 150 (до 350) и рядовой – не менее 125 (до 250).

За партию силикатного кирпича принимается весь кирпич, выгружаемый из автоклава (после тепловой обработки), равной 50 000 шт. Для определения марки кирпича отбирают от всей партии в определённой последовательности 100 шт. Отобранные образцы подвергают сначала поштучному обмеру и внешнему осмотру, а затем из числа образцов, отвечающих требованиям ГОСТ 379–95 по внешним признакам, отбирают не менее 15 шт для испытания в лаборатории. Партия кирпича бракуется, если общее количество образцов, имеющих отклонения от требований ГОСТ 379–95, превысит 58%. Для одной партии кирпича допускается не более 2–3% половняка. Наибольший процент половняка относится к рядовому кирпичу.

Применяют силикатный кирпич при возведении несущих наружных и внутренних стен зданий и сооружений наряду с глиняным кирпичом. Нельзя его применять для кладки фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя. Объясняется это пониженной его водостойкостью, морозостойкостью и сопротивляемостью агрессивным факторам по сравнению с глиняным кирпичом. Не допускается использование силикатного кирпича для стен зданий с мокрым режимом эксплуатации (бани, прачечные и др.) без специальных мер защиты от увлажнения.

При температуре 600°C происходит снижение прочности силикатного кирпича на 80%, а при 700°C в нём появляются трещины. Поэтому силикатный кирпич не применяют для кладки печей, дымоходов и труб.



**Рис. 14. Виды пустотелых изделий:**

*а* – камень (кирпич) 14-пустотный (диаметр отверстий 30 ... 32 мм, пустотность 28 ... 31%; *б* – камень (кирпич) 11-пустотный (диаметр отверстий 27 ... 32 мм, пустотность 22 ... 25%); *в* – кирпич 3-пустотный (диаметр отверстий 52 мм, пустотность 15%)

Силикатный кирпич перевозят в контейнерах или пакетах. Погрузка кирпича навалом и выгрузка его сбрасыванием запрещаются.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ПО ВНЕШНЕМУ ВИДУ И ОТКЛОНЕНИЯМ В РАЗМЕРАХ

Для проведения испытаний каждая группа студентов отбирает и испытывает 1 – 5 образцов кирпича. Замеры производятся с помощью металлической линейки и угольника с точностью до 1 мм. Замерам подлежат следующие показатели: отклонения по длине, по ширине, по толщине; искривления поверхностей и ребер. Для окрашенного силикатного кирпича производят, кроме того, оценку цвета методом сравнения с эталонами.

Полученные результаты сравнивают с соответствующими данными табл. 2, определяют процент образцов в партии, не соответствующих требованиям ГОСТ 379–95, и по внешним признакам кирпич относят к рядовому или лицевому (если его марка 125 и выше).

#### Технические требования

Изделия должны изготавливаться в соответствии с требованиями стандарта по технологическому регламенту, утверждённому предприятием-изготовителем.

1. По фактуре лицевой поверхности лицевые изделия изготавливают гладкими с декоративным покрытием; по цвету – неокрашенными, имеющими цвет сырья, из которого они изготовлены, или окрашенными – из окрашенной смеси или с поверхностной окраской лицевых граней.

2. Лицевые изделия должны иметь две лицевые поверхности: тычковую и ложковую. По согласованию с потребителем допускается выпускать изделия с одной лицевой поверхностью.

3. Поверхность граней изделия должна быть плоской, ребра – прямолинейными. Допускается выпускать лицевые изделия с закруглёнными вертикальными рёбрами радиусом не более 6 мм.

4. Цвет (оттенок цвета) лицевых изделий должен соответствовать образцу-эталону. Пятна на лицевой поверхности изделия не допускаются.

5. На рядовом изделии не допускаются дефекты внешнего вида, размеры и количество которых превышают указанные в табл. 26.

## 26. Виды дефектов

Вид дефекта	Значение
1. Отбитости углов глубиной 10 ... 15 мм, шт.	3
2. Отбитости притупленности ребер глубиной 5 ... 10 мм, шт.	3
3. Шероховатости или срыв грани глубиной, мм	5
4. Трещины на всю толщину изделия протяжённостью по постели до 40 мм, шт.	1

6. Отбитости и притуплённости углов и рёбер, шероховатости, трещины и другие повреждения на лицевых поверхностях лицевых изделий не допускаются.

7. Проколы постели пустотелых изделий размером более 10 мм, а также дефекты изделий (вздутие и шелушение поверхности, увеличение объёма, наличие сетки мелких трещин от непогасившейся силикатной смеси) не допускаются.

8. В рядовом изделии не допускается наличие в изломе или на поверхности глины, песка, извести и посторонних включений размером свыше 5 мм в количестве более 3.

Для лицевых изделий наличие указанных включений на поверхности не допускаются, в изломе допускается не более 3.

9. Количество половняка в партии должно быть не более 5% для рядовых изделий, 2% – для лицевых изделий.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ПРИ ИЗГИБЕ

Для проведения испытаний в лаборатории каждой бригадой студентов (3–4 человека) отбирается пять образцов кирпича, отвечающих требованиям ГОСТ 379–95 по внешним признакам.

Для определения предела прочности при изгибе (периодические испытания) в производственных условиях образцы кирпича отбирают в течение месяца из числа, прошедших испытания на прочность при сжатии и соответствующих одной марке. Количество образцов зависит от марки кирпича и равно: 30 шт. – для марки 75; 25 шт. – для марки 100; 20 шт. – для марки 125; 15 шт. – для марки 150 и выше.

Каждый образец укладывается на пресс на две опоры из круглой стали диаметром  $2 \times 10^{-2} - 3 \times 10^{-2}$  м, расположенные на расстоянии 0,2 м. Предварительно производят замер толщины и ширины каждого из пяти образцов в м. Испытание производят сосредоточенной нагрузкой посередине пролёта через призму с таким же закруглением согласно схеме (рис. 15).

Предел прочности (напряжение) при изгибе  $R_{изг}$  вычисляют по формуле, кгс/см<sup>2</sup> (МПа),

$$R_{изг} = \frac{3 Pl}{2 bh^2},$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка (сила), кН;  $l$  – расстояние между опорами, см, м;  $h$  – толщина образца, см, м;  $b$  – ширина образца, см, м.

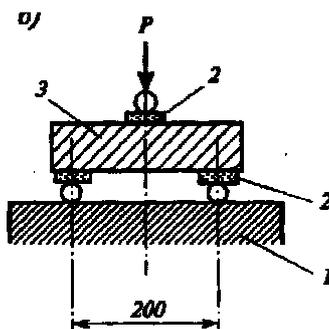


Рис. 15. Схема испытания кирпича на изгиб:

1 – нижняя плита пресса; 2 – опоры; 3 – кирпич

По результатам испытаний пяти образцов вычисляют среднее значение и устанавливают наименьший показатель предела прочности при изгибе.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ПРИ СЖАТИИ

Пределом прочности при сжатии называют напряжение, соответствующее сжимающей нагрузке, которая вызывает разрушение образцов кирпича.

Для проведения испытаний бригадой студентов (3–4 человека) отбирается пять образцов кирпича, отвечающих требованиям ГОСТ 379–95 по внешним признакам. Каждый из них разделяют поперёк на две равные половинки, которые накладывают постельными гранями одна на другую, разрезами в разные стороны, без соединения их цементным тестом (в отличие от испытаний на сжатие глиняного кирпича). Замеряют размеры половинок, вычисляют площадь поверхности подготовленных

таким образом образцов и подвергают их сжатию на гидравлическом прессе (рис. 16). Перед испытанием половинки притирают друг к другу.

Предел прочности (напряжение) при сжатии  $R_{сж}$  – вычисляют по формуле, кгс/см<sup>2</sup> (МПа),

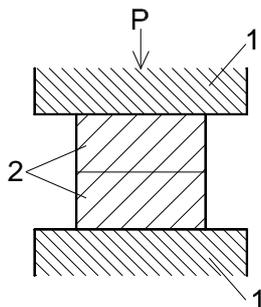
$$R_{сж} = P/F,$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка (сила), кН;  $F$  – площадь образца, см<sup>2</sup>, м<sup>2</sup>.

По результатам испытаний пяти образцов вычисляют среднее значение и устанавливают наименьший показатель прочности.

Полученные результаты сравнивают с данными табл. 24, и определяют марку силикатного кирпича по прочности при сжатии.

Определение прочности при сжатии производится в производственных условиях для каждой партии кирпича.



**Рис. 16. Схема испытания кирпича на сжатие:**

1 – верхняя и нижняя плиты гидравлического пресса;

2 – половинки кирпича

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Сравнивая соответствие полученных результатов испытания среднего значения  $R_{сж}$  и  $R_{изг}$  с данными, приведёнными в табл. 27, устанавливают марку силикатного кирпича. Решающим фактором при выборе марки является средний и наименьший показатель предела прочности при сжатии.

Выводы по работе должны содержать описание внешнего вида, механических показателей и марку силикатного кирпича. Следует также дать заключение о возможности использования кирпича данной партии в качестве лицевого.

*Преимущество силикатного кирпича над глиняным:* на его производство требуется в два раза меньше топлива, в три раза меньше электроэнергии и в 2,5 раза меньше трудоёмкость производства, в конечном итоге себестоимость силикатного кирпича оказывается на 25 ... 35% ниже, чем глиняного.

Однако *недостатками* силикатного кирпича являются большая его теплопроводность и вес по сравнению с глиняным, больший объёмный вес. Силикатный кирпич менее стоек против химических воздействий, имеет меньшую огнестойкость, чем обыкновенный керамический кирпич.

### 27. Значения предела прочности кирпича

Марка кирпича	Предел прочности (напряжение) в МПа, не менее			
	при сжатии (всех видов изделий)		при изгибе (одинарного и утолщенного полнотелого кирпича)	
	средний для 5-ти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для 5-ти образцов	наимень-ший для отдельного образца
300	30	25	4,0	2,7
250	25	20	3,5	2,3
200	20	15	3,2	2,1
175	17,5	13,5	3,0	2,0
150	15	12,5	2,7	1,8
125	12,5	10,0	2,4	1,6
100	10	7,5	2,0	1,3
75	7,5	5,0	1,6	1,1

**Примечания:**

1. Предел прочности при изгибе определяют по фактической площади изделия без вычета площади пустот.

2. Марка по прочности лицевого кирпича должна быть не менее 125, лицевых камней – 100.

Нельзя использовать силикатный кирпич для кладки фундаментов и цоколей, для кладки печей так как при длительном воздействии высокой температуры происходит дегидратация гидросиликата кальция и гидрата оксида кальция, которые связывают зёрна песка, и кирпич разрушается.

При температуре 500°C происходит дегидратация  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на  $\text{CaO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а при температуре 573°C кварц скачкообразно увеличивается в объёме ( $\beta$ -кварц переходит в  $\alpha$ -кварц), что нарушает структуру кирпича и существенно понижает его прочность.

При температуре 600°C происходит снижение прочности силикатного кирпича на 80%, а при 700°C в нем появляются трещины.

*Применение силикатных кирпичей:* для кладки несущих стен и столбов в жилых, общественных и промышленных зданиях, но выше гидроизоляционного слоя.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как классифицируют керамические кирпич и камни?
2. Какие технические требования предъявляют к керамическим стеновым материалам?
3. Чем отличаются технические требования, предъявляемые к лицевым изделиям?
4. Какие основные свойства характеризуют керамические стеновые изделия?
5. Как определяют прочностные показатели изделий на сжатие и изгиб?
6. Каким методом определяют плотность изделий ?
7. Как вычисляют водопоглощение и морозостойкость керамических стеновых изделий?
8. Каков состав сырьевой смеси для получения силикатного кирпича?
9. Каковы линейные размеры силикатного кирпича?
10. Перечислить допускаемые отклонения размеров лицевого и рядового силикатного кирпича по длине, ширине и толщине?
11. Каковы основные показатели качества силикатного кирпича?
12. Как производят определение предела прочности силикатного кирпича при сжатии?
13. Как производят определение предела прочности силикатного кирпича при изгибе?
14. По каким показателям устанавливается марка силикатного кирпича?
15. Каким маркам должен удовлетворять силикатный лицевой и рядовой кирпич, которому присваивается Государственный знак качества?
16. Каковы условия применения силикатного кирпича в строительстве?
17. Укажите добавки, вводимые в состав керамической массы.
18. Укажите определение понятие пластичности глины.
19. Укажите определение понятие спекаемости глины.
20. Укажите определение понятия связующей способности глины.
21. Что относится к керамическим материалам с пористым и с плотным керамическим черепком.
22. Укажите размеры керамического кирпича обыкновенного, модульного, керамического камня и укрупненного керамического камня.
23. По средней плотности укажите характеристики обыкновенных полнотелых кирпичей, условно эффективные камней, эффективных стеновые керамических материалов.
24. Укажите характеристики прочности, водопоглощения и морозостойкости полнотелого керамического кирпича, пустотелого керамического кирпича и легкого керамического кирпича.

### III. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

#### ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ

*Лабораторная работа 10*

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ГИПСОВОГО ТЕСТА (СТАНДАРТНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ)

**Цель работы:** изучение стандартных свойств строительного гипса.

*Стандартная консистенция* (нормальная густота) характеризуется диаметром расплыва гипсового теста, вытекающего из цилиндра при его поднятии. Диаметр расплыва должен быть равен  $(180 \pm 5)$  мм. Количество воды является основным критерием определения свойств гипсового вяжущего: времени схватывания и предела прочности. Количество воды выражается в процентах как отношение массы воды, необходимой для получения гипсовой смеси стандартной консистенции, к массе гипсового вяжущего в граммах.

Для определения стандартной консистенции применяют:

- вискозиметр Сутгарда (рис. 17);

- чашку из коррозионностойкого материала вместимостью более 500 см<sup>3</sup> (рис. 18);
- ручную мешалку, имеющую более трёх петель из проволоки диаметром 1–2 мм;
- стекло диаметром более 240 мм; на стекло наносят ряд концентрических окружностей диаметром 150 ... 220 мм через каждые 10 мм, а окружности диаметром 170 ... 190 мм – через 5 мм; окружности можно нанести на лист белой бумаги и поместить его между двумя листами стекла;
- цилиндр из нержавеющей металла с полированной внутренней поверхностью (рис. 18);
- линейку длиной 250 мм с ценой деления 1 мм;
- весы с погрешностью взвешивания не более 1 г;
- секундомер;
- питьевую воду.

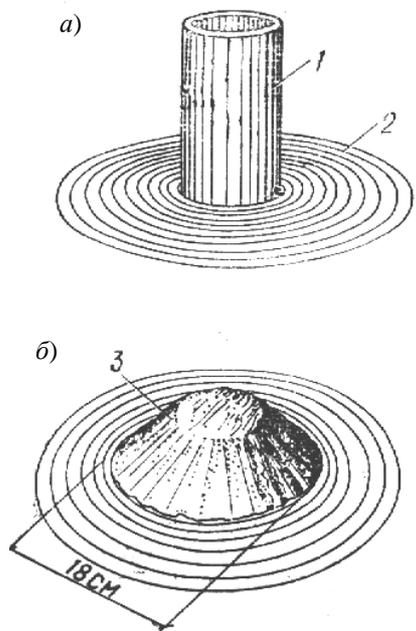


Рис. 17. Вискозиметр Сутгарда

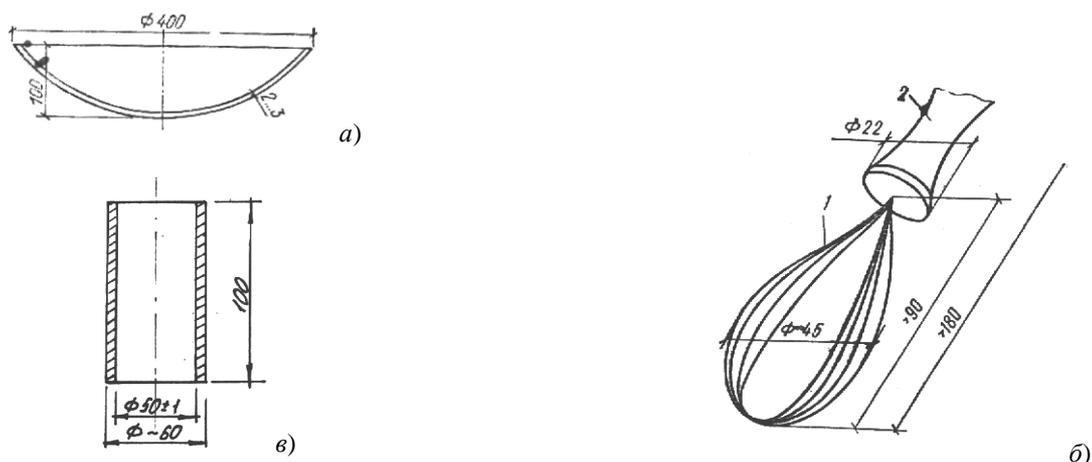


Рис. 18. а – чашка из коррозионностойкого материала;  
б – ручная мешалка; в – цилиндр из нержавеющей стали

#### Проведение испытания

В чистую чашку, предварительно протертую тканью, вливают воду, масса которой зависит от свойств гипсового вяжущего (45 ... 70% от массы гипса). Затем в воду в течение 2 – 5 с всыпают от 300 до 350 г гипсового вяжущего. Гипс добавляется к воде. Массу перемешивают ручной мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет времени от начала всыпания гипсового вяжущего в воду. После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Цилиндр и стекло предварительно протирают тканью. Через 45 с, считая от начала засыпания гипсового вяжущего в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр очень быстро поднимают вертикально на высоту 15 – 20 см и отводят в сторону. Диаметр расплава измеряют непосредственно после поднятия цилиндра линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение. Если диаметр расплава не соответствует  $180 \pm 5$  мм, испытание повторяют с измененной массой воды. Результаты испытаний записывают в табл. 28.

## 28. Результаты испытаний

Показатель	Номер замеса				
	1	2	3	4	5
Масса гипса, г					
Масса воды, г					
Процентное содержание воды в гипсе, %					
Продолжительность всыпания гипса в воду и перемешивания, с					
Продолжительность выдерживания и перемешивания гипсового теста, заполнения и подъёма цилиндра, с					
Диаметр расплыва лепёшки из гипсового теста, мм					

*Вывод:* масса воды, приходящаяся на 100 г гипса, необходимая для получения гипсового теста стандартной консистенции (В/Г) \_\_\_\_\_ %.

*Лабораторная работа 11*

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ГИПСОВОГО ТЕСТА (СТАНДАРТНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ)

**Цель работы:** определение сроков схватывания гипсового теста.

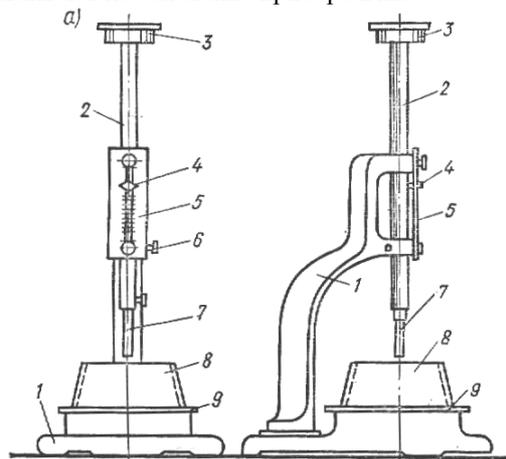
Для определения сроков схватывания используют гипсовое тесто стандартной консистенции. Сущность метода состоит в определении времени от начала контакта гипсового вяжущего с водой до начала и конца схватывания теста.

#### Проведение испытания

Для определения сроков схватывания гипсового теста используют стандартный прибор Вика (рис. 19), который состоит из станины 1, подвижного металлического стержня 2 с площадкой 3 для добавочного груза, латунного кольца в виде усеченного конуса 8, стеклянной пластинки 9. Для закрепления стержня на требуемой высоте служит зажимный винт 6. Стержень снабжён указательной стрелкой 4 для отсчёта перемещения его относительно прикреплённой 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. Размеры иглы приведены на рис. 20, а. Игла должна быть изготовлена из твёрдой нержавеющей стальной проволоки с полированной поверхностью и не должна иметь искривлений; коническое кольцо из коррозионностойкого материала (рис. 20, б); полированную пластинку из коррозионностойкого материала размером не менее 100 × 100 мм.

Перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается металлический стержень прибора Вика, а также нулевое положение подвижной части.

Кольцо 8, предварительно протертое и смазанное минеральным маслом и установленное на полированную пластинку 9, заполняют тестом. Для чего отвешивают 200 г гипса, равномерно всыпают его в воду, количество которой соответствует нормальной густоте теста, и перемешивают массу ручной мешалкой (рис. 18, в) в течение 30 с. Приготовленное тесто быстро вливают в кольцо прибора, (рис. 20, б). Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо с пластинкой 4 – 5 раз встряхивают путём поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После этого излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.



**Рис. 19. Прибор Вика для определения нормальной густоты гипсового теста**

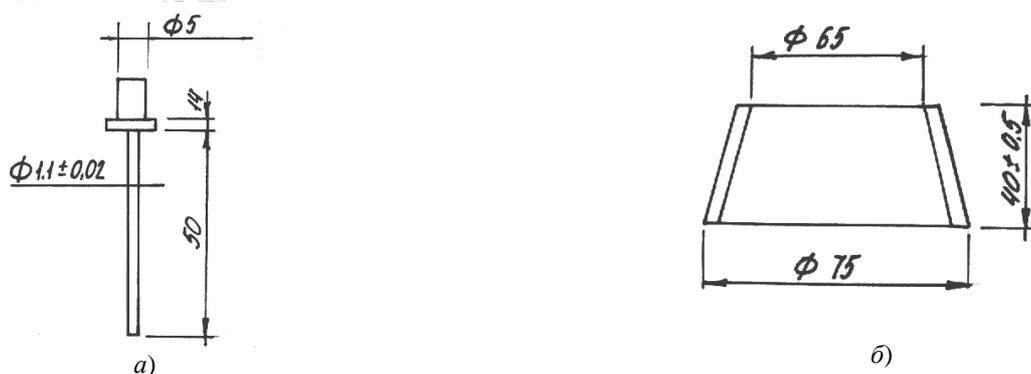


Рис. 20. а – игла; б – коническое кольцо

Подвижную часть прибора с иглой устанавливают в такое положение, при котором конец иглы 1 касается поверхности гипсового теста, а затем иглу свободно опускают в кольцо с тестом 8. Погружение производят один раз каждые 30 с, начиная с целого числа минут. После каждого погружения иглу тщательно вытирают, а пластинку вместе с кольцом передвигают так, чтобы игла при новом погружении попадала в другое место поверхности теста.

Начало схватывания определяют числом минут, истекших от момента добавления вяжущего к воде до момента, когда свободно опущенная игла после погружения в тесто первый раз не доходит до поверхности пластинки, а конец схватывания – когда свободно опущенная игла погружается на глубину не более 1 мм. Время начала и конца схватывания выражают числом минут и называют *сроком схватывания*. По срокам схватывания строительный гипс относят к одной из трёх группы А, Б, В (табл. 29).

### 29. Классификация гипсового вяжущего

Вид гипсового вяжущего	Индекс сроков твердения	Сроки схватывания, мин	
		начало, не ранее	конец, не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормальнотвердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	Не нормируется

Результаты испытаний записывают в табл. 30.

### 30. Результаты испытаний

Показатель	Значение показателя
Масса, г : гипса воды	
Время всыпания гипса в воду $T_1$	
Время, когда игла впервые не доходит до дна $T_2$	
Начало схватывания $T_2 - T_1$ , мин	
Время, когда игла погружается в тесто на глубину не более 1 мм, $T_3$	
Конец схватывания $T_3 - T_1$ , мин	

Вывод о виде гипсового вяжущего \_\_\_\_\_

Лабораторная работа 12

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ГИПСА

**Цель работы:** определение марки гипса.

Сущность метода заключается в определении минимальных нагрузок, разрушающих образец, а именно  $R_{сж}$  и  $R_{изг}$ .

Для проведения испытания необходимы:

- 1) чашка, изготовленная из коррозионностойкого материала;
- 2) линейка длиной 250 мм;
- 3) ручная мешалка (рис. 26);
- 4) мерный цилиндр вместимостью 1 л;
- 5) весы с погрешностью взвешивания не более 1 г;
- 6) формы из коррозионностойкого материала для изготовления образцов-балочек размерами  $40 \times 40 \times 160$  мм (рис. 21).

Продольная и поперечные стенки форм должны быть отшлифованы сверху и снизу и плотно лежать на основании. Угол между сторонами и дном формы должен составлять  $90 \pm 0,5^\circ$ . Габариты форм следует проверять не реже одного раза в шесть

месяцев. Если габариты форм отклоняются от номинальных размеров более чем на 0,5 мм по длине и на 0,2 мм по ширине и высоте, то формы нужно заменить;

7) прибор для определения прочности на сжатие, состоящий из двух металлических нажимных пластин (рис. 22) твёрдостью по Роквеллу не менее 61нс<sub>3</sub>; искривление пластин не должно превышать 0,05 мм;

8) пресс для определения предела прочности образцов при сжатии с предельной нагрузкой до 10 – 20 тс.

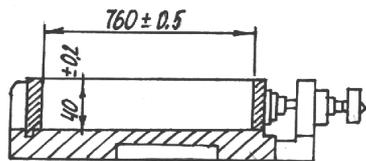


Рис. 21. Разъёмные формы для изготовления образцов

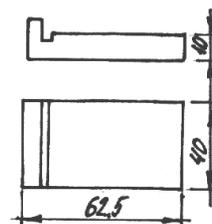


Рис. 22. Металлические пластины для определения прочности образцов на сжатие

Определение прочности образцов, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции, производят через два часа после контакта гипсового вяжущего с водой.

### Проведение испытания

Для изготовления образцов берут пробу гипсового вяжущего массой от 1,0 до 1,6 кг. Гипсовое вяжущее в течение 5 ... 20 с засыпают в чашку с водой, взятой в количестве, необходимом для получения теста стандартной консистенции. После засыпания вяжущего смесь интенсивно перемешивают ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородного теста, которым заливают форму. Предварительно внутреннюю поверхность металлических форм слегка смазывают минеральным маслом средней вязкости. Отсеки формы наполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлечённого воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего её поднимают за торцевую сторону на высоту 8 ... 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой, передвигая её по верхним граням формы перпендикулярно к поверхности образцов. Через 15 ± 5 мин после конца схватывания образцы извлекают из формы, маркируют и хранят в помещении для испытаний.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ

### Проведение испытания

Для проведения испытаний образец устанавливают на опоры прибора для испытания на изгиб таким образом, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении. Схема расположения образца на опорных валиках приведена на рис. 23.

Расчёт предела прочности  $R_{изг}$  производят по формуле

$$R_{изг} = \frac{3}{2} \frac{pl}{bh^2},$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка в МПа или кгс/см<sup>2</sup>;  $l$  – расстояние между опорами, 10 см;  $b$  – ширина образца, 4 см;  $h$  – высота образца, 4 см.

$$R_{изг} = 0,0234P, \text{ МПа } (\approx 0,234P, \text{ кгс/см}^2).$$

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое результатов трех испытаний. Результаты испытаний записывают в табл. 31.

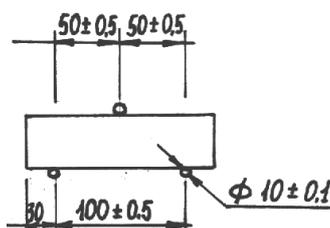


Рис. 23. Схема расположения образцов для определения  $R_{изг}$   
31. Результаты испытаний

№ образцов	Разрушающая нагрузка $P$ , Н (кгс)	Предел прочности при изгибе $R_{изг} = 0,0234 P$ (кгс/см <sup>2</sup> )
1		
2		
3		

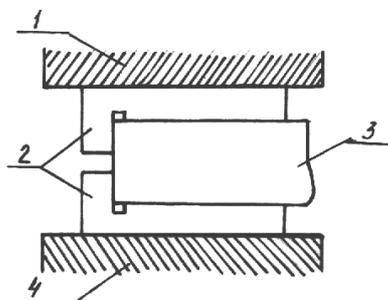
Далее находят  $R_{изг}$  среднее \_\_\_\_\_.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. Образцы помещают между двумя пластинами таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам форм, находились на плоскостях пластин, а упоры пластин плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца (рис. 24). Образец вместе с пластинами подвергают сжатию на прессе. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения должно составлять 5 ... 30 с, средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть  $10 \pm 5$  кгс/см<sup>2</sup> в секунду.

Предел прочности на сжатие одного образца определяют как частное от деления величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластины, равную 25 см<sup>2</sup>. Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов шести испытаний без наибольшего и наименьшего результатов.

Результаты испытаний записывают в табл. 32.



**Рис. 24. Схема испытания половинок балочек на сжатие:**  
1 – верхняя плита пресса; 2 – пластинки; 3 – половина образца;  
4 – нижняя плита пресса

### 32. Результаты испытаний

№ образца	Разрушающая нагрузка $P$ , Н (кгс)	Площадь стальной пластинки $A$ , см <sup>2</sup>	Предел прочности при сжатии $R_{сж} = P/A$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Определение предела прочности при сжатии образцов в возрасте 2 ч (после всыпания гипса в воду), МПа (кгс/см<sup>2</sup>),

$$R_{сж} = \frac{P}{A},$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка в кгс;  $A$  – площадь образца равна 25 см<sup>2</sup>.

Среднеарифметическое из четырёх (без наибольшего и наименьшего) результатов  $R_{сж} =$  \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>).

Полученные результаты испытания гипсовых образцов сравнивают с техническими требованиями стандарта, приведёнными в табл. 33 и определяют марку гипса.

### 33. Значения предела прочности гипсового вяжущего

Марка гипсового вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размерами 40 × 40 × 160 мм в возрасте 2 ч, не менее	
	при сжатии, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	при изгибе, МПа(кгс/см <sup>2</sup> )
Г-2	2(20)	1,2(12)
Г-3	3(30)	1,8(18)
Г-4	4(40)	2,0(20)
Г-5	5(50)	2,5(25)

Г-6	6(60)	3,0(30)
Г-7	7(70)	3,5(35)
Г-10	10(100)	4,5(45)
Г-13	13(130)	5,5(55)
Г-16	16(160)	6,0(60)
Г-19	19(190)	6,5(65)
Г-22	22(220)	7,0(70)
Г-25	25(250)	8,0(80)

Вывод о марке гипсового вяжущего \_\_\_\_\_.

### Лабораторная работа 13

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ГИПСА

**Цель работы:** определение водопоглощения гипса.

Для определения необходимы: сушильный шкаф; весы с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.

### Проведение испытания

Водопоглощение гипса определяют на трех образцах (половинках-балочках), предварительно высушенных до постоянной массы при температуре 318 ... 328 К (45 ... 55°C). Образцы взвешивают, помещают в горизонтальном положении в ванну и заливают до половины водой. Через 2 ч заливают водой полностью и выдерживают еще 2 ч. После этого образцы извлекают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают.

Водопоглощение гипса  $W$  в процентах определяют по формуле

$$W_m = \frac{(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})}{m_{\text{сух}}} 100\%, \quad V_0 = \frac{(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})}{V} 100\%,$$

где  $m_{\text{сух}}$  – первоначальная масса образца;  $m_{\text{нас}}$  – масса образца после насыщения водой;  $V$  – объём образца.

Величину водопоглощения определяют как среднее арифметическое результатов трёх определений.

Результаты испытаний записывают в табл. 34.

### 34. Результаты испытаний

№ образц а	Материал	$m_{\text{сух}}$ , Г	$m_{\text{нас}}$ , Г	Объём образца $V$ , см <sup>3</sup>	$W_m$ , %	$W_0$ , %
1						
2						
3						

Далее находят среднее значение водопоглощения по массе и объёму:  $\bar{W}_{\text{ср}m}$  – водопоглощение по массе \_\_\_\_\_ %;  $\bar{W}_{\text{ср}o}$  – водопоглощение по объёму \_\_\_\_\_ %.

### Лабораторная работа 14

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

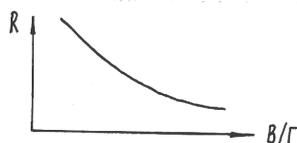
**Цель работы:** влияние различных факторов на физико-химические и механические свойства строительного гипса.

**Задание 1.** Изучение зависимости прочности гипса от водогипсового отношения.

Для гидратации полуводного гипса по уравнению  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  теоретически требуется 18,6% воды. Если затворить порошок гипса таким количеством воды, то получится рыхлая масса, напоминающая влажную землю. Такую смесь можно уложить в форму и уплотнить лишь с большим трудом, применяя прессование, трамбование и др. Практически для облегчения перемешивания и укладки в смесь вводят заведомо больше воды (45 ... 65%). Избыток воды сверх теоретически необходимого с течением времени испаряется и образуются поры. Чем больше вводится лишней воды, тем

больше образуется пор и тем более снизится прочность. Это правило является общим для всех конденсированных систем и, в частности, для искусственных материалов на основе вяжущих веществ.

В некотором интервале водогипсового отношения (отношения веса воды к гипсу) эту зависимость можно изобразить качественно в виде параболы (рис. 25)



**Рис. 25. Зависимость прочности  $R$  гипсового камня от водогипсового отношения ( $В/Г$ )**

Работа выполняется следующим образом: по заданию преподавателя устанавливаются 3–4 значения водогипсового отношения, готовится гипсовое тесто из расчёта 1200 г гипса и из каждого замеса заливаются по три образца-балок размером  $4 \times 4 \times 16$  см. Образцы испытываются, рассчитываются значения прочности и средние её значения, по которым строятся графики  $R_{изг} = f(В/Г)$ .

**Задание 2.** Исследовать влияние добавок на подвижность и скорость схватывания строительного гипса.

Исследования выполняются по стандартной методике при постоянном  $В/Г$ -отношении, соответствующем нормальной густоте гипса без добавки. Вид добавки устанавливается преподавателем, а её дозировки и способ введения указаны в табл. 35. Результаты испытаний представляются в виде таблицы, графика и анализируются.

### 35. Некоторые виды химических добавок и способы их введения

Наименование добавки	Дозировка, % от массы гипса (на сухое вещество)	Способ введения добавки
Индивидуальные добавки		
Сульфитно-дрожжевая бражка-СДБ, сульфитно-спиртовая барда – ССБ	0,5; 1,0; 1,5	с водой затворения
Хлорид натрия, сульфат натрия, нитрит натрия	0,1; 0,25; 0,5	с водой затворения
Молотая известь-кипелка	1; 2; 3	смешивается с водой
Порошок гипсового камня	1; 2; 3	смешивается с водой

**Задание 3.** Исследовать влияние добавок на прочность гипса при изгибе и сжатии.

Испытания проводят по ГОСТ 125–79 при постоянном  $В/Г$ -отношении. Вид добавки и сроки твердения назначаются преподавателем. Дозировки и добавки указаны в табл. 35. Полученные результаты представляются в виде таблиц, графиков и сопоставляются с гипсом без добавок.

## IV. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ. ЦЕМЕНТ

### Общие положения

Гидравлические вяжущие твердеют и длительно сохраняют прочность не только на воздухе, но и в воде. Они являются основным вяжущим при изготовлении бетонов. В данных работах приведены методики испытаний цементов.

Поступающие в лабораторию пробы цемента следует хранить до их испытания в сухом помещении. Перед испытанием цемент просеивают через сито с сеткой. Остаток на сите взвешивают и отбрасывают. Массу остатка в процентах, а также наличие комков, кусков различных материалов заносят в рабочий журнал. После просеивания цемент перемешивают.

Для приготовления и хранения цементных образцов применяют пресную питьевую воду. Температура помещения и воды в ванне хранения должна быть  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Рекомендуется цемент и песок отвешивать с точностью до 1 г., воду отмеривают мерным цилиндром с точностью до 0,5 мл. Не допускается применение алюминиевых и цинковых форм, лопаток.

*Лабораторная работа 15*

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА ЦЕМЕНТА

**Цель работы:** определение тонкости помола цемента.

### Проведение испытания

Для проведения испытаний необходимы сито с сеткой № 008; весы с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.

Навеску цемента в 50 г, предварительно высушенного в сушильном шкафу в течение 2-х часов при 105 ... 110°C, высыпают на сито № 008. Закрыв сито крышкой, производят механическое или ручное просеивание, которое значительно ускоряется при очистке нижней стороны сетки мягкой кистью. В конце опыта производят контрольное просеивание на бумагу. Просеивание считают законченным, если в течение одной минуты через сито проходит не более 0,05 г цемента. Тонкость помола в процентах определяется как удвоенный остаток цемента на сите № 008.

Тонкость помола цемента может быть определена также по удельной поверхности с помощью прибора типа ПСХ.

Оформление результатов просеивания см. ниже.

Масса цемента \_\_\_\_\_ г.

Время просеивания \_\_\_\_\_ мин.

Остаток на сите № 008 (5476 отв./см<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_ г. \_\_\_\_\_ %.

Прошло через сито № 008 \_\_\_\_\_ %.

Вывод о соответствии цемента требованиям ГОСТ: \_\_\_\_\_.

*Лабораторная работа 16*

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

**Цель работы:** изучение стандартных свойств цемента.

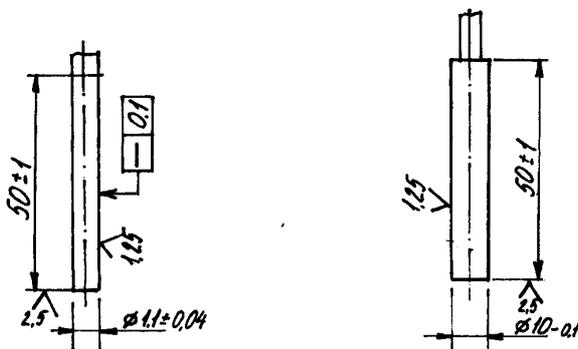
### Проведение испытания

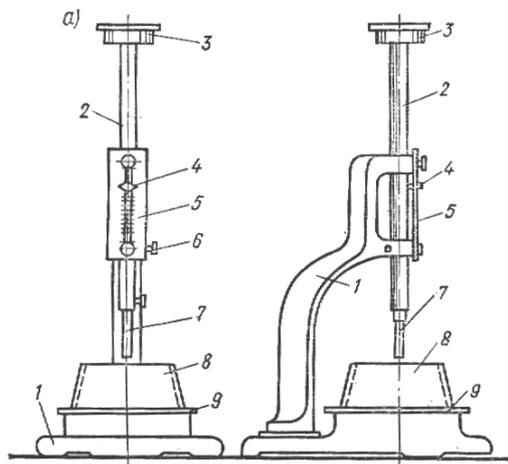
При проведении испытания используют: прибор Вика с пестиком, кольцо к прибору Вика, сферическая чашка для приготовления теста, лопатка для перемешивания, секундомер, технические весы с разновесами.

Прибор Вика имеет металлический стержень 2, свободно перемещающийся в обойме станины 1. Для закрепления стержня на требуемой высоте служит зажимной винт 6. Стержень снабжён указателем 4 для отсчёта перемещения его относительно шкалы 5, прикреплённой к станине и разделённой на миллиметры.

Шкалу прибора передвигают. Кольцо 8 и пластинку 9 протирают машинным маслом. После окончания перемешивания кольцо в один приём заполняют цементным тестом и уплотняют, постукивая пластинку о стол. Избыток теста срезают вровень с краями кольца влажным ножом или шпательем, и кольцо устанавливают под пестик 7 прибора Вика (рис. 26). Открывая винт 6, осторожно опускают пестик до соприкосновения с поверхностью теста и затем закрепляют его. После этого включают секундомер и одновременно отпускают винт 6. При этом пестик свободно погружается в тесто, и через 30 с по шкале прибора отмечают глубину погружения.

Если консистенция теста не соответствует нормальной густоте, то изменяют количество воды и готовят новую порцию теста с изменён-





**Рис. 26. Прибор Вика:**

1 – обойма станины; 2 – металлический стержень; 3 – добавочный груз; 4 – указатель; 5 – шкала; 6 – стопорное устройство, зажимной винт; 7 – пестик; а – игла; б – пестик

ным водоцементным отношением. Испытания проводят до тех пор, пока не будет получена нормальная густота цементного теста.

*Цементным тестом* называется смесь цемента с водой (без песка). Нормальной густотой цементного теста считают такую консистенцию его, при которой пестик прибора Вика, опущенный в кольцо, заполненное тестом, не доходит до дна кольца на 5 ... 7 мм.

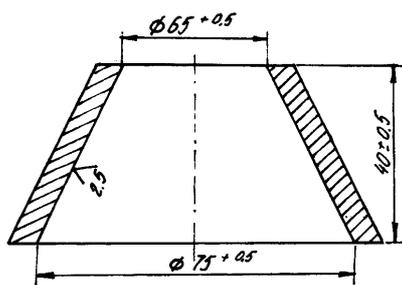
Нормальная густота характеризуется количеством воды затворения и выражается в процентах от массы цемента. Для различных видов цемента нормальная густота колеблется в некоторых пределах для портландцемента 21 ... 27%, шлакопортландцемента – 26 ... 30%, пуццоланового портландцемента – 30 ... 45%, глинозёмистого цемента – 31 ... 33%.

Для определения нормальной густоты цементного теста на технических весах отвешивают 400 г цемента. Навеску помещают в предварительно увлажнённую чашу, делают в середине углубление и в один приём вливают воду, отмеренную мерным цилиндром с точностью до 0,5 мм. Одновременно с приливанием воды включают секундомер. Углубление засыпают цементом и через 30 с. после приливания воды смесь цемента с водой сначала медленно перемешивают, а затем энергично растирают лопаткой во взаимно-перпендикулярных направлениях. Продолжительность перемешивания и растирания цемента с водой 5 мин. с момента приливания воды.

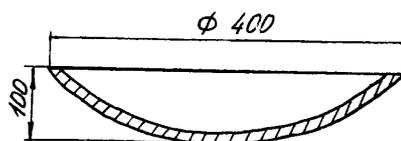
Перед началом опыта необходимо проверить свободно ли опускается металлический стержень, а также нулевое показание прибора.

При определении нормальной густоты теста в нижнюю часть стержня вставляется цилиндр-пестик 7, который должен иметь диаметр  $10 \pm 0,1$  мм, длину 50 мм. Масса перемещающейся части прибора составляет  $300 \pm 2$  г.

Кольцо к прибору Вика, чаша для затворений, лопатка для перемешиваний должны быть изготовлены из нержавеющей стали, а их форма и размеры соответствовать данным, указанным на рис. 27 – 29.



**Рис. 27. Кольцо к прибору Вика**



**Рис. 28. Чашка для затворения**

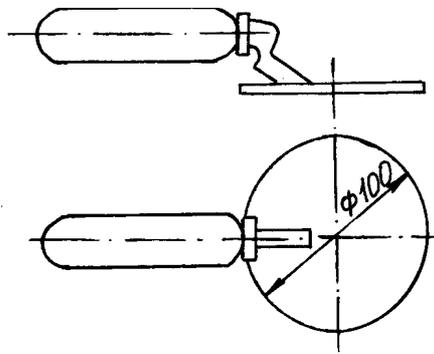


Рис. 29. Лопатка для перемешивания

Данные определения записывают по форме:

Прибор \_\_\_\_\_

Масса перемещающейся части прибора \_\_\_\_\_ г.

Размеры пестика: длина – \_\_\_\_\_ мм, диаметр – \_\_\_\_\_ мм.

Результаты испытаний записывают в табл. 36.

### 36. Результаты испытаний

Показатель	Номер замеса			
	1	2	3	4
Масса цемента, г				
Масса воды, г				
Процентное содержание воды в цементе, %				
Продолжительность перемешивания цемента с водой, мин				
Продолжительность погружения пестика в тесто, с				
Пестик не доходит до дна, мм				

Масса воды на 100 г цемента, необходимая для получения теста нормальной густоты \_\_\_\_\_ %.

### Лабораторная работа 17

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

**Цель работы:** определение сроков схватывания цементного теста.

#### Проведение испытания

Для проведения испытаний используются: прибор Вика с иглой; кольцо к прибору Вика; сферическая чаша для приготовления теста; секундомер; технические весы с разновесом.

Определение сроков схватывания цементного теста производят с помощью прибора Вика (рис. 26), где вместо пестика в стержне 2 закрепляется игла диаметром  $1,1 \pm 0,4$  мм и длиной 50 мм, а на верхнюю часть стержня накладывают дополнительный груз массой 27,5 г, чтобы сохранить общую массу стержня  $300 \pm 2$  г.

Прибор Вика перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается стержень, а также нулевое показание прибора, чистоту поверхности и отсутствие искривлений иглы (рис. 26, а).

Определение сроков схватывания производят на цементном тесте нормальной густоты, приготовленного и уложенного в кольцо. Кольцо помещают под иглу прибора так, чтобы острие иглы соприкасалось с поверхностью теста, закрепляют стержень винтом 6, а затем освобождают стержень, чтобы игла свободно погружалась в тесто. В начале опыта, пока тесто жидкое, во избежание сильного удара иглы о дно пластинки, допускается слегка её придерживать при погружении, чтобы игла не погнулась, по мере загустения теста игла должна свободно опускаться. Погружение иглы в тесто производят через каждые 10 мин, передвигая кольцо после каждого погружения для того, чтобы игла не падала на прежнее место. После каждого погружения иглу следует вытирать.

За начало схватывания цементного теста принимают время, истекшее от начала затворения цемента водой до момента, когда игла не доходит до пластинки на 1 – 2 мм.

За конец схватывания принимают время от начала затворения до момента, когда игла опускается в тесто не более чем на 1 – 2 мм.

Оформление результатов испытаний:

Начало схватывания \_\_\_\_\_ мин.

Конец схватывания \_\_\_\_\_ мин.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЁМА ЦЕМЕНТА

**Цель работы:** определение равномерности изменения объёма цемента.

### Проведение испытаний

Для проведения испытаний необходимы: ванна с гидравлическим затвором; бачок для испытания кипячением; чаша для затворения; секундомер; лопатка.

Ванны с гидравлическим затвором (рис. 30) изготавливают из коррозионностойкого материала (оцинкованная сталь) и предназначены для хранения образцов. Внутри ванны установлена решётка, под которой должна быть вода.

Бачок для испытания кипячением имеет объёмную решётчатую полку для образцов-лепёшек, которая находится на расстоянии не менее 5 см от дна бачка. Уровень воды в бачке перекрывает лепёшки на 4 – 6 см в течение всего времени кипячения.

Для испытания цемента на равномерность изменения объёма при твердении готовят тесто нормальной густоты (см. лаб. работу 16). Затем отвешивают две навески теста по 75 г и помещают каждую в виде шарика на стеклянную пластинку, предварительно протёртую машинным маслом. Пластинку слегка встряхивают о стол до образования лепёшек диаметром 7–8 см и толщиной в середине около 1 см. Поверхность лепёшек заглаживают влажным ножом от наружных краёв к центру.

Приготовленные лепёшки хранят в течение  $24 \pm 2$  ч с момента изготовления в ванне с гидравлическим затвором (рис. 30). Затем лепёшки снимают с пластинки и кладут на решётку бачка с водой. Воду в бачке доводят до кипения, которое поддерживает в течение 3 ч, после чего лепёшки в бачке охлаждают и сразу производят их внешний осмотр.

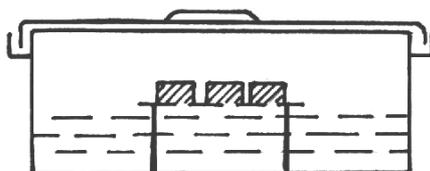


Рис. 30. Ванна с гидравлическим затвором

Цемент принимается доброкачественным, если на лицевой поверхности лепёшки не обнаружено радиальных трещин, доходящих до краёв лепёшки, также мелких трещин, невидимых невооружённым глазом или в лупу, а также каких-либо искривлений (рис. 31, 32).

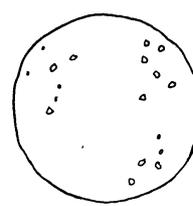
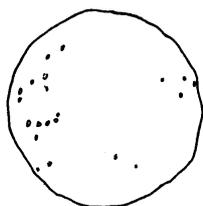


Рис. 31. Лепёшки, выдержавшие испытания на равномерность  
изменения объёма

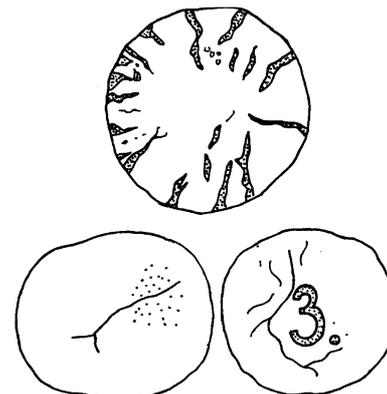
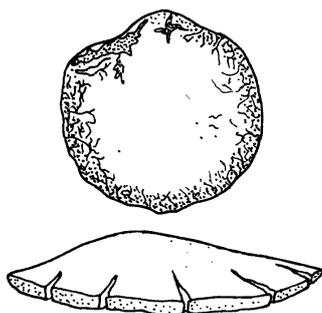


Рис. 32. Лепёшки, не выдержавшие испытания на равномерность

## изменения объёма

Данные определения равномерности изменения объёма цементного теста при твердении записывают по форме:

Масса:

цемента \_\_\_\_\_ г.

воды \_\_\_\_\_ г.

теста на одну лепёшку \_\_\_\_\_ г.

Количество лепёшек \_\_\_\_\_

Размер лепёшки : диам.=\_\_\_\_\_ см,  $H$  =\_\_\_\_\_ см.

Условия хранения лепёшек до испытания \_\_\_\_\_

Результаты осмотра лепёшек после 3 ч кипячения в воде \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

Лабораторная работа 19

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ЦЕМЕНТА

**Цель работы:** изучение методов испытания цемента для определения его марки, сравнение полученных результатов с требованиями ГОСТ.

### Проведение испытания

Для проведения испытания необходимы: мешалка для перемешивания цементного раствора; встряхивающий столик; формы – конус; штыковка; формы для изготовления образцов-балочек.

Образцы для испытаний на прочность изготавливают из цементного раствора, т.е. из смеси цемента, песка и воды.

Для определения прочностных характеристик цемента изготавливают образцы размером  $40 \times 40 \times 160$  мм из цементного раствора состава 1:3 по массе. Водоцементное отношение при этом должно быть не менее 0,40 ( $B/C > 0,40$ ), а консистенция, определяемая на встряхивающем столике по расплыву конуса, должна быть в пределах 106 ... 115 мм после 30 встряхиваний.

От размера зёрен песка и содержания в нём примесей зависит консистенция раствора и прочность образцов, поэтому для приготовления цементного раствора при испытании на прочность применяется нормальный песок, добытый из карьера близ станции Приволжск и отвечающий требованиям. Нормальным (вольским) песком считается кварцевый песок с крупностью зёрен 0,5 ... 0,9 мм и постоянным зерновым составом.

Для испытания отвешивают 1500 г нормального песка и 500 г цемента, высыпают в сферическую чашку и перемешивают лопаточкой в течение 1 мин. Затем отмеряют 200 мм воды ( $B/C = 0,40$ ) и вливают её в лунку в центре сухой смеси. После этого, как вода впитается, ещё раз перемешивают смесь 1 мин. Затем раствор переносят в мешалку и перемешивают в ней в течение 2,5 мин.

Приготовленный раствор укладывают в конус встряхивающего столика в два приёма (рис. 33). Нижний слой уплотняют металлической штыковкой 15 раз, верхний – 10 раз. После уплотнения верхнего слоя излишек раствора срезают ножом вровень с краями конуса. Затем конус снимают в вертикальном положении и встряхивают раствор на столике 30 раз в течение 30 секунд.

Расплыв конуса измеряют по нижнему основанию штангенциркулем или металлической линейкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Если консистенция раствора ниже 106 мм или более 115 мм раствор готовят заново, увеличив или уменьшив количество воды, взятой при затворении.

Из раствора нормальной консистенции формуют три образца-балочки.

Уплотнение раствора производят на виброплощадке. Растворную смесь укладывают в формы слоем в 1 см и включают виброплощадку. Затем в течение 3 мин вибрируют, а затем виброплощадку выключают, выравнивают поверхности образцов и маркируют. Готовые образцы в формах хранят  $24 \pm 2$  ч в ванне с гидравлическим затвором (рис. 30). Затем образцы расформовывают и укладывают горизонтально в ванне с водой.

Через 28 суток с момента изготовления образцы вынимают из воды, насухо вытирают и подвергают испытанию.

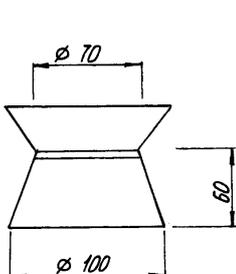


Рис. 33. Конус встряхивающего столика

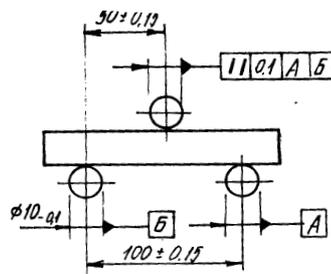


Рис. 34. Схема расположения образца на опорных элементах

**Предел прочности при изгибе** определяют, испытывая образцы-балочки на изгиб, а предел прочности при сжатии, испытывая половинки сломанных образцов-балочек на сжатие. Обычно на изгиб образцы испытывают на машине МИИ-100,



минеральными добавками	–	55	60	62	65	–	400	500	550	600
Быстротвердеющий портландцемент	–	55	60	–	–	–	400	500	–	–
Шлакопорт-ландцемент	45	55	60	–	–	300	400	500	–	–
Быстротвердеющий шлакопортландцемент	–	55	–	–	–	–	400	–	–	–

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какого окисла содержится больше всего в химсоставе портландцемента?
2. Из какого сырья получают портландцементный клинкер?
3. Что происходит в каждой из шести зон вращения печи при обжиге портландцементного клинкера?
4. Какой клинкерный минерал преобладает в составе портландцемента?
5. Какой клинкерный минерал при гидротации выделяет больше всего тепла?
6. Какой клинкерный минерал придаёт портландцементу высокую прочность и быстроту твердения?
7. Какой из минералов портландцементного клинкера твердеет наиболее медленно?
8. Какой из продуктов гидротации придаёт портландцементу раннюю высокую прочность?
9. Какая составляющая затвердевшего портландцемента подвержена первому типу коррозии?
10. Какая составляющая затвердевшего портландцемента подвержена третьему типу коррозии?
11. В каком виде портландцемента содержание  $C_3A$  должно быть наименьшим?
12. В каком виде портландцемента содержание  $C_3A$  должно быть наибольшим?
13. С какой целью в вяжущие добавляют 2 ... 3% гипсового камня?

### РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ (ГОСТ)

#### 1. ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Цементы. Общие технические условия 30515–97.

Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия 10178–85.

Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые. Технические условия 969–91.

Цемент гипсоглиноземистый расширяющийся 11051–74.

Цементы сульфатостойкие. Технические условия 22266–94.

Цемент для строительных растворов. Технические условия 25328–82.

Портландцементы белые. Технические условия 965–89.

Добавки для цементов. Классификация 24640–91.

Цементы. Методы испытаний. Общие положения 310.1–76.

Цементы. Методы определения тонкости помола 310.2–76.

Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объёма 310.3–76.

Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии 310.4–81.

Песок стандартный для испытания цемента 6139–91.

Известь строительная. Технические условия 9179–77.

Известь строительная. Методы испытаний 22688–77.

Вяжущие гипсовые. Технические условия 125–79.

Вяжущие гипсовые. Методы испытаний 23789–79.

#### 2. СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Кирпич и камни силикатные. Технические условия 379–95.

Кирпич и камень керамические. Технические условия 530–2007.

Кирпич и камни керамические лицевые. Технические условия 7484–78.

Камни стеновые из горных пород. Технические условия 4001–84.

Камни бетонные стеновые. Технические условия 6133–84.

Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия 22263–76.

Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний 9758–86.

Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия 9757–90.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В строительных лабораториях проводят испытания самых разнообразных по назначению, структуре и составу материалов. Современные лаборатории строительных материалов помимо традиционного оборудования (весов, измерительных приборов, прессов, разрывных машин) оснащаются новейшими приборами и установками, например ультразвуковыми приборами, позволяющими оценить прочность изделий без разрушения, камерами погоды, с помощью которых оценивается долговечность материалов в разных климатических условиях и т.п.

Постоянное расширение номенклатуры строительных материалов находит отражение в оснащении и номенклатуре испытаний, проводимых строительными лабораториями.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительные материалы : учебник / В.Г. Микульский и др. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 531 с.
2. Горчаков, Г.И. Строительные материалы : учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М. : Стройиздат, 1986. – 688 с.
3. Воробьев, В.А. Строительные материалы : учебник / В.А. Воробьев, А.Г. Комар. – М. : Стройиздат, 1976. – 478 с.
4. Комар, А.Г. Строительные материалы : учебник / А.Г. Комар. – М. : Стройиздат, 1983.
5. Рыбьев, И.А. Общий курс строительных материалов : учебник / И.А. Рыбьев. – М. : Высш. шк., 1987. – 583 с.
6. Домокеев, А.Г. Строительные материалы / А.Г. Домокеев. – М. : Высш. шк., 1989. – 494 с.
7. Строительные материалы : справочник / под ред. А.С. Болдырева, П.П. Золотова. – М. : Стройиздат, 1989.
8. Попов, Л.Н. Строительные материалы и изделия : учебник / Л.Н. Попов, Н.Л. Попов. – М. : ГУПЦПП, 2000. – 384 с.
9. Комар, А.Г. Строительные материалы и изделия / А.Г. Комар. – М. : Высш. шк. 1988. – 527 с.
10. Попов, Л.Н. Строительные материалы и детали : лабораторный практикум / Л.Н. Попов. – М. : Стройиздат, 1988. – 221 с.
11. Кальгин, А.А. Лабораторный практикум / А.А. Кальгин, Ф.Г. Сулейманов. – М. : Высш. шк., 1994. – 271 с.
12. Баженов, Ю.М. Технология бетона. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 499 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ

.....	3
.....	
<b>I. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
.....	4
Лабораторная работа 1. Определение средней плотности материалов	
.....	4
Лабораторная работа 2. Определение истинной плотности строительных материалов	
.....	7
Лабораторная работа 3. Определение насыпной плотности строительных материалов	
.....	11
Лабораторная работа 4. Определение прочности материалов	
.....	14
Лабораторная работа 5. Водопоглощение и водостойкость материалов	
.....	16
Лабораторная работа 6. Определение зернового состава и модуля крупности песка	
.....	20
Лабораторная работа 7. Определение зернового состава крупного заполнителя	
.....	23
Вопросы для самопроверки	
.....	28
<b>II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
.....	30
Лабораторная работа 8. Определение качественных показателей керамического кирпича	
.....	30
Лабораторная работа 9. Определение качественных показателей силикатного кирпича	
.....	49
Вопросы для самопроверки	
.....	57
<b>III. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА</b>	
.....	58
Лабораторная работа 10. Определение нормальной густоты гипсового теста (стандартной концентрации)	
.....	58
Лабораторная работа 11. Определение сроков схватывания гипсового теста (стандартной концентрации)	
.....	61
Лабораторная работа 12. Определение марки гипса	
.....	63

Лабораторная работа 13. Определение водопоглощения гипса .....	68
Лабораторная работа 14. Изучение зависимости прочности гипса от водо-гипсового отношения .....	68
IV. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ. ЦЕМЕНТ .....	80
Лабораторная работа 15. Определение тонкости помола цемента	80
Лабораторная работа 16. Определение нормальной густоты цементного теста .....	81
Лабораторная работа 17. Определение сроков схватывания цементного теста .....	85
Лабораторная работа 18. Определение равномерности изменения объема цемента .....	86
Лабораторная работа 19. Определение марки цемента .....	88
Вопросы для самопроверки .....	91
РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ .....	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	93
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	94