

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Порохня Андрей Алексеевич  
Должность: и.о. директора Инженерного института  
Дата подписания: 25.05.2026 11:05:44  
Уникальный программный ключ:  
d94018a474b95fbf76811fe9168b8749995b3bfb

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Колледж СКФУ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям

по дисциплине ОП.10 Строительные материалы и изделия

для студентов направления подготовки

08.02.14 Эксплуатация и обслуживание многоквартирного дома

Ставрополь

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

**Цель работы:** ознакомление с испытательным оборудованием, средствами измерений, методикой проведения испытаний по определению физических показателей качества и определения основных физических характеристик строительных материалов в соответствии с нормативной документацией (по ГОСТ МУ и ГОСТ ТУ).

## Теоретическая часть

Каждый строительный материал имеет различные названия, состав, строение (или структуру) и показатели свойств. **Свойство** – это отдельная характеристика материала или изделия, проявляющаяся в процессе его переработки, применения и эксплуатации. *Свойства определяют область рационального применения и возможность его сочетания с другими материалами.*

Основные свойства строительных материалов зависят от их химического состава и структуры (строения).

В зависимости от химического состава строительные материалы принято делить на:

- **органические** (древесина, битумные материалы, пластмассы);
- **минеральные** (природный камень, бетон, керамика и т.п.);
- **металлические** (сталь, чугун, цветные металлы).

У каждой из этих групп материалов есть свои специфические свойства. Так, органические материалы не выдерживают высоких температур и горят. Минеральные материалы, напротив, имеют значительно более высокие температуры применения, а металлы хорошо проводят электрический ток и тепло.

Не меньше, чем химический состав, на свойства материала влияет его строение. При одном и том же химическом составе материалы различного строения обладают разными свойствами. Например, мел и мрамор — две горные породы, состоящие из карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ , но пористый рыхлый мел имеет низкую прочность и легко размокает в воде, а плотный мрамор прочен и стоек к действию воды.

Исходя из условий работы материала в сооружении, строительные материалы можно разделить по назначению на две группы.

**Первую группу** составляют **конструкционные материалы**:

1) природные каменные материалы (например гранит, базальт, известняк, песчаник, мрамор);

2) искусственные каменные материалы, получаемые на основе минеральных вяжущих веществ без обжига (например бетоны, строительные растворы);

3) искусственные каменные материалы, получаемые обжигом минерального сырья (например керамические кирпичи и камни, стекло);

4) металлы (например сталь и ее сплавы, алюминий и его сплавы и др.);

5) конструкционные пластмассы (например стеклопластики);

6) материалы из древесины.

**Вторая группа** объединяет строительные материалы **специального назначения**. Они необходимы для защиты конструкций от вредных воздействий окружающей среды, создания комфорта, а также для повышения надежности зданий при эксплуатации. К ним относятся строительные материалы:

1) теплоизоляционные (например минеральная вата, пенопласты, ячеистые бетоны, пеностекло);

2) акустические (например легкие и ячеистые бетоны, пористые пластмассы, изделия из древесины, тканевые и мембранные материалы на основе минеральных и органических волокон);

3) кровельные и гидроизоляционные (например рулонные битумные материалы, полимерные пленки и мембраны, битумные и полимерные и битумно-полимерные мастики);

4) герметизирующие (например герметики на основе полиуретанов и кремнийорганических соединений);

5) отделочные (например лакокрасочные, облицовочные материалы);

6) антикоррозионные (например мастики на основе битумных и полимерных композиций) и др.

## 1. Состав и строение строительных материалов

Строительные материалы характеризуются химическим и минеральным составами.

**Химический состав** определяет содержание в материале химических элементов или их оксидов и позволяет оценить свойства материала: например огнестойкость, биостойкость, а также механическую прочность и другие характеристики.

**Минеральный состав** показывает, какие минералы и в каком количестве содержатся, например, в вяжущем веществе или в каменном материале, и определяет многие свойства материала.

*Строение материала изучают на трех уровнях:*

1) макроуровне;

2) микроуровне;

3) молекулярно-ионном уровне, изучаемом методами рентгенографического анализа, электронной микроскопии и т.п.

**Структура или строение материалов.** Под структурой материалов подразумевают взаимное расположение, форму и размеры частиц материала,

пор, их размер и характер. Различают **микроструктуру** – строение материала, видимое только под микроскопом, и **макроструктуру** – строение, видимое невооруженным глазом или при небольшом увеличении.

Макроструктура может быть следующих типов: *конгломератная, ячеистая, мелкопористая, волокнистая, слоистая, рыхлозернистая или порошкообразная.*

**Конгломератная структура** характерна для материалов, зерна которых соединены цементирующим веществом. Это характерно для некоторых природных каменных материалов, бетона и др.

**Ячеистая структура** характеризуется наличием макропор: например в газо- и пенобетонах, ячеистых стекле и пластмассах.

Мелкопористая структура свойственна, например, цементному камню, мелкозернистым бетонам, керамическим материалам, полученным способами высокого водозатворения или введения выгорающих добавок.

**Волокнистая и слоистая структура** характерна для материалов, состоящих из волокон; слоистая — из слоев. Волокнистая структура присуща древесине, изделиям из минеральной ваты и др. Слоистую структуру имеют листовые, плитные материалы (например фанера, пластики).

Для волокнистых и слоистых материалов характерно явление анизотропии, то есть наличие различных свойств в разных направлениях.

**Рыхлозернистая структура** характерна для материалов, состоящих из отдельных, несвязанных зерен (песок, гравий и др.).

**Микроструктура веществ**, составляющих материал, может быть **кристаллической и аморфной.**

**Кристаллическими** называют материалы, состоящие из кристаллов (минералов), в каждом из которых расположение атомов, ионов, молекул имеет присущую ему кристаллическую решетку и трехмерную периодичность во всем объеме (в дальнем порядке).

**Аморфными** называют тела, в которых только ближайšie друг к другу атомы находятся в более или менее упорядоченном расположении; дальний же порядок отсутствует.

Неодинаковое строение кристаллических и аморфных веществ определяет и различие в свойствах. Аморфные вещества химически более активны, чем кристаллические такого же состава. Существенное различие между аморфными и кристаллическими веществами состоит в том, что кристаллические вещества при нагревании (при постоянном давлении) имеют определенную температуру плавления, а аморфные — размягчаются и постепенно переходят в жидкое состояние. Прочность аморфных веществ, как правило, ниже кристаллических, поэтому для получения материалов повышенной прочности специально проводят кристаллизацию.

**Внутреннее строение** веществ, составляющих материал, определяет механическую прочность, твердость и другие важные свойства материала.

## 2. Физико-механические свойства строительных материалов

Физико-механические свойства зависят от состава, структуры материала и являются показателями качества. Они характеризуют его поведение под действием физических факторов (нагрузки, воды, высоких и низких температур и т.п.).

### 2.1. Параметры состояния материала

Каждый строительный материал имеет параметры состояния в момент его осмотра или исследования. К ним относятся: плотность, пористость и влажность.

**Плотность**  $[\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3]$  – физическая величина, определяемая массой единицы объема материала.

Любой материал состоит из твердого вещества и пор (за исключением абсолютно плотных материалов: например металлов). Поэтому объем материала в естественном состоянии ( $V_e$ ) складывается из объема вещества в абсолютно плотном состоянии ( $V_a$ ) и объема пор ( $V_n$ ):

$$V_e = V_a + V_n.$$

**Средняя плотность материала**  $\rho_m$   $[\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3]$  — масса единицы объема материала в естественном состоянии (т.е. с учетом пор, пустот, трещин и т.п.):

$$\rho_m = m/V_e. \quad (1)$$

Следовательно, средняя плотность материала меняется в зависимости от его структуры.

**Истинная плотность**  $\rho$   $[\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3]$  — масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (без пор, пустот, трещин и т.п.):

$$\rho = m/V_a. \quad (2)$$

Таким образом, истинная плотность характеризует твердый каркас материала и является его постоянной величиной.

Для сыпучих материалов (песка, щебня, гравия, цемента и т.п.) иногда используется понятие «насыпной плотности».

**Насыпная плотность**  $\rho_n$   $[\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3]$  — масса единицы объема рыхло насыпанных зернистых материалов (с учетом пор в каждом зерне и межзерновых пустот).

Часто среднюю плотность материала относят к плотности воды при температуре 4 °С, равной 1 г/см<sup>3</sup> или 1000 кг/м<sup>3</sup>, и тогда получается безразмерная величина, которую называют **относительной плотностью d**:

$$d = \rho_m / \rho_{\text{воды}} \quad (3)$$

Строение пористого материала характеризуется общей, открытой и закрытой пористостью, распределением пор по их диаметрам и удельной поверхностью пор.

**Пористость П [%]** — степень заполнения объема материала порами:

$$P = V_n / V_e \quad (4)$$

Обычно пористость рассчитывают, исходя из средней и истинной плотности материала:

$$P = \frac{\rho - \rho_m}{\rho} \times 100 \% = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \times 100 \% \quad (5)$$

Пористость материала характеризуют не только с количественной стороны, но и с качественной, т.е. по характеру пор: открытые и закрытые, мелкие (размером в сотые и тысячные доли миллиметра) и крупные (от десятых долей миллиметра до 2...5 мм).

Пористость строительных материалов колеблется в пределах от 0 до 90...98 % (см. табл. 1).

Таблица 1 – Истинная плотность, средняя плотность и пористость некоторых строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		Пористость, %
	истинная	средняя	
Сталь	7800...7900	7800...7900	0
Гранит	2700...2800	2700...2800	0,5...1
Тяжелый бетон	2600...2700	2200...2500	8...12
Кирпич	2500...2600	1400...1800	25...45
Древесина	1500...1550	400...800	45...70
Пенопласты	950...1200	20...100	90...98

**Открытая пористость P<sub>о</sub>** — отношение суммарного объема всех пор, насыщающихся водой ( $V_{\text{воды}}$ ), к объему материала в сухом состоянии ( $V_{\text{сух}}$ ):

$$P = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{сух}}} = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{V_e \times \rho_{\text{воды}}} \times 100 \% \quad (6)$$

где  $m_{\text{нас}}$  — масса материала в водонасыщенном состоянии [г, кг];

$m_{\text{сух}}$  — масса сухого материала [г, кг].

Открытые поры сообщаются между собой и с окружающей средой, поэтому при погружении образцов материала в воду они насыщаются водой. Открытые поры увеличивают проницаемость и водопоглощение материала и ухудшают его морозостойкость.

Закрытая пористость  $P_3$  характеризует объем замкнутых, не сообщающихся между собой и с окружающей средой пор:

$$P_3 = P - P_o \quad (7)$$

Увеличение объема закрытых пор в материале способствует снижению его водопоглощения, повышению морозостойкости и долговечности материала.

Таким образом, от пористости зависят: водопоглощение, теплопроводность, акустические свойства, морозостойкость, прочность и др.

В ряде случаев для технических расчетов определяют **коэффициент плотности  $K_{пл}$**  [%], характеризующий степень заполнения объема материала твердым веществом:

$$K_{пл} = \frac{\rho m}{\rho} \times 100 \% \quad (8)$$

**Влажность  $W$**  [%] — содержание влаги в материале в данный момент, отнесенное к единице массы материала в сухом состоянии:

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \% \quad (9)$$

где  $m_{\text{вл}}$  — масса материала в естественном состоянии [г, кг];

$m_{\text{сух}}$  — масса материала, высушенного до постоянной массы [г, кг].

**Удельная поверхность** — одна из важнейших характеристик порошковых материалов, определяющая активность протекания физико-химических процессов, многие технологические свойства, взаимодействие с окружающей средой и т.д.

Например, знание величины  $S_{уд}$  необходимо в тех случаях, когда в технологическом процессе «работает» именно поверхность сыпучих (зерновых или порошкообразных) строительных материалов с другим веществом, (гипс с водой, цемент с водой)

Удельной поверхностью называют площадь, которую имеет 1 грамм (или килограмм) того или иного вещества.

Обозначают эту величину как  $S_{уд}$ , ее размерность (см<sup>2</sup>/г) или (см<sup>2</sup>/кг).

## 2.2. Гидрофизические свойства

Гидрофизические свойства определяют отношение материала к действию воды и водяного пара.

Гигроскопичность  $H$  [%] — свойство материала поглощать водяной пар из воздуха:

$$H = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \%, \quad (10)$$

где  $m_{\text{вл}}$  — масса увлажненного образца [г, кг];

$m_{\text{сух}}$  — масса образца после высушивания [г, кг].

Поглощение влаги из воздуха обусловлено адсорбцией водяного пара на внутренних поверхностях пор и капиллярной конденсацией. Этот процесс называется **сорбцией**. Древесина, теплоизоляционные, стеновые и другие пористые материалы обладают развитой внутренней поверхностью пор и поэтому высокой сорбционной способностью.

**Водопоглощение** (%) — способность материала поглощать и удерживать воду после водонасыщения.

Водопоглощение выражают отношением количества поглощенной воды к массе сухого материала (**водопоглощение по массе  $W_m$** ) или степенью заполнения объема материала водой (**водопоглощение по объему  $W_o$** ).

Водопоглощение  $W_m$  и  $W_o$  определяют по формулам:

$$W_m = \frac{m_{\text{воды}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \% = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \%; \quad (11)$$

$$W_o = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{сух}}} = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{V_{\text{сух}} \times \rho_{\text{воды}}} \times 100 \% = W_m \times d, \quad (12)$$

где  $m_{\text{нас}}$  — масса материала в насыщенном водой состоянии [г];

$m_{\text{сух}}$  — масса сухого материала [г];

$V_{\text{сух}}$  — объем материала в сухом состоянии [см<sup>3</sup>];

$\rho_{\text{воды}}$  — плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>.

$d$  — относительная плотность материала.

Водопоглощение отрицательно влияет на основные свойства материала: увеличивается средняя плотность, материал набухает, его теплопроводность возрастает, а прочность и морозостойкость уменьшаются.

**Коэффициент насыщения пор водой  $K_n$**  — отношение водопоглощения по объему к общей пористости материала:

$$K_n = W_o / P, \quad (13)$$

Коэффициент насыщения позволяет оценить структуру материала. Он может изменяться от 0, когда все поры в материале замкнуты, до 1, когда все поры открыты, т.е. водопоглощение по объему равно пористости. Уменьшение  $K_n$  (при постоянной общей пористости) свидетельствует о сокращении открытой пористости и повышении морозостойкости материала.

**Водонепроницаемость** — способность материала не пропускать воду под давлением.

Водонепроницаемость материала (например бетона) характеризуется маркой по водонепроницаемости, обозначающей одностороннее гидростатическое давление (в атм = кгс/см<sup>2</sup>), при котором бетонный образец-цилиндр не пропускает воду в условиях стандартного испытания. Марка по водонепроницаемости обозначается: W2, W4, W6 ... W24.

**Водостойкость** — способность материала, насыщенного водой, сохранять свою прочность. Водостойкость материала характеризуется **коэффициентом размягчения**:

$$K_p = R_{\text{нас}} / R_{\text{сух}}, \quad (14)$$

где  $R_{\text{нас}}$  — предел прочности материала в насыщенном водой состоянии [МПа];

$R_{\text{сух}}$  — предел прочности материала в сухом состоянии [МПа].

Коэффициент размягчения  $K_p$  определяется для материалов несущих конструкций. Материал считается водостойким при  $K_p \geq 0,8$ . В этом случае их разрешается применять в местах с повышенной влажностью без специальных мероприятий по защите от увлажнения.

***Паропроницаемость и сопротивление паропроницанию.***

Паропрopusкающая способность материала характеризуется паропроницаемостью и сопротивлением паропроницанию.

**Паропроницаемость** — величина, численно равная количеству водяного пара (в мг), проходящего за 1 ч через слой материала площадью 1 м<sup>2</sup> и толщиной 1 м при условии, что температура воздуха у противоположных сторон слоя одинаковая, а разность парциальных давлений водяного пара равна 1 Па.

**Сопротивление паропроницанию**  $R_{\text{п}}$  [м<sup>2</sup>·ч·Па/мг] — показатель, характеризующий разность парциальных давлений водяного пара (в Па) у противоположных сторон изделия с плоскопараллельными сторонами, при которой через изделие площадью 1 м<sup>2</sup> за 1 ч проходит 1 мг водяного пара при равенстве температуры воздуха у противоположных сторон изделия; величина, численно равная отношению толщины слоя испытуемого материала к значению паропроницаемости.

**Влажностные деформации** — изменение размеров и объема материала при изменении влажности.

**Усадка (усушка)** — уменьшение размеров и объема материала при его уменьшении влажности (высыхании) [мм/м, %].

**Набухание (разбухание)** — увеличение размеров и объема материала при увлажнении или полном насыщении материала водой [мм/м, %].

Влажностные деформации вызывают растрескивание и оказывают отрицательное влияние на материал конструкции. Показатели, например, усадки цементных материалов (бетонов, растворов) нормативно ограничивают.

**Морозостойкость** — способность материала в водонасыщенном состоянии выдерживать циклы многократного замораживания и оттаивания без внешних признаков разрушения, снижения массы и прочности свыше нормативных значений.

Морозостойкость может быть также определена ускоренными методами, например насыщением материалов в растворах солей.

В зависимости от числа циклов замораживания-оттаивания, которые выдержал материал, устанавливается его **марка по морозостойкости** (F15, F25, F35, F50, F100, F125, F150, F175, F200, F300, F400, F500 и более).

Один цикл испытания включает замораживание насыщенного водой образца в течение 4 ч при температуре  $-18 \pm 2$  °С в морозильной камере с последующим оттаиванием при температуре  $+18 \dots 20$  °С в воде.

Разрушение при таких циклических воздействиях знакопеременных температур связано как с появлением в нем растягивающих напряжений при образовании льда в порах материала, так и со всесторонним гидростатическим давлением воды. Увеличение объема при образовании льда составляет около 9 %.

Морозостойкость зависит главным образом от структуры материала — объема открытых пор, величины общей пористости, равномерности распределения пор по объему материала и их размеров.

Срок службы строительных материалов и конструкций, подвергающихся действию знакопеременных температур и воды, во многом обусловлен их морозостойкостью.

### 2.3. Теплофизические свойства

Теплофизические свойства материала обеспечивают поддержание комфортной температуры в жилых зданиях и требуемого теплового режима на промышленных объектах, в трубопроводах и т.п.

**Теплоемкость**  $C$  [Дж/(кг·°С)] — способность материала поглощать тепло при нагревании.

Показателем теплоемкости служит удельная теплоемкость  $c$ , равная количеству теплоты, необходимой для нагревания материала массой 1 кг на 1 °С:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}, \quad (15)$$

где  $Q$  — количество теплоты [Дж];

$m$  — масса материала [кг];

$\Delta t$  — повышение температуры [°С].

Теплоемкость неорганических строительных материалов, например бетона, кирпича, природных каменных материалов, находится в пределах от 0,75 до 0,92 кДж/(кг·°С); теплоемкость стали — 0,48 кДж/(кг·°С); древесины — 2,39...2,72 кДж/(кг·°С). Наибольшую теплоемкость имеет вода — 4,19 кДж/(кг·°С), поэтому с увеличением влажности материалов теплоемкость

увеличивается. Это приводит к повышению затрат на отопление жилых зданий.

**Теплопроводность** — способность материала передавать тепло от одной поверхности к другой.

Теплопроводность материала характеризуется **коэффициентом теплопроводности**  $\lambda$  [Вт/(м·°С)] — количеством теплоты, которое способен передать материал через 1 м<sup>2</sup> поверхности при толщине 1 м и разности температур на поверхностях 1 °С в течение 1 с:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{A \cdot \Delta t \cdot \tau}, \quad (16)$$

где Q — количество теплоты [Дж];

$\delta$  — толщина материала [м];

A — площадь поверхности [м<sup>2</sup>];

$\Delta t$  — разность температур [°С];

$\tau$  — продолжительность прохождения тепла [с].

Теплопроводность материала зависит от его пористости и влажности. С повышением пористости теплопроводность материала снижается, т.к. в порах содержится воздух, теплопроводность которого невелика:  $\lambda_{\text{возд}} = 0,024$  Вт/(м·°С).

При увлажнении материала его теплопроводность, наоборот, резко увеличивается, т.к. по сравнению с воздухом вода в 25 раз лучше пропускает тепло:  $\lambda_{\text{воды}} = 0,58$  Вт/(м·°С).

Теплопроводность некоторых строительных материалов представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Теплопроводность строительных материалов

Наименование материала	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
Сталь	50...58
Гранит	2,9...3,3
Бетон тяжелый	1,28...1,55
Кирпич керамический полнотелый	0,81...0,87
Бетон легкий	0,35...0,8
Пенобетон	0,12...0,15
Фибролит	0,09...0,17
Минеральная вата	0,05...0,08
Древесноволокнистые плиты	0,046...0,08
Пенопласты	0,03...0,05

Для некоторых материалов установлена эмпирическая зависимость между коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  и относительной плотностью  $d$  (формула В.П. Некрасова):

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16 \quad (17)$$

**Тепловое расширение** — свойство материала расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении. Оно характеризуется температурным коэффициентом линейного расширения.

**Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР)** характеризует удлинение материала при нагревании его на 1 °С. Коэффициенты температурного линейного расширения у разных материалов значительно отличаются (см. табл. 3).

Таблица 3 – Температурный коэффициент линейного расширения строительных материалов

Материал	ТКЛР·10 <sup>-6</sup> , °С <sup>-1</sup>
Сталь	10...12
Бетон	10...12
Алюминий	24
Стекло	9...10
Медь	17
Полиэтилен	300...500

При пожаре может произойти обрушение конструкций и ущерб достигает максимальных значений. Следовательно, огнестойкость обеспечивает противопожарную защиту и повышает надежность строительных объектов при эксплуатации.

**Огнестойкость** — это способность конструкций и зданий сопротивляться воздействию пожара во времени. Характеристикой огнестойкости является предел огнестойкости.

Стандартные температурные режимы пожара представлены в табл. 4 в соответствии с нормами РФ, ASTM-E 119 (США) и Евросоюза, например BS (Англия).

Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или нескольких видов предельных состояний: потери несущей способности (R); потери целостности (E); потери теплоизолирующей способности (I).

Значение предела огнестойкости конкретной конструкции включает в себя условное обозначение предельного состояния и цифру, соответствующую периоду времени (в мин) достижения того или иного предельного состояния. Показатель при обозначении предела огнестойкости должен соответствовать числу 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 360. Например, если предел огнестойкости фрагмента стены толщиной 100 мм из газобетона составляет 150 мин, то его обозначение будет REI 150.

Огнестойкость конструкции зависит от состава, структуры, строительных материалов.

Таблица 4 – Стандартные температурные режимы пожара

Время, мин	Избыточная температура, °С		
	СТ СЭВ 1000-78	ASTM-E 119 (США)	BS 476 Part (Англия)
5	556	538	583
10	659	704	583
15	718	760	-
30	821	843	846
45	875	892	-
60	925	927	950
90	986	978	-
120	1029	1010	1054
150	1060	1031	-
180	1090	1052	-
240	1133	1093	1157
360	1193	1177	-

**Горючесть** — способность материала выдерживать без разрушения действие высоких температур и открытого пламени. В зависимости от значений параметров горючести строительные материалы подразделяют на *негорючие* (НГ) и *горючие* (Г).

Материалы относят к негорючим при следующих значениях параметров горючести:

- прирост температуры в печи не более 50 °С
- потеря массы образца не более 50 %;
- продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с.

Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим.

Горючие строительные материалы в зависимости от значений параметров горючести подразделяют на четыре *группы горючести*: Г1, Г2, Г3, Г4 (см. табл. 5).

Таблица 5 – Группы горючести строительных материалов

Группа горючести материалов	Параметры горючести			
	Температура дымовых газов T, °С	Степень повреждения по длине S <sub>L</sub> , %	Степень повреждения по массе S <sub>m</sub> , %	Продолжительность самостоятельного горения t <sub>c.g.</sub> , с
Г1	≤135	≤65	≤20	0
Г2	≤235	≤85	≤50	≤30
Г3	≤450	>85	≤50	≤300
Г4	>450	>85	>50	>300

Примечание. Для материалов групп горючести Г1—Г3 не допускается образование горящих капель расплава при испытании

**Огнеупорность** — способность материала выдерживать длительное воздействие температур выше 1580 °С, не размягчаясь и не деформируясь.

Материалы, выдерживающие температуру более 1580 °С, называют огнеупорными, от 1350 до 1580 °С — тугоплавкими, ниже 1350 °С — легкоплавкими. Материалы, которые способны длительное время выдерживать температуру до 1000 °С при незначительной потере прочности, относят к жаростойким (например керамический кирпич, жаростойкий бетон и др.).

## 2.4. Механические свойства

Необходимые и стабильные механические свойства материала гарантируют надежную работу при эксплуатации конструкций и строительных объектов. Они позволяют материалу конструкций сопротивляться силовым нагрузкам и деформациям. Их подразделяют на прочностные (предел прочности, твердость, истираемость) и деформативные (упругость, пластичность, хрупкость, усадку, ползучесть).

### 2.4.1. Прочностные свойства

**Прочность** [МПа, кгс/см<sup>2</sup>, Н/мм<sup>2</sup>] — способность материала сопротивляться разрушению от внутренних напряжений, возникающих под действием внешних сил.

Прочность оценивается пределом прочности. В зависимости от воздействия различают пределы прочности при сжатии, растяжении, растяжении при изгибе, растяжении при раскалывании, сдвиге, кручении и др.

**Предел прочности при сжатии** [МПа] равен отношению разрушающей нагрузки к площади ее приложения.

Определяется по формуле:

$$R_c = \frac{F}{A} \quad (18)$$

где  $F$  — разрушающая нагрузка [Н, кН];

$A$  — площадь приложения нагрузки [м<sup>2</sup>, см<sup>2</sup>].

Предел прочности на растяжение при изгибе [МПа] определяется по формуле:

$$R_H = \frac{3}{2} \cdot \frac{Fl}{bh^2}, \quad (19)$$

где  $F$  — разрушающая нагрузка [Н, кН];

$l$  — расстояние между опорами [м, см];

$b$  — ширина образца [м, см];

$h$  — высота образца [м, см].

Прочность материала определяют на образцах, форму и размеры которых устанавливают стандарты.

В зависимости от показателя прочности строительные материалы характеризуются **маркой** (например цементы, керамические и силикатные кирпичи и др.) или **классом** (например цементы, бетоны). Примеры обозначения:

- марки кирпича по прочности: М50, М75, М100, М125, М150, М175 ...;
- классы бетона по прочности: В3,5; В5; В7,5; В10 ... В60.

Для оценки эффективности материала часто используют показатель, называемый удельной прочностью.

Удельная прочность — это отношение предела прочности при сжатии  $R_c$  (изгибе  $R_{и}$ ) к относительной плотности материала  $d$ :

$$R_{уд} = K_{к.к.} = R/d, \quad (20)$$

Раньше удельная прочность называлась **коэффициентом конструктивного качества  $K_{к.к.}$** .

**Твердость** – способность материала сопротивляться проникновению в него более твердого материала.

Методы определения твёрдости по способу приложения нагрузки делятся на: 1) статические и 2) динамические (ударные).

Для измерения твёрдости существуют несколько шкал (методов измерения)

Твердость различных материалов определяется по разным методикам. Так, *твердость минералов и горных пород* оценивается по *шкале Мооса*, содержащей 10 минералов; показатель твердости изменяется в пределах от 1 (тальк) до 10 (алмаз). *Минерал, имеющий больший порядковый номер, оставляет черту на предыдущем.*

Для определения твердости бетона, кирпича, пластмасс, металлов и др. в поверхность материала вдавливаются металлические или алмазные шарик, конус или пирамидка. Для проведения контроля твердости материалов используют приборы-твердомеры, определяющие твердость по методам Бринелля, Виккерса, Роквелла и Шора. В таких случаях твердость материала определяется отношением нагрузки к площади отпечатка.

**Истираемость  $I$**  [ $\text{г}/\text{см}^2$ ] — свойство материала сопротивляться механическим воздействиям (трению). Истираемость оценивают потерей первоначальной массы образца материала, отнесенной к площади поверхности истирания:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{A}, \quad (21)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – масса образца до и после истирания [ $\text{г}$ ];  
 $A$  – площадь поверхности истирания [ $\text{см}^2$ ].

#### 2.4.2. Деформативные свойства

Срок службы строительных зданий и сооружений рассчитан на 30, 50, 100 и более лет. За годы их эксплуатации происходят различные деформации. Они связаны с нагрузками от массы стен, перекрытий, покрытий, оборудования и т.п., а также с изменениями температуры и влажности окружающей среды и материала конструкций. При разработке, проектировании материалов и расчете конструкций деформационные

изменения необходимо обязательно учитывать. Так, например, при строительстве устраивают деформационные швы.

При статических воздействиях в материалах конструкций возникают упругие, пластические и хрупкие деформации, а также деформации усадки и ползучести.

**Упругость** — способность материала деформироваться под действием нагрузки и восстанавливать свою форму и размеры после ее снятия.

Упругие деформации являются обратимыми. К упругим материалам относятся каучук, резина.

**Модуль упругости  $E$  (модуль Юнга)** связывает одноосное напряжение и упругую относительную деформацию соотношением, полученным на основании закона Гука:

$$E = \sigma / \varepsilon, \quad (22)$$

где  $\sigma$  – напряжение [МПа];

$\varepsilon$  – относительная деформация.

**Пластичность** – способность материала деформироваться под действием нагрузки, не разрушаясь и сохранять остаточную деформацию после ее снятия.

Пластическая деформация необратима. Примерами пластичного материала служат битумы (при положительных температурах), некоторые виды пластмасс, сталь, бетонные и растворные смеси.

**Хрупкость** – свойство материала разрушаться без заметных пластических деформаций.

К материалам, имеющим хрупкий характер разрушения, относятся стекло, бетон, кирпич.

Под действием окружающей среды, при изменении влажности материала могут возникать деформации усадки. Они могут быть вызваны уменьшением влажности (усушкой) материала или контракцией, карбонизацией в цементных системах.

**Ползучесть** [мм/м] – увеличение деформации материала под действием постоянной статической нагрузки в течение времени.

Показателем ползучести служит мера ползучести или удельная относительная деформация ползучести.

Деформации усадки и ползучести присущи растворам, бетонам и др. В течение времени они снижаются и затухают в реальных условиях работы конструкций.

### 3. Химические и физико-химические свойства строительных материалов

#### 3.1. Химические свойства

Для строительных материалов важно, чтобы они обладали способностью сохранять свой химический состав и структуру при воздействии окружающей среды.

**Химическая стойкость** – способность материала сопротивляться воздействию агрессивных сред: кислот (кислотостойкость), щелочей (щелочестойкость), растворенных в воде солей (солестойкость) и газов.

Изменение состава и строения материалов под воздействием внешней агрессивной среды называется **коррозией**.

**Коррозионная стойкость** – способность материала сопротивляться коррозии.

Химическая и коррозионная стойкость оцениваются по степени снижения прочностных показателей и др. свойств.

#### 3.2. Физико-химические свойства

Для строительных материалов, которые получают после смешивания твердых компонентов с водой (цементное тесто, штукатурные и кладочные растворы, бетоны и др.), важное значение имеют адгезия, тиксотропия. Эти физико-химические явления происходят в пластично-вязких смесях после смачивания твердых частиц водой. Без таких явлений твердение, например, цементных, известковых, гипсовых систем невозможно.

**Адгезия** [МПа] – прочность прилипания жидкой фазы или пластично-вязких смесей (раствора, мастики, краски и др.) к поверхности твердого основания (или подложки).

Адгезия наносимого на поверхность основания (или подложки) материала зависит от их природы, формы и состояния поверхности, условий контакта и др. Адгезия характеризуется силой, необходимой для разделения поверхностей.

**Прочность сцепления** [МПа] – прочность контакта затвердевшего нанесенного слоя раствора или другого твердого тела с поверхностью твердого основания (подложки).

**Тиксотропия** – способность пластично-вязких смесей (бетона, раствора) обратимо разжижаться от механического воздействия и восстанавливать прежнее состояние в состоянии покоя.

Физическая основа тиксотропии – восстановление структурных связей внутри пластично-вязкой смеси после прекращения механического воздействия. Это свойство имеет большое значение для проведения кладочных, штукатурных, бетонных работ на строительной площадке, а также на заводах по производству сборных железобетонных изделий.

## 4. Надежность

Конструкции, здания и сооружения выполняются из строительных материалов и должны иметь высокую надежность. Следовательно, строительные материалы являются неотъемлемой составной частью любого строительного объекта.

**Надежность** (*Dependability*) – это комплексное свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания. Она складывается из долговечности, безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости.

**Безотказность** (*Reliability, Failure-free operation*) – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение всего периода эксплуатации.

**Долговечность** (*Durability, Longevity*) – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при предусмотренном техническом обслуживании и ремонте (срок службы).

Например, для железобетонных и каменных конструкций нормами предусмотрены три степени долговечности: I соответствует сроку не менее 100 лет; II – 50 лет; III – 20 лет.

**Ремонтпригодность** (*Maintainability*) – свойство объекта к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния при техническом обслуживании и ремонте.

**Сохраняемость** (*Storability*) – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров при выполнении требуемых функций.

## **Оборудование и материалы**

Весы лабораторные электронные, весы гидравлические, эксикатор, прибор (колба) Ле Шателье, лабораторный термометр; посуда лабораторная стеклянная и фарфоровая, сито с размером ячеек 0,2 мм., штангенциркуль, линейка измерительная металлическая 300 мм., воронка стеклянная, воронка-конус с заслонкой, мерный сосуд вместимостью 1 л, вода дистиллированная 20 л., образцы строительных материалов (кубик из тяжелого бетона 100x100x100, кубик из ячеистого бетона 75x75x75 мм., сталь, гранит, стеклянная бутылка, деревянный брусок, пенополистирол, кирпич керамический и силикатный 1НФ, тонкоизмельченный керамический порошок 0,16-0,315 мм., песок чистый фр.0,16-5,0 мм.).

## **Указания по технике безопасности**

Перед проведением лабораторных работ все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и неуклонно соблюдать правила безопасности при работе в лаборатории.

Приступая к выполнению лабораторного задания, необходимо освободить лабораторный стол от ненужных предметов и следить за его чистотой. Для защиты одежды от загрязнений студенты должны пользоваться халатами или брезентовыми фартуками, резиновыми перчатками, холщовыми рукавицами и защитными очками. При работе, связанной с возможной угрозой для безопасности исполнителя, запрещается оставаться в помещении лаборатории одному.

Каждый работающий в лаборатории должен принимать во внимание огнеопасность, токсичность некоторых веществ, возможность образования взрывоопасных смесей.

Студентам запрещается самовольно включать и выключать лабораторное оборудование: гидравлический пресс, сушильный шкаф, электронный влагомер и другие. Нельзя оставлять оборудование и приборы включенными по окончании работы. Работать на лабораторном оборудовании можно только с ведома преподавателя и после ознакомления с инструкцией по работе на данном оборудовании.

## **Содержание отчета**

Отчет оформляется в рабочей тетради на листах формата А 4 и подшивается в скоросшиватель, заполняются все полученные значения характеристик строительных материалов, а также зарисовываются схемы испытаний, заполняются таблицы и приводятся формулы расчета основных физио-механических показателей материалов.

## Методика и порядок выполнения лабораторной работы Определение плотности и пористости

**Задание:** определить истинную и среднюю плотность образцов строительных материалов и рассчитать их пористость и коэффициент плотности.

**Цель:** ознакомиться с понятиями *истинной* и *средней плотности*, методами определения *истинной* и *средней плотности* для образцов правильной и неправильной геометрической формы, научиться рассчитывать значения *пористости* и *коэффициента плотности* различных материалов.

### **Задание 1. Определение средней плотности материалов в образцах правильной и неправильной геометрической формы**

**Методика:** определение массы и размеров образцов правильной геометрической формы (древесина, бетон, керамический кирпич); использование метода гидростатического взвешивания для образцов неправильной формы (сталь, гранит) для определения средней плотности материала.

**Средняя плотность** – это масса единицы объема материала в естественном состоянии. Среднюю плотность материала определяют отношением массы  $m$  материала ко всему занимаемому им объему  $V_{ест}$ , включая имеющиеся в них пустоты и поры.

Средняя плотность находится в обратной зависимости от пористости материала. Для точного измерения объема удобнее принимать образцы правильной геометрической формы, хотя имеются несложные приемы измерения объема образцов и неправильной формы. При влажных образцах отмечается величина влажности, при которой определялась средняя плотность. Среднюю плотность пустотелых изделий определяют на целых изделиях без вычета пустот.

Среднюю плотность определяют не менее чем на трех образцах.

Размеры образцов измеряют средствами измерений (металлической линейкой или штангенциркулем), и вычисляют объем. Затем взвешиванием определяют массу образцов.

Среднюю плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V_{ест}} \quad \text{г/см}^3 \text{ или } \text{кг/м}^3 \quad (1)$$

где  $m$  - масса образца, г (кг);

$V_{ест}$  - объем образца в естественном состоянии, см<sup>3</sup> (м<sup>3</sup>).

Результаты определения средней плотности заносят в таблицу 1 рабочей тетради.

### **Ход выполнения работы**

*Для образцов правильной геометрической формы.*

Образцы древесины, кубика из тяжелого бетона и керамического кирпича 1НФ измеряют штангенциркулем или линейкой с погрешностью 1 мм и рассчитывают объем образцов  $V_e$  [см<sup>3</sup>] по формуле:

$$V_e = a \cdot b \cdot h, \quad (2)$$

где  $a$  и  $b$  — стороны образца,  $h$  — высота образца [см].

Затем определяют массу образцов  $m$  с погрешностью 0,5 г для керамического кирпича и 0,1 г для древесины и бетона.

Среднюю плотность  $\rho_m$  [г/см<sup>3</sup>] рассчитывают по формуле (1), а затем переводят ее в кг/м<sup>3</sup>, умножая полученное значение на 1000. Полученные данные заносят в таблицу 1 рабочей тетради.

*Для образцов неправильной геометрической формы.*

Объем образцов неправильной геометрической формы (сталь, гранит, стеклянная бутылка) невозможно рассчитать по результатам геометрических измерений. Для определения объема в данной лабораторной работе используют **метод гидростатического взвешивания**, основанный на законе Архимеда: образец погружают в воду и затем оценивают его объем по объему вытесненной образцом воды.

Образец подвешивают на тонкой проволочке к коромыслу технических весов и определяют его массу  $m$ . Затем образец, не снимая с весов, погружают в воду, используя приспособление для гидростатического взвешивания (рис. 2), и определяют массу образца в воде  $m_1$ .

По результатам двух последних взвешиваний рассчитывают естественный объем образца  $V_e$  [г/см<sup>3</sup>]:

$$V_e = \frac{m - m_1}{\rho_{\text{воды}}}, \quad (3)$$

где  $\rho_{\text{воды}} = 1$  г/см<sup>3</sup> при 4 °С.

Среднюю плотность  $\rho_m$  рассчитывают по формуле (1).

Результаты всех испытаний заносят в сводную таблицу (см. таблицу 1 лабораторного журнала).

**Примечание:** если образец обладает высокой пористостью, то перед испытанием необходимо насытить его водой, для того чтобы исключить поглощение воды образцом при испытании. Образец взвешивают в сухом состоянии  $m_{\text{сух}}$ . Далее образец постепенно заливают водой и периодически (через 1...2 мин) взвешивают; перед взвешиванием образец обтирают влажной тканью. Закачивают насыщение образца после того, когда два последовательных взвешивания будут отличаться не более чем на 0,05 г. Значение массы образца в этот момент принимают за массу насыщенного водой образца:  $m = m_{\text{нас}}$ .

В данном случае естественный объем образца  $V_e$  рассчитывают по формуле:

$$V_e = \frac{m_{\text{нас}} - m_1}{\rho_{\text{воды}}}, \quad (3.1)$$

где  $\rho_{\text{воды}} = 1 \text{ г/см}^3$  при  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Рисунок 1 – Весы для гидростатического взвешивания:

### Пример

Таблица 1 – Результаты испытаний

Показатели, размерность	Форма образца				
	Правильная			Неправильная	
	Древесина	Пенопласт	Кирпич керам.	Сталь	Гранит
Масса образца $m$ , г	49,3	15,6	3300	94,5	63,5
Размеры, см: длина ширина высота	4,5	14,6	24,8	-	-
	4,5	9,2	12	-	-
	4,7	5,1	5,7	-	-
Объем $V_e$ , $\text{см}^3$	95,18	658,03	1696,32	-	-
Масса образца в воде $m_1$ , г	-	-	-	82,16	40,1
Масса вытесненной воды $m_v = m - m_1$ , г	-	-	-	12,34	23,4
Объем вытесненной воды (образца) $V_e = m_v / \rho_{\text{воды}}$ , $\text{см}^3$	-	-	-	12,34	23,4
Средняя плотность $\rho_m$ , $\text{г/см}^3$	0,517	0,02	1,95	7,658	2,71
То же, $\text{кг/м}^3$	517	20	1950	7658	2710

Расчетная формула:  $\rho_m = m/V_e$ .

### Задание 2. Определение истинной плотности

*Методика:* вытеснение инертной жидкости порошком исследуемого материала и определение массы испытанного инертного материала.

*Оборудование:* колба-объемомер (колба Ле Шателье), весы электронные, стеклянная палочка, стеклянный (фарфоровый) стакан.

*Инертная жидкость:* вода дистиллированная.

*Температура жидкости:* 20 °С.

*Материалы:* навеска тонкоизмельченного порошка керамического кирпича.

*Масса порошка до испытания:* определяется взвешиванием.

*Объем вытесненной жидкости:* 20 см<sup>3</sup>.

*Масса остатка порошка:* определяется взвешиванием.

*Масса порошка, засыпанного в объемомер:* рассчитывается как разность между массой порошка до испытания и массой остатка порошка.

*Истинная плотность  $\rho$ :* определяется по формуле (4).

**Истинная плотность** – это масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (без пор и пустот). Учитывается только объем, занятый веществом, из которого состоит материал. Определяется как отношение массы  $m$  материала на объем в абсолютно плотном состоянии (объем твердой фазы –  $v_a$ ).

$$\rho = \frac{m}{v_a}, \text{ г/см}^3 \text{ или кг/м}^3 \quad (4)$$

Истинная плотность есть физическая константа вещества, из которого состоит материал. Для строительных материалов она изменяется в пределах от 900 кг/м<sup>3</sup> (для полимеров) до 7980 кг/м<sup>3</sup> (для стали). Для материалов и изделий, которые имеют один и тот же вещественный состав, истинная плотность одинакова.

Для определения плотности из отобранной и тщательно перемешанной средней пробы отвешивают 200 г материала, который сушат в сушильном шкафу при температуре 105°С до постоянной массы. Высушенный материал тонко измельчают в фарфоровой ступке таким образом, чтобы он проходил через сито с сеткой № 0,063. После этого порошок снова просушивают при температуре 105°С, а затем охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе.

### ***Ход выполнения работы***

Пробу тонкоизмельченного кирпича, размер частиц которой менее размера пор в кирпиче, массой около 100 г помещают в стаканчик и взвешивают на весах с погрешностью не более 0,05 г ( $m_1$ ).

В объемомер (рисунок 2) наливают воду до нижней риски, нанесенной на горле колбы. Горло объемомера подсушивают фильтровальной бумагой. Затем навеску порошка кирпича с помощью стеклянной палочки осторожно пересыпают в объемомер до тех пор, пока уровень воды не поднимется до верхней риски (при этом потери порошка недопустимы). Объем засыпанного порошка  $V_a$  равен объему, занимаемому водой между верхней и нижней

рисками объемомера ( $20 \text{ см}^3$ ). Это значит, что в объемомер всыпано  $20 \text{ см}^3$  порошка испытуемого материала. Остаток порошка взвешивают с точностью до  $0,01 \text{ г}$ . Масса порошка материала, всыпанного в объемомер, равна разности между первоначальной массой и массой остатка. Плотность вычисляют с точностью до  $0,01 \text{ г/см}^3$  как среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не должно превышать  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

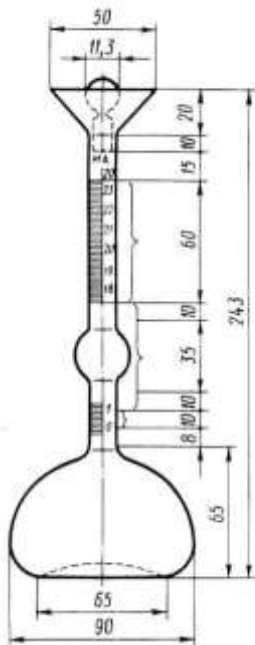


Рисунок 2 – Колба-объемомер (колба Ле Шателье)

Массу порошка, засыпанного в объемомер [г], определяют по формуле:

$$m = m_1 - m_2, \quad (5)$$

где  $m_1$  – масса порошка до испытания;

$m_2$  – масса остатка порошка.

Истинная плотность рассчитывается по формуле (4).

### **Пример**

Масса порошка до испытания  $m_1$ : 108,8 г.

Объем вытесненной жидкости  $V_a$ :  $20 \text{ см}^3$ .

Масса остатка порошка  $m_2$ : 55,3 г.

Масса порошка, засыпанного в объемомер,  $m$ : 53,5 г.

Истинная плотность:  $\rho = m/V_a = 53,5/20 = 2,68 \text{ г/см}^3$  или  $2680 \text{ кг/м}^3$ .

### **Задание 3. Определение насыпной плотности**

Сыпучие рыхлые материалы (*щебень, гравий, песок, цемент и др.*) характеризуются насыпной плотностью  $\rho_n$  и пустотностью  $V_{пуст}$ .

**Насыпная плотность** – это масса единицы объема материала в рыхлонасыпном состоянии. Формула расчета и размерность показателя те же,

что и в (1). Объем таких материалов включает не только поры в зернах материала, но и пустоты между ними. Количество пустот, образующихся между зернами рыхлонасыпного материала, выраженное в процентах по отношению ко всему занимаемому объему, называют **пустотностью**. Этот показатель важен для *песка, щебня, керамзита* при изготовлении бетона.

Сущность испытания заключается в заполнении мерного сосуда рыхлозернистым материалом.

В зависимости от крупности частиц материала используют сосуды различной вместимости. Если размер частиц материала составляет 0-5 мм то объем сосуда должен быть 1-2 л, если размер частиц 5-40 мм то объем сосуда – 10 л, и если размер частиц более 40 мм то объем сосуда - 20 л.

Насыпную плотность сыпучих материалов (песок, цемент и др.) определяют с помощью воронки в виде конуса с заслонкой в нижней части (рисунок 3).

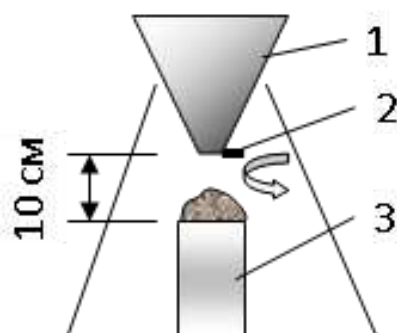


Рисунок – 3 Определение насыпной плотности:

1- воронка-конус; 2 - заслонка; 3 – мерный сосуд

Под воронку ставят заранее взвешенный мерный сосуд емкостью 1 л. В воронку засыпают сухой материал, открывают заслонку и с высоты 10 см заполняют сосуд с избытком. Металлической линейкой срезают излишек материала вровень с краями сосуда (без уплотнения) и взвешивают.

Насыпную плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ г/см}^3 \text{ или кг/м}^3. \quad (6)$$

где  $m_1$  - масса сосуда, г;

$m_2$  - масса сосуда с материалом, г;

$V$  - объем сосуда, см<sup>3</sup>.

Результаты определения насыпной плотности заносят в таблицу 3 рабочей тетради.

Таблица 3 – Результаты определения насыпной плотности

Материал	Масса, г			Объем цилиндра, см <sup>3</sup>	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>
	цилиндра	цилиндра с материалом	материала		
1	2	3	4	5	6

#### Задание 4. Расчет пористости и коэффициента плотности

**Пористость** - это степень заполнения материала порами.

$$P = \left( 1 - \frac{\rho_{cp}}{\rho} \right) \cdot 100\% \quad (7)$$

Поры представляют собой ячейки, не заполненные структурным материалом. По величине они могут быть от миллионных долей миллиметра до нескольких миллиметров.

Более крупные поры, например, между зернами сыпучих материалов, или полости, имеющиеся в некоторых изделиях (пустотелый кирпич, панели из железобетона), называют пустотами. Поры обычно заполнены воздухом или водой; в пустотах, особенно в широкополосных, вода не может задерживаться и вытекает.

Пористость материалов колеблется в широких пределах:

от 0,2...0,8 % - у гранита и мрамора ;

до 75...85 % у теплоизоляционного (эффективного) кирпича и у ячеистого бетона;

и свыше 90 % - у пенопластов и минеральной ваты.

От величины пористости и ее характера (размера и формы пор, равномерности распределения пор по объему материала, их структуры – сообщающиеся поры или замкнутые) зависят важнейшие свойства материала: плотность, прочность, долговечность, теплопроводность, водопоглощение, водонепроницаемость и др. Например, открытые поры увеличивают проницаемость и водопоглощение материала и ухудшают его морозостойкость. Однако в звукопоглощающих материалах открытые поры желательны, так как они поглощают звуковую энергию. Увеличение закрытой пористости за счет открытой повышает долговечность материала и уменьшает его теплопроводность.

Сведения о пористости материала позволяют определять целесообразные области его применения.

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

Полную пористость рассчитывают по формуле:

$$P = \left( 1 - \frac{\rho_{cp}}{\rho} \right) \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $\rho$  - истинная плотность материала, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{cp}$  - средняя плотность материала, г/см<sup>3</sup>.

Открытую пористость можно приближенно определить по величине водопоглощения по объему:

$$P_o \approx V_v \quad (9)$$

Закрытую (замкнутую) пористость в процентах определяют по формуле:

$$P_3 = P - P_0 \quad (10)$$

**Ход работы:** используя рассчитанные значения истинной плотности кирпича и данные таблицы (см. табл. 1 рабочей тетради), а также учитывая рассчитанные значения средней плотности (см. табл. 2 рабочей тетради), рассчитывают **пористость**  $P$  [%] и **коэффициент плотности**  $K_{пл}$  [%] керамического кирпича, древесины, гранита и пенопласта по формулам (7) и (8).

При этом учитывают, что  $P + K_{пл} = 1$  (или 100%).

Результаты всех расчетов заносят в сводную таблицу (см. таблицу 4 рабочей тетради).

### Пример

Таблица 4 – Результаты расчетов пористости и коэффициента плотности

Материал	Пористость, %	Коэффициент плотности, %
Сталь	0	100
Гранит	3	97
Кирпич керамич.	26,5	73,5
Древесина	67	33
Пенопласт	98	2

Формулы:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \times 100 \%, \quad K_{пл} = \frac{\rho_m}{\rho} \times 100 \%$$

### Контрольные вопросы

1. Понятие материаловедения? Группы строительных материалов по химическому составу?
2. Понятие химического, минерального состава и структуры(строения) материалов. Приведите примеры строительных материалов по типу структур.
3. Что такое анизотропия? Для каких материалов характерна?
4. В чем различие между кристаллической и аморфной структурой? Приведите примеры строительных материалов такой структуры.
5. Классификация строительных материалов по назначению и условию работы в сооружении? Приведите примеры.
6. Какие свойства строительных материалов относятся к физико-механическим, химическим, физико-химическим? От чего зависят физико-механические свойства строительных материалов?
7. Понятие плотности (средняя, истинная, относительная, насыпная)? У каких материалов плотность больше/меньше? Для одного и того же материала какая их плотностей будет больше/меньше?

8. Понятие пористости(открытая и закрытая) и коэффициента плотности и ее влияние на характеристики строительных материалов?
9. Водопоглощение материала (по массе и объему). Как определить водопоглощение материала?
10. Что такое влажностные деформации, усадка, усушка? Единицы измерения, для каких материалов будет характерно?
11. Что такое морозостойкость материала и от чего зависит? В чем состоит причина разрушения строительных материалов от действия перепада температур от  $-18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
12. Какими показателями (единицы измерения или размерность) оценивается морозостойкость строительных материалов? В чем состоит стандартная метод определения марки по морозостойкости и как обозначается?
13. Что такое водостойкость материалов? Как оценить водостойкость строительных материалов (например гипсового кубика)?
14. Что такое водонепроницаемость материалов? Каким образом можно определить марку по водонепроницаемости?
15. Что такое паропроницаемость строительных материалов?
16. Что такое прочность и предел прочности (при сжатии и изгибе) строительных материалов? Что такое удельная прочность? Единицы измерения прочности? По показателю прочности чем характеризуются строительные материалы?
17. Что такое деформации? Дайте определения пластичности, упругости, хрупкости строительных материалов и приведите примеры таких строительных материалов.
18. Что такое модуль упругости (Модуль Юнга)? Ползучесть?
19. Что такое твердость, истираемость и износостойкость строительных материалов? Единицы измерения? Примеры строительных материалов, для которых будут данные свойства будут одними из основных.
20. Что такое теплопроводность и какими показателями она оценивается? Единицы измерения? Для каких строительных материалов теплопроводность будет выше/ниже? Теплопроводность воды или воздуха выше? По какой основной характеристики строительного материала можно судить о его теплопроводности?
21. Температурный коэффициент линейного расширения?
22. Понятие теплоемкости строительных материалов. Каким показателем она оценивается?
23. Что такое огнеупорность строительных материалов? Единицы измерения?
24. Что такое огнестойкость строительных материалов? Понятие предела огнестойкости. Единицы измерения? Что такое антипирены?
25. Что такое горючесть? Группы горючести строительных материалов? Чем горючие материалы отличаются от негорючих? Какими

параметрами должен обладать строительный материал чтобы относится к негорючим?

26. Химическая стойкость строительных материалов? Для чего она нужна?

27. Что такое коррозия и коррозионная стойкость? Для каких материалов характерна? Методы защиты от коррозии?

28. Что такое адгезия, прочность сцепления? Единицы измерения для каких материалов характерна? Что такое тиксотропия и для каких материалов характерна?

29. Что такое надежность строительных конструкций и из каких свойств она складывается?

30. Что такое безотказность, долговечность, ремонтнопригодность, сохраняемость?

### Рекомендуемая литература

1. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие для бакалавров/ И.А.Рыбьев. – 4-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 701 с. – Серия: Бакалавр – ISBN 978-5-9916-9

2. Строительные материалы [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. Проф. образования / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. –М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с. – ISBN: 978-5-7695-8336-0

3. Микульский, В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) [Текст]: учебник/ В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др.; под ред. В. Г. Микульского и В. В. Козлова. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с. – ISBN 5-93093-041-4

4. Попов, К. Н. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с. – ISBN 5-06-003799-1

5. Фетисов, Г. П. Материаловедение и технология металлов [Текст]: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.; под ред. Г. П. Фетисов – М. : Высшая школа, 2000. – 638 с. – ISBN: 5-06-004418-1

5. Невского, В.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие / под общ. ред. В.А.Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – Рстов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с. – ISBN: 978-5-222-17506-4

6. Ковалев Я.Н. Строительные материалы [Текст]: Лабораторный практикум / Я.Н. Ковалев, Г.С. Галузо, А.Э. Змачинский, Т.А. Чистова; под ред. проф. Я.Н. Ковалев – М. : Издательский центр « НИЦ Инфра-М, Новое знание», 2015. – 633 с. – ISBN: 978-5-16-006406-2

7. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник для учреждений сред. Проф. образования/ Ю.Г. Барабанщиков.– 4-е изд.,стер.–М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с. – ISBN: 978-5-7695-9859-3

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

**Цель работы:** научиться рассчитывать *водопоглощение материала* и оценивать по полученным значениям его *морозостойкость*, ознакомиться с методом экспериментального определения *предела прочности материала при сжатии*, оценки его *водостойкости* по коэффициенту размягчения.

### Теоретическая часть

Поглощение влаги из воздуха обусловлено адсорбцией водяного пара на внутренних поверхностях пор и капиллярной конденсацией. Этот процесс называется **сорбцией**. Древесина, теплоизоляционные, стеновые и другие пористые материалы обладают развитой внутренней поверхностью пор и поэтому высокой сорбционной способностью.

**Водопоглощение (%)** — способность материала поглощать и удерживать воду после водонасыщения.

Водопоглощение выражают отношением количества поглощенной воды к массе сухого материала (**водопоглощение по массе  $W_m$** ) или степенью заполнения объема материала водой (**водопоглощение по объему  $W_o$** ).

Водопоглощение  $W_m$  и  $W_o$  определяют по формулам:

$$W_m = \frac{m_{\text{воды}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \% = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \%;$$
 (11)

$$W_o = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{сух}}} = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{V_{\text{сух}} \times \rho_{\text{воды}}} \times 100 \% = W_m \times d,$$
 (12)

где  $m_{\text{нас}}$  — масса материала в насыщенном водой состоянии [г];

$m_{\text{сух}}$  — масса сухого материала [г];

$V_{\text{сух}}$  — объем материала в сухом состоянии [см<sup>3</sup>];

$\rho_{\text{воды}}$  — плотность воды, равная 1 г/см<sup>3</sup>.

$d$  — относительная плотность материала.

Водопоглощение отрицательно влияет на основные свойства материала: увеличивается средняя плотность, материал набухает, его теплопроводность возрастает, а прочность и морозостойкость уменьшаются.

**Водостойкость** — способность материала, насыщенного водой, сохранять свою прочность. Водостойкость материала характеризуется **коэффициентом размягчения**:

$$K_p = R_{\text{нас}} / R_{\text{сух}},$$
 (13)

где  $R_{\text{нас}}$  — предел прочности материала в насыщенном водой состоянии [МПа];

$R_{\text{сух}}$  — предел прочности материала в сухом состоянии [МПа].

Коэффициент размягчения  $K_p$  определяется для материалов несущих конструкций. Материал считается водостойким при  $K_p \geq 0,8$ . В этом случае их разрешается применять в местах с повышенной влажностью без специальных мероприятий по защите от увлажнения.

**Морозостойкость** — способность материала в водонасыщенном состоянии выдерживать циклы многократного замораживания и оттаивания без внешних признаков разрушения, снижения массы и прочности свыше нормативных значений.

Морозостойкость может быть также определена ускоренными методами, например насыщением материалов в растворах солей.

В зависимости от числа циклов замораживания-оттаивания, которые выдержал материал, устанавливается его **марка по морозостойкости** (F15, F25, F35, F50, F100, F125, F150, F175, F200, F300, F400, F500 и более).

Один цикл испытания включает замораживание насыщенного водой образца в течение 4 ч при температуре  $-18 \pm 2$  °С в морозильной камере с последующим оттаиванием при температуре  $+18...20$  °С в воде.

Разрушение при таких циклических воздействиях знакопеременных температур связано как с появлением в нем растягивающих напряжений при образовании льда в порах материала, так и со всесторонним гидростатическим давлением воды. Увеличение объема при образовании льда составляет около 9 %.

Морозостойкость зависит главным образом от структуры материала — объема открытых пор, величины общей пористости, равномерности распределения пор по объему материала и их размеров.

Срок службы строительных материалов и конструкций, подвергающихся действию знакопеременных температур и воды, во многом обусловлен их морозостойкостью.

**Прочность** [МПа, кгс/см<sup>2</sup>, Н/мм<sup>2</sup>] — способность материала сопротивляться разрушению от внутренних напряжений, возникающих под действием внешних сил.

Прочность оценивается пределом прочности. В зависимости от воздействия различают пределы прочности при сжатии, растяжении, растяжении при изгибе, растяжении при раскалывании, сдвиге, кручении и др.

**Предел прочности при сжатии** [МПа] равен отношению разрушающей нагрузки к площади ее приложения.

Определяется по формуле:

$$R_c = \frac{F}{A} \quad (14)$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка [Н, кН];

$A$  – площадь приложения нагрузки [м<sup>2</sup>, см<sup>2</sup>].

## **Оборудование и материалы**

Весы лабораторные электронные, эксикатор для выдерживания образцов с дистиллированной водой, секундомер, пресс гидравлический, измерительная линейка металлическая 300 мм., штангенциркуль, лабораторный термометр; шкаф сушильный, посуда лабораторная стеклянная и фарфоровая, образцы строительных материалов – два гипсовых кубика 50x50x50.

## **Указания по технике безопасности**

Перед проведением лабораторных работ все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и неуклонно соблюдать правила безопасности при работе в лаборатории.

Приступая к выполнению лабораторного задания, необходимо освободить лабораторный стол от ненужных предметов и следить за его чистотой. Для защиты одежды от загрязнений студенты должны пользоваться халатами или брезентовыми фартуками, резиновыми перчатками, холщовыми рукавицами и защитными очками. При работе, связанной с возможной угрозой для безопасности исполнителя, запрещается оставаться в помещении лаборатории одному.

Каждый работающий в лаборатории должен принимать во внимание огнеопасность, токсичность некоторых веществ, возможность образования взрывоопасных смесей.

Студентам запрещается самовольно включать и выключать лабораторное оборудование: гидравлический пресс, сушильный шкаф, электронный влагомер и другие. Нельзя оставлять оборудование и приборы включенными по окончании работы. Работать на лабораторном оборудовании можно только с ведома преподавателя и после ознакомления с инструкцией по работе на данном оборудовании.

## **Содержание отчета**

Отчет оформляется в рабочей тетради на листах формата А 4 и подшивается в скоросшиватель, заполняются все полученные значения характеристик строительных материалов, а также зарисовываются схемы испытаний, заполняются таблицы и приводятся формулы расчета основных физико-механических показателей материалов.

## Методика и порядок выполнения лабораторной работы

**Задание:** определить водопоглощение материала и оценить его морозостойкость. Определить прочность и оценить водостойкость материала. Рассчитать удельную прочность.

**Цель:** ознакомиться с понятиями *прочность, водопоглощение и водостойкость*, научиться оценивать *морозостойкость* строительных материалов и рассчитывать их *удельную прочность*.

### **Задание 1. Определение водопоглощения керамического и силикатного кирпича**

**Методика:** поэтапное насыщение образца керамического и силикатного кирпича водой до постоянной массы.

**Водопоглощение (%)** — способность материала поглощать и удерживать воду после водонасыщения (то количество воды которое впитает в себя материал).

Водопоглощение выражают отношением количества поглощенной воды к массе сухого материала (**водопоглощение по массе  $W_m$** ) или степенью заполнения объема материала водой (**водопоглощение по объему  $W_o$** ) см. формулу 11, 12.

Водопоглощение отрицательно влияет на основные свойства материала: увеличивается средняя плотность, материал набухает, его теплопроводность возрастает, а прочность и морозостойкость уменьшаются.

### **Ход выполнения работы**

**Оборудование:** весы, секундомер, емкость и пр.

**Водопоглощение** рассчитывают для образца керамического и силикатного кирпича, используя данные о массе сухого образца  $m_{\text{сух}}$ , и массе насыщенного водой образца  $m_{\text{нас}}$ , а также данных, полученных в лабораторной работе 1. **Масса сухого образца  $m_{\text{сух}}$ :** определяется взвешиванием на весах для материала, высушенного до постоянной массы

**Примечание:** сухой образец после нескольких часов сушки при 105 °С его контрольное взвешивание на весах показывает одно и тоже значение массы материала).

Образец керамического и силикатного кирпича взвешивают на лабораторных механических весах и определяют массу сухого образца  $m_{\text{сух}}$ . После этого его помещают в емкость или чашу, заливают вначале водой на одну четверть от общей высоты образца, и выдерживают в течение 2 мин, извлекают из емкости, обтирают влажной тканью, чтобы удалить излишки воды с поверхности образца, снова взвешивают и определяют приращение массы  $\Delta m$ :

$$\Delta m = m_i - m_{\text{сух}},$$

где  $m_i$  — масса образца после выдерживания в воде, г.

Затем испытуемый образец снова помещают в емкость, заливают водой на половину от общей высоты образца, выдерживают в течение 2 мин, извлекают из емкости, обмакивают влажной тканью, взвешивают и вновь определяют приращение массы  $\Delta m$ .

Аналогичные испытания проводят, погружая образец в воду на три четверти от его высоты, повторяют взвешивание и определяют приращение по массе.

Затем образец вновь помещают в фарфоровую чашку и заливают водой на полную высоту, (таким образом, чтобы поверхность воды была не менее чем на 2 см. выше верхней части образца) взвешивают и вновь определяют приращение массы  $\Delta m$ .

После оба образца помещают на 5 минут в *вакуумную установку—предназначена для водонасыщения образцов, путем откачивания воздуха до минус одной атмосферы из емкости и из образцов, и создание в ней вакуума.* 1 атм = 760 мм. рт. Ст. = 101 325 Па = 101 325 Н/м<sup>2</sup> = 103 332,37 кгс/м<sup>2</sup>  
**Атмосфера** — внесистемная единица измерения давления, приблизительно равная атмосферному давлению на поверхности Земли на уровне Мирового океана.

Схема испытания представлена на рисунке 1.

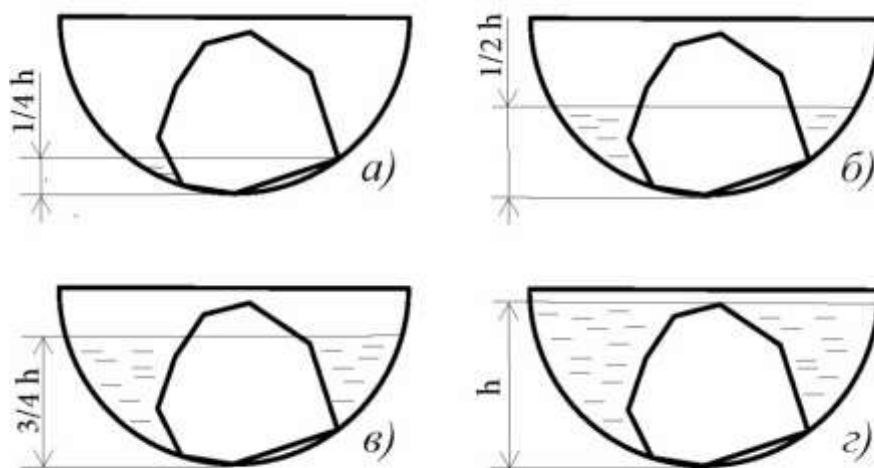


Рисунок 1 – Схема испытания образца на водопоглощение:

*а* — при погружении в воду на 1/4 от высоты образца; *б* — то же на 1/2 от высоты образца; *в* — то же на 3/4 от высоты образца; *г* — то же на полную высоту образца, .



Рисунок 2 – Вакуумная установка ву-976а для водонасыщения образцов

По полученным значениям определяют водопоглощение по массе  $W_m$  и водопоглощение по объему  $W_o$ , используя формулы (11) и (12) соответственно.

Далее по результатам расчетов проводят оценку морозостойкости материала, исходя из взаимосвязи морозостойкости и коэффициента насыщения пор водой  $K_n$ . Как известно, чем больше в материале открытых пор, тем ниже его морозостойкость. По значению  $K_n$ , которое варьируется от 0 (все поры замкнуты) до 1 (все поры открыты), условно можно оценивать морозостойкость. Коэффициент насыщения пор водой  $K_n$  рассчитывается по формуле (13).

Результаты всех расчетов заносят в сводную таблицу (см. табл. 4 лабораторного журнала), а также строят график зависимости приращения массы от времени насыщения образца водой (см. рабочую тетрадь), показанный на рис. 3.

### Пример

Таблица 3 – Результаты испытаний

Показатели, размерность	Высота слоя воды в долях от высоты образца			
	1/4	1/2	3/4	1
Срок выдерживания $t$ , мин	2	2	2	2
Масса образца $m_i$ , г	13,2	13,5	13,8	13,9
Приращение массы $\Delta m = m_i - m_{\text{сух}}$ , г	0,7	1,0	1,3	1,4
Водопоглощение по массе $W_m$ , %	—	—	—	11,2
Водопоглощение по объему $W_o$ , %	—	—	—	21,5
Коэффициент насыщения пор, $K_n$	—	—	—	0,78

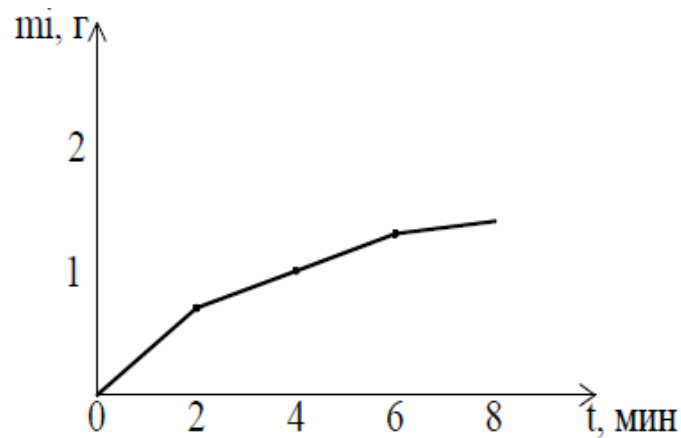


Рисунок 3 – График зависимости приращения массы от времени насыщения образца водой

Формулы:

$$m_{\text{нас}} \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \times 100 \%; \quad W_o = W_m \cdot d; \quad K_n = \frac{W_o}{\Pi}; \quad d = \frac{\rho m}{\rho_{\text{воды}}}$$

Взаимосвязь  $K_n$  и морозостойкости: при  $K_n \leq 0,6$  материал считается морозостойким, при  $0,6 < K_n < 0,8$  материал считается сомнительно морозостойким, при  $K_n \geq 0,8$  материал считается неморозостойким.

Вывод: морозостоек ли материал по значению  $K_n$ ?

*Керамический и силикатный кирпич обладает сомнительной морозостойкостью.*

## Задание 2. Определение предела прочности при сжатии и оценка водостойкости и морозостойкости материала

**Методика:** постепенное нагружение сухих и водонасыщенных образцов-кубов из гипсового камня до их разрушения (до потери их прочности)

**Прочность** [МПа, кгс/см<sup>2</sup>, Н/мм<sup>2</sup>] — способность материала сопротивляться разрушению от внутренних напряжений, возникающих под действием внешних сил.

Прочность оценивается пределом прочности. В зависимости от воздействия различают пределы прочности при сжатии, растяжении, растяжении при изгибе, растяжении при раскалывании, сдвиге, кручении и др.

**Предел прочности при сжатии** [МПа] равен отношению разрушающей нагрузки к площади ее приложения.

**Водостойкость** — способность материала, насыщенного водой, сохранять свою прочность. Водостойкость материала характеризуется **коэффициентом размягчения**:

**Морозостойкость** — способность материала в водонасыщенном состоянии выдерживать циклы многократного замораживания и оттаивания

без внешних признаков разрушения, снижения массы и прочности свыше нормативных значений.

### *Ход выполнения работы*

**Оборудование:** пресс гидравлический, эксикатор с дистиллированной водой, измерительная линейка 300 мм., штангенциркуль.

Образцы-кубы нумеруют (*порядковый номер ставят на грани, перпендикулярной плоскости укладки вяжущего при формовании*), измеряют площадь пронумерованной поверхности и заносят полученные значения в таблицу (см. табл. 5 лабораторного журнала).

**Один из образцов помещают в воду перед испытанием не менее чем на 15 мин.**

Сухой и влажный образцы помещают в пресс пронумерованной (боковой) гранью вверх. Затем опускают плиту пресса до поверхности образца и производят нагружение образца. Момент разрушения определяют по остановке и началу обратного хода стрелки силоизмерителя и визуально по появлению трещин на образце. В этот же момент фиксируют разрушающее усилие  $P$ , в кН.

Внешний вид образца до и после испытаний представлен на рис. 4.

После испытания образец имеет форму, характерную для хрупкого разрушения (две усеченные пирамиды, сложенные меньшими основаниями).

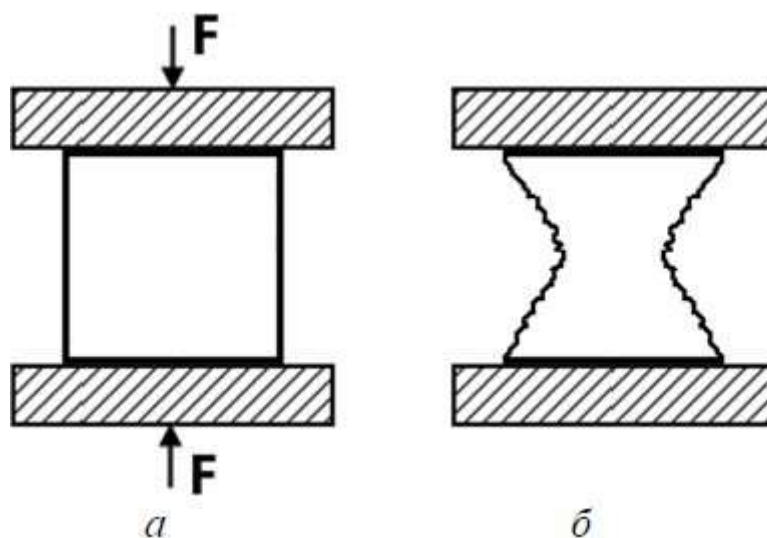


Рисунок 4 – Внешний вид образца: *a* — до испытания; *б* — после испытания

Предел прочности при сжатии рассчитывают по формуле (18).

Водостойкость испытуемого материала оценивают по коэффициенту размягчения, определяемому по формуле (14).

Материал считается водостойким при значении  $K_p > 0,8$ .

Результаты всех расчетов заносят в сводную таблицу (см. табл. 5 рабочей тетради).

### Пример

Таблица 4 – Результаты испытаний

Показатель, размерность	Образец	
	1-Сухой	2-Водонасыщенный
Размеры, см: длина	5	5
ширина	5	5
высота	5	5
Площадь приложения нагрузки	25	25
Разрушающая нагрузка $F$ , кН	39	11
Предел прочности при сжатии $R_c$ , кН/см <sup>2</sup> *	1,56	0,44
То же, МПа	15,6	4,4
Коэффициент размягчения, $K_p$	0,28	

\* 1 кН/см<sup>2</sup> = 10 МПа = 100 кгс/см<sup>2</sup>.

Формулы:

$$R_c = \frac{F}{A}; \quad K_p = \frac{R_{\text{нас.}}}{R_{\text{сух.}}}$$

Взаимосвязь  $K_p$  и водостойкости: *при  $K_p > 0,8$  материал считается водостойким.*

Вывод: водостоек ли материал по значению  $K_p$ ? *Нет, не водостоек.*

### **Задание 3. Расчет удельной прочности (коэффициента конструктивного качества)**

**Методика:** удельную прочность  $R_{\text{уд}}$  рассчитывают по формуле (20). Результаты всех расчетов заносят в сводную таблицу (см. табл. 6 лабораторного журнала).

#### **Ход выполнения работы**

Для оценки эффективности материала часто используют показатель, называемый *удельной прочностью*.

**Удельная прочность** — это отношение предела прочности при сжатии  $R_c$  (изгибе  $R_{\text{и}}$ ) к относительной плотности материала  $d$ :

$$R_{\text{уд}} = K_{\text{к.к.}} = R/d, \tag{20}$$

Раньше удельная прочность называлась **коэффициентом конструктивного качества  $K_{\text{к.к.}}$** .

Необходимо произвести расчет удельной прочности для материалов, указанных в таблице (см. табл. 6 рабочей тетради).

Формулы:

$$R_{уд} = K_{к.к.} = \frac{R}{d}; \quad d = \frac{\rho_m}{\rho_{воды}}$$

По показателю удельной прочности среди материалов, представленных в таблице, древесина является наиболее эффективным конструкционным материалом.

### Пример

Таблица 5 – Значение  $R_{уд}$  для некоторых материалов

Материал	d	Rc, МПа	Rp, МПа	R <sub>уд</sub> , МПа	
				при сжатии	при растяжении
Сталь марки Ст5	7,85	—	490	—	62,4
Стальная высокопрочная арматурная проволока Вр-II	7,85	—	1780	—	226,75
Кирпич керамический	1,6	15	—	9,37	—
Бетон тяжелый	2,4	30	—	12,5	—
Сосна	0,5	50	115	100	230
Стеклопластик листовой	1,5	—	200	—	133,33

## Контрольные вопросы

1. Понятие материаловедения? Группы строительных материалов по химическому составу?
2. Понятие химического, минерального состава и структуры(строения) материалов. Приведите примеры строительных материалов по типу структур.
3. Что такое анизотропия? Для каких материалов характерна?
4. В чем различие между кристаллической и аморфной структурой? Приведите примеры строительных материалов такой структуры.
5. Классификация строительных материалов по назначению и условию работы в сооружении? Приведите примеры.
6. Какие свойства строительных материалов относятся к физико-механическим, химическим, физико-химическим? От чего зависят физико-механические свойства строительных материалов?
7. Понятие плотности (средняя, истинная, относительная, насыпная)? У каких материалов плотность больше/меньше? Для одного и того же материала какая их плотностей будет больше/меньше?
8. Понятие пористости(открытая и закрытая) и коэффициента плотности и ее влияние на характеристики строительных материалов?
9. Водопоглощение материала (по массе и объему). Как определить водопоглощение материала?
10. Что такое влажностные деформации, усадка, усушка? Единицы измерения, для каких материалов будет характерно?
11. Что такое морозостойкость материала и от чего зависит? В чем состоит причина разрушения строительных материалов от действия перепада температур от  $-18 \pm 2$  °C до  $+18 \pm 2$  °C?
12. Какими показателями (единицы измерения или размерность) оценивается морозостойкость строительных материалов? В чем состоит стандартная метод определения марки по морозостойкости и как обозначается?
13. Что такое водостойкость материалов? Как оценить водостойкость строительных материалов (например гипсового кубика)?
14. Что такое водонепроницаемость материалов? Каким образом можно определить марку по водонепроницаемости?
15. Что такое паропроницаемость строительных материалов?
16. Что такое прочность и предел прочности (при сжатии и изгибе) строительных материалов? Что такое удельная прочность? Единицы измерения прочности? По показателю прочности чем характеризуются строительные материалы?
17. Что такое деформации? Дайте определения пластичности, упругости, хрупкости строительных материалов и приведите примеры таких строительных материалов.
18. Что такое модуль упругости (Модуль Юнга)? Ползучесть?

19. Что такое твердость, истираемость и износостойкость строительных материалов? Единицы измерения? Примеры строительных материалов, для которых будут данные свойства будут одними из основных.

20. Что такое теплопроводность и какими показателями она оценивается? Единицы измерения? Для каких строительных материалов теплопроводность будет выше/ниже? Теплопроводность воды или воздуха выше? По какой основной характеристики строительного материала можно судить о его теплопроводности?

21. Температурный коэффициент линейного расширения?

22. Понятие теплоемкости строительных материалов. Каким показателем она оценивается?

23. Что такое огнеупорность строительных материалов? Единицы измерения?

24. Что такое огнестойкость строительных материалов? Понятие предела огнестойкости. Единицы измерения? Что такое антипирены?

25. Что такое горючесть? Группы горючести строительных материалов? Чем горючие материалы отличаются от негорючих? Какими параметрами должен обладать строительный материал чтобы относиться к негорючим?

26. Химическая стойкость строительных материалов? Для чего она нужна?

27. Что такое коррозия и коррозионная стойкость? Для каких материалов характерна? Методы защиты от коррозии?

28. Что такое адгезия, прочность сцепления? Единицы измерения для каких материалов характерна? Что такое тиксотропия и для каких материалов характерна?

29. Что такое надежность строительных конструкций и из каких свойств она складывается?

30. Что такое безотказность, долговечность, ремонтнопригодность, сохраняемость?

## Рекомендуемая литература

1. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие для бакалавров/ И.А.Рыбьев. – 4-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 701 с. – Серия: Бакалавр – ISBN 978-5-9916-9
2. Строительные материалы [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. Проф. образования / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. –М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с. – ISBN: 978-5-7695-8336-0
3. Микульский, В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) [Текст]: учебник/ В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др.; под ред. В. Г. Микульского и В. В. Козлова. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с. – ISBN 5-93093-041-4
4. Попов, К. Н. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с. – ISBN 5-06-003799-1
5. Фетисов, Г. П. материаловедение и технология металлов [Текст]: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.; под ред. Г. П. Фетисов – М. : Высшая школа, 2000. – 638 с. – ISBN: 5-06-004418-1
6. Невского, В.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие / под общ. ред. В.А.Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – Рстов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с. – ISBN: 978-5-222-17506-4
7. Ковалев Я.Н. Строительные материалы [Текст]: Лабораторный практикум / Я.Н. Ковалев, Г.С. Галузо, А.Э. Змачинский, Т.А. Чистова; под ред. проф. Я.Н. Ковалев – М. : Издательский центр « НИЦ Инфра-М, Новое знание», 2015. – 633 с. – ISBN: 978-5-16-006406-2
8. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник для учреждений сред. Проф. образования/ Ю.Г. Барабанщиков.– 4-е изд.,стер.–М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с. – ISBN: 978-5-7695-9859-3

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

**Цель работы:** ознакомиться со свойствами керамического кирпича и сравнить их со свойствами других стеновых керамических изделий, определить соответствие керамического кирпича требованиям ГОСТ ТУ по внешнему виду и по эксплуатационным показателям керамического кирпича.

### Теоретическая часть

В современном капитальном строительстве наибольшее распространение получили каменные стеновые материалы, которые обычно подразделяют на *мелкоштучные*, укладываемые вручную, и *крупноразмерные*, монтируемые с помощью кранов.

К *мелкоштучным* каменным стеновым материалам относят:

- 1) кирпич керамический и силикатный;
- 2) керамические многопустотные камни;
- 3) бетонные и шлакобетонные камни;
- 4) пилёные камни из лёгких горных пород (известняк, туф и т.п.).

*Крупноразмерные стеновые материалы* – блоки из обычного, лёгкого или силикатного бетона и стеновые панели – однослойные (из лёгкого бетона) и многослойные (из обычного бетона с теплоизоляционным слоем).

### 1. Общие сведения о строительной керамике

*Керамическими* называют искусственные каменные материалы, получаемые из минерального сырья (глины) с добавками или без них путем формования, сушки и обжига при высоких температурах. Добавки вводятся для корректировки изначальных природных характеристик глинистого сырья.

К группе *стеновых керамических изделий* относятся: *кирпич керамический обыкновенный, эффективные керамические материалы* (кирпич пустотелый, пористо-пустотелый, легкий, пустотелые камни, блоки и плиты), а также *крупноразмерные блоки и панели из кирпича и керамических камней, общие технические требования* к которым *содержатся в ГОСТ 530*.

Основные характеристики керамических изделий: *средняя плотность  $\rho$ , прочность  $R$ , теплопроводность  $\lambda$*  зависят от степени обжига и структуры. При обжиге до температуры 950...1000 °С получают изделия с пористостью от 8 до 38 % (стеновые, кровельные, облицовочные, теплоизоляционные). Более высокие температуры обжига позволяют получать материалы с большей плотностью, и низкой пористостью, а, следовательно, они будут более прочные и водонепроницаемые (плитки для полов, дорожный (клинкерный) кирпич, канализационные трубы и др.).

Керамические изделия используют практически во всех конструктивных элементах здания, а также для архитектурной отделки фасадов. Их применяют для кладки наружных и внутренних стен и других элементов зданий и для изготовления стеновых панелей (двух- и трехслойных) и блоков. При этом в наибольших объемах применяют стеновые изделия - *керамические кирпич и камень*.

**Основным сырьем** для производства строительной керамики служат рыхлоземлистые осадочные горные породы - глины и каолины.

**Глины** разнообразны по минеральному составу и состоят из минералов - водных алюмосиликатов: каолинита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  (это главный минерал), монтмориллонита  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ , галлуазита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$  и других, а также минеральных и органических примесей.

**Каолины** состоят преимущественно из минерала белого цвета - каолинита с минимальным содержанием примесей. Они тугоплавки и после обжига сохраняют белый цвет.

Наряду с глинами и каолинами в технологии керамических изделий используют другое минеральное сырье, например, **трепелы, диатомиты, а также чистые оксиды** (оксидная или техническая керамика) **и местные промышленные отходы**.

Примеси (кварц, слюда, полевые шпаты, кальцит, магнезит и др.), входящие в состав глин, уменьшают их **пластичность**. Наличие примесей известняка может явиться причиной появления так называемых **“дутиков”** и трещин в изделиях. Дело в том, что при обжиге глины  $CaCO_3$ , содержащийся в известняке, разлагается на оксид кальция и углекислый газ, а при последующей эксплуатации изделий оксид кальция гидратируется с увеличением объема.

Природные глины в чистом виде применяются редко, чаще - в смеси с **добавками различного назначения**. Основные виды добавок:

- **отощающие** - шамот, дегидратированная глина, шлаки, золы, кварцевый песок; вводятся для понижения пластичности и уменьшения усадки глины при сушке и обжиге;

- **пластифицирующие** - высокопластичные глины, бентониты, поверхностно-активные вещества: вводятся в тощие глины для повышения пластичности сырьевой смеси;

- **порообразующие**, которые вводятся для повышения пористости и уменьшения теплопроводности керамического черепка. По механизму порообразования добавки делятся на диссоциирующие с выделением газа - молотые мел, доломит

- **выгорающие** - древесные опилки, угольный порошок, торфяная пыль;

- **плавни** - полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк и др.; понижают температуру спекания глин.

Для улучшения внешнего вида, а также повышения стойкости к внешним воздействиям изделия могут покрываться декоративным слоем - **глазурью или ангобом**.

**Глазурь** - стекловидное покрытие различного цвета, прозрачное или непрозрачное (глухое). Сырьевую смесь в виде порошка или суспензии из кварцевого песка, каолина, полевого шпата, солей щелочных и щелочноземельных металлов наносят на изделие и закрепляют обжигом.

**Ангоб** - тонкий слой беложгущейся или цветной глины, наносимый на поверхность еще необожженного изделия. При обжиге образуется цветное покрытие с матовой поверхностью.

**Производство керамических изделий** включает следующие этапы: *карьерные работы, механическую обработку глиняной массы, формование изделий, их сушку и обжиг.* **Добыча глины** осуществляется в карьерах открытым способом. Добытая глина в течение 1-2 лет в замоченном состоянии вылеживается в карьере, где периодически замораживается и оттаивает. При этом разрушаются природные агрегаты глины и высвобождаются мельчайшие частички, придающие глинам пластичность. Механическая обработка глиняной массы производится с целью дальнейшего разрушения природной структуры глин, удаления или измельчения крупных включений, измельчения и перемешивания всех компонентов до получения однородной, удобоформируемой массы.

В зависимости от вида изготавливаемой продукции и свойств сырья массу готовят *пластическим, жестким, полусухим, сухим и шликерным способами.* Способ приготовления массы определяет и способ формования, и название в целом способа производства. Стеновые керамические изделия изготавливают способом пластического формования (экструзии), реже - полусухим прессованием.

**1. Способ пластического формования** является наиболее простым, наименее металлоемким и поэтому наиболее распространенным. Исходные материалы смешивают с водой до получения смеси с влажностью от 18 до 22%. Формование *сырца* производится на ленточном прессе. Увлажненная и тщательно размятая глиняная масса продавливается винтовым конвейером через решетку в вакуумную камеру пресса, где из нее удаляется воздух. Далее масса винтовым валом подается в конусную головку пресса, уплотняется и продавливается через формообразующую часть пресса - мундштук. Мундштук придает глиняной ленте, выходящей из пресса, определенную высоту и ширину. При получении пустотелых изделий в мундштуке устанавливаются керны, образующие каналы в выдавливаемой ленте.

Выходящая из пресса глиняная лента нарезается автоматическим устройством на отдельные кирпичи, которые затем высушивают и обжигают при температуре 1000°C. Размер сырца несколько больше номинальных размеров изделия, так как в процессе последующей обработки глина претерпевает усадку, достигающую при данном способе производства 10-15%.

Сушка изделий с целью предотвращения растрескивания должна производиться так, чтобы скорость испарения воды с поверхности не превышала скорости ее миграции из внутренних слоев. Сушка сырца производится в туннельных и камерных сушилках до остаточного содержания

влаги не более 5-7% во избежание неравномерной усадки и растрескивания при последующем обжиге.

**2. Жесткий способ формования** – разновидность современного пластического способа. Заключается в формировании на мощных вакуумных пресах при давлении до 20 МПа.  $W=13...18\%$ .

**3. Полусухой способ прессования** отличается от пластического тем, что глина с влажностью 6-7% измельчается в порошок, из которого на специальных пресах поштучно формируется кирпич-сырец при давлении от 15 до 40 МПа. Такой сырец не требует сушки - его сразу после формования можно обжигать. Кирпич полусухого прессования имеет гладкие грани и значительно меньше дефектов, чем кирпич пластического формования, но он менее морозостоек. Кроме того, он получается более плотным, в связи с чем в нем делают несквозные пустоты (так называемый пятистенный кирпич). Относительно небольшой выпуск кирпича полусухого прессования объясняется сложностью прессов для формования сырца и их невысокой производительностью.

**4. Сухой способ прессования** – разновидность современного полусухого способа. С его помощью изготавливают дорожный кирпич, плитки для полов.  $W=2...6\%$ .

**5. Шликерный способ прессования** применяется при литье изделий сложной формы. Влажность массы  $W$  до 40 %.

**Наиболее ответственным этапом производства** керамических изделий является **обжиг**. В процессе обжига **формируется состав и структура керамического черепка**, определяющие строительно-технические свойства: *прочность, плотность, водостойкость, морозостойкость* и др. Дефекты, возникающие при обжиге, являются необратимыми.

От ведения процесса обжига зависит расход топлива, электроэнергии, затраты труда и другие технико-экономические показатели. Суммарные затраты на обжиг составляют 35...40% от себестоимости товарной продукции.

В процессе обжига глина претерпевает глубокие физико-химические изменения. Сначала испаряется свободная вода (до 200°C), затем выгорают органические примеси (300-400°C). При температуре 500-600°C из глинистых минералов удаляется химически связанная вода: так из каолинита образуется безводный метакаолинит  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , который при 700-800°C разлагается на отдельные оксиды (образуется так называемый твердый раствор). С повышением температуры до 900°C и выше  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  вновь соединяются

друг с другом, но в других соотношениях, образуя новые искусственные минералы: неустойчивый силлиманит  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  и кристаллический муллит  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , интенсивное образование которого происходит в интервале температур 1000-1200°C. *Муллит* придает обожженному керамическому черепку водостойкость, прочность, термическую стойкость. С его образованием глина необратимо переходит в камневидное состояние. Вместе с образованием муллита легкоплавкие составляющие глины переходят в

расплав, который скрепляет кристаллы муллита, цементирует и упрочняет керамический черепок.

*Расплавление легкоплавких составляющих глины при обжиге сопровождается сближением частиц и, соответственно, уменьшением размеров и объема изделий. Это явление называется **огневой усадкой**. В зависимости от вида глины она составляет от 2 до 8 % и тем больше, чем выше температура обжига. Полная усадка равна сумме воздушной (возникает при сушке за счет испарения свободной воды) и огневой. Данные об усадке учитываются при формировании изделий.*

*Свойство глины уплотняться при обжиге и образовывать камнеподобный черепок называется **спекаемостью**. Интервал между температурой начала спекания и температурой, при которой появляются первые признаки пережога, называется интервалом спекания. Чем он больше, тем легче управлять процессом обжига, тем меньше опасность нежелательных деформаций изделий.*

Обжиг стеновой керамики обычно заканчивается при температуре 950-1050°C. Дальнейшее повышение температуры ведет к появлению **пережога («железняк»)**, характеризующегося повышенной плотностью изделий, темным фиолетово-бурым цветом, иногда оплавленной поверхностью и искривлением изделий. Соответственно **недожог** характеризуется незавершенностью процессов обжига, пониженной прочностью, водо- и морозостойкостью и алым оттенком изделий. Таким образом, после обжига изделия могут отличаться как по степени обжига, так и по наличию внешних дефектов (*отбитости, трещины, искривления и проч.*).

**Стеновые изделия применяют** для кладки и облицовки несущих и самонесущих стен и других элементов зданий и сооружений, в частности, **полнотелый кирпич** используют для кладки фундаментов, наружной части дымовых труб, промышленных и бытовых печей. Помимо стеновых материалов, описанных в данных методических указаниях, широко применяются **керамические облицовочные изделия** (плитки для наружной и внутренней облицовки и фасонные детали к ним), кровельные материалы (черепица), **заполнители для бетона** (керамзит, аглопорит, щебень из кирпичного боя), **кислотоупорные изделия** (кирпич, плитка и проч.), **огнеупоры, теплоизоляционные материалы, материалы для полов, для перекрытий, санитарно-технические изделия, дренажные и канализационные трубы и др.**

## 2. Керамические кирпич и камень

**Кирпич и камни**, включая крупноформатные (ГОСТ 530-2012), представляют собой мелкоштучные керамические изделия, предназначенные для кладки и облицовки каменных и армокаменных конструкций - несущих и самонесущих стен, фундаментов, вентиляционных каналов и т.п.

**Кирпич керамический** – керамическое штучное изделие, предназначенное для устройства кладок (рис. 1) на строительных растворах и сухих строительных (клеевых, кладочных) смесях.

**К кирпичу предъявляются требования:**

1. По показателям внешнего вида;
2. По прочности на изгиб  $R_{изг}$ ;
3. По прочности на сжатие  $R_{сж}$ ;
4. Теплопроводности  $\lambda$ ;
5. Морозостойкости  $F$  (для кладки наружных стен).

**Кирпич нормального формата 1НФ (одинарный)** имеет форму параллелепипеда размером 250x120x65 мм с прямыми ребрами, четкими гранями и ровными лицевыми поверхностями. Искривление ребер и граней кирпича не должно превышать 3 мм.

**Модульный кирпич** имеет размеры 250x120x88 мм и выпускается с круглыми или щелевыми пустотами, чтобы масса одного кирпича была не более 4 кг. **Кирпич «евро»** имеет размеры 250x85x65 мм.

**Стеновые материалы измеряют** в штуках «условного» кирпича. Они приводятся в перерасчете на условный кирпич размерами 250x120x65 мм (объем изделия 1950 см<sup>3</sup>). Коэффициент перерасчета  $K$  керамических и силикатных изделий в условный кирпич вычисляется по формуле:

$$K = V/1950;$$

где  $v$ -объем изделия брутто, см<sup>3</sup>; 1950 – объем условного стандартного кирпича, см<sup>3</sup> (или 1,95 м<sup>3</sup>).

Почему тысяча «условная»? В свое время стандартный типоразмер кирпича был 250x120x65 мм. После сложения 1 тыс. кирпичей данного типоразмера получался объем 1,95 м<sup>3</sup>. Со временем, чтобы снизить трудозатраты каменщиков типоразмер кирпича был изменен: толщина его увеличилась до 88 мм. Теперь, чтобы получить тот же объем кладки (1,95 м<sup>3</sup>), такого модульного кирпича требовалось уложить не 1 тыс., а всего 740 штук, при том же объеме, но при меньших трудозатратах.

**Различают следующие виды кирпича:**

**1. Полнотелый** – кирпич без пустот или с технологическими пустотами, объем которых составляет не более 13% от объема кирпича. Полнотелыми изготавливают только одинарные и утолщенные кирпичи;

**2. Пустотелый** – кирпич, имеющий пустоты различной формы и размеров, объем пустот, у которого более 13 % (обычно 25-45%). Форма и размер пустот могут быть различными. Обычно для изделий с вертикальными пустотами нормируется толщина наружных стенок не более 12 мм, ширина щелевых пустот не более 16 мм, диаметр круглых не более 20 мм;

**3. Клинкерный** – кирпич, имеющий высокую прочность и низкое водопоглощение, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки в сильно агрессивной среде и выполняющие функции декоративного материала;

**4. Фасонный** – изделие, имеющее форму, отличающуюся от формы прямоугольного параллелепипеда;

**5. Доборный элемент** – изделие специальной формы, предназначенное для завершения кладки;

**6. Лицевой кирпич** – используется при кладке стен одновременно как конструкционный, так и отделочный материал. Обеспечивает эксплуатационные характеристики кладки и выполняющий функцию декоративного материала. Имеет улучшенные в эстетическом отношении грани, имеет те же размеры и физико-механические свойства, что и обыкновенный кирпич. Его отличает большая точность размеров;

**7. Рядовой кирпич** – изделие, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки.

**8. Камень с пазогребневой системой** – крупноформатное пустотелое керамическое изделие с номинальной толщиной 140 мм и более, предназначенное для устройства кладок; *(с выступами на вертикальных гранях для пазогребневого соединения камней в кладке без использования кладочного раствора в вертикальных швах).*

Чтобы получить кирпич требуемых размеров, кирпич сырец формуют несколько крупнее с учетом усадки при сушке и обжиге. В силу неоднородности сырья и технологических режимов усадка не всегда одинакова, поэтому размеры кирпича отличаются от указанных выше. В связи с этим стандарт ГОСТ 530 предусматривает **допустимые отклонения от установленных размеров:  $\pm 5$  мм по длине,  $\pm 4$  мм по ширине,  $\pm 3$  мм по толщине.**

### **Кирпич одинарный рядовой полнотелый**

*Номинальные размеры:* 250x120x65 мм.

*Обозначение размера:* 1НФ

*Масса:* 3,4-3,6 кг.

*Класс средней плотности:* 2,0

*Группа по теплотехническим характеристикам:*  
малоэффективный

*Марка по прочности:* М200

*Марка по морозостойкости:* F50

*Условное обозначение:*

КР-р-по 250×120×65/1НФ/200/2,0/50/ГОСТ 530–2012



### **Кирпич одинарный рядовой полнотелый (с технологическими пустотами)**

*Номинальные размеры:* 250x120x65 мм.

*Обозначение размера:* 1НФ

*Масса:* 3,3-3,5 кг.

*Класс средней плотности:* 2,0

*Группа по теплотехническим характеристикам:*  
малоэффективный

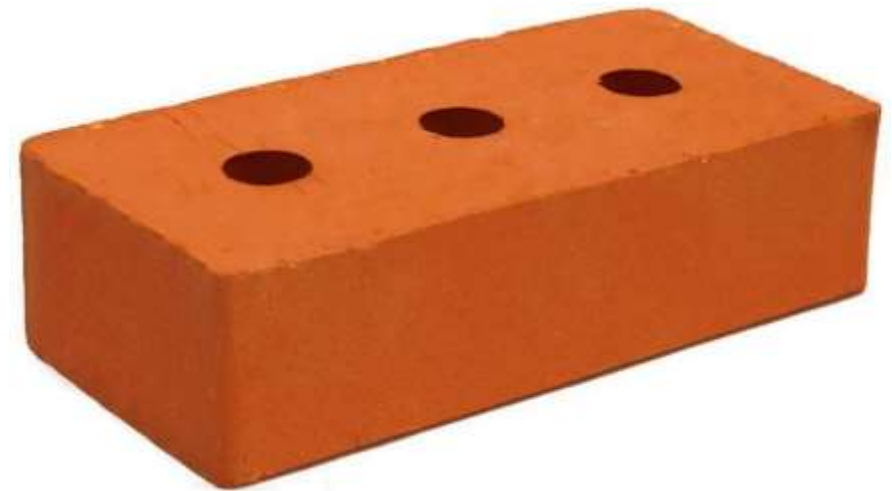
*Марка по прочности:* М200

*Марка по морозостойкости:* F50

*Характерные особенности:* Объем технологических пустот составляет 5% от объема изделия

*Условное обозначение:*

КР-р-по 250×120×65/1НФ/200/2,0/50/ГОСТ 530–2012



## **Кирпич одинарный лицевой пустотелый**

*Номинальные размеры:* 250x120x65 мм.

*Обозначение размера:* 1НФ

*Масса:* 2,0-2,1 кг.

*Класс средней плотности:* 1,2

*Группа по теплотехническим характеристикам:*  
эффективный

*Марка по прочности:* М125

*Марка по морозостойкости:* F35

*Условное обозначение:*

КР-л-пу 250×120×65/1НФ/125/1,2/35/ГОСТ 530–2012

*Характерные особенности:*

*Пустотность:* 40%

С гладкой или рельефной поверхностью



### **Кирпич утолщенный лицевой пустотелый**

*Номинальные размеры:* 250x120x88 мм.

*Обозначение размера:* 1,4 НФ

*Масса:* 2,8-2,9 кг.

*Класс средней плотности:* 1,2

*Группа по теплотехническим характеристикам:*  
эффективный

*Марка по прочности:* М150

*Марка по морозостойкости:* F50

*Условное обозначение:*

КУ-л-пу 250×120×88/1,4НФ/150/1,2/50/ГОСТ 530–2012

*Характерные особенности:*

*Пустотность:* 36% , гладкая или рельефная поверхность

### **Кирпич «Евро» лицевой пустотелый**

*Номинальные размеры:* 250x85x65 мм.

*Обозначение размера:* 0,7 НФ

*Масса:* 1,7-1,8 кг.

*Класс средней плотности:* 1,4

*Группа по теплотехническим характеристикам:* условно-  
эффективный

*Марка по прочности:* М150

*Марка по морозостойкости:* F50

*Условное обозначение:*

КЕ-л-пу 250×85×65/0,7НФ/150/1,4/50/ГОСТ 530–2012

*Характерные особенности:*

*Пустотность:* 26%

С гладкой или рельефной поверхностью



### **Кирпич фасонный одинарный лицевой пустотелый**

*Номинальные размеры:* 250x12x65 мм.

*Марка по прочности:* М125

*Марка по морозостойкости:* F50

*Условное обозначение:*

КО-л-пу 250×120×65/1НФ/120/1,4/50/ГОСТ 530–2012

*Характерные особенности:*

*Пустотность:* 45%

С гладкой или рельефной поверхностью



### **Кирпич с горизонтальными пустотами**

*Номинальные размеры:* 250x200x88 мм.

*Марка по прочности:* М125

*Марка по морозостойкости:* F50

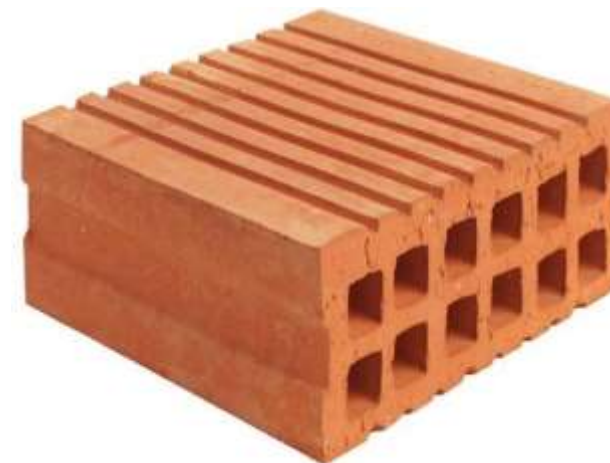
*Условное обозначение:*

КРГ-р-пу 250×200×88/1,8НФ/128/1,4/50/ГОСТ 530–2012

*Характерные особенности:*

*Пустотность:* 45%

С гладкой или рельефной поверхностью



## **Камень крупноформатный рядовой поризованный**

*Номинальные размеры: 510x250x219 мм.*

*Марка по прочности: М125*

*Масса: 23,0 кг.*

*Марка по морозостойкости: F35*

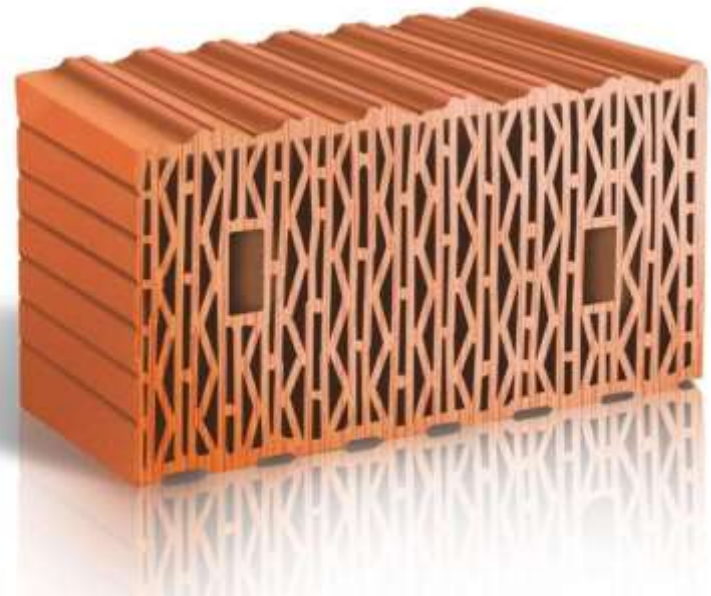
*Условное обозначение:*

*КМ-р-пу 510×250×219/14,3НФ/125/1,0/35/ГОСТ 530–2012*

*Характерные особенности:*

*Пустотность: 52%*

*Имеет два сквозных отверстия для захвата, пазогребневая конструкция для соединения в кладке.*



## 2.1 Классификация и основные размеры изделий

Керамические кирпич и камень (в дальнейшем изделия), как правило, имеют форму прямоугольного параллелепипеда (рис. 1). Для граней изделий приняты следующие названия. Рабочая грань изделия, расположенная параллельно основанию кладки, называется *постель*. *Ложок* и *тычок* – соответственно большая и меньшая грани, расположенные перпендикулярно постели.

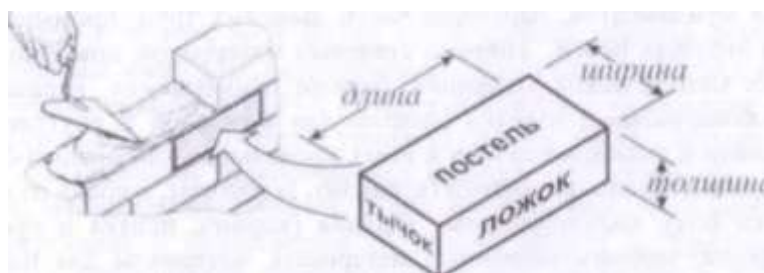


Рисунок 1 – Керамическое изделие, как элемент кладки

Камень отличается от кирпича большими размерами, а крупноформатный камень кроме того имеет на двух противоположных боковых гранях гребни и соответствующие им пазы для скрепления изделий в кладке в вертикальном направлении без раствора - пазогребневая система (см. рис. 12, цветная вклейка).

Номинальные размеры основных разновидностей изделий и обозначения их вида и размера приведены в табл. 1.

В таблице обозначение размера «1 НФ» означает «кирпич нормального формата» объемом  $1950 \text{ см}^3$  ( $25 \times 12 \times 6,5 \text{ см}$ ). Соответственно, для других изделий обозначение размера устанавливается путем деления их объема, вычисленного по номинальным размерам в см, на 1950 с округлением результата до 0,1. Например, объем утолщенного кирпича по номинальным размерам составляет  $2640 \text{ см}^3$  ( $25 \times 12 \times 8,8 \text{ см}$ ). Результат деления его на 1950-1,35, следовательно, обозначение размера 1,4НФ.

По назначению изделия подразделяются на *рядовые* и *лицевые*. Главное требование к рядовым изделиям - обеспечить эксплуатационные характеристики кладки: сопротивление сжатию, приведенное сопротивление теплопередаче и др. Рядовые изделия выпускаются с гладкой или рельефной поверхностью боковых граней. Рельефная поверхность обеспечивает лучшее сцепление со слоем раствора (см. рис. 1 и 2, цветная вклейка).

Таблица 1 – Номинальные размеры, обозначения вида и размера изделий

Вид изделия	Обозначение вида	Номинальные размеры, мм			Обозначение размера
		Длина	Ширина	Толщина	

Кирпич одинарный	КО	250	120	65	1 НФ
Кирпич «Евро»	КЕ	250	85	65	0,7 НФ
Кирпич утолщенный	КУ	250	120	88	1,4 НФ
Кирпич модульный одинарный	КМ	288	138	65	1,3 НФ
Кирпич утолщенный с горизонтальными пустотами	КУГ	250	120	88	1,4 НФ
Камень	К	250	120	140	2,1 НФ
		250	250	140	4,5 НФ
		288	138	140	2,9 НФ
Камень с горизонтальными пустотами	КГ	250	200	70	1,8 НФ
Камень крупно форматный	КК	510	120	219	6,7 НФ
		380	250	219	10,7 НФ
		510	250	219	14,3 НФ

*Примечание:* допускается изготовление изделий других номинальных размеров: при этом предельные отклонения размеров не должны превышать значений, приведенных в разделе 2.3.

Лицевые изделия обеспечивают не только эксплуатационные характеристики кладки, но и выполняют декоративные функции. Лицевые изделия имеют не менее двух (чаще трех) лицевых граней - ложковую и тычковую (или ложковую и две тычковые), отличающихся более высоким качеством поверхности.

Лицевые изделия по способу получения лицевой поверхности бывают:

- неофактуренные с гладкой или рельефной поверхностью естественного цвета или объемно окрашенные (см. рис. 3-10, цветная вклейка);
- с поверхностью, офактуренной торкретированием, ангобированием, глазурованием или иным способом.

Для снижения стоимости лицевых керамических изделий (примерно на 20%) и затрат на транспортировку (примерно на 30%) выпускается кирпич «Евро» шириной 85 мм (см. рис. 8 и 9, цветная вклейка).

Для кладки столбов, арок и других сложных по форме конструкций по соответствующим техническим условиям производят *фасонный* лицевой одинарный и утолщенный кирпичи различной конфигурации (см. рис. 10, цветная вклейка).

Кирпич бывает *полнотелым* и *пустотелым*, а камень только *пустотелым*. Полнотелым считается кирпич без пустот или с технологическими пустотами, объем которых не превышает 13% объема изделия (см. рис. 1 и 2, цветная вклейка).

Пустотелые изделия (пустотность - 25-53 %) изготавливают с целью уменьшения их массы и снижения теплопроводности, а также для обеспечения более равномерных сушки и обжига изделий, и, как следствие, большей точности размеров и отсутствия трещин.

Пустоты различной формы и размеров могут располагаться в изделиях перпендикулярно (вертикальные) или параллельно (горизонтальные) постели. Крупноформатный камень имеет также пустоты для захвата при укладке (см. рис. 12, цветная вклейка).

Толщина наружных стенок пустотелого кирпича и камня должна быть не менее 12 мм, крупноформатного камня - не менее 10 мм. Диаметр вертикальных цилиндрических и размер стороны квадратных пустот должны быть не более 20 мм, а ширина щелевидных пустот - не более 16 мм.

Для повышения теплотехнической эффективности стеновых керамических изделий (в первую очередь крупноформатного камня) при их производстве в сырьевую массу вводят добавки: древесные опилки, измельченную бумагу, полистирольную крошку, которые при обжиге выгорают, образуя в керамическом черепке микропоры. Такие изделия принято называть поризованными.

*Марки по прочности* полнотелого кирпича, кирпича и камня с вертикальными пустотами: М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300, крупноформатного камня - М35, М50, М75, М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300, кирпича и камня с горизонтальными пустотами - М25, М35, М50, М75, М100.

В зависимости от *средней плотности* изделия подразделяют на *классы*: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0.

*Марки изделий по морозостойкости*: F25, F35, F50, F75, F100.

В зависимости от класса средней плотности изделия делят на *группы по теплотехническим характеристикам* (табл.2). Теплотехническую эффективность оценивают теплопроводностью кладки в сухом состоянии с минимально достаточным количеством кладочного раствора.

Таблица 2 – Группы изделий по теплотехническим характеристикам

Класс средней плотности изделия	Группы изделий по теплотехническим характеристикам	Теплопроводность кладки в сухом состоянии, Вт/(м°С)
0,8	Высокой эффективности	До 0,20
1,0	Повышенной эффективности	Св. 0,20 до 0,24
1,2	Эффективные	Св. 0,24 до 0,36
1,4	Условно-эффективные	Св. 0,36 до 0,46
2,0	Обыкновенные (малоэффективные)	Св. 0,46

## 2.2 Условные обозначения

Условное обозначение керамических изделий по ГОСТ 530 включает: название вида изделия, его обозначение (табл. 1), букву Р - для рядовых, Л - для лицевых изделий, обозначение По - для полнотелого кирпича, Пу - для пустотелого, обозначение размера (табл. 1), марку по прочности, класс средней плотности, марку по морозостойкости и обозначение стандарта. Допускается для более полной характеристики изделий вводить в условное обозначение дополнительную информацию.

*Примеры условных обозначений изделий* Кирпич рядовой полнотелый, одинарный, размера 1НФ, марки по прочности М1 75, класса средней плотности 2,0, марки по морозостойкости F50: *Кирпич КОРПо 1НФ/175/2,0/50/ГОСТ 530-2007* Кирпич «Евро» лицевой, пустотелый, размера 0,7НФ, марки по прочности М150, класса средней плотности 1,4, марки по морозостойкости F100: *Кирпич КЕЛПу 0,7НФ/150/1,4/100/ГОСТ 530-2007* Кирпич лицевой, пустотелый, одинарный, размера 1НФ, марки по прочности М125, класса средней плотности 1,2, марки по морозостойкости F50: *Кирпич КОЛПу 1 НФ/125/1,2/50/ГОСТ 530-2007* Камень рядовой, размера 2,1НФ, марки по прочности М100, класса средней плотности 1,0, марки по морозостойкости F35:

*Камень КР 2,1 НФ/100/1,0/35/ГОСТ 530* Камень крупноформатный рядовой, размера 10,7НФ, марки по прочности М75, класса средней плотности 0,8, марки по морозостойкости F25:

*Камень ККР 10,7НФ/75/0,8/25/ГОСТ 530*

## 2.3 Технические требования

Технические требования в соответствии с ГОСТ 530-2012 включают требования к внешнему виду и техническим характеристикам изделий, сырью и материалам, а также маркировке и упаковке.

Внешний вид. Предельные отклонения размеров от номинальных значений не должны превышать, мм:

кирпича и камня (кроме крупноформатного)	±4,
крупноформатного камня	±10;
- по ширине'	
кирпича и камня (кроме крупноформатного)	±3,
крупноформатного камня	±5;
- по толщине:	
кирпича лицевого	±2,
кирпича рядового	±3,
камня, в т.ч. крупноформатного	±4.

Отклонение от перпендикулярности смежных граней допускается не более: для кирпича и камня - 3 мм, для крупноформатного камня - 1,4% длины любой грани.

Отклонение от плоскостности граней изделий более 3 мм не допускается.

Лицевые изделия не должны иметь отколы, вызванные карбонатными или иными включениями в сырье. На рядовых изделиях допускаются отколы общей площадью не более 1,0 см<sup>2</sup>.

На лицевых изделиях не допускаются высолы, представляющие собой водорастворимые соли, выходящие на поверхность изделия при контакте с влагой.

Прочие дефекты внешнего вида изделий, размеры и число которых превышают значения, указанные в табл. 3, не допускаются.

Таблица 3 – Дефекты внешнего вида изделий

№	Вид дефекта	Лицевые изделия	Рядовые изделия
1	Отбитости углов глубиной более 15 мм, шт.	не допускаются	2
2	Отбитости углов глубиной от 3 до 15 мм, шт.	1	4
3	Отбитости ребер глубиной более 3 мм и длиной более 15 мм, шт.	не допускаются	2
4	Отбитости ребер глубиной не более 3 мм и длиной от 3 до 15 мм, шт.	1	4
5	Трещины, шт.	не допускаются	2

Примечания: 1. Трещины в межпустотных перегородках не являются дефектом.  
 2. Отбитости углов глубиной менее 3 мм и отбитости ребер длиной и глубиной менее 3 мм и трещины с шириной раскрытия не более 0,5 мм не являются браковочными признаками.  
 3. Для лицевых изделий указаны дефекты лицевых граней.

У рядовых и лицевых изделий допускаются черная сердцевина и контактные пятна на поверхности (нелицевой). Черная сердцевина обусловлена образованием в процессе обжига изделия закиси железа. Контактное пятно - это участок поверхности изделия, отличный по цвету, возникающий в процессе сушки или обжига и не влияющий на характеристики изделия.

В партии изделий не допускается наличие половняка более 5%. **Половняк** - это изделия, имеющие сквозные трещины, или две части, образовавшиеся в результате раскалывания изделия. Сквозной считается трещина, проходящая через всю толщину изделия и имеющая протяженность в половину или более ширины изделия.

Марку кирпича по прочности устанавливают по пределу прочности при сжатии и изгибе, а камня - по пределу прочности при сжатии. Пределы прочности изделий должны быть не менее значений, указанных в табл. 4.

Марка определяется по среднему пределу прочности пяти образцов с учетом наименьшего значения для отдельного образца.

Таблица 4 – Требования ГОСТ 530-2012 к прочности кирпича

Марка изделий	Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при изгибе					
			Полнотелого кирпича		Пустотелого кирпича менее формата 1,4 НФ		Пустотелого кирпича формата 1,4 НФ	
	Среднее для 5	Наим. для отдельного	Среднее для 5	Наим. для отдельного	Среднее для 5	Наим. для отдельного	Среднее для 5	Наим. для отдельного
M1000	100,0	80,0	>4,4	4,4	>3,4	3,4	>2,9	2,9
M800	80,0	64,0						
M600	60,0	48,0						
M500	50,0	40,0						
M400	40,0	32,0						
M300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
M250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
M200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
M175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
M150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
M125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
M100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8	1,4	0,7

Средняя плотность изделий в зависимости от класса средней плотности должна соответствовать значениям, приведенным в табл. 5

Таблица 5 – 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

Водопоглощение рядовых изделий должно быть не менее 6,0 %, лицевых - не менее 6,0 % и не более 14,0 %. Для изделий, изготовленных из трепелов и диатомитов, допускается водопоглощение не более 28 %.

Кирпич и камень в зависимости от марки по морозостойкости должны выдерживать без каких-либо видимых признаков разрушения (растрескивание, шелушение, выкрашивание, отколы) не менее 25; 35; 50; 75 или 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии.

Для лицевых изделий марка по морозостойкости должна быть не ниже F50. Допускается по согласованию с потребителем поставлять лицевые изделия марки по морозостойкости F35. Марка по морозостойкости изделий, используемых для возведения дымовых труб, цоколей и стен подвалов,

должна быть не ниже F50.

Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в изделиях должна быть не более 370 Бк/кг.

## 2.4 Контроль качества изделий

Качество керамических изделий на производстве обеспечивают входным контролем сырья и материалов, операционным технологическим контролем и приемочным контролем готовых изделий.

Приемочный контроль включает в себя приемосдаточные и периодические испытания. Продукцию принимают партиями, состоящими из одинаковых изделий. Объем партии устанавливают в количестве, не превышающем суточной выработки одной печи. Каждая партия проходит *приемосдаточные испытания*: оценку внешнего вида, средней плотности, прочности при сжатии и изгибе.

Для оценки внешнего вида методом случайного отбора из разных мест партии отбирают 35 кирпичей или 25 камней. Эти же образцы затем используют для других испытаний. Среднюю плотность контролируют на 5-ти изделиях, прочность при сжатии - на 10-ти кирпичах или 5-ти камнях, а при изгибе - на 5-ти образцах.

*Периодические испытания* включают определение наличия известковых включений (1 раз в две недели), высолов (1 раз в месяц), водопоглощения (1 раз в месяц) и морозостойкости (1 раз в квартал). Для всех периодических испытаний отбирают по 5 образцов. Результаты периодических испытаний распространяются на все партии изделий, выпущенных до проведения следующих периодических испытаний.

Партию не принимают, если при проверке размеров и правильности формы два и более из отобранных от партии изделий не соответствуют стандартным требованиям. Если будет установлено несоответствие изделий стандарту хотя бы по одному из показателей (кроме внешнего вида и морозостойкости), то по этому показателю проводят повторные испытания удвоенного количества образцов из той же партии. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний партия приемке не подлежит.

Удельную эффективную активность естественных радионуклидов контролируют при входном контроле по данным предприятия- поставщика сырьевых материалов.

Предприятие-изготовитель должно сопровождать партию изделий документом о качестве, в котором указывается наименование и условное обозначение изделия, номер партии, марка по прочности, класс средней плотности, марка по морозостойкости, водопоглощение, группа по теплотехнической эффективности, удельная эффективная активность естественных радионуклидов, способ изготовления изделий.

## 2.1 Классификация и основные размеры изделий

Керамические кирпич и камень (в дальнейшем изделия), как правило, имеют форму прямоугольного параллелепипеда (рис. 1). Для граней изделий приняты следующие названия. Рабочая грань изделия, расположенная параллельно основанию кладки, называется *постель*. *Ложок* и *тычок* – соответственно большая и меньшая грани, расположенные перпендикулярно постели.

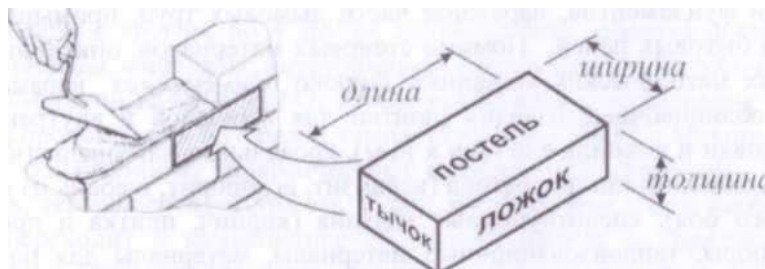


Рисунок 1 – Керамическое изделие, как элемент кладки

Камень отличается от кирпича большими размерами, а крупноформатный камень кроме того имеет на двух противоположных боковых гранях гребни и соответствующие им пазы для скрепления изделий в кладке в вертикальном направлении без раствора - пазогребневая система (см. рис. 12, цветная вклейка).

Номинальные размеры основных разновидностей изделий и обозначения их вида и размера приведены в табл. 1.

В таблице обозначение размера «1 НФ» означает «кирпич нормального формата» объемом  $1950 \text{ см}^3$  ( $25 \times 12 \times 6,5 \text{ см}$ ). Соответственно, для других изделий обозначение размера устанавливается путем деления их объема, вычисленного по номинальным размерам в см, на 1950 с округлением результата до 0,1. Например, объем утолщенного кирпича по номинальным размерам составляет  $2640 \text{ см}^3$  ( $25 \times 12 \times 8,8 \text{ см}$ ). Результат деления его на 1950-1,35, следовательно, обозначение размера 1,4НФ.

По назначению изделия подразделяются на *рядовые* и *лицевые*. Главное требование к рядовым изделиям - обеспечить эксплуатационные характеристики кладки: сопротивление сжатию, приведенное сопротивление теплопередаче и др. Рядовые изделия выпускаются с гладкой или рельефной поверхностью боковых граней. Рельефная поверхность обеспечивает лучшее сцепление со слоем раствора (см. рис. 1 и 2, цветная вклейка).

Таблица 1 – Номинальные размеры, обозначения вида и размера изделий

Вид изделия	Обозначение вида	Номинальные размеры, мм			Обозначение размера
		Длина	Ширина	Толщина	

Кирпич одинарный	КО	250	120	65	1 НФ
Кирпич «Евро»	КЕ	250	85	65	0,7 НФ
Кирпич утолщенный	КУ	250	120	88	1,4 НФ
Кирпич модульный одинарный	КМ	288	138	65	1,3 НФ
Кирпич утолщенный с горизонтальными пустотами	КУГ	250	120	88	1,4 НФ
Камень	К	250	120	140	2,1 НФ
		250	250	140	4,5 НФ
		288	138	140	2,9 НФ
Камень с горизонтальными пустотами	КГ	250	200	70	1,8 НФ
Камень крупно форматный	КК	510	120	219	6,7 НФ
		380	250	219	10,7 НФ
		510	250	219	14,3 НФ

*Примечание:* допускается изготовление изделий других номинальных размеров: при этом предельные отклонения размеров не должны превышать значений, приведенных в разделе 2.3.

Лицевые изделия обеспечивают не только эксплуатационные характеристики кладки, но и выполняют декоративные функции. Лицевые изделия имеют не менее двух (чаще трех) лицевых граней - ложковую и тычковую (или ложковую и две тычковые), отличающихся более высоким качеством поверхности.

Лицевые изделия по способу получения лицевой поверхности бывают:

- неофактуренные с гладкой или рельефной поверхностью естественного цвета или объемно окрашенные (см. рис. 3-10, цветная вклейка);
- с поверхностью, офактуренной торкретированием, ангобированием, глазурованием или иным способом.

Для снижения стоимости лицевых керамических изделий (примерно на 20%) и затрат на транспортировку (примерно на 30%) выпускается кирпич «Евро» шириной 85 мм (см. рис. 8 и 9, цветная вклейка).

Для кладки столбов, арок и других сложных по форме конструкций по соответствующим техническим условиям производят *фасонный* лицевой одинарный и утолщенный кирпичи различной конфигурации (см. рис. 10, цветная вклейка).

Кирпич бывает *полнотелым* и *пустотелым*, а камень только *пустотелым*. Полнотелым считается кирпич без пустот или с технологическими пустотами, объем которых не превышает 13% объема изделия (см. рис. 1 и 2, цветная вклейка).

Пустотелые изделия (пустотность - 25-53 %) изготавливают с целью уменьшения их массы и снижения теплопроводности, а также для обеспечения более равномерных сушки и обжига изделий, и, как следствие, большей точности размеров и отсутствия трещин.

Пустоты различной формы и размеров могут располагаться в изделиях перпендикулярно (вертикальные) или параллельно (горизонтальные) постели. Крупноформатный камень имеет также пустоты для захвата при укладке (см. рис. 12, цветная вклейка).

Толщина наружных стенок пустотелого кирпича и камня должна быть не менее 12 мм, крупноформатного камня - не менее 10 мм. Диаметр вертикальных цилиндрических и размер стороны квадратных пустот должны быть не более 20 мм, а ширина щелевидных пустот - не более 16 мм.

Для повышения теплотехнической эффективности стеновых керамических изделий (в первую очередь крупноформатного камня) при их производстве в сырьевую массу вводят добавки: древесные опилки, измельченную бумагу, полистирольную крошку, которые при обжиге выгорают, образуя в керамическом черепке микропоры. Такие изделия принято называть поризованными.

*Марки по прочности* полнотелого кирпича, кирпича и камня с вертикальными пустотами: М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300, крупноформатного камня - М35, М50, М75, М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300, кирпича и камня с горизонтальными пустотами - М25, М35, М50, М75, М100.

В зависимости от *средней плотности* изделия подразделяют на *классы*: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0.

*Марки изделий по морозостойкости*: F25, F35, F50, F75, F100.

В зависимости от класса средней плотности изделия делят на *группы по теплотехническим характеристикам* (табл.2). Теплотехническую эффективность оценивают теплопроводностью кладки в сухом состоянии с минимально достаточным количеством кладочного раствора.

Таблица 2 – Группы изделий по теплотехническим характеристикам

Класс средней плотности изделия	Группы изделий по теплотехническим характеристикам	Теплопроводность кладки в сухом состоянии, Вт/(м°С)
0,8	Высокой эффективности	До 0,20
1,0	Повышенной эффективности	Св. 0,20 до 0,24
1,2	Эффективные	Св. 0,24 до 0,36
1,4	Условно-эффективные	Св. 0,36 до 0,46
2,0	Обыкновенные (малоэффективные)	Св. 0,46

## 2.2 Условные обозначения

Условное обозначение керамических изделий по ГОСТ 530 включает: название вида изделия, его обозначение (табл. 1), букву Р - для рядовых, Л - для лицевых изделий, обозначение По - для полнотелого кирпича, Пу - для пустотелого, обозначение размера (табл. 1), марку по прочности, класс средней плотности, марку по морозостойкости и обозначение стандарта. Допускается для более полной характеристики изделий вводить в условное обозначение дополнительную информацию.

*Примеры условных обозначений изделий* Кирпич рядовой полнотелый, одинарный, размера 1НФ, марки по прочности М1 75, класса средней плотности 2,0, марки по морозостойкости F50: *Кирпич КОРПо 1НФ/175/2,0/50/ГОСТ 530-2007* Кирпич «Евро» лицевой, пустотелый, размера 0,7НФ, марки по прочности М150, класса средней плотности 1,4, марки по морозостойкости F100: *Кирпич КЕЛПу 0,7НФ/150/1,4/100/ГОСТ 530-2007* Кирпич лицевой, пустотелый, одинарный, размера 1НФ, марки по прочности М125, класса средней плотности 1,2, марки по морозостойкости F50: *Кирпич КОЛПу 1 НФ/125/1,2/50/ГОСТ 530-2007* Камень рядовой, размера 2,1НФ, марки по прочности М100, класса средней плотности 1,0, марки по морозостойкости F35:

*Камень КР 2,1 НФ/100/1,0/35/ГОСТ 530* Камень крупноформатный рядовой, размера 10,7НФ, марки по прочности М75, класса средней плотности 0,8, марки по морозостойкости F25:

*Камень ККР 10,7НФ/75/0,8/25/ГОСТ 530*

## 2.3 Технические требования

Технические требования в соответствии с ГОСТ 530-2012 включают требования к внешнему виду и техническим характеристикам изделий, сырью и материалам, а также маркировке и упаковке.

Внешний вид. Предельные отклонения размеров от номинальных значений не должны превышать, мм:

кирпича и камня (кроме крупноформатного)	±4,
крупноформатного камня	±10;
- по ширине'	
кирпича и камня (кроме крупноформатного)	±3,
крупноформатного камня	±5;
- по толщине:	
кирпича лицевого	±2,
кирпича рядового	±3,
камня, в т.ч. крупноформатного	±4.

Отклонение от перпендикулярности смежных граней допускается не более: для кирпича и камня - 3 мм, для крупноформатного камня - 1,4% длины любой грани.

Отклонение от плоскостности граней изделий более 3 мм не допускается.

Лицевые изделия не должны иметь отколы, вызванные карбонатными или иными включениями в сырье. На рядовых изделиях допускаются отколы общей площадью не более 1,0 см<sup>2</sup>.

На лицевых изделиях не допускаются высолы, представляющие собой водорастворимые соли, выходящие на поверхность изделия при контакте с влагой.

Прочие дефекты внешнего вида изделий, размеры и число которых превышают значения, указанные в табл. 3, не допускаются.

Таблица 3 – Дефекты внешнего вида изделий

№	Вид дефекта	Лицевые изделия	Рядовые изделия
1	Отбитости углов глубиной более 15 мм, шт.	не допускаются	2
2	Отбитости углов глубиной от 3 до 15 мм, шт.	1	4
3	Отбитости ребер глубиной более 3 мм и длиной более 15 мм, шт.	не допускаются	2
4	Отбитости ребер глубиной не более 3 мм и длиной от 3 до 15 мм, шт.	1	4
5	Трещины, шт.	не допускаются	2

Примечания: 1. Трещины в межпустотных перегородках не являются дефектом.  
 4. Отбитости углов глубиной менее 3 мм и отбитости ребер длиной и глубиной менее 3 мм и трещины с шириной раскрытия не более 0,5 мм не являются браковочными признаками.  
 5. Для лицевых изделий указаны дефекты лицевых граней.

У рядовых и лицевых изделий допускаются черная сердцевина и контактные пятна на поверхности (нелицевой). Черная сердцевина обусловлена образованием в процессе обжига изделия закиси железа. Контактное пятно - это участок поверхности изделия, отличный по цвету, возникающий в процессе сушки или обжига и не влияющий на характеристики изделия.

В партии изделий не допускается наличие половняка более 5%. **Половняк** - это изделия, имеющие сквозные трещины, или две части, образовавшиеся в результате раскалывания изделия. Сквозной считается трещина, проходящая через всю толщину изделия и имеющая протяженность в половину или более ширины изделия.

Марку кирпича по прочности устанавливают по пределу прочности при сжатии и изгибе, а камня - по пределу прочности при сжатии. Пределы прочности изделий должны быть не менее значений, указанных в табл. 4. Марка определяется по среднему пределу прочности пяти образцов с учетом наименьшего значения для отдельного образца.

Таблица 4 – Требования ГОСТ 530-2012 к прочности кирпича

Марка изделий	Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при изгибе					
			Полнотелого кирпича		Пустотелого кирпича менее формата 1,4 НФ		Пустотелого кирпича формата 1,4 НФ	
	Среднее для 5 образцов	Наим. для отдельного образца	Среднее для 5 образцов	Наим. для отдельного образца	Среднее для 5 образцов	Наим. для отдельного образца	Среднее для 5 образцов	Наим. для отдельного образца
M1000	100,0	80,0	>4,4	4,4	>3,4	3,4	>2,9	2,9
M800	80,0	64,0						
M600	60,0	48,0						
M500	50,0	40,0						
M400	40,0	32,0						
M300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
M250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
M200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
M175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
M150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
M125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
M100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8	1,4	0,7

Средняя плотность изделий в зависимости от класса средней плотности должна соответствовать значениям, приведенным в табл. 5

Таблица 5 – 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

Водопоглощение рядовых изделий должно быть не менее 6,0 %, лицевых - не менее 6,0 % и не более 14,0 %. Для изделий, изготовленных из трепелов и диатомитов, допускается водопоглощение не более 28 %.

Кирпич и камень в зависимости от марки по морозостойкости должны выдерживать без каких-либо видимых признаков разрушения (растрескивание, шелушение, выкрашивание, отколы) не менее 25; 35; 50; 75 или 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии.

Для лицевых изделий марка по морозостойкости должна быть не ниже F50. Допускается по согласованию с потребителем поставлять лицевые изделия марки по морозостойкости F35. Марка по морозостойкости изделий, используемых для возведения дымовых труб, цоколей и стен подвалов, должна быть не ниже F50.

Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в изделиях должна быть не более 370 Бк/кг.

## 2.4 Контроль качества изделий

Качество керамических изделий на производстве обеспечивают входным контролем сырья и материалов, операционным технологическим контролем и приемочным контролем готовых изделий.

Приемочный контроль включает в себя приемосдаточные и периодические испытания. Продукцию принимают партиями, состоящими из одинаковых изделий. Объем партии устанавливают в количестве, не превышающем суточной выработки одной печи. Каждая партия проходит *приемосдаточные испытания*: оценку внешнего вида, средней плотности, прочности при сжатии и изгибе.

Для оценки внешнего вида методом случайного отбора из разных мест партии отбирают 35 кирпичей или 25 камней. Эти же образцы затем используют для других испытаний. Среднюю плотность контролируют на 5-ти изделиях, прочность при сжатии - на 10-ти кирпичах или 5-ти камнях, а при изгибе - на 5-ти образцах.

*Периодические испытания* включают определение наличия известковых включений (1 раз в две недели), высолов (1 раз в месяц), водопоглощения (1 раз в месяц) и морозостойкости (1 раз в квартал). Для всех периодических испытаний отбирают по 5 образцов. Результаты периодических испытаний распространяются на все партии изделий, выпущенных до проведения следующих периодических испытаний.

Партию не принимают, если при проверке размеров и правильности формы два и более из отобранных от партии изделий не соответствуют стандартным требованиям. Если будет установлено несоответствие изделий стандарту хотя бы по одному из показателей (кроме внешнего вида и морозостойкости), то по этому показателю проводят повторные испытания удвоенного количества образцов из той же партии. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний партия приемке не подлежит.

Удельную эффективную активность естественных радионуклидов контролируют при входном контроле по данным предприятия- поставщика сырьевых материалов.

Предприятие-изготовитель должно сопровождать партию изделий документом о качестве, в котором указывается наименование и условное обозначение изделия, номер партии, марка по прочности, класс средней плотности, марка по морозостойкости, водопоглощение, группа по теплотехнической эффективности, удельная эффективная активность естественных радионуклидов, способ изготовления изделий.

## **Оборудование и материалы**

Весы лабораторные электронные, эксикатор, пресс гидравлический, ртутный лабораторный термометр; шкаф сушильный, посуда лабораторная стеклянная и фарфоровая, сито с размером ячеек 0,2 мм., весы технические гиревые, штангенциркуль, линейка измерительная металлическая, стандартная воронка для определения насыпной плотности материалов, мерный сосуд вместимостью 1 л, образцы строительных материалов.

## **Указания по технике безопасности**

Перед проведением лабораторных работ все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и неуклонно соблюдать правила безопасности при работе в лаборатории.

Приступая к выполнению лабораторного задания, необходимо освободить лабораторный стол от ненужных предметов и следить за его чистотой. Для защиты одежды от загрязнений студенты должны пользоваться халатами или брезентовыми фартуками, резиновыми перчатками, холщовыми рукавицами и защитными очками. При работе, связанной с возможной угрозой для безопасности исполнителя, запрещается оставаться в помещении лаборатории одному.

Каждый работающий в лаборатории должен принимать во внимание огнеопасность, токсичность некоторых веществ, возможность образования взрывоопасных смесей.

Студентам запрещается самовольно включать и выключать лабораторное оборудование: гидравлический пресс, сушильный шкаф, электронный влагомер и другие. Нельзя оставлять оборудование и приборы включенными по окончании работы. Работать на лабораторном оборудовании можно только с ведома преподавателя и после ознакомления с инструкцией по работе на данном оборудовании.

## **Содержание отчета**

Отчет оформляется в рабочей тетради на листах формата А 4 и подшивается в скоросшиватель, заполняются все полученные значения характеристик строительных материалов, а также зарисовываются схемы испытаний, заполняются таблицы и приводятся формулы расчета основных физико-механических показателей материалов.

## **Методика и порядок выполнения лабораторной работы** **Определение соответствия керамического кирпича** **требованиям стандарта ГОСТ ТУ**

**Задание:** определить соответствия керамического кирпича требованиям стандарта ГОСТ ТУ по внешнему виду и по эксплуатационным показателям керамического кирпича.

**Цель:** ознакомиться со свойствами керамического кирпича и сравнить их со свойствами других стеновых керамических изделий, определить соответствие керамического кирпича требованиям стандарта ГОСТ ТУ по внешнему виду и по эксплуатационным показателям керамического кирпича.

***Задание 1. Оценить соответствие образца керамического рядового полнотелого кирпича требованиям ГОСТ 530-2012 по размерам, форме и показателям внешнего вида***

**Методика:** Изучить требования стандарта к форме, размерам и показателям внешнего вида керамического рядового полнотелого кирпича (раздел 2.3 настоящих методических указаний).

### ***Ход выполнения работы***

1. Ознакомиться с методами оценки внешнего вида керамических стеновых изделий (раздел 2.5.1)
2. Произвести осмотр образца кирпича, определить его размеры и наличие дефектов. Результаты измерений занести в таблицу.
3. Сравнить полученные результаты со стандартными требованиями и сделать заключение о соответствии обследованного образца требованиям ГОСТа.

*Полученные результаты занести в рабочую тетрадь.*

### ***Оценка внешнего вида***

Размеры изделий, толщину наружных стенок, диаметр цилиндрических пустот, размеры квадратных и щелевидных пустот, площадь отколов и длину отбитостей ребер измеряют металлической линейкой или штангенглубиномером. Погрешность измерения  $\pm 1$  мм. Длину и ширину каждого изделия измеряют в трех местах: на двух ребрах и середине постели, толщину - на двух ребрах и середине тычка. За результат измерений принимают среднее арифметическое отдельных измерений.

Ширину раскрытия трещин определяют при помощи измерительной лупы с погрешностью измерения  $\pm 0,1$  мм.

Глубину отбитости углов и ребер измеряют штангенглубиномером или с помощью угольника и линейки по перпендикуляру от вершины угла или

ребра, образованного угольником, до поврежденной поверхности. Погрешность измерения  $\pm 1$  мм.

Отклонение от перпендикулярности граней определяют, прикладывая угольник к смежным граням изделия и измеряя металлической линейкой наибольший зазор между угольником и гранью с погрешностью измерения  $\pm 1$  мм. За результат измерений принимают наибольший из всех полученных результатов.

Отклонение от плоскостности изделия определяют, прикладывая одну сторону металлического угольника к ребру изделия, а другую - вдоль каждой диагонали грани и измеряя щупом или линейкой наибольший зазор между поверхностью и ребром угольника. Погрешность измерения  $\pm 1$  мм. За результат измерения принимают наибольший из всех полученных результатов.

Наличие известковых включений оценивают осмотром изделий после пропаривания. Образцы, не подвергавшиеся ранее воздействию влаги, укладывают на решетку, помещенную в сосуд с крышкой. Налитую под решетку воду нагревают до кипения и кипятят в течение 1 ч. Затем образцы охлаждают в закрытом сосуде в течение 4 ч, после чего их проверяют на соответствие стандартным требованиям.

Наличие высолов контролируют, погружая половинки изделия отбитым торцом в сосуд, заполненный на 1 – 2 см дистиллированной водой, и выдерживая в течение 7 сут (уровень воды в сосуде поддерживают постоянным). После этого образец высушивают в сушильном шкафу при температуре 100 °С до постоянной массы и сравнивают со второй половинкой образца, не подвергавшейся испытанию.

***Задание 2. Ознакомиться с требованиями ГОСТ 530-2012 к маркам керамического полнотелого кирпича по прочности и методами испытания кирпича на прочность при сжатии и при изгибе***

***Методика:*** Изучить требования ГОСТ 530-2012 к маркам по прочности полнотелого кирпича и пустотелых стеновых изделий (раздел 2.3). Затем ознакомиться с методами определения прочности керамических изделий при сжатии и при изгибе (раздел 2.5.2).

*Зарисовать в рабочей тетради схемы испытаний кирпича на изгиб и сжатие.*

***Определение прочности при сжатии и изгибе***

Предел прочности при сжатии кирпича и камня и кирпича при изгибе определяют в соответствии с ГОСТ 8462. Испытывают образцы, выдержанные не менее 3-х суток в помещении при температуре  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$  или подсушенные в течение 4 ч при температуре  $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ .

Предел прочности при сжатии кирпича определяют на образцах, состоящих из двух целых кирпичей или из двух парных половинок, а предел прочности при сжатии камня и крупноформатного камня - на целом изделии.

Кирпич делят на половинки распиливанием или раскалыванием. Целые кирпичи или половинки укладывают постелями друг на друга. Половинки размещают поверхностями раскола (распила) в противоположные стороны. Допускается использовать половинки, полученные при испытании на изгиб.

Опорные грани (постель) у кирпича и камня пластического формования могут иметь отклонения от плоскостности и другие дефекты поверхности, что не обеспечивает равномерного распределения нагрузки по поверхности образца. Поэтому при подготовке образцов к испытаниям производят выравнивание опорных поверхностей.

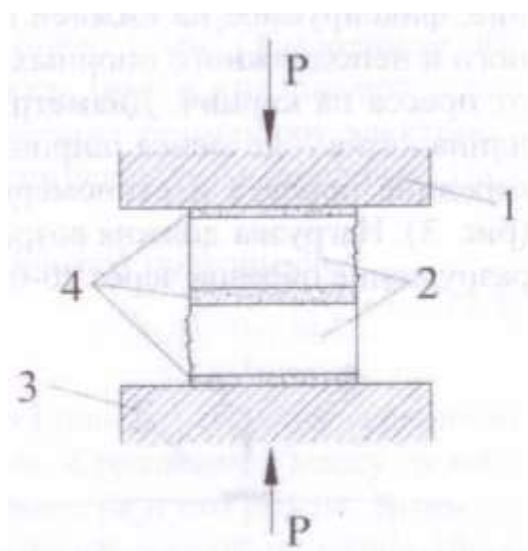
Образцы кирпича для испытания на сжатие изготавливают в следующей последовательности. Готовят раствор состава 1:1 при В/Ц=0,40-0,42 из цемента марки 400 (можно использовать портландцемент, портландцемент с минеральными добавками и шлакопортландцемент) и кварцевого песка, просеянного через сито с размером ячеек 1,25 мм. Кирпичи или их половинки полностью погружают в воду на 1 мин. Затем на горизонтально установленную пластину (металлическую или стеклянную) укладывают лист бумаги, слой раствора толщиной не более 5 мм и первый кирпич или половинку, затем опять слой раствора и второй кирпич или половинку.

Излишки раствора удаляют, а края бумаги загибают на боковые поверхности образца. В таком положении образец выдерживают 30 мин. Затем образец переворачивают и выравнивают другую опорную поверхность. Отклонение от параллельности выравненных опорных поверхностей образца, определяемое по максимальной разности любых двух его высот, не должно превышать 2 мм.

Для твердения цементного раствора образцы выдерживают трое суток в помещении при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха 60-80 %.

Допускается выравнивание опорных поверхностей образцов шлифованием, гипсовым раствором и применением пластин толщиной 5-10 мм из технического войлока или резинотканевой ленты. Керамический кирпич полусухого прессования испытывают без выравнивания опорных поверхностей.

Вид образца кирпича, подготовленного к испытанию, представлен на рис. 2. Образец обмеряют с погрешностью  $\pm 1$  мм для вычисления площади приложения нагрузки.



- 1 – верхняя плита пресса;
- 2 – половинки кирпича;
- 3 – нижняя плита пресса
- 4 – цементно-песчаный раствор

Рисунок 2 – Схема испытания образца кирпича на сжатие

Образец устанавливают между плитами пресса и центрируют. В процессе испытания нагрузка должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью 5-10 кН/с, что обеспечивает разрушение образца через 20-60 с. Предел прочности при сжатии  $R_{сж}$  вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P_p}{F} \quad (2.1)$$

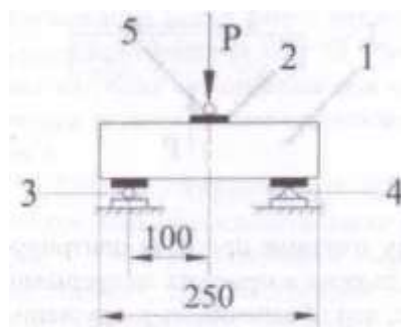
где  $P_p$  - максимальная нагрузка, при которой разрушается образец, кН;  
 $F$  - среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней граней образца, см<sup>2</sup>.

Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания всех образцов с точностью до 0,1 МПа.

Для определения марки кирпича дополнительно проводится испытание на изгиб. Предел прочности при изгибе определяют на целом кирпиче. В местах опирания и приложения нагрузки поверхность кирпича пластического формования выравнивают цементным или гипсовым раствором толщиной не более 3 мм и шириной 25-30 мм, шлифованием или с помощью прокладок.

У образцов перед испытанием измеряют с погрешностью  $\pm 1$  мм толщину и ширину в месте приложения нагрузки. Размеры вычисляют как среднее арифметическое результатов измерений двух средних линий на противоположных гранях образца.

При испытании на изгиб используют специальное приспособление, фиксируемое на нижней плите пресса, и 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 катка - не менее ширины кирпича. Нагрузку прикладывают в середине пролета и равномерно распределяют по ширине образца (рис. 3). Нагрузка должна возрастать со скоростью, обеспечивающей разрушение образца через 20-60 с после начала испытания.



- 1 – образец;  
 2 – полоски из цементно-песчаного раствора;  
 3 – подвижный опорный каток;  
 4 – неподвижная опора;  
 5- каток для передачи нагрузки от прессы на кирпич

Рисунок 3 – Схема испытания образца кирпича на изгиб

Предел прочности при изгибе  $R_{и}$ , МПа вычисляют по формуле:

$$R_{и} = \frac{3P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (2.2)$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, зафиксированная при испытании, кН;

$l$  – расстояние между осями опор, см;  $b$  и  $h$  – соответственно ширина и толщина образца в середине пролета без выравнивающего слоя, см.

Предел прочности при изгибе вычисляют с точностью 0,05 МПа как среднее арифметическое отдельных результатов испытания. При вычислении  $R_{и}$  не учитывают результаты, отличающиеся от среднего значения более, чем на 50%.

**Задание 3. Определить прочность при сжатии керамического полнотелого кирпича ультразвуковым методом и сделать заключение о марке по прочности.**

**Методика:** ознакомиться с принципом работы ультразвукового импульсного прибора и его блок-схемой (раздел 3).

**Ход выполнения работы**

Измерить время прохождения ультразвука через образец, базу прозвучивания и рассчитать скорость ультразвука. После, по тарировочному графику (рис. 5) найти для данного изделия. Полученные данные занести в таблицу и сделать заключение о марке по прочности данного керамического изделия.

**Определение прочности керамических изделий ультразвуковым импульсным методом**

Описанный выше (раздел 2.5.2) стандартный метод определения прочности керамических кирпича и камня трудоемок и длителен. Кроме того, он делает непригодными для дальнейшего использования по назначению большое количество изделий.

В то же время существует ряд методов неразрушающего контроля свойств материалов. Наибольшее распространение для контроля прочности и

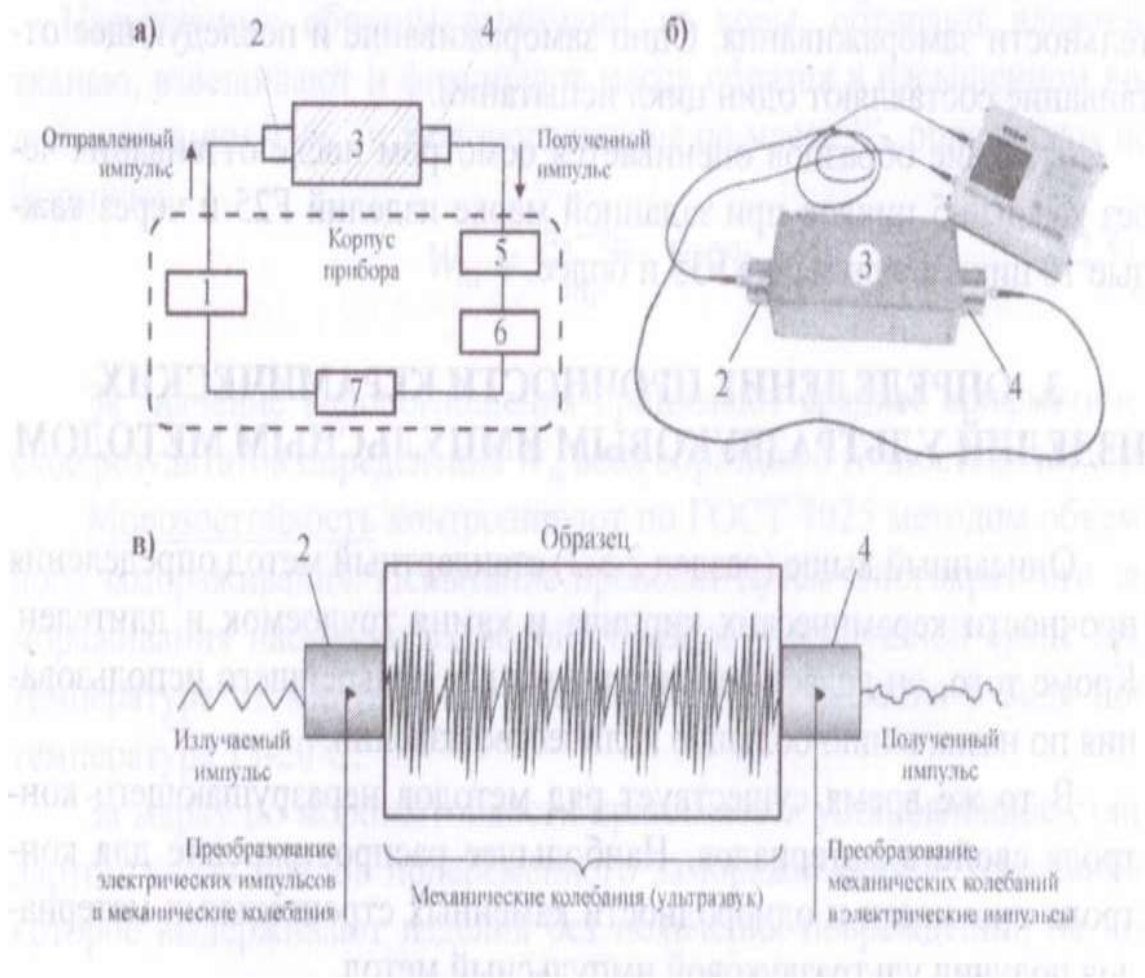
однородности каменных строительных материалов получил ультразвуковой импульсный метод.

Сущность ультразвукового импульсного метода заключается в прогнозировании прочностных характеристик материала по скорости распространения в нем ультразвука с использованием корреляционной связи  $R_{сж} = f(V)$ , выражаемой в виде соответствующего тарифовочного графика. Тарифовочный график для данного материала получают заранее в результате «прозвучивания» образцов и последующего их испытания стандартным разрушающим способом.

В процессе испытания измеряют время распространения через материал переднего фронта продольной ультразвуковой волны  $t$ , мкс, и длину образца  $l$ , называемую базой прозвучивания. Длина образца измеряется с точностью до 1 мм. Скорость ультразвука вычисляют по формуле  $V = l/t$ , м/с.

Упрощенная блок-схема и внешний вид ультразвукового прибора приведены на рис. 4а, б.

Генератор зондирующих импульсов 1 вырабатывает электрические импульсы стандартной амплитуды и длительности и посылает их на пьезопреобразователь-излучатель 2, в котором они преобразуются в ультразвуковые механические колебания. Эти колебания распространяются по материалу образца со скоростью, пропорциональной его плотности: чем она больше, тем выше скорость распространения механических колебаний.



#### Рисунок 4 – Ультразвуковой измеритель прочности

а) блок-схема; б) внешний вид прибора; в) принципиальная схема преобразования сигналов:

1 – генератор импульсов; 2 – излучатель УЗ импульсов; 3 – испытуемый образец; 4 – приемник УЗ импульсов; 5 – нормализатор; 6 – усилитель сигнала; 7 – регистратор

Пройдя через образец материала 3, механические колебания попадают на пьезопреобразователь-приёмник 4, где они преобразуются в электрические импульсы. Однако, эти импульсы требуют корректировки формы и размеров в специальном устройстве - нормализаторе 5 до стандартных, с тем, чтобы обеспечить работоспособность всех систем прибора. Схема преобразования излучаемых высокочастотных электрических импульсов в ультразвуковые механические колебания и обратно представлена на рис. 4,в.

Нормализованные электрические импульсы попадают в усилитель 6. Цифровой индикатор 7 показывает время прохождения импульса через образец между датчиком-излучателем и датчиком - приёмником с точностью до 0,01 мкс.

Прочность образцов при сжатии  $R_{сж}$  в зависимости от скорости распространения ультразвуковых колебаний в испытуемых образцах определяют по тарировочному графику. Пример тарировочного графика для полнотелого керамического кирпича приведен на рис. 5.

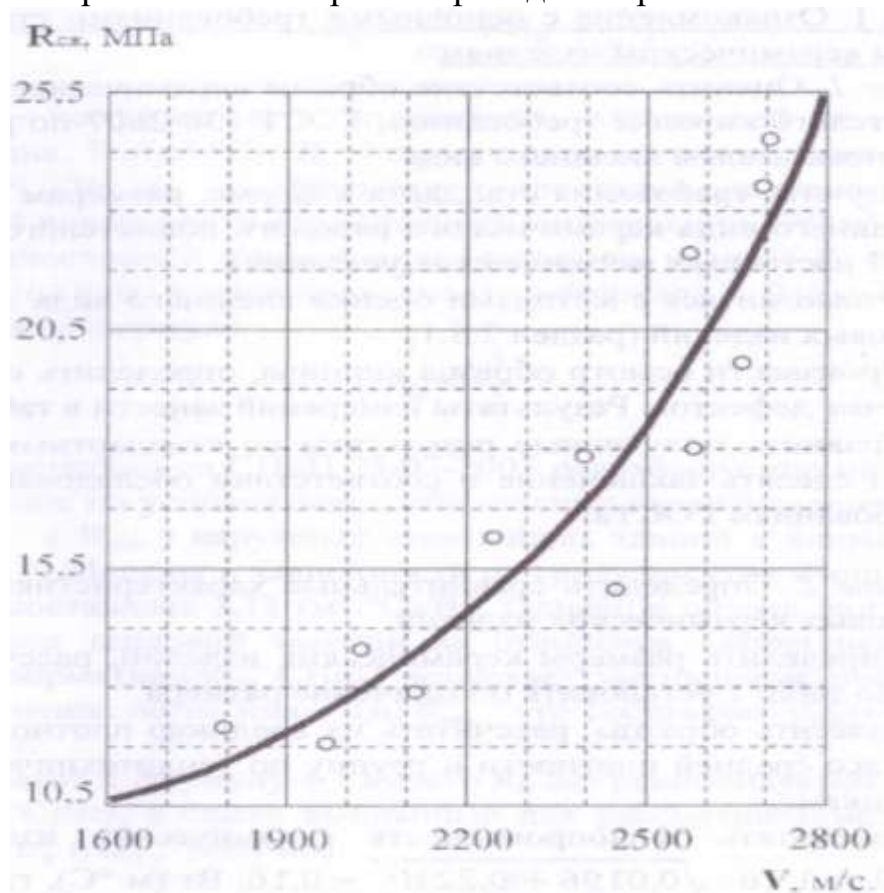


Рисунок 5 – Тарировочный график зависимости  $R_{сж} = f(V)$  для полнотелого керамического кирпича

Для измерения времени распространения ультразвука в материале пьезопреобразователи (щупы) устанавливают соосно на противоположных тычковых гранях кирпича. Для обеспечения надежного акустического контакта между образцом и поверхностью щупов применяют контактную смазку (технический вазелин, солидол и т.д.). Мелкие раковины и неровности в месте контакта выравнивают пластилином, более крупные - механическими средствами, например, шлифованием.

#### ***Задание 4. Запишите в таблицу основные характеристики стеновых керамических изделий***

**Методика:** Определить размеры керамических изделий, рассчитать их объем и по табл. 1 установить обозначение размера.

#### ***Ход выполнения работы***

1. Взвесить образцы, рассчитать их среднюю плотность, установить класс средней плотности и группу по теплотехническим характеристикам.
2. Рассчитать теплопроводность керамических изделий по формуле  $\lambda = \sqrt{1,16 \cdot 0,0196 + 0,22 d^2} - 0,16$ , Вт/(м °С), где d - относительная плотность, равная отношению средней плотности материала к плотности воды. Полученные данные занести в таблицу рабочей тетради.
3. Ознакомиться с требованиями стандарта к водопоглощению, прочности и морозостойкости изделий (раздел 2.3).
4. Привести примеры условных обозначений изделий в соответствии с требованиями ГОСТ 530-2012.

#### ***Определение средней плотности, водопоглощения и морозостойкости***

Среднюю плотность определяют по ГОСТ 7025 на пяти целых образцах кирпича и камня по объему брутто, т.е. без вычета пустот. Объем образцов ( $V_e$ ) вычисляют по их геометрическим размерам, измеренным с погрешностью не более 1 мм. Обмеренные образцы высушивают до постоянной массы ( $m_c$ ) и взвешивают с погрешностью не более 5 г. Для высушивания применяют электрошкаф с автоматической регулировкой температуры в пределах 100-110 °С.

Среднюю плотность  $\rho_m$  образца вычисляют по формуле:

$$\rho_m = \frac{m_c}{V_e} \quad (2.3)$$

При невозможности высушивания целого изделия среднюю плотность находят следующим образом. Определяют массу целого изделия в состоянии

естественной влажности и его объем. Затем от каждого изделия откалывают по два образца массой не менее 100 г каждый. Отобранные образцы взвешивают и высушивают до постоянной массы.

Среднюю плотность каждого изделия вычисляют по формуле:

$$\rho_m = \frac{m_{\text{вл}} \cdot m_c^1}{V_e \cdot m_{\text{вл}}^1} \quad (2.4)$$

где  $m_{\text{вл}}$  - масса целого изделия в состоянии естественной влажности, г;  $V_e$  - объем целого изделия, см<sup>3</sup>;  $m_c^1$  - масса отколотого образца, высушенного до постоянной массы, г.;  $m_{\text{вл}}^1$  - то же, в состоянии естественной влажности, г.

За значение средней плотности партии изделий принимают среднее арифметическое результатов определения плотности всех образцов, рассчитанное с точностью до 10 кг/м<sup>3</sup>.

При контроле средней плотности партии изделий и оценке класса средней плотности допускаются отклонения  $\rho_m$ , от требований, приведенных в табл. 5, не более: для классов 0,8 и 1,0 - +50 кг/м<sup>3</sup>, а для остальных классов - +100 кг/м<sup>3</sup>.

Водопоглощение определяют по ГОСТ 7025 при насыщении образцов водой температурой (20±5) °С при атмосферном давлении. Водопоглощение определяют на пяти целых изделиях или их половинках. Образцы перед испытанием высушивают до постоянной массы  $m_c$ , г, и устанавливают на решетку в сосуд с водой комнатной температуры в один ряд с зазорами между образцами 2 см. Уровень воды должен быть выше верха образцов не менее, чем на 2 см. Образцы плотностью менее 1000 кг/м<sup>3</sup> должны быть пригружены для предотвращения всплывания. Продолжительность выдерживания в воде 48±1 час.

Насыщенные образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью, взвешивают и фиксируют массу образца в насыщенном водой состоянии -  $m_n$ , г. Водопоглощение по массе  $W_m$  определяют по формуле:

$$W_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

За значение водопоглощения принимают среднее арифметическое результатов определения  $W_m$  всех образцов с точностью до 1 %.

Морозостойкость контролируют по ГОСТ 7025 методом объемного замораживания. Испытание проводят путем многократного замораживания насыщенных водой образцов в воздушной среде при температуре от минус 15 до минус 20°С и оттаивания в воде при температуре 15-20°С.

За марку по морозостойкости принимается установленное стандартом число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживают изделия без появления повреждений, не допускаемых стандартом: растрескивания, отколов, шелушения, выкрашивания и т.п. Растрескивание — это появление или увеличение размера трещины после воздействия знакопеременных температур. Шелушение — это разрушение в виде отслоения от поверхности изделия тонких пластинок. Выкрашивание - осыпание фрагментов поверхности изделия.

Испытание на морозостойкость кирпича и камня проводят на целых изделиях или их половинках. На образцах перед испытанием несмываемой краской фиксируют трещины, отколы ребер, углов и другие дефекты, допускаемые стандартом. Образцы со значительными дефектами испытанию не подлежат. Допускается для оценки морозостойкости использовать образцы после испытания на водопоглощение.

Образцы насыщают водой с температурой 15-20°C так же, как при определении водопоглощения.

Замораживание образцов производят в морозильной камере с принудительной вентиляцией и автоматическим регулированием температуры. Продолжительность замораживания при установившейся температуре должна быть не менее 4 часов.

После окончания замораживания образцы в контейнерах полностью погружают в емкость с водой температурой 15-20°C, которая поддерживается в течение всего периода оттаивания. Продолжительность оттаивания должна быть не менее половины продолжительности замораживания. Одно замораживание и последующее оттаивание составляют один цикл испытаний.

Состояние образцов оценивается осмотром после оттаивания через каждые 5 циклов при заданной марке изделий F25 и через каждые 10 циклов при марке F35 и более.

**Задание 5. Рассчитать толщину сплошной кладки (условной наружной стены) из керамических изделий различной плотности, обеспечивающую минимально допускаемое по условию энергосбережения сопротивление теплопередаче**

**Методика:** Произвести теоретический расчет сопротивления теплопередачи  $R_0$ , ( $\text{м}^2 \times \text{°C}$ )/Вт, ограждающей конструкции, которая находится по формуле:

$$R_0^{\text{уст}} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}, \text{ где:}$$

$\alpha_B = 8,7$  коэффициент теплоотдачи от поверхности ограждающей конструкции, Вт/( $\text{м}^2 \times \text{°C}$ ) (см. табл. 4 СП 50.13330.2012);

$\alpha = 23$  коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/( $\text{м}^2 \times \text{°C}$ ) (см. табл. 6 СП 50.13330.2012);

$\delta_i$  - толщина каждого слоя стены, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности каждого слоя стены, Вт/( $\text{м} \times \text{°C}$ ).

Таким образом, для однослойной стены:

$$R_0^{\text{норм}} - \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_H} \right) = \frac{\delta}{\lambda}.$$

$R_{\text{норм}}$  - нормируемое из условия энергосбережения в течение отопительного периода значение сопротивления теплопередаче ограждающей

конструкции,  $\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ , определяемое по п. 5.2 СП 50.13330.2012 в зависимости от типа и назначения здания, расчетной температуры внутреннего воздуха в здании, средней температуры наружного воздуха в течение отопительного периода и продолжительности отопительного периода.

Для стен жилых зданий в климатических условиях г. Ставрополя, исходя из условия энергосбережения  $R_{\text{норм}} = 2,52 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$  (см. п. 5.2 СП 50.13330.2012).

### **Ход выполнения работы**

1. По известным значениям теплопроводности кладки из керамических изделий различной плотности на цементно-песчаном растворе (плотность раствора  $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) рассчитать толщину условной наружной стены. Полученные данные занести в таблицу. В примечаниях следует дать рекомендации по обеспечению необходимого значения сопротивления теплопередаче при использовании данного вида изделий.

2. Построить график зависимости толщины кладки из керамических изделий от ее средней плотности и сделать соответствующий вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Что является сырьем для производства керамических изделий? Какие материалы называют керамическими?

2. Как примеси влияют на пластичность глин, и к каким дефектам приводят?

3. Перечислите основные виды добавок и для чего их добавляют? Назовите примеры различных добавок.

4. Физико-химические процессы происходящие при обжиге глины.

5. Перечислите этапы производства керамических изделий?

6. Способы формирования керамических изделий: сухой, полусухой, жесткий, пластический, шликерный?

7. В чем состоит разница между полусухим и пластическим способом изготовления кирпича? Как влияет способ формования на качество кирпича?

8. Что такое спекаемость, недожог, пережог?

9. Назовите размеры стандартного кирпича? Что такое кирпич нормального формата?

10. Чем рядовой кирпич отличается от лицевого?

11. По способу получения лицевой поверхности лицевые изделия бывают...

12. Зачем выпускается фасонный и Еврокирпич?

13. Что такое полнотелый и пустотелый кирпич?

14. Какие добавки добавляют для повышения теплотехнической эффективности стеновых материалов?

15. Приведите пример условного обозначения кирпича/камня?
16. Расскажите о классификации керамических изделий по их назначению.
17. Что такое глазурь и ангоб? Для чего их используют?
18. По каким показателям оценивают качество стеновых штучных материалов (кирпича силикатного и керамического)?
19. Какие отделочные керамические материалы вы знаете? Какие технические показатели определяют качество керамических материалов для наружной отделки зданий? Для внутренней отделки?
20. Какими свойствами обладает глина?
21. В чем разница между терминами «кирпич керамический» и «камень керамический»?
22. Какие керамические изделия применяют для облицовки фасадов зданий?
23. Какие керамические изделия применяют для внутренней облицовки стен?
24. Назовите керамические изделия специального назначения.
25. Какое сырье требуется для производства силикатного кирпича?
26. Что происходит при автоклавной обработке силикатного кирпича? Физический смысл и химическая реакция.
27. Чем отличается эффективный кирпич от условно-эффективного?
28. Как зависит толщина наружных стен от теплопроводности материала?
29. Какие требования предъявляются к керамическим изделиям по внешнему виду? Какие для лицевых и какие для рядовых?
30. Что такое половняк? Сколько допустимое значение?
31. По каким показателям и как определяется марка кирпича по прочности?
32. Почему недопустимо испытывать кирпич на сжатие без специальной подготовки образца?
33. Почему силикатный кирпич не применяют для кладки стен подземной части зданий? Для кладки печей?
34. Что значит марка кирпича 75, 100, 300?
35. Как определить предел прочности при сжатии?
36. Как определить предел прочности при изгибе?
37. В чем преимущество применения пустотелого кирпича по сравнению с полнотелым?
38. Как определить водопоглощение кирпича? Почему согласно ГОСТ к стеновым материалам предъявляют требования по водопоглощению? Каково требуемое значение водопоглощения для рядовых и лицевых изделий?
39. Что такое коэффициент насыщения? Какое свойство кирпича он характеризует?
40. Как определяется средняя плотность кирпича?
41. Как определяется марка по морозостойкости кирпича?

42. Как проводится контроль качества изделий? Что такое периодические и приемосдаточные испытания?

43. Как определяют прочность керамических изделий ультразвуковым и импульсным методом?

### Рекомендуемая литература

3. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие для бакалавров/ И.А.Рыбьев. – 4-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 701 с. – Серия: Бакалавр – ISBN 978-5-9916-9

4. Строительные материалы [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. Проф. образования / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. –М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с. – ISBN: 978-5-7695-8336-0

3. Микульский, В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) [Текст]: учебник/ В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др.; под ред. В. Г. Микульского и В. В. Козлова. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с. – ISBN 5-93093-041-4

4. Попов, К. Н. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с. – ISBN 5-06-003799-1

5. Фетисов, Г. П. материаловедение и технология металлов [Текст]: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.; под ред. Г. П. Фетисов – М. : Высшая школа, 2000. – 638 с. – ISBN: 5-06-004418-1

5. Невского, В.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие / под общ. ред. В.А.Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – Рстов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с. – ISBN: 978-5-222-17506-4

6. Ковалев Я.Н. Строительные материалы [Текст]: Лабораторный практикум / Я.Н. Ковалев, Г.С. Галузо, А.Э. Змачинский, Т.А. Чистова; под ред. проф. Я.Н. Ковалев – М. : Издательский центр « НИЦ Инфра-М, Новое знание», 2015. – 633 с. – ISBN: 978-5-16-006406-2

7. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник для учреждений сред. Проф. образования/ Ю.Г. Барабанщиков.– 4-е изд.,стер.–М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с. – ISBN: 978-5-7695-9859-3

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

**Цель работы:** ознакомиться с методикой испытания водопотребности и сроками схватывания гипсового вяжущего в соответствии с нормативной документацией (по ГОСТ МУ и ГОСТ ТУ).

### Теоретическая часть

**Вяжущие вещества** используются для получения широкого спектра строительных материалов: бетонов, строительных растворов, сухих строительных смесей, гидроизоляционных, кровельных, теплоизоляционных, полимерных материалов и др. Вяжущие вещества обладают ценным свойством – соединяют отдельные компоненты материала (например, зерна песка, гравия, щебня в бетоне) в единое целое.

По составу вяжущие вещества делят на две группы:

- **Неорганические** (минеральные), которые затворяют водой, реже – водными растворами солей. К ним относятся известь, цементы, гипсовые вяжущие, жидкое стекло, магнезиальные вяжущие и др.
- **Органические**, переводимые в рабочее состояние нагреванием или растворением в органических растворителях (битумы, полимеры). Для этой группы часто применяется термин «связующее».

**Неорганические вяжущие вещества** – порошкообразные материалы, которые при смешивании с водой образуют пластично-вязкое тесто, способное со временем самопроизвольно затвердевать в результате физико-химических процессов. Это свойство широко используют при изготовлении искусственных безобжиговых материалов: бетонов, строительных растворов, силикатного кирпича, асбестоцементных изделий, гипсокартонных листов и др.

Неорганические вяжущие вещества по условиям твердения и водостойкости делятся на три группы:

- **Воздушные вяжущие вещества** способны затвердевать и длительно сохранять прочность только на воздухе. К ним относятся воздушная строительная известь, гипсовые вяжущие, магнезиальные вяжущие, жидкое стекло.
- **Гидравлические вяжущие вещества** способны твердеть и длительное время сохранять прочность (или даже повышать ее) не только на воздухе, но и в воде. К гидравлическим вяжущим относятся портландцемент и его разновидности, глиноземистый цемент и его разновидности.
- **Вяжущие вещества автоклавного твердения** эффективно твердеют (быстро набирают прочность) только в среде насыщенного водяного пара в автоклавах (при температуре 175...200°С и давлении 0,8...1,3 МПа). К

ним относятся известково-кремнеземистые, известково-золевые, известково-шлаковые вяжущие, нефелиновый цемент и др.

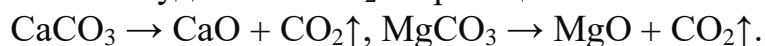
**Воздушная известь** – воздушное вяжущее вещество, получаемое в результате умеренного обжига (ниже температуры спекания) кальциево-магниевого карбонатных горных пород.

Известь – древнейшее вяжущее вещество, которое было известно за несколько тысяч лет до нашей эры.

**Сырьем** для производства воздушной извести служат известняки, мел, доломитизированный известняк, доломит с содержанием глинистых примесей не более 6%. Основной составляющей известняка и мела является минерал кальцит  $\text{CaCO}_3$ , доломита – минерал доломит  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ .

**Производство и виды извести.** Технология производства воздушной извести включает добычу сырья, его подготовку (дробление, сортировку по крупности и др.), обжиг, гашение извести или помол, упаковку готового продукта.

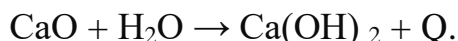
На обжиг известняк поступает в виде кусков размером 8...20 см. Обжиг производят в шахтных или вращающихся печах при температуре 900...1200°C до возможно более полного удаления  $\text{CO}_2$  по реакциям:



Выделяющийся при термической диссоциации  $\text{CaCO}_3$  углекислый газ  $\text{CO}_2$  составляет 44% от массы  $\text{CaCO}_3$ , поэтому образующаяся **комовая негашеная известь** ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) получается в виде пористых кусков, активно взаимодействующих с водой. Комовая известь – это полуфабрикат, из которого получают вяжущее – молотую негашеную известь или гашеную известь.

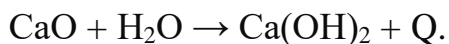
**Молотая негашеная известь** – порошок, получаемый тонким помолом комовой извести (без предварительного гашения).

Процесс взаимодействия извести с водой называется гашением, а получаемый продукт – **гашеной известью**:



**Воздушная известь** – единственное вяжущее, которое можно перевести в тонкодисперсное состояние не только помолом, но и гашением (химическим диспергированием). Гашение извести протекает с выделением такого большого количества теплоты (1163 кДж/кг), что смесь закипает, поэтому комовую негашеную известь называют также **известью-кипелкой**. Из-за испарения воды при «закипании» смеси гашеная известь самопроизвольно рассыпается («распушивается») в тонкодисперсный порошок с размером частиц 5...20 мкм, который называют **известью-пушонкой**, или **гидратной известью**. Если известь гасится в избытке воды, получают известковое тесто (2–3 части воды на 1 часть известии-кипелки), или известковое молоко (более трех частей воды).

**Твердение извести.** Строительные растворы на *молотой негашеной извести* быстро схватываются и отвердевают вследствие *гидратационного твердения*:

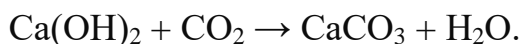


При правильно подобранном водоизвестковом отношении В/И=0,9–1,5, кристаллы гидроксида кальция срастаются между собой и быстро образуют достаточно прочный камень.

**Твердение гашеной извести** происходит медленно, на воздухе и обусловлено двумя одновременно протекающими процессами:

*высыханием раствора*, сближением кристаллов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и их срастанием;

*карбонизацией* извести под действием углекислого газа, содержащегося в воздухе:



Образующиеся кристаллы  $\text{CaCO}_3$  срастаются с кристаллами  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , повышая прочность известкового камня. Твердение известковых растворов ускоряется сушкой.

При производстве автоклавных силикатных изделий (силикатного кирпича, автоклавных ячеистых бетонов и др.) из смесей, содержащих известь, молотый кварцевый песок и воду, имеет место *гидросиликатное твердение извести*:



При повышенной температуре в автоклаве известь взаимодействует с диоксидом кремния  $\text{SiO}_2$  (в виде молотого песка), с образованием малорастворимых в воде низкоосновных гидросиликатов кальция различного состава, обуславливающих прочность и водостойкость силикатных изделий.

К основным **нормируемым показателям качества** воздушной извести относят: активность, количество непогасившихся зерен (недожог и пережог) и время гашения.

**Активность** – процентное содержание оксидов, способных гаситься. Чем выше содержание основных оксидов в извести ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ), тем выше её сорт и пластичнее известковое тесто.

В зависимости от содержания  $\text{MgO}$  в обожженном продукте воздушную известь подразделяют на:

- кальциевую:  $\text{MgO} \leq 5\%$ ;
- магнезиальную:  $5\% < \text{MgO} \leq 20\%$ ;

- доломитовую:  $20\% < \text{MgO} \leq 40\%$ .

Частицы недожога и пережога снижают качество извести. Частицы **недожога** (неразложившиеся при обжиге зерна сырья) отощают известковое тесто, снижают его пластичность. Частицы **пережога** (остеклованные плотные трудногасящиеся оксиды кальция и магния) крайне медленно гидратируются с увеличением своего объема, что может вызвать растрескивание известковой штукатурки. Воздушная известь должна выдерживать испытание на равномерность изменения объема.

По активности, содержанию непогасившихся зерен и другим показателям химического состава воздушная строительная известь делится на 3 сорта (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Требования к химическому составу негашеной извести

Наименование показателя	Норма для извести, %, по массе		
	сорт		
	1	2	3
Содержание активных (CaO+MgO), % по массе, не менее	90(85)	80(75)	70(65)
Содержание непогасившихся зерен, % по массе, не более	7(10)	11(15)	14(20)
Содержание CO <sub>2</sub> в составе извести, % по массе, не более	3(5)	5(8)	7(11)

Примечание. В скобках указаны характеристики магнезиальной и доломитовой извести

**Степень дисперсности** порошкообразной воздушной извести должна быть такой, чтобы при просеивании пробы извести сквозь сито с сетками № 02 (200 мкм) и №008 (80 мкм) проходило соответственно не менее 98,5 и 85 % массы просеиваемой пробы.

**Истинная плотность** негашеной извести колеблется в пределах 3100...3300 кг/м<sup>3</sup>. **Насыпная плотность** молотой негашеной извести в рыхлонасыпном состоянии 900...1100 кг/м<sup>3</sup>, в уплотненном – 1100...1300 кг/м<sup>3</sup>; для гидратной извести в рыхлонасыпном состоянии – 400...500 кг/м<sup>3</sup>, в уплотненном – 600...700 кг/м<sup>3</sup>.

Воздушную негашеную известь в зависимости от **времени гашения** подразделяют на 3 группы (табл.4.2).

Таблица 4.2 – Классификация извести по времени гашения

Группа извести	Время гашения извести
Быстрогасящаяся	не более 8 мин.
Среднегасящаяся	не более 25 мин.
Медленногасящаяся	более 25 мин.

**Влажность** гидратной извести не должна быть более 5%. Содержание гидратной воды в негашеной извести не должно быть более 2%.

Ценнейшее свойство воздушной извести – **высокая пластичность и водоудерживающая способность** известкового теста, обусловленные огромной удельной поверхностью частиц.

**Прочность** известковых растворов невысока: предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток воздушного твердения составляет 0,4...1,0 МПа у растворов на гашеной извести и до 5,0 МПа у растворов на молотой негашеной извести. Поэтому в отличие от других вяжущих известь не делится на марки по прочности; прочность воздушной извести не нормируется. При длительном твердении (годы и десятки лет) прочность известковых растворов может увеличиваться до 7...10 МПа вследствие дальнейшей карбонизации и образования гидросиликатов кальция.

В строительстве известь из-за **большой усадки** при твердении и возможного растрескивания применяют только в виде растворов и бетонов, т.е. в смеси с заполнителями.

Воздушная строительная известь используется при производстве силикатного кирпича и камней, силикатобетонных блоков, плит, панелей автоклавного твердения, изделий из автоклавных ячеистых бетонов, как составная часть смешанных вяжущих (известково-шлаковые, известково-пуццолановые и др.), при производстве сухих строительных смесей, для изготовления известковых красок.

**Гипсовые вяжущие вещества** – это воздушные вяжущие вещества, состоящие в основном из полуводного гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  или ангидрита  $\text{CaSO}_4$ .

**Сырьем** для производства гипсовых вяжущих служат мономинеральная горная порода гипс, состоящая из двухводного сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , и природный ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , а также отходы химической промышленности, содержащие двухводный или безводный сернокислый кальций, например, фосфогипс (отход при производстве фосфорной кислоты).

**Производство** гипсовых вяжущих состоит в измельчении и последующей тепловой обработке сырья. В зависимости от температуры обжига, гипсовые вяжущие подразделяются на 2 группы:

- Низкообжиговые (температура обжига 110...180°C), составляют более 95% объема производства гипсовых вяжущих веществ;

- Высокообжиговые (температура обжига 600...1000°C).

**Низкообжиговые гипсовые вяжущие** состоят преимущественно из полуводного гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . Дегидратация сырья в процессе термической обработки происходит по реакции:



Существуют две технологии получения низкообжиговых гипсовых вяжущих:

- Обжиг сырья в открытых агрегатах – варочных котлах или печах, когда вода в процессе обжига удаляется в виде пара. По такой технологии получают **строительный гипс**, который состоит в основном из мелких кристаллов  $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  и обладает высокой водопотребностью. В строительном гипсе может содержаться небольшое количество ангидрита  $\text{CaSO}_4$  (пережог) и частицы неразложившегося сырья  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (недожог). Прочность при сжатии образцов из строительного гипса достигает 10...12 МПа.

- Обжиг сырья в герметически закрытых аппаратах в среде насыщенного пара под давлением. В этом случае вода из гипсовой породы удаляется в капельножидком состоянии, а получаемый продукт обжига состоит из крупных плотных кристаллов в виде игл или призм. Эта модификация гипса  $\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  называется **высокопрочным гипсом**. Он отличается от  $\beta$ -модификации меньшей водопотребностью, а, следовательно, изделия из такого гипса имеют пониженную пористость и высокую прочность (15-25 МПа).

**Высокообжиговые гипсовые вяжущие** (ангидритовые вяжущие) состоят преимущественно из ангидрита  $\text{CaSO}_4$  и 3...5%  $\text{CaO}$ , образующегося при разложении  $\text{CaSO}_4$  и выполняющего роль активизатора твердения  $\text{CaSO}_4$ . Ангидритовое вяжущее получают обжигом  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при температуре 600...1000°C, либо помолом природного ангидрита  $\text{CaSO}_4$  с добавками-активизаторами твердения (известью, обожженным доломитом и др.). Высокообжиговый гипс имеет прочность 10...20 МПа, по сравнению с низкообжиговыми гипсовыми вяжущими медленно схватывается и твердеет, но обладает повышенной водостойкостью.

**Твердение  $\alpha$ - и  $\beta$ -модификаций гипса** обусловлено переходом их при взаимодействии с водой в двугидрат по реакции:



Процесс твердения гипса впервые описал французский ученый А. Лешателье (H. Le Chatelier) в 1887 г. При смешивании с водой полуводный гипс растворяется до образования насыщенного раствора, в котором он гидратируется с образованием двугидрата. Поскольку растворимость в воде двугидрата в 4 раза меньше, чем полугидрата (2 г/л против 8 г/л), раствор оказывается пересыщенным по отношению к двугидрату, и он в виде кристаллов  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  выделяется из раствора. По мере накопления двугидрата происходит схватывание (загустевание) гипсового теста. После схватывания начинается твердение, обусловленное ростом кристаллов, их

срастанием, образованием кристаллического сростка из достаточно крупных кристаллов двухводного гипса. Твердение гипса сопровождается выделением теплоты – 133 кДж/кг для  $\beta$ -модификации.

### Показатели качества и свойства

К **нормируемым показателям качества** гипсовых вяжущих относят: марку по прочности, сроки схватывания и степень помола.

По **степени помола** различают 3 вида гипсовых вяжущих (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Виды гипсовых вяжущих веществ по степени помола

Вид вяжущего	Индекс степени помола	Остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм, %, не более
Грубого помола	I	23
Среднего помола	II	14
Тонкого помола	III	2

Степень помола оценивают путем просеивания пробы вяжущего сквозь сито с размером ячейки 0,2 мм по остатку на сите, выраженному в % массы просеиваемой пробы.

**Истинная плотность** гипсовых вяжущих изменяется в пределах 2600...2750 кг/м<sup>3</sup>. **Насыпная плотность** в рыхлом состоянии составляет 800...1100 кг/м<sup>3</sup>, в уплотненном – 1250...1450 кг/м<sup>3</sup>.

**Водопотребность** гипса выражают количеством воды в % массы вяжущего, необходимым для получения гипсового теста *стандартной консистенции*, которое используют при определении сроков схватывания и марки гипсового вяжущего по прочности. Водопотребность гипса не нормируется, определяется подбором (по вискозиметру Суттарда) и существенно влияет на прочность и сроки схватывания гипса: чем она выше, тем больше сроки схватывания и ниже прочность.

Отличительной особенностью гипсовых вяжущих является их **быстрое схватывание и твердение**.

В зависимости от **сроков схватывания** различают 3 вида гипсовых вяжущих (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Виды гипсовых вяжущих веществ по срокам схватывания

Вид вяжущего	Индекс сроков схватывания	Сроки схватывания, мин	
		начало, не ранее	конец, не позднее
Быстротвердеющее	A	2	15
Нормальнотвердеющее	B	6	30
Медленнотвердеющее	B	20	не нормируется

Сроки схватывания гипса определяют при помощи прибора Вика с иглой на гипсовом тесте *стандартной консистенции*. Сроки схватывания можно регулировать введением добавок – замедлителей схватывания.

В зависимости от *предела прочности при изгибе и сжатии* установлены **12 марок гипсовых вяжущих** (табл. 4.3). Марку гипсовых вяжущих определяют по результатам испытания на изгиб трех образцов-балочек размером 4×4×16 см и испытания на сжатие шести половинок образцов-балочек, изготовленных из гипсового теста *стандартной консистенции* и твердевших на воздухе в течение 2 часов после затворения гипса водой.

Гипс – одно из немногих вяжущих, *увеличивающихся в объеме при твердении (до 1%)*, что способствует изготовлению архитектурных деталей литьевым способом.

Теоретически для гидратации полуводного гипса с образованием двуводного гипса требуется 18,6% воды от массы гипсового вяжущего. Практически для получения удобоформуемой смеси строительный гипс требует 50...70% воды, высокопрочный – 30...40%.

Таблица 4.3 – Марки гипсовых вяжущих веществ по прочности

Марка вяжущего	Предел прочности в возрасте 2 ч, МПа, не менее		Марка вяжущего	Предел прочности в возрасте 2 ч, МПа, не менее	
	пр и сжатии	пр и изгибе		пр и сжатии	пр и изгибе
Г-2	2,0	1,2	Г-10	10,0	4,5
Г-3	3,0	1,8	Г-13	13,0	5,5
Г-4	4,0	2,0	Г-16	16,0	6,0
Г-5	5,0	2,5	Г-19	19,0	6,5
Г-6	6,0	3,0	Г-22	22,0	7,0
Г-7	7,0	3,5	Г-25	25,0	8,0

Химически несвязанная вода формирует *высокую пористость гипсового камня – 40...60%*. *Средняя плотность гипсового камня* при этом составляет **1200...1500 кг/м<sup>3</sup>**. Свежеизготовленные гипсовые изделия содержат много химически несвязанной воды, снижающей их прочность. Для повышения прочности изделия сушат при температуре 60...70°C.

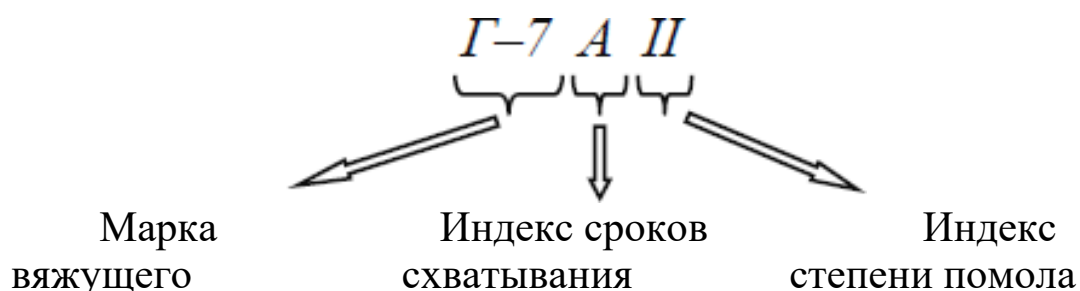
*Водостойкость гипсовых изделий низкая* – коэффициент размягчения составляет 0,3...0,5 в зависимости от водогипсового отношения. Вследствие высокой пористости, *гипсовые изделия гигроскопичны*. В результате сорбционного увлажнения прочность изделий может снижаться на 30...40%. Водостойкость повышают гидрофобизирующие добавки и пропитки, интенсивное уплотнение.

К недостаткам гипсовых вяжущих веществ также относят *ползучесть влажного гипсового камня* и *коррозию стальной арматуры* в гипсовых изделиях.

Гипсовые изделия *огнестойки*: они достаточно медленно прогреваются и разрушаются через 6...8 часов после начала нагрева, что

позволяет устраивать, например, гипсокартонные перегородки с пределом огнестойкости до EI 240.

В *условном обозначении* гипсового вяжущего отражены нормируемые показатели качества:



### **Применение гипсовых вяжущих**

Гипсовые вяжущие вещества применяются для производства сухих строительных смесей различного назначения (штукатурных, шпаклевочных, для наливных полов и др.); гипсокартонных и гипсоволокнистых листов, звукопоглощающих перфорированных плит и панелей, плит для модульных потолков и др.; гипсобетонных изделий, гипсовых пазогребневых плит для перегородок, тонкостенных изделий (вентиляционные короба и др.); гипсовых архитектурных деталей; гипсоцементно-пуццолановых вяжущих.

### **Оборудование и материалы**

Весы лабораторные электронные, эксикатор, прибор (колба) Ле Шателье, ртутный лабораторный термометр; шкаф сушильный, посуда лабораторная стеклянная и фарфоровая, сито с размером ячеек 0,2 мм., весы технические гиревые, штангенциркуль, линейка измерительная металлическая, стандартная воронка для определения насыпной плотности материалов, мерный сосуд вместимостью 1 л, образцы строительных материалов.

### **Указания по технике безопасности**

Перед проведением лабораторных работ все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и неуклонно соблюдать правила безопасности при работе в лаборатории.

Приступая к выполнению лабораторного задания, необходимо освободить лабораторный стол от ненужных предметов и следить за его чистотой. Для защиты одежды от загрязнений студенты должны пользоваться халатами или брезентовыми фартуками, резиновыми перчатками, холщовыми рукавицами и защитными очками. При работе, связанной с возможной угрозой для безопасности исполнителя, запрещается оставаться в помещении лаборатории одному.

Каждый работающий в лаборатории должен принимать во внимание

огнеопасность, токсичность некоторых веществ, возможность образования взрывоопасных смесей.

Студентам запрещается самовольно включать и выключать лабораторное оборудование: гидравлический пресс, сушильный шкаф, электронный влагомер и другие. Нельзя оставлять оборудование и приборы включенными по окончании работы. Работать на лабораторном оборудовании можно только с ведома преподавателя и после ознакомления с инструкцией по работе на данном оборудовании.

### Содержание отчета

Отчет оформляется в рабочей тетради на листах формата А 4 и подшивается в скоросшиватель, заполняются все полученные значения характеристик строительных материалов, а также зарисовываются схемы испытаний, заполняются таблицы и приводятся формулы расчета основных физио-механических показателей материалов.

#### Методика и порядок выполнения лабораторной работы 4 Определение водопотребности и сроков схватывания гипса

**Задание:** определить водопотребность и сроки схватывания гипсового вяжущего вещества (по [ГОСТ 23789–79 Вяжущие гипсовые. Методы испытаний](#))

**Цель:** ознакомиться с понятиями *водопотребность* и *сроки схватывания гипсового вяжущего вещества* и методам их определения

##### *Задание 1. Определение водопотребности гипса*

**Методика:** определение диаметра расплыва гипсового теста на стандартном приборе (вискозиметре Суттарда). Диаметр расплыва теста стандартной консистенции должен быть равен  $(180 \pm 5)$  мм.

**Оборудование:** чаша, ручная мешалка, пластина из стекла или оргстекла, вискозиметр Суттарда, секундомер, линейка, весы, мерный цилиндр.

##### *Ход выполнения работы*

1. Изобразить схему испытания (рис. 4.1. б).
2. Отвесить 300 г гипсового вяжущего.
3. При помощи мерного цилиндра отмерить требуемое количество воды (принимается по указанию преподавателя в интервале 52...58 % массы гипсового вяжущего).
4. Вискозиметр Суттарда (рис. 4.1. а), представляющий собой полый латунный цилиндр высотой 100 мм и внутренним диаметром 50 мм, и стеклянную пластину предварительно протереть влажной тканью.

5. В чистую чашу, предварительно протертую влажной тканью, влить воду, затем в течение 2-5 с в воду всыпать 300 г гипсового вяжущего. Одновременно с началом затворения гипса водой включить секундомер. Массу перемешивать ручной мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет времени с момента затворения гипсового вяжущего водой.

6. После окончания перемешивания цилиндр вискозиметра Суттарда, установленный в центре пластины, заполнить гипсовым тестом, излишки которого срезать линейкой.

7. Через 45 с, считая с момента затворения гипса водой, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр быстро поднять вертикально на высоту 15...20 см и отвести в сторону.

8. Измерить диаметр расплыва гипсового теста линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычислить среднее арифметическое значение. Результат внести в таблицу.

9. Если диаметр расплыва теста не соответствует  $(180 \pm 5)$  мм, испытание следует повторить с другим количеством воды. Результаты внести в таблицу.

10. По достижении требуемого результата необходимо сделать вывод о фактической водопотребности гипсового вяжущего.

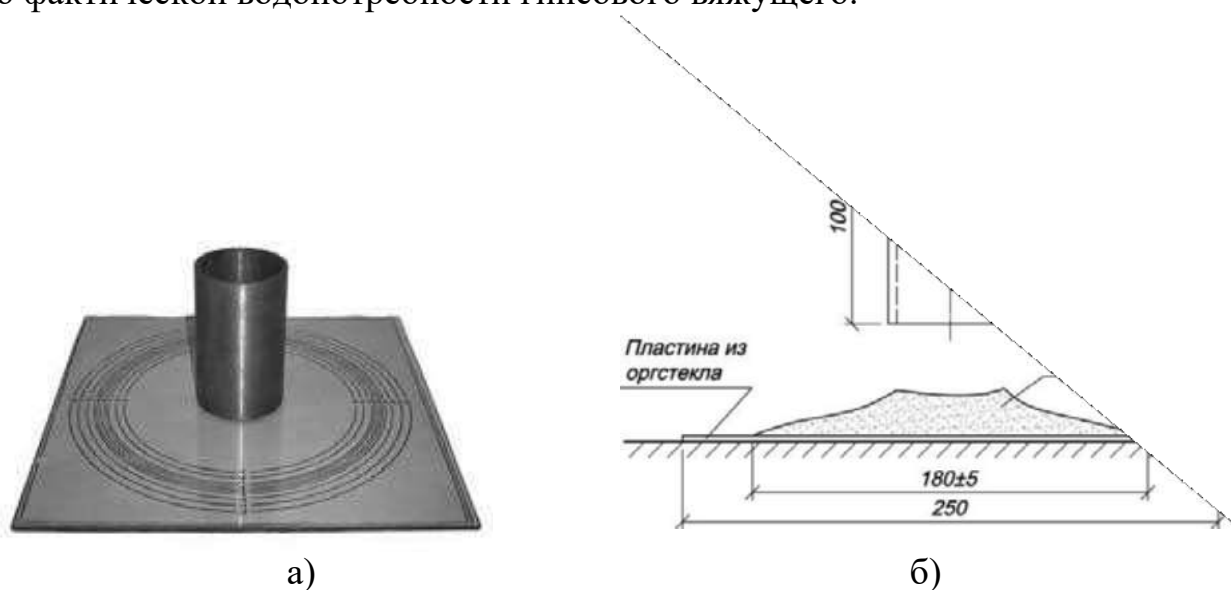


Рисунок 4.1 – Определение стандартной консистенции гипсового теста:

а) вискозиметр Суттарда; б) схема испытания

## ***Задание 2. Определение водопотребности гипса***

**Методика:** погружение иглы прибора Вика в гипсовое тесто стандартной консистенции.

**Оборудование:** чаша, ручная мешалка, пластина из стекла или оргстекла размером 100×100 мм, прибор Вика с массой подвижной части  $(300 \pm 2)$  г, коническое кольцо, секундомер, весы, мерный цилиндр.

## Ход выполнения работы

Для определения сроков схватывания гипса готовят гипсовое тесто стандартной консистенции (см. задание 1), затем:

1. Установить иглу в стержень прибора Вика (рис. 4.2). Проверить, свободно ли опускается стержень, а также нулевое положение подвижной части (при соприкосновении иглы со стеклянной пластинкой стрелка прибора должна указывать на «0»). В противном случае, скорректировать положение шкалы.
2. Изобразить схему испытания (рис. 4.3. а).
3. Кольцо прибора Вика и стеклянную пластинку смазать машинным маслом.
4. Отвесить 300 г гипсового вяжущего.
5. При помощи мерного цилиндра отмерить количество воды, определенное в задании 1.
6. Гипс всыпать в воду, одновременно включая секундомер, и перемешать в течение не более 1 мин до получения однородного теста.
7. Кольцо, установленное на пластинку, заполнить гипсовым тестом. Кольцо с пластинкой 4–5 раз встряхнуть путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После этого излишки теста срезать ножом, и заполненную форму на пластинке установить на основание прибора Вика.
8. Подвижный стержень установить в такое положение, при котором конец иглы касается поверхности гипсового теста, а затем иглу свободно опустить в тесто, освободив стопорный винт. Погружение иглы производить каждые 30 с, начиная с целого числа минут (обычно 2 мин). После каждого погружения необходимо тщательно вытирать иглу, а пластинку вместе с кольцом передвигать так, чтобы игла при новом погружении попадала в другое место поверхности теста. Результаты измерений заносить в таблицу.

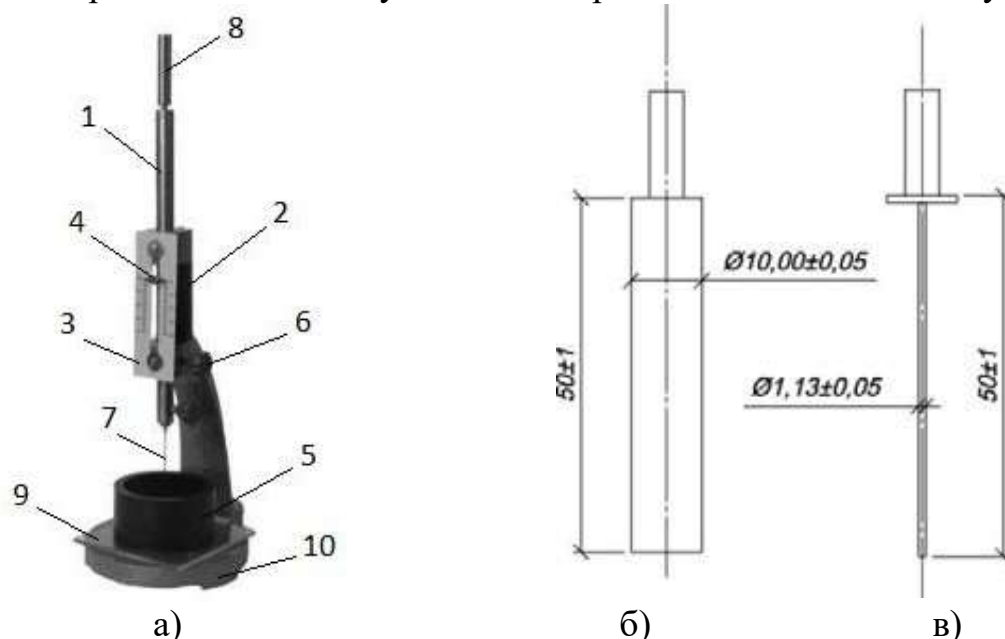


Рисунок 4.2 – Прибор Вика

- а) общий вид; б) рабочая часть пестика; в) рабочая часть иглы.
- 1 – цилиндрический металлический стержень; 2 – обойма станины;  
 3 – шкала; 4 – указатель; 5 – кольцо; 6 – стопорный винт; 7 – игла;  
 8 – пестик; 9 – пластинка; 10 – основание станины.

По результатам опыта определить начало и конец схватывания.

**Начало схватывания** – время с момента затворения гипса до того момента, когда игла прибора Вика после погружения в гипсовое тесто впервые не дойдет до поверхности пластинки.

**Конец схватывания** – время с момента затворения гипса до того момента, когда игла прибора Вика впервые погрузится в гипсовое тесто не более, чем на 1 мм.

Построить график зависимости глубины погружения иглы прибора Вика в гипсовое тесто от времени (рис. 4.3 б).

Сделать заключение о принадлежности испытанного гипса кодной из трех групп гипсовых вяжущих по срокам схватывания.

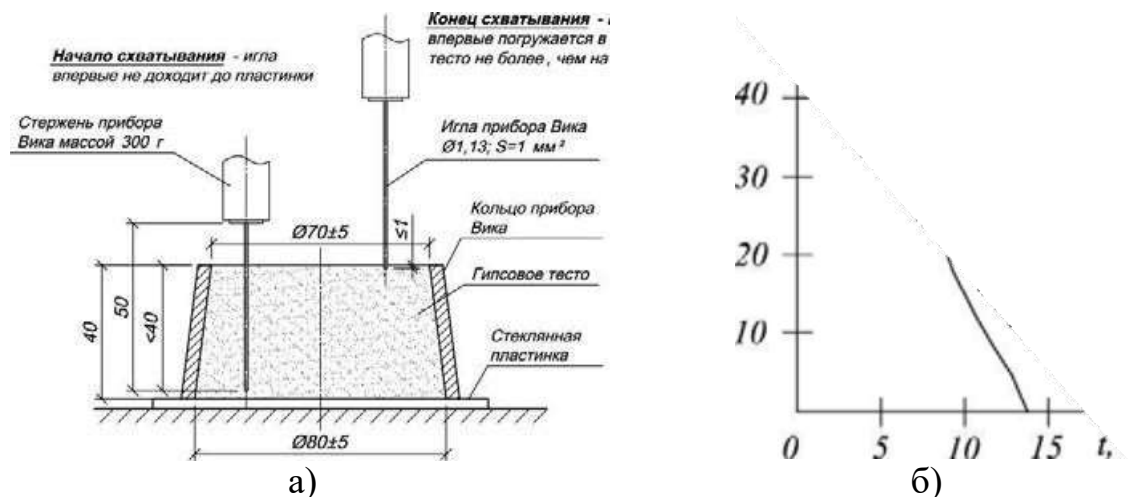


Рисунок 4.3 – Определение сроков схватывания гипсового теста

а) – схема испытания; б) – вид графика изменения глубины погружения иглы прибора Вика в гипсовое тесто при его схватывании

### Контрольные вопросы

1. Что такое неорганические вяжущие вещества?
2. Каким образом классифицируются неорганические вяжущие вещества?  
 Дать характеристику отдельных групп.
3. Как производят воздушную известь? Какие существуют виды воздушной строительной извести? Каковы области применения воздушной извести?
4. Каковы основные показатели качества воздушной строительной извести?
5. В результате каких процессов происходит твердение гашёной и негашёной воздушной извести?

6. Как производят гипсовые вяжущие вещества? Какие существуют разновидности гипсовых вяжущих веществ? Каковы области применения гипсовых вяжущих?

7. Что такое реакция гидратации? Напишите уравнение реакции гидратации строительного гипса.

8. Каковы основные показатели качества гипсовых вяжущих веществ? Что означает марка гипса Г–10 А II ?

9. Как определить стандартную консистенцию гипсового теста?

10. Как определить сроки схватывания гипса?

11. Как определить марку гипсового вяжущего по прочности?

### **Рекомендуемая литература**

5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие для бакалавров/ И.А.Рыбьев. – 4-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 701 с. – Серия: Бакалавр – ISBN 978-5-9916-9

6. Строительные материалы [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. Проф. образования / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. –М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с. – ISBN: 978-5-7695-8336-0

3. Микульский, В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) [Текст]: учебник/ В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др.; под ред. В. Г. Микульского и В. В. Козлова. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с. – ISBN 5-93093-041-4

4. Попов, К. Н. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с. – ISBN 5-06-003799-1

5. Фетисов, Г. П. материаловедение и технология металлов [Текст]: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.; под ред. Г. П. Фетисов – М. : Высшая школа, 2000. – 638 с. – ISBN: 5-06-004418-1

5. Невского, В.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие / под общ. ред. В.А.Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – Рстов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с. – ISBN: 978-5-222-17506-4

6. Ковалев Я.Н. Строительные материалы [Текст]: Лабораторный практикум / Я.Н. Ковалев, Г.С. Галузо, А.Э. Змачинский, Т.А. Чистова; под ред. проф. Я.Н. Ковалев – М. : Издательский центр « НИЦ Инфра-М, Новое знание», 2015. – 633 с. – ISBN: 978-5-16-006406-2

7. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник для учреждений сред. Проф. образования/ Ю.Г. Барабанщиков.– 4-е изд.,стер.–М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с. – ISBN: 978-5-7695-9859-3

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

**Цель работы:** ознакомиться с методикой испытания по [ГОСТ 310.1](#) – [ГОСТ 310.6](#) водопотребности, сроками схватывания и равномерности изменения объема портландцемента.

### Теоретическая часть

**Портландцемент** – гидравлическое вяжущее вещество, получаемое совместным тонким измельчением портландцементного клинкера, в составе которого преобладают силикаты кальция – 70...80%, с добавкой природного гипса (3...5%). По *внешнему виду* портландцемент представляет собой тонкодисперсный порошок темно-серого или зеленовато-серого цвета.

**Портландцементный клинкер** – это зернистый материал (размер гранул 10...40 мм), получаемый обжигом до спекания (при температуре до 1450°C) тщательно подобранной сырьевой смеси. Добавка гипса вводится для регулирования сроков схватывания портландцемента.

**Изобретение** портландцемента связано с именами английского каменщика Джозефа Аспдина, получившего 21.10.1824 г. патент на портландцемент, и русского строителя Егора Герасимовича Челиева, который изобрел цемент, наиболее схожий с современным портландцементом, и описал его в своей книге, изданной в 1825 г.

**Название** портландцемента происходит от англ. *Portland* – название полуострова на юге Великобритании, где добывалось сырье для производства портландцемента.

**Сырьем** для производства портландцемента служат:

- известняки с высоким содержанием кальцита  $\text{CaCO}_3$  (мел, плотный известняк и др.);
- глинистые породы (глины, глинистые сланцы), основной составляющей которых являются водные алюмосиликаты с общей формулой  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ;
- мергели – горные породы, представляющие собой природную смесь известняков и глин;
- отходы промышленности, сходные по составу с природным сырьем (вскрышные породы, доменные шлаки, нефелиновый шлам, золы ТЭС и проч.);
- корректирующие добавки, используемые для обеспечения требуемого химического состава сырьевой смеси (пиритные огарки, трепел, опока и др.).

Соотношение между карбонатной и глинистой составляющими сырьевой смеси 3:1 (75% известняка и 25% глины).

**Производство портландцемента** – технологически сложный и энергоемкий процесс, который можно разделить на две основные стадии: первая – производство клинкера, вторая – помол клинкера совместно с гипсом, а в ряде случаев и со специальными добавками. Производство клинкера может осуществляться сухим, мокрым и комбинированным способом. **Сухой способ** заключается в приготовлении сырьевой муки (в виде порошка) из сухих или предварительно высушенных компонентов с остаточной влажностью 1...2%. Сухой способ в 1,5...2 раза менее энергоемок, чем мокрый. При **мокрым способе** сырьевые материалы измельчаются и смешиваются в присутствии воды, поэтому смесь получается в виде вязкотекучей массы – шлама (от нем. *schlamm* – грязь) с влажностью 35...45%. Это наиболее энергоемкий способ. **Комбинированный способ** заключается в том, что приготовленный шлам до поступления в печь обезвоживается на фильтрах до влажности 16...18%. Энергоемкость производства в целом остается высокой, однако, данный способ позволяет на 20...30% снизить расход топлива по сравнению с мокрым способом.

**Обжиг** сырьевой смеси осуществляется во вращающихся печах, работающих по принципу противотока (сырье движется навстречу раскаленным продуктам сгорания топлива). Печь диаметром 5...7 м имеет небольшой наклон (3-5°) и вращается со скоростью 1–2 об/мин. При мокром способе производства длина печи достигает 185-230 м. Двигаясь от верхнего конца печи (холодного) к нижнему (горячему, со стороны которого подается топливо), сырье проходит различные температурные зоны, в каждой из которых происходят физико-химические превращения, в результате чего и получается цементный клинкер.

После испарения свободной воды, выгорания органических примесей и удаления химически связанной воды из глинистых минералов происходит декарбонизация углекислого кальция (900...1100°C) с образованием большого количества CaO и одновременно разложение дегидратированных глинистых минералов на оксиды Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Образовавшиеся оксиды вступают в химическое взаимодействие с образованием новых минералов 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и частично 2CaO·SiO<sub>2</sub>.

При температуре 1100...1250°C происходят твердофазовые реакции образования минералов 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 2CaO·SiO<sub>2</sub>. Наивысшего значения (1300–1450°C) температура обжига достигает в зоне спекания, где происходит частичное плавление сырья и образуется главный минерал клинкера – алит 3CaO·SiO<sub>2</sub>. В последней зоне печи клинкер охлаждается до 1000°C путем вдувания холодного воздуха, а при выходе из печи поступает в холодильник, где интенсивно охлаждается холодным воздухом.

Помол клинкера с добавкой гипса осуществляется в многокамерных шаровых мельницах при помощи загруженных в барабан мелющих тел – шаров (при грубом помоле) или цилиндров (при мелком помоле).

**Химический состав клинкера** выражают содержанием оксидов в % по массе (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Химический состав клинкера портландцемента

Оксид	Содержание, %	Оксид	Содержание, %
CaO	63...66	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4...8
SiO <sub>2</sub>	21...24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2...4

В небольших количествах в клинкере содержатся MgO, SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Содержание в клинкере MgO и свободного (не связанного в основные клинкерные минералы) CaO ограничивается, так как они могут стать причиной неравномерного изменения объема цемента при твердении. Свободного CaO в клинкере должно быть не более 1%, MgO – не более 5%.

Суммарное содержание щелочных оксидов (Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O) не должно превышать 0,6%, так как они могут явиться причиной коррозии бетона и существенно замедлять схватывание портландцемента.

**Минеральный состав клинкера:**

*Трехкальциевый силикат (алит)* – 3CaO·SiO<sub>2</sub> (C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>) – 45...60% – основной минерал клинкера, определяет скорость твердения, прочность и другие свойства портландцемента;

*Двухкальциевый силикат (белит)* – 2CaO·SiO<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>S) – 20...30% – медленно твердеет, но достигает высокой прочности при длительных сроках твердения;

*Трехкальциевый алюминат* 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>3</sub>A) – 4...12% – быстро гидратируется и твердеет, но конечная прочность его небольшая; является причиной сульфатной коррозии цементного камня;

*Четырехкальциевый алюмоферрит* 4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>4</sub>AF) – 10...20% – по скорости твердения занимает промежуточное положение между C<sub>3</sub>S и C<sub>2</sub>S.

**Фазовый состав клинкера** представлен кристаллической фазой в виде клинкерных минералов (85...95%) и аморфной фазой в виде клинкерного стекла (5...15%).

**Вещественный состав** портландцемента характеризуется процентным содержанием клинкера, гипса, видом и количеством вводимых добавок.

Введение в цемент при помоле минеральных и органических добавок позволяет направленно изменять свойства вяжущего, экономить клинкер, уменьшать расход цемента в бетоне. Добавки обладают разным механизмом действия: при твердении цемента могут вступать в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента (активные минеральные добавки), влиять на пластичность бетонных и растворных смесей (добавки поверхностно-активных веществ), выступать в роли наполнителей, снижающих активность цемента и т.п.

**Добавки–наполнители** (тонкомолотые магматические горные породы, известняк, кварцевый песок, топливные шлаки и золы) вводятся для снижения

активности вяжущего, способствуют снижению тепловыделения цемента при твердении.

**Активные минеральные добавки (АМД)** – природные (осадочного происхождения – диатомиты, трепелы, опоки, глиежи; вулканического происхождения – вулканический пепел, вулканический туф, пемза, трасс, витрофир) или искусственные (зола-унос, микрокремнезем, топливные шлаки) вещества, которые вводятся в цемент для связывания водорастворимого портландита –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , являющегося одним из продуктов гидратации алита и белита, в малорастворимые соединения, повышая стойкость бетона к коррозии выщелачивания (вымыванию портландита из цементного камня), его водостойкость, сульфатостойкость и эксплуатационные свойства.

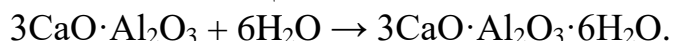
**Твердение** портландцемента происходит благодаря сложным физико-химическим процессам взаимодействия клинкерных минералов и гипса с водой. Сразу после затворения начинаются химические реакции. В результате физико-химических процессов на поверхности твёрдых частиц и в жидкой фазе формируются продукты гидратации в виде новообразований различной закристаллизованности. На их смачивание затрачивается вода, поэтому система постепенно теряет подвижность, загустевает, переходит в твёрдое состояние, наступает начало схватывания и дальнейшее твердение.

При взаимодействии с водой минералов – силикатов происходит одновременно их гидролиз (разложение водой) и гидратация (присоединение воды) с образованием гидросиликата и гидроксида кальция (портландита):



Гидросиликаты кальция – основной продукт твердения портландцемента – практически нерастворимы в воде. Они выделяются из раствора в виде геля, который со временем кристаллизуется. Этот гель пронизывают, укрепляя его, кристаллы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Содержание портландита в продуктах гидратации портландцемента может составлять до 15...20%. Другие продукты взаимодействия клинкера с водой также участвуют в формировании структуры цементного камня и влияют на его свойства.

Гидратация трехкальциевого алюмината протекает крайне быстро с образованием крупных кристаллов гидроалюмината кальция и приводит к утрате пластичности цементного теста:



Для замедления схватывания портландцемента при помоле клинкера добавляют 3...5% двуводного гипса. Гипс реагирует с трехкальциевым алюминатом и связывает его в практически нерастворимый гидросульфаталюминат кальция (этtringит) в начале гидратации портландцемента:



Этtringит выделяется в виде пленок на поверхности частиц  $\text{C}_3\text{A}$ , затрудняет доступ к ним воды и, соответственно, замедляет их гидратацию и отодвигает начало схватывания цемента. Кроме того, роль добавки гипса состоит в

улучшение свойств цементного камня (прочности, морозостойкости) за счет уплотнения структуры, связанного с увеличением объема этtringита (в 2...2,5 раза больший объем по сравнению с объемом исходных реагирующих веществ) в еще не затвердевшей системе.

Четырехкальциевый алюмоферрит при взаимодействии с водой образует гидроалюминат и гидроферрит кальция:



Гидроалюминат связывается добавкой природного гипса, а гидроферрит входит в состав цементного геля. Реакции гидратации клинкерных минералов экзотермические. По интенсивности тепловыделения минералы можно расположить в следующей последовательности:  $\text{C}_3\text{A} > \text{C}_3\text{S} > \text{C}_4\text{AF} > \text{C}_2\text{S}$ . Интенсивность тепловыделения портландцемента зависит от минерального состава и тонкости помола.

Тепловыделение играет положительную роль при бетонировании конструкций в зимних условиях, т.к. позволяет применять метод термоса (твердение бетона в утепленной опалубке), и отрицательную – при бетонировании в жаркую, сухую погоду, особенно при бетонировании массивных конструкций. Вследствие саморазогрева бетона возможно образование в конструкции усадочных трещин.

Выделяющийся при гидратации портландцемента портландит –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  создает в твердеющем цементе щелочную среду ( $\text{pH} = 12...12,5$ ), что предотвращает коррозию стальной арматуры в бетоне (порог коррозии арматурной стали  $\text{pH} = 11,8$ ). В то же время водорастворимый  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  является «слабым звеном» с точки зрения коррозии цементного камня в бетоне.

При затворении портландцемента избыток воды нежелателен. Цемент в состоянии химически связать строго определенное количество воды – максимально 25...30% массы цемента, фактически к возрасту 28 суток это значение составляет 15%. Лишняя вода образует в цементном камне капиллярные поры, что ведет к снижению его прочности. Поэтому в современной технологии бетона практически всегда используют пластификаторы – поверхностно-активные вещества, позволяющие при сохранении заданной подвижности бетонной смеси снизить её водопотребность на 25...40%.

### **Показатели качества и свойства**

В настоящее время в Российской Федерации параллельно действуют две группы стандартов, в которых установлены технические условия на цементы и методы их испытания. Первая группа стандартов была разработана в СССР в 70–80-х гг. XX в, вторая сформировалась относительно недавно и практически полностью заимствована из европейских стандартов EN 196 и EN 197 (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Стандарты РФ, регламентирующие показатели качества и методы испытания портландцемента

Группа стандартов	«Старая» нормативная база, разработанная в СССР	«Новая» нормативная база, гармонизированная с EN
Технические условия	<a href="#">ГОСТ 10178–85</a>	<a href="#">ГОСТ 30515–2013</a> <a href="#">ГОСТ 31108–2003</a>
Методы испытаний	<a href="#">ГОСТ 310.1</a> – <a href="#">ГОСТ 310.6</a>	<a href="#">ГОСТ 30744–2001</a>

Таблица 5.3 – Классификация цементов на основе портландцементного клинкера по вещественному составу

№ п/п	Виды цементов (по «старым» стандартам)	=	Типы цементов (по «новым» стандартам)
1	Портландцемент – ПЦ–Д0* (без минеральных добавок)	=	ЦЕМ I – портландцемент
2	Портландцемент с добавками – ПЦ–Д5, ПЦ–Д20* (с АМД** не более 20%)	=	ЦЕМ II – портландцемент с минеральными добавками (с АМД** и известняком 6...20%, со шлаком 6...35%)
3	Шлакопортландцемент – ШПЦ (с добавками гранулированного шлака 21...80%)	=	ЦЕМ III – шлакопортландцемент (с добавками гранулированного шлака 36...65%)
4	Пуццолановый портландцемент – ППЦ (с кислыми АМД 21...40%) – <i>исключен из ГОСТ 22266 с 01.01.2015 г.</i>	=	ЦЕМ IV – пуццолановый цемент (с кислыми АМД 21...35%)
5	Аналогов нет	=	ЦЕМ V – композиционный цемент (содержит смесь минеральных добавок 22...60%)

\* – Наличие минеральных добавок обозначается буквой «Д»: Д0, Д5, Д20, цифра обозначает количество добавки (% по массе);

\*\* – АМД – активная минеральная добавка.

Основу классификации портландцементов по видам и типам составляет их *вещественный состав* (табл. 5.3).

Цементы типа II в зависимости от содержания минеральных добавок делятся на подтипы А с содержанием минеральных добавок 6...20% и В – 21...35% (см. табл. 5.4). ГОСТ 30515–2013 **нормируемые показатели качества** общестроительных цементов на основе портландцементного клинкера подразделяет на обязательные и рекомендуемые. К **обязательным** относят: прочность, вещественный состав, равномерность изменения объема, начало схватывания, содержание в клинкере оксида магния (MgO), оксида серы (VI) – SO<sub>3</sub>, хлор-иона (Cl<sup>-</sup>), удельную эффективную активность естественных радионуклидов. К **рекомендуемым** показателям относят: конец схватывания, тонкость помола, содержание в клинкере свободного оксида кальция. Основные показатели качества по «старым» и «новым» стандартам приведены в табл. 5.5.

**Истинная плотность** портландцемента 3100...3200 кг/м<sup>3</sup>.

**Насыпная плотность** в рыхлом состоянии – 900...1100 кг/м<sup>3</sup>, в уплотненном состоянии – 1400...1700 кг/м<sup>3</sup>, в среднем для расчетов принимают насыпную плотность 1300 кг/м<sup>3</sup>.

**Тонкость помола** цемента определяет скорость твердения и прочность цементного камня, а также влияет на интенсивность тепловыделения. Тонкость помола – важнейший рычаг регулирования активности цемента. По ГОСТ 10178–85 она должна быть такой, чтобы через сито № 008 с размером ячеек 80 мкм проходило не менее 85% массы просеиваемой пробы. При этом удельная поверхность составляет  $S_{уд}=2500...3000$  см<sup>2</sup>/г (или 250...300 м<sup>2</sup>/кг). ГОСТ 31108–2003 требований к тонкости помола не устанавливает.

**Водопотребность** портландцемента (нормальная густота) характеризуется количеством воды, % массы цемента, необходимым для получения *цементного теста нормальной густоты*. В среднем она составляет 24...28%. При введении активных минеральных добавок водопотребность цемента повышается и может достигать 32...37%. Нормальную густоту находят подбором и определяют по глубине погружения в цементное тесто пестика прибора Вика при стандартном испытании.

**Сроки схватывания** цементов (начало и конец схватывания) определяют с помощью прибора Вика на цементном тесте нормальной густоты. На сроки схватывания существенно влияет минеральный состав цемента, его водопотребность и тонкость помола. На производстве сроки схватывания регулируют использованием добавок – ускорителей и замедлителей схватывания.

**Равномерность изменения объема** при твердении цемента в соответствии с ГОСТ 310.3–76 определяется путем визуальной оценки состояния образцов-лепешек, изготовленных из цементного теста нормальной густоты, после испытания кипячением в течение 3-х часов. ГОСТ 30744–2001 предполагает инструментальную оценку данного показателя при помощи колец Ле-Шателье. К неравномерному изменению объема приводят местные деформации, вызываемые расширением свободных СаО и MgO при их взаимодействии с водой.

Таблица 5.4 – Вещественный состав цементов по ГОСТ 31108-2003

Тип цемента	Наименование цемента	Сокращенное обозначение цента	Вещественный состав цемента, % массы								
			Основные компоненты							Вспомогательные компоненты	
			Портландцементный клинкер	Доменный или электротермофосфорный гранулированный шлак	Пуццолан	Зола-уноса	Глиеж или обожженный сланец	Микрокремнезем	Известняк		
Кл	Ш	П	З	Г	МК	И					
ЦЕМ I	Портландцемент	ЦЕМ I	95-100	-	-	-	-	-	-	0-5	
ЦЕМ II	Портландцемент с минеральными добавками:										
	шлаком	ЦЕМ II/A-Ш	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ II/B-Ш	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	
	пуццоланом	ЦЕМ II/B-П	80-94	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
	золы-уноса	ЦЕМ II/A-З	80-94	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
	глиежем или обожженным сланцем	ЦЕМ II/A-Г	80-94	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
	микрокремнеземом	ЦЕМ II/A-МК	90-94	-	-	-	-	6-10	-	0-5	
	известняком	ЦЕМ II/A-И	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
композиционный портландцемент	ЦЕМ II/A-К	80-94	6-20							0-5	
ЦЕМ III	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	0-5	
ЦЕМ IV	Пуццолановый цемент	ЦЕМ IV/A	65-79	-	21-35					0-5	
ЦЕМ V	Композиционный цемент	ЦЕМ V/A	40-78	11-30	11-30	-	-	-	-	0-5	

Таблица 5.5 – Показатели качества портландцемента

Наименование показателя	Значение показателя	
	ГОСТ 10178-85	ГОСТ 31108-2003
Прочность	Установлены марки по прочности (кгс/см <sup>2</sup> ): 300; 400; 500; 550; 600.	Установлены классы по прочности (МПа): 22,5Н; 32,5Н; 32,5Б; 42,5Н; 42,5Б; 52,5Н; 52,5Б
Вещественный состав	См. табл. 5.3.	См. табл. 5.4.-5.5.
Сроки схватывания: начало, мин, не ранее конец, ч, не позднее	45	45, 60, 75 в зависимости от класса прочности цемента (см. табл. 4.7)
	10	Не нормируется
Тонкость помола	При просеивании пробы через сито № 008 должно проходить не менее 85 % массы пробы	Не нормируется
Равномерность изменения объема	Визуальная оценка по результатам кипячения в течение 3-х часов лепешек, изготовленных из цементного теста нормальной густоты	Инструментальная оценка при помощи колец Ле-Шателье (расхождение индикаторных игл не более 10 мм)
Массовая доля SO <sub>3</sub> , %	Не менее 1,0...1,5 , не более 3,5...4,0 в зависимости от марки и вида цемента	Не более 3,5...4,0 в зависимости от класса цемента
Массовая доля MgO, %	Не более 5	Не более 5
Содержание хлор-иона Cl <sup>-</sup> , %	Не нормируется	Не более 0,1

**Марка (класс) по прочности** – основной показатель качества портландцемента. Прочность контролируется испытанием на изгиб и сжатие стандартных образцов–балочек размером 4×4×16 см, изготовленных из цементно-песчаного раствора, через 28 суток твердения. В результате определяется **активность цемента** – фактическая прочность на сжатие образцов цементно-песчаного раствора. На основании активности цемента устанавливается его марка по ГОСТ 10178–85 (табл. 5.6) или класс по ГОСТ 31108–2003 (табл. 5.7).

ГОСТ 10178–85 устанавливает пять марок портландцемента по прочности. Численно марка указывает на минимально допустимую активность цемента и выражается в кгс/см<sup>2</sup>. Для той или иной марки необходимо обеспечить минимальную прочность при изгибе и при сжатии (табл. 5.6).

Таблица 5.6 – Требования к прочности образцов по ГОСТ 10178–85

Марка портландцемента	Предел прочности, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), в возрасте 28 суток, не менее	
	изгиб	сжатие
300	4,4(45)	29,4(300)
400	5,4(55)	39,2(400)
500	5,9(60)	49,0(500)
550	6,1(62)	53,9(550)
600	6,4(65)	58,8(600)

ГОСТ 31108–2003 предусматривает разделение цемента по классам прочности. Цементы всех классов, кроме 22,5Н, подразделяют по скорости твердения на подклассы: нормально твердеющие (индекс Н) и быстротвердеющие (индекс Б). Числовое значение класса выражено в МПа. Для цемента любого класса в обязательном порядке должна быть обеспечена прочность в промежуточном возрасте (2 или 7 суток).

Таблица 5.7 – Требования к свойствам цемента по ГОСТ 31108-2003

Класс прочности цемента	Предел прочности на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин. Не ранее
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут		
			не менее	не более	
22,5Н	–	11	22,5	42,5	75
32,5Н	–	16	32,5	52,5	
32,5Б	10	–			42,5
42,5Н	10	–	52,5		
42,5Б	20	–			
52,5Н	20	–			
52,5Б	30	–			

При назначении класса цемента по прочности учитывается только прочность образцов при сжатии, прочность при изгибе значения не имеет.

Методики определения активности портландцемента для установления марки или класса отличаются. Основные отличия заключаются в различном водоцементном отношении раствора, использовании песков с разным гранулометрическим составом, способе уплотнения раствора. В среднем активность цемента, определенная по ГОСТ 30744–2001, составляет 77...98% (в зависимости от марки цемента) активности, определенной по ГОСТ 310.4–81. На практике удобно пользоваться таблицей соответствия между классами и марками цемента (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Усредненное соотношение между марками цемента по ГОСТ 10178-85 и классами цемента по ГОСТ 31108-2003

Класс цемента по ГОСТ 31108-2003	22,5	32,5	42,5	52,5
Марка цемента по ГОСТ 10178-85	300	400	500; 550	550; 600

Согласно ГОСТ 10178–85, *условное обозначение* цемента должно состоять из наименования вида цемента, марки по прочности, обозначения максимального содержания добавок в цементе, обозначения быстротвердеющего цемента, номера стандарта. Пример условного обозначения портландцемента марки 500, бездобавочного:

**ПЦ 500–Д0 ГОСТ 10178–85.**

Согласно ГОСТ 31108–2003, условное обозначение цементов должно включать: наименование цемента, сокращенное обозначение цемента, включающее обозначение типа и подтипа цемента и вида добавки, класс прочности, обозначение подкласса, номер стандарта.

*Пример* условного обозначения портландцемента класса 42,5 быстротвердеющего, бездобавочного:

**Портландцемент ЦЕМ I 42,5Б ГОСТ 31108–2003.**

### Применение портландцемента

Портландцемент – основной материал современной строительной индустрии. Портландцемент и его разновидности применяются при возведении монолитных железобетонных конструкций практически любого назначения, для производства сборных железобетонных конструкций и изделий, для изготовления строительных растворов и сухих строительных смесей, для производства специальных видов цемента, а также при изготовлении ряда других строительных материалов.

## **Оборудование и материалы**

Весы лабораторные электронные, эксикатор, прибор (колба) Ле Шателье, ртутный лабораторный термометр; шкаф сушильный, посуда лабораторная стеклянная и фарфоровая, сито с размером ячеек 0,2 мм., весы технические гиревые, штангенциркуль, линейка измерительная металлическая, стандартная воронка для определения насыпной плотности материалов, мерный сосуд вместимостью 1 л, образцы строительных материалов.

## **Указания по технике безопасности**

Перед проведением лабораторных работ все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и неуклонно соблюдать правила безопасности при работе в лаборатории.

Приступая к выполнению лабораторного задания, необходимо освободить лабораторный стол от ненужных предметов и следить за его чистотой. Для защиты одежды от загрязнений студенты должны пользоваться халатами или брезентовыми фартуками, резиновыми перчатками, холщовыми рукавицами и защитными очками. При работе, связанной с возможной угрозой для безопасности исполнителя, запрещается оставаться в помещении лаборатории одному.

Каждый работающий в лаборатории должен принимать во внимание огнеопасность, токсичность некоторых веществ, возможность образования взрывоопасных смесей.

Студентам запрещается самовольно включать и выключать лабораторное оборудование: гидравлический пресс, сушильный шкаф, электронный влагомер и другие. Нельзя оставлять оборудование и приборы включенными по окончании работы. Работать на лабораторном оборудовании можно только с ведома преподавателя и после ознакомления с инструкцией по работе на данном оборудовании.

## **Содержание отчета**

Отчет оформляется в рабочей тетради на листах формата А 4 и подшивается в скоросшиватель, заполняются все полученные значения характеристик строительных материалов, а также зарисовываются схемы испытаний, заполняются таблицы и приводятся формулы расчета основных физио-механических показателей материалов.

## Методика и порядок выполнения лабораторной работы 5 Определение водопотребности, сроков схватывания и равномерности изменения объема портландцемента

**Задание:** определить водопотребности, сроков схватывания и равномерность изменения объема портландцемента

**Цель:** ознакомиться с понятиями *водопотребность* и *сроки схватывания* и *равномерность изменения объема портландцемента* и с методами их определения

### **Задание 1. Ознакомиться с методикой определения водопотребности цемента по ГОСТ 310.3–76**

**Методика:** определение глубины погружения пестика прибора Вика в цементное тесто.

**Оборудование:** прибор Вика, кольцо к прибору Вика, пластинка из стекла или оргстекла, чаша сферической формы, лопатка, весы, секундомер, мерный цилиндр.

Водопотребность цемента характеризуется количеством воды в % от массы цемента, необходимым для получения цементного теста нормальной густоты. *Нормальной густотой цементного теста считают такую его консистенцию, при которой пестик прибора Вика при стандартном испытании не доходит до пластинки на 5...7 мм.*



Рисунок 5.1 – Чаша и лопатка для затворения цемента

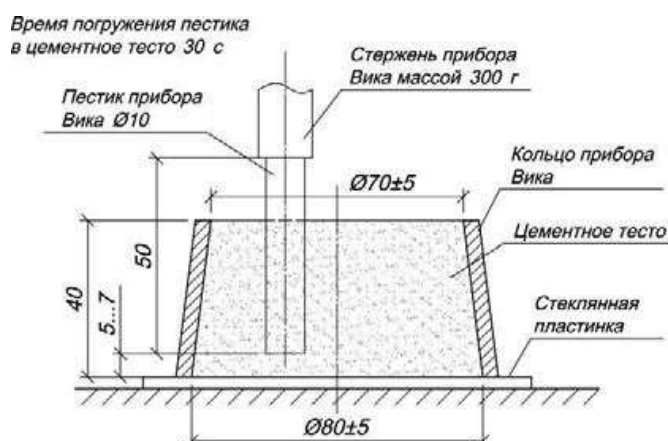


Рисунок 5.2 – Схема определения нормальной густоты цементного теста

### **Ход выполнения работы**

Для определения нормальной густоты цементного теста в нижнюю часть стержня прибора Вика (рис. 6.2) вставляют металлический пестик диаметром 10 мм. Перед началом испытания проверяют прибор Вика: свободно ли опускается стержень прибора Вика до поверхности пластинки, а также

нулевое показание прибора, соприкасая пестик с пластинкой, на которой расположено кольцо. При отклонении от нуля шкалу прибора соответствующим образом передвигают до точки нуля. Пластинку и кольцо смазывают тонким слоем машинного масла. Для ручного приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпают его в чашу (рис. 5.1), предварительно протертую влажной тканью. Затем делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, ориентировочно необходимом для получения цементного теста нормальной густоты (обычно 24...26%). Углубление засыпают цементом и через 30 с после добавления воды сначала осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой (рис. 5.1) в течение 5 минут. При механизированном приготовлении цементного теста в растворосмесителе руководствуются инструкцией к прибору.

Кольцо прибора Вика, установленное на пластинке (рис. 5.5), наполняют в один прием цементным тестом и пять-шесть раз встряхивают его, постукивая пластинку о твердое основание. Избыток теста срезают вровень с краями кольца ножом, протертым влажной тканью.

Пластинку с кольцом помещают на основание прибора Вика, приводят пестик в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень стопорным винтом, затем быстро освобождают его и предоставляют пестик свободно погружаться в тесто. Через 30 с, начиная с момента освобождения стержня, фиксируют отсчет погружения по шкале.

Кольцо с тестом при отсчете не должно подвергаться толчкам. При несоответствии консистенции цементного теста изменяют количество воды и вновь затворяют тесто, добиваясь погружения пестика на 5-7 мм. До поверхности пластинки. При несоответствующей консистенции цементного теста корректируют количество воды и эксперимент повторяют. Нормальную густоту определяют с точностью до 0,25 %.

## ***Задание 2. Ознакомиться с методикой определения сроков схватывания цементного теста по ГОСТ 310.3–76***

***Методика:*** определение глубины погружения иглы прибора Вика в цементное тесто нормальной густоты.

***Оборудование:*** то же, что в задании 1.

### ***Ход выполнения работы***

Для определения сроков схватывания цемента в нижнюю часть стержня прибора Вика вставляют иглу длиной 50 мм, площадью поперечного сечения 1 мм<sup>2</sup>.

Перед началом испытания проверяют прибор Вика, а также чистоту поверхности и отсутствие искривлений иглы.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, воду берут в количестве, необходимом для получения цементного теста нормальной густоты. Готовят цементное тесто и укладывают его в кольцо, как описано в задании 1.

Иглу прибора Вика доводят до соприкосновения с поверхностью цементного теста. В этом положении закрепляют стержень стопором, затем освобождают стержень, давая игле свободно погружаться в тесто (рис. 5.3).

Иглу погружают в тесто через каждые 10 мин, передвигая кольцо после каждого погружения для того, чтобы игла не попадала в прежнее место. После каждого погружения иглу вытирают.

**Начало схватывания** – время от начала затворения цемента до того момента, когда игла впервые не доходит до пластинки на 2...4 мм.

**Конец схватывания** – время от начала затворения цемента до момента, когда игла впервые опускается в тесто не более чем на 1...2 мм.

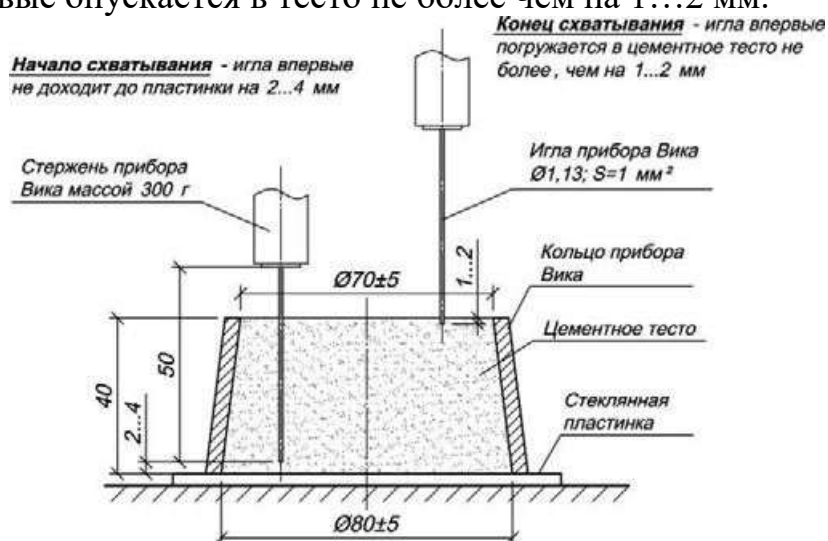


Рисунок 5.3 – Схема определения сроков схватывания цементного теста

### **Задание 3. Ознакомиться с методикой определения равномерности изменения объема портландцемента по ГОСТ 310.3–76**

**Методика:** определение повреждений лепешек, изготовленных из цементного теста нормальной густоты, после кипячения в течение 3-х часов.

**Оборудование:** чаша сферической формы, лопатка, весы, пластинка из стекла или оргстекла, ванна с гидравлическим затвором, бачок для кипячения лепешек с регулятором уровня воды, часы.

### **Ход выполнения работы**

Готовят тесто нормальной густоты по методике, описанной в задании 1. Две навески теста массой 75 г каждая, приготовленные в виде шариков, помещают на стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Постукивая пластинкой о твердое основание, добиваются образования из шариков лепешек диаметром 7...8 см и толщиной в середине

около 1 см (рис. 5.6). Лепешки заглаживают смоченным водой ножом, придавая им гладкую поверхность и острые края.



Рисунок 5.4 – Ванна с гидравлическим затвором

Рисунок 5.5 – Бачок для кипячения образцов

Лепешки на пластине помещают в ванну с гидравлическим затвором (рис. 5.4), где хранят в течение  $(24\pm 2)$  ч с момента изготовления. В ванне с гидравлическим затвором поддерживается комнатная температура –  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  и влажность 95...100 %.

Затем лепешки вынимают из ванны, снимают с пластинок и помещают в бачок на съемную решетку (рис. 5.5). Воду в бачке доводят до кипения, которое поддерживают в течение 3 ч. В процессе кипячения вода должна покрывать лепешки на 4...6 см.

После кипячения лепешки охлаждают в бачке и производят их визуальный осмотр немедленно после извлечения из воды.

Цемент соответствует требованиям стандарта в отношении равномерности изменения объема, если на лицевой стороне лепешек не обнаружено радиальных, достигающих до краев, трещин или сетки мелких трещин, видимых невооруженным глазом или в лупу, а также каких-либо искривлений и увеличения объема лепешек (рис. 5.6). Допускается в первые сутки после испытания появление трещин усыхания, не достигающих до краев лепешек.

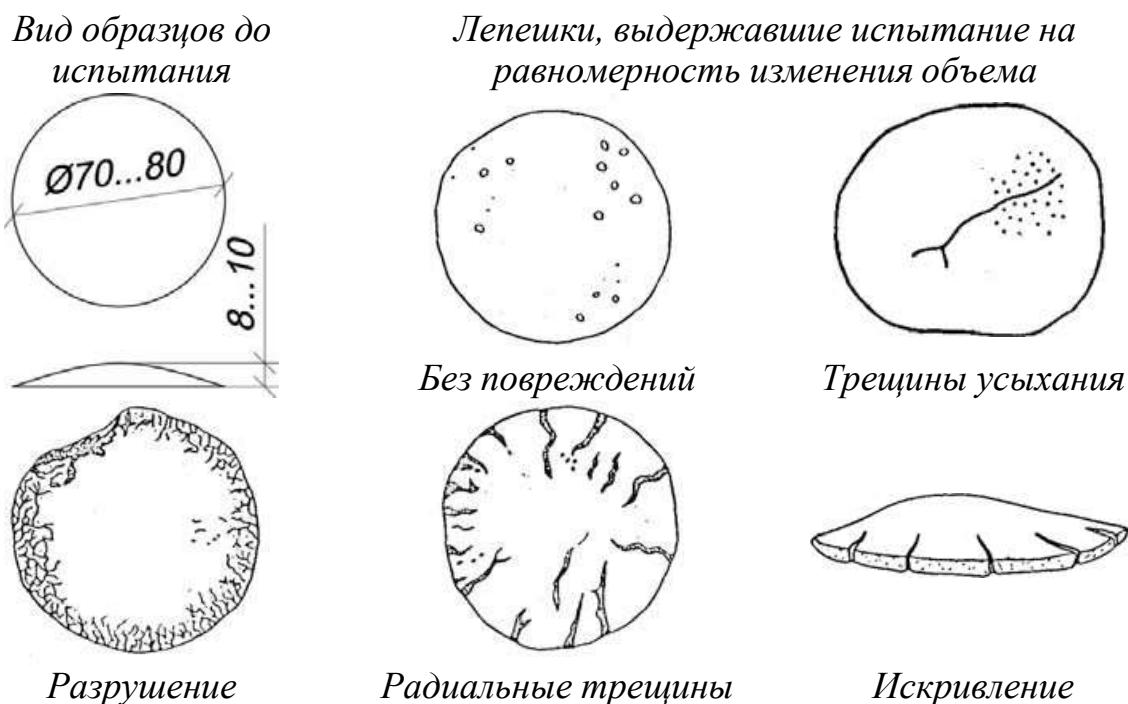


Рисунок 5.6 – Внешний вид образцов до и после испытания на равномерность изменения объема по ГОСТ 310.3–76

### Контрольные вопросы

1. Каким образом получают портландцемент? Какие сырьевые материалы используют при производстве клинкера портландцемента? Какие существуют способы производства портландцементного клинкера? В чём их отличие?
2. Каковы химический и минеральный составы портландцементного клинкера?
3. Напишите уравнения реакций гидратации основных клинкерных минералов. Для чего в состав портландцемента вводится добавка гипса?
4. Назовите основные показатели качества портландцемента.
5. Как определить нормальную густоту цементного теста по ГОСТ 310.3–76?
6. Как определить сроки схватывания портландцемента по ГОСТ 310.3–76? Каковы требования ГОСТ 10178–85 к срокам схватывания портландцемента?
7. Как определить равномерность изменения объёма портландцемента по ГОСТ 310.3–76? В чём состоит причина неравномерного изменения объёма?
8. Как определить активность и марку портландцемента с использованием монофракционного песка по ГОСТ 310.4–81?
9. Каковы основные области применения портландцемента?
10. Назовите и дайте краткую характеристику специальных видов портландцемента.

11. Каким образом получают глинозёмистый цемент? Каков минеральный и химический состав глинозёмистого цемента?
12. Напишите уравнение реакции гидратации основного минерала глинозёмистого цемента. Каковы особенности твердения глинозёмистого цемента при нормальных и повышенных температурах?
13. Назовите основные показатели качества глинозёмистого цемента. В чем состоят особенности свойств глинозёмистого цемента?
14. Приведите рациональные области применения глинозёмистого цемента?
15. Каким образом классифицируются портландцементы по ГОСТ 31108–2003.
16. Как определить нормальную плотность цементного теста по ГОСТ 30744–2001?
17. Как определить сроки схватывания портландцемента по ГОСТ 30744–2001? Каковы требования ГОСТ 31108–2003 к срокам схватывания портландцемента?
18. Как определить равномерность изменения объёма портландцемента по 30744–2001?
19. Как определить активность и класс прочности портландцемента с использованием полифракционного песка по 30744–2001?

### **Рекомендуемая литература**

7. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие для бакалавров/ И.А.Рыбьев. – 4-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 701 с. – Серия: Бакалавр – ISBN 978-5-9916-9
8. Строительные материалы [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. Проф. образования / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. –М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с. – ISBN: 978-5-7695-8336-0
3. Микульский, В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) [Текст]: учебник/ В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др.; под ред. В. Г. Микульского и В. В. Козлова. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с. – ISBN 5-93093-041-4
4. Попов, К. Н. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с. – ISBN 5-06-003799-1
5. Фетисов, Г. П. материаловедение и технология металлов [Текст]: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.; под ред. Г. П. Фетисов – М. : Высшая школа, 2000. – 638 с. – ISBN: 5-06-004418-1
5. Невского, В.А. Строительное материаловедение [Текст]: учебное пособие / под общ. ред. В.А.Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – Рстов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с. – ISBN: 978-5-222-17506-4

6. Ковалев Я.Н. Строительные материалы [Текст]: Лабораторный практикум / Я.Н. Ковалев, Г.С. Галузо, А.Э. Змачинский, Т.А. Чистова; под ред. проф. Я.Н. Ковалев – М. : Издательский центр « НИЦ Инфра-М, Новое знание», 2015. – 633 с. – ISBN: 978-5-16-006406-2

7. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник для учреждений сред. Проф. образования/ Ю.Г. Барабанщиков.– 4-е изд.,стер.–М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с. – ISBN: 978-5-7695-9859-3

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Северо-Кавказский федеральный университет»  
Колледж СКФУ

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельным работам

по дисциплине ОП.10 строительные материалы и изделия

для студентов направления подготовки

08.02.14 Эксплуатация и обслуживание многоквартирного дома

**Ставрополь**

## 1. Общие положения

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

## 2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента – формирование набора общенаучных, профессиональных и специальных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки «Педагогическое образование».

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности

организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

### **3. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом**

#### *3.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой*

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)  
усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

*Основные виды систематизированной записи прочитанного:*

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

*Методические рекомендации по составлению конспекта:*

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

### *3.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям*

Для того чтобы практические и лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

### *3.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний*

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

#### 4. Список рекомендуемой литературы

##### Основная литература:

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: учебное пособие для бакалавров/ И.А.Рыбьев. – 4-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 701 с. – Серия: Бакалавр ISBN 978-5-9916-1471-9
2. Строительные материалы: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Л. А. Алимов, В. В. Воронин. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с. – (Серия: Бакалавриат). ISBN 978-5-7695-8336-0.
3. Бетонведение: : учебник / Ю.М. Баженов. - М.: Издательство «Издательство Ассоциации строительных вузов», 2015. - 144 с. – ISBN 978-5-4323-0035-5

##### Дополнительная литература:

4. Микульский В. Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) : учебник / В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др. ; под ред. В. Г. Микульского и В. В. Козлова. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. - 536 с. - ISBN 5-93093-041-4
5. Материаловедение и технология металлов : учебник для вузов / [Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.]. - М. : Высшая школа, 2000. - 638 с. : ил. - Библиогр.: с. 625. - ISBN 5-06-003616-2
6. Лабораторные определения свойств строительных материалов: учебное пособие/ В. В. Белов, В.Б. Петропавловская, Ю.А. Шлапаков. - М.: Издательство «Издательство Ассоциации строительных вузов», 2011. - 200 с.

##### Интернет ресурсы:

- 1 <http://catalog.ncstu.ru> - «Фолиант»
- 2 <http://e.lanbook.com/> - ЭБС «Лань»
- 3 <http://www.biblioclub.ru/> - ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
- 4 <http://www.dailystroy.ru/> – Аналитический сайт по строительству
- 5 <http://www.gkh-reforma.ru> – Сайт реформы жилищно-коммунального хозяйства
- 6 <http://www.gosstroy.gov.ru/> – Сайт министерства строительства РФ.
- 7 <http://www.i-stroy.ru/> – Аналитический сайт по строительству
- 8 <http://www.kdo.ru/> – Сайт аналитического центра «Квартира, дача офис».
- 9 <http://www.kommunalka.info/> – Сайт о работе коммунальной сферы
- 10 <http://www.library.stavsu.ru/> - Вузовская ЭБ на платформах «MARK-SQL»
- 11 <http://www.minregion.ru/> – Сайт министерства регионального развития РФ.
- 12 <http://www.urbanecomomics.ru/> – Сайт института экономики городского развития