

# **МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

**Методические указания к лабораторной работе**

**Омск•2011**

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная  
академия (СибАДИ)»  
Кафедра строительных материалов и специальных технологий

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Методические указания к лабораторной работе

Составитель Е.В. Гурова

Омск  
СибАДИ  
2011

УДК 666.97  
ББК 38.3НЗ

*Рецензент* канд. техн. наук, доц. Т.С. Химич

Работа одобрена научно-методическим советом специальности 270106 в качестве методических указаний к лабораторной работе по дисциплине «Строительные материалы» для студентов направления 270800.62 «Строительство» профиля подготовки «Промышленное и гражданское строительство», «Проектирование зданий», «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», «Теплогазоснабжение и вентиляция», «Экспертиза и управление недвижимостью».

**Минеральные вяжущие вещества:** методические указания к лабораторной работе / сост. Е.В. Гурова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 32с.

Методические указания содержат краткие сведения о минеральных вяжущих веществах. Приведены стандартные методы определения основных свойств воздушной извести, строительного гипса и цемента.

При составлении методических указаний использованы действующие нормативно-технические документы.

Табл. 14. Ил. 9. Прил. 4. Библиогр.: 13 назв.

© ФГБОУ «СибАДИ», 2011

## ВВЕДЕНИЕ

*Целью* данной лабораторной работы является ознакомление студентов со стандартными методами определения свойств наиболее распространенных минеральных вяжущих веществ – известки воздушной, гипса строительного и цемента.

*Минеральные вяжущие вещества* – материалы (обычно в виде тонких порошков), которые при затворении водой образуют пластичное тесто, способное в результате физико-химических процессов затвердевать, т.е. переходить в камневидное состояние.

Это свойство минеральных вяжущих веществ позволяет широко использовать их для приготовления строительных растворов и бетонов, а также для производства различных безобжиговых искусственных каменных материалов.

В зависимости от условий твердения минеральные вяжущие делят на воздушные и гидравлические.

*Воздушные вяжущие* после затворения водой способны затвердевать и длительное время сохранять прочность только на воздухе. Воздушные вяжущие в основном состоят из сернокислого кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{CaSO}_4$ ), окиси кальция ( $\text{CaO}$ ) или окиси магния ( $\text{MgO}$ ), ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$  или  $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ ). К ним относят гипсовые, известковые, магнезиальные вяжущие и жидкое стекло.

*Гидравлические вяжущие* после затворения водой способны твердеть и длительное время сохранять прочность (или даже повышать её) не только на воздухе, но и в воде. Гидравлические вяжущие представляют собой сложную систему, состоящую в основном из соединений четырех оксидов:  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ . К ним относят силикатные цементы (портландцемент и его разновидности), алюминатные цементы (глиноземистый цемент), гидравлическую известь и романцемент.

Почти все минеральные вяжущие получают обжигом горных пород с последующим тонким помолом продукта обжига.

Твердение минеральных вяжущих происходит в результате их взаимодействия с водой. Условно принято различать два периода в процессе твердения вяжущего вещества – схватывание и набор прочности (собственно твердение).

Схватывание – потеря тестом вяжущего пластично-вязких свойств. Момент, когда появляются признаки загустевания теста, т.е. оно начинает терять пластичность, называют началом схватывания.

Момент, когда тесто превращается в твердое тело, окончательно теряя пластичность, но, не приобретая еще практически значимой прочности, называют концом схватывания. Сроки схватывания гипса 4–30 мин, портландцемента – несколько часов. Воздушная известь твердеет очень медленно, поэтому скорость твердения и прочность ее не нормируются. Строителям важно знать сроки схватывания вяжущих, чтобы использовать их в пластичном состоянии для изготовления изделий.

Прочность вяжущих изменяется во времени, поэтому ее оценивают по прочности (обычно на сжатие и изгиб) стандартных образцов, твердевших определенное время в условиях, установленных стандартом. По этим показателям устанавливают марку вяжущего.

Скорость твердения и прочность вяжущих зависит от тонкости помола. Чем тоньше помол вяжущего, тем полнее взаимодействие его с водой, выше конечная прочность изделия.

Особенно велико влияние на прочность вяжущего вещества величины начального водозатворения, т.е. количества воды, взятого для приготовления теста. Объясняется это тем, что для получения пластичного теста воды требуется значительно больше, чем на химические реакции. Излишняя вода после затвердевания вяжущего испаряется, оставляя поры, которые понижают прочность изделий. Но, с другой стороны, чем выше подвижность теста, тем легче и плотнее оно укладывается, что положительно сказывается на прочности изделий.

Для получения сравнимых результатов при испытании вяжущих веществ следует изготавливать образцы из теста стандартной консистенции, называемой нормальной густотой.

Объем лабораторной работы предусмотрено выполнять в течение двух занятий. На первом занятии определяют свойства извести воздушной и гипса строительного, на втором – свойства цемента.

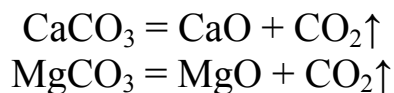
Пример оформления таблиц приведен в прил. 1.

Возможные области применения воздушной извести и гипсовых вяжущих указаны в прил. 2, 3.

Выбор вида цемента в зависимости от назначения сооружения должен осуществляться в соответствии с прил. 4.

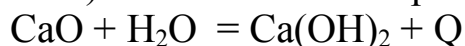
## 1. ИСПЫТАНИЕ ВОЗДУШНОЙ ИЗВЕСТИ

Воздушную известь получают обжигом известняка, мела и других карбонатных пород при температуре 900–1100 °С. Карбонатные породы состоят в основном из  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ . При обжиге происходят реакции:



Основным показателем качества извести является содержание в ней активных оксидов  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ . Чем выше содержание активных оксидов в извести, тем пластичнее известковое тесто и тем выше ее сорт.

В результате обжига получают комовую негашеную известь. Для приготовления бетонов или растворов ее измельчают механическим путем (молотая негашеная) или гашением по реакции (гидратная):



Скорость гашения зависит от содержания в извести окиси кальция, который реагирует с водой и быстро доводит температуру известкового теста до максимальной. Содержание непогасившихся частиц (недожог и пережог) снижает качество извести.

Для оценки качества воздушной извести определяют содержание активных оксидов ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ), скорость гашения, содержание непогасившихся зерен, степень дисперсности (для молотой).

### 1.1. Определение суммарного содержания активных окисей кальция и магния в кальциевой извести

Навеску извести массой 1 г помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, заливают 150 мл дистиллированной воды, добавляют 3–5 стеклянных бус, закрывают стеклянной воронкой или часовым стеклом и нагревают 5–7 мин до температуры кипения. Раствор охлаждают до температуры 20–30 °С, промывают стенки колбы и стеклянную воронку (часовое стекло) кипяченой дистиллированной водой, добавляют 2–3 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании 1н раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания раствора. Титрование считают законченным, если в течение 8 мин при периодическом взбалтывании раствор остается бесцветным.

Титрование следует производить медленно, добавляя кислоту по каплям.

Содержание активных окисей кальция и магния  $A$  в процентах для негашеной извести вычисляют по формуле

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO}}{m} \cdot 100,$$

где  $V$  – объем 1н раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование, мл;  $T_{CaO}$  – титр 1н раствора соляной кислоты, выраженный в г CaO;  $m$  – масса навески извести, г.

Содержание активных окисей кальция и магния  $A$  в процентах для гидратной извести вычисляют по формуле

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO}}{m \cdot (100 - W)} \cdot 100,$$

где  $W$  – влажность гидратной извести, %.

## 1.2. Определение содержания непогасившихся зерен

В металлический сосуд цилиндрической формы вместимостью 8–10 л наливают 3,5–4 л нагретой до температуры 85–90 °С воды и всыпают 1 кг извести, непрерывно перемешивая содержимое до окончания интенсивного выделения пара (кипения). Полученное тесто закрывают крышкой и выдерживают 2 ч, затем разбавляют холодной водой до консистенции известкового молока и промывают на сите с сеткой №063 слабой непрерывной струей, слегка растирая мягкие кусочки стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Остаток на сите высушивают при температуре 140–150 °С до постоянной массы. Содержание непогасившихся зерен в процентах вычисляют по формуле

$$НЗ = \frac{m}{1000} \cdot 100,$$

где  $m$  – остаток на сите после высушивания, г.

## 1.3. Определение степени дисперсности порошкообразной извести

Навеску извести массой 50 г, предварительно высушенную при температуре 105–110 °С до постоянной массы, просеивают через сита с сетками №02 и 008. Просеивание считают законченным, если при контрольном просеивании в течение 1 мин через указанные сита про-

ходит не более 0,1 г извести. Степень дисперсности в процентах вычисляют по формуле

$$CD = \frac{m}{50} \cdot 100,$$

где  $m$  – остаток на сите, г.

#### 1.4. Определение температуры и времени гашения извести

Для определения температуры и времени гашения извести используют бытовой термос вместимостью 500 мл. Массу навески извести  $m$  в граммах рассчитывают по формуле

$$m = \frac{1000}{A},$$

где  $A$  – содержание активных окисей кальция и магния в извести, %.

Навеску  $m$  помещают в термосную колбу, вливают 25 мл воды, имеющей температуру 20 °С, и быстро перемешивают деревянной отполированной палочкой (рис.1). Колбу закрывают пробкой с плотно вставленным термометром на 100 °С и оставляют в покое. Ртутный шарик термометра должен быть полностью погружен в реагирующую смесь. Отсчет температуры реагирующей смеси ведут через каждую минуту, начиная с момента добавления воды. Определение считается законченным, если в течение 4 мин температура не повышается более чем на 1 °С.

За время гашения принимают время с момента добавления воды до начала периода, когда рост температуры не превышает 0,25 °С в минуту.

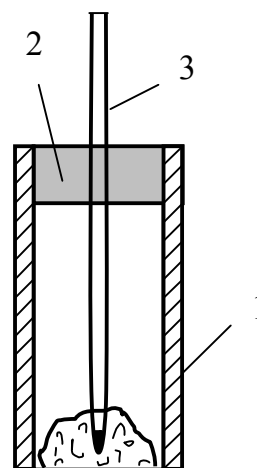


Рис. 1. Прибор для определения скорости гашения извести:  
1 – термосная колба;  
2 – пробка;  
3 – термометр

#### 1.5. Требования ГОСТ 9179 к извести

Негашеную известь по времени гашения подразделяют на быстрогасящуюся – не более 8 мин; среднегасящуюся – не более 25 мин; медленногасящуюся – более 25 мин.

Воздушная известь должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.



Таблица 1

| Показатель                     | Норма для извести, %, по массе |    |    |                             |            |            |           |    |
|--------------------------------|--------------------------------|----|----|-----------------------------|------------|------------|-----------|----|
|                                | негашеная                      |    |    |                             |            |            | гидратная |    |
|                                | кальциевая                     |    |    | магнезиальная и доломитовая |            |            |           |    |
|                                | сорт                           |    |    |                             |            |            |           |    |
| 1                              | 2                              | 3  | 1  | 2                           | 3          | 1          | 2         |    |
| Активные CaO+MgO, не менее:    |                                |    |    |                             |            |            |           |    |
| без добавок                    | 90                             | 80 | 70 | 85                          | 75         | 65         | 67        | 60 |
| с добавками                    | 65                             | 55 | –  | 60                          | 50         | –          | 50        | 40 |
| Активный MgO, не более         | 5                              | 5  | 5  | 20<br>(40)                  | 20<br>(40) | 20<br>(40) | –         | –  |
| CO <sub>2</sub> , не более:    |                                |    |    |                             |            |            |           |    |
| без добавок                    | 3                              | 5  | 7  | 5                           | 8          | 11         | 3         | 5  |
| с добавками                    | 4                              | 6  | –  | 6                           | 9          | –          | 2         | 4  |
| Непогасившиеся зерна, не более | 7                              | 11 | 14 | 10                          | 15         | 20         | –         | –  |

Примечание: В скобках указано содержание MgO для доломитовой извести. Для кальциевой извести третьего сорта, используемой для технологических целей, допускается по согласованию с потребителями содержание непогасившихся зерен не более 20 %.

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

## 2. ИСПЫТАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

Строительный гипс получают термической обработкой при температуре 140–170 °С природного гипсового камня с измельчением до или после обработки. При термообработке гипс теряет часть химически связанной воды и превращается в полуводный сульфат кальция:



Полуводный сульфат кальция (в виде порошка) называют строительным гипсом.

При твердении строительного гипса происходит химическая реакция присоединения воды и образования двуводного сульфата кальция:



Для оценки качества гипса определяют тонкость помола, нормальную плотность гипсового теста (50–70 %), сроки схватывания, предел прочности при изгибе и сжатии.

## 2.1. Определение тонкости помола

Сущность метода заключается в определении массы гипсового вяжущего, оставшегося при просеивании на сите с ячейками размером в свету 0,2 мм.

Пробу вяжущего массой 50 г, взвешенную с погрешностью не более 0,1 г и предварительно высушенную в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре  $50 \pm 5$  °С, высыпают на сито №02 и производят просеивание вручную или на механической установке.

Просеивание считают законченным, если сквозь сито в течение 1 мин при ручном просеивании проходит не более 0,05 г вяжущего.

Тонкость помола в процентах вычисляют по формуле

$$ТП = \frac{m}{50} \cdot 100,$$

где  $m$  – остаток на сите, г; 50 – масса первоначальной пробы, г.

За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

## 2.2. Определение нормальной плотности

Нормальная плотность гипсового теста – это условно принятая величина, выражаемая числом кубических сантиметров (мл) воды, приходящихся на 100 г гипса.

Нормальную плотность гипсового теста определяют с помощью цилиндра из нержавеющей металла (меди или латуни), имеющего высоту 100 мм и диаметр 50 мм, и квадратного листового стекла со сторонами 200 мм (рис.2). Цилиндр должен иметь хорошо отполированные поверхности у краев и внутри. На стекло нанесен ряд концентрических окружностей диаметром от 150 до

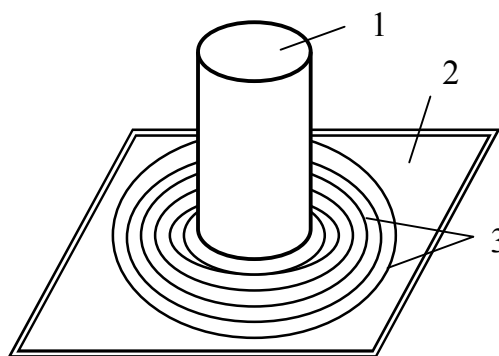


Рис. 2. Вискозиметр Сутгарда:

1 – цилиндр;

2 – стеклянная пластинка;

3 – концентрические окружности

220 мм через каждые 10 мм, а окружности диаметром от 170 до 190 мм – через 5 мм.

Перед испытанием цилиндр и стекло слегка смачивают чистой водой. Стеклянную пластинку кладут строго горизонтально, а цилиндр устанавливают в центре concentрических окружностей.

В чистую чашку, предварительно протертую тканью, вливают воду в количестве 150–220 мл. Затем в воду в течение 2–5 с всыпают от 300 до 350 г гипса. Массу перемешивают ручной мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет времени от начала всыпания гипса в воду.

После окончания перемешивания цилиндр заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Цилиндр и стекло предварительно протирают влажной тканью. Через 45 с, считая от начала засыпания гипса в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр очень быстро поднимают вертикально на высоту 15–20 см и отводят в сторону. Диаметр расплыва измеряют непосредственно после поднятия цилиндра линейкой в двух перпендикулярных направлениях и вычисляют среднее арифметическое значение.

Нормальная густота характеризуется диаметром расплыва гипсового теста, вытекающего из цилиндра при его поднятии. Диаметр расплыва должен быть равен  $(180 \pm 5)$  мм.

Если диаметр расплыва теста не соответствует  $180 \pm 5$  мм, испытание повторяют с измененной массой воды.

### **2.3. Определение сроков схватывания**

Для определения сроков схватывания используют стандартный прибор Вика (рис.3). Прибор состоит из станины, подвижного стержня, кольца и полированной пластинки. Масса подвижной части с иглой и пестиком составляет  $300 \pm 2$  г.

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

Кольцо, предварительно протертое и смазанное машинным маслом и установленное на полированную пластинку, заполняют тестом. Для этого в течение 30 с смешивают 200 г гипса и воду в количестве, соответствующем нормальной густоте гипсового теста. Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо с пластинкой 4–5 раз встряхивают. После этого излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.

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

Начало схватывания определяют числом минут от момента затворения гипса водой до момента, когда игла не доходит до пластинки, а конец схватывания – когда игла погружается на глубину не более 1 мм. Начало и конец схватывания выражается в минутах.

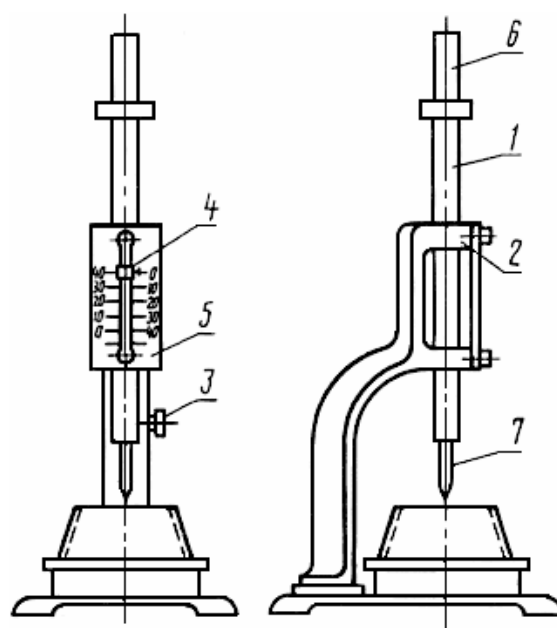


Рис. 3. Прибор Вика:  
 1 – стержень; 2 – станина;  
 3 – стопорное устройство;  
 4 – указатель; 5 – шкала;  
 6 – пестик; 7 – игла

#### 2.4. Определение предела прочности при изгибе и сжатии

Для определения предела прочности гипсового камня при изгибе и сжатии изготавливают из гипсового теста три образца-балочки размером 40×40×160 мм. Для изготовления образцов берут гипс массой 1,2 кг. Гипс в течение 5–20 с засыпают в чашку с водой, взятой в количестве, необходимом для получения теста нормальной густоты (стандартной консистенции). После засыпания вяжущего смесь интенсивно перемешивают ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородного теста, которым заливают форму. Предварительно внутреннюю поверхность металлических форм смазывают минеральным маслом. Отсеки формы наполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой. Через (15±5) мин после конца схватывания образ-

цы извлекают из формы, маркируют и хранят в помещении для испытаний.

Определение прочности гипсовых образцов, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции, производят через 2 ч после контакта гипсового вяжущего с водой.

Для определения *предела прочности при изгибе* 3 образца-балочки испытывают на машине МИИ-100.

Для проведения испытаний образец устанавливают на опоры прибора таким образом, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении (рис.4, а).

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое результатов трех испытаний.

Определение *предела прочности при сжатии* производят на шести половинках балочек, полученных после испытания на изгиб. Образцы помещают между двумя металлическими пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам форм, находились на плоскостях пластин, а упоры пластин плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца (рис.4, б). Образец вместе с пластинами подвергают сжатию на прессе. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения должно составлять от 5 до 30 с, средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть  $(10 \pm 5)$  кгс/см<sup>2</sup> в секунду.

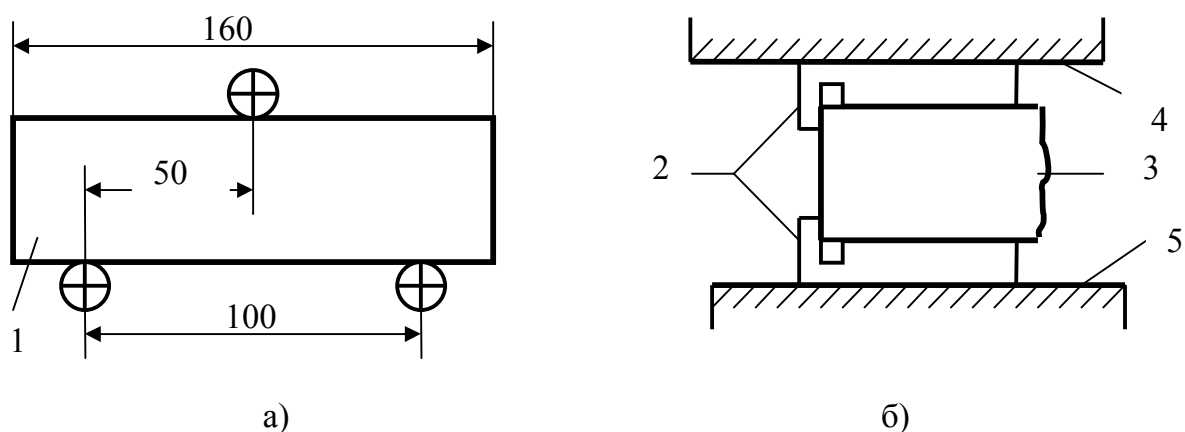


Рис. 4. Схемы испытаний образцов на изгиб (а) и сжатие (б):

1 – образец; 2 – пластинки; 3 – половина образца; 4 – верхняя плита прессы;  
5 – нижняя плита прессы

Предел прочности на сжатие одного образца определяют как частное от деления величины разрушающей нагрузки  $F$  (кгс) на рабочую площадь пластины  $S$ , равную 25 см<sup>2</sup>:

$$R_{сж} = \frac{F}{S} .$$

Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов шести испытаний без наибольшего и наименьшего результатов.

## 2.5. Требования ГОСТ 125 к строительному гипсу

По прочности, срокам схватывания и тонкости помола гипс строительный должен соответствовать данным, приведенным в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2

| Марка вяжущего | Предел прочности образцов-балочек, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )<br>размерами 40×40×160 мм в возрасте 2 ч, не менее |            |
|----------------|--|------------|
|                | при сжатии   | при изгибе |
| Г – 2          | 2 (20)   | 1,2 (12)   |
| Г – 3          | 3 (30)   | 1,8 (18)   |
| Г – 4          | 4 (40)   | 2,0 (20)   |
| Г – 5          | 5 (50)   | 2,5 (25)   |
| Г – 6          | 6 (60)   | 3,0 (30)   |
| Г – 7          | 7 (70)   | 3,5 (35)   |
| Г – 10         | 10 (100)   | 4,5 (45)   |
| Г – 13         | 13 (130)   | 5,5 (55)   |
| Г – 16         | 16 (160)   | 6,0 (60)   |
| Г – 19         | 19 (190)   | 6,5 (65)   |
| Г – 22         | 22 (220)   | 7,0 (70)   |
| Г – 25         | 25 (250)   | 8,0 (80)   |

Таблица 3

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

Таблица 4

| Вид вяжущего    | Индекс степени помола | Максимальный остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм, %, не более |
|-----------------|-----------------------|--|
| Грубого помола  | І                     | 23   |
| Среднего помола | ІІ                    | 14   |
| Тонкого помола  | ІІІ                   | 2  |

Пример условного обозначения гипсового вяжущего с прочностью 5,2 МПа ( $52 \text{ кгс/см}^2$ ) со сроками схватывания: начало – 5 мин, конец – 9 мин и остатком на сите №02 – 9 %, т.е. вяжущего марки Г–5 быстротвердеющего, среднего помола: Г–5 А II.

### 3. ИСПЫТАНИЕ ЦЕМЕНТА

*По вещественному составу* цемент подразделяют на следующие виды:

- портландцемент, в том числе портландцемент бездобавочный;
- портландцемент с минеральными добавками;
- шлакопортландцемент.

*По механической прочности* цемент подразделяют на марки:

- портландцемент – 400, 500, 550 и 600;
- шлакопортландцемент – 300, 400 и 500;
- шлакопортландцемент быстротвердеющий – 400 и 500;
- портландцемент быстротвердеющий – 400.

Допускается портландцемент с минеральными добавками марки 300.

*Условное обозначение цемента* должно состоять из обозначения:

- вида цемента;
- марки цемента;
- максимального содержания добавок в портландцементе – Д0, Д5, Д20;
- быстротвердеющего цемента – Б;
- пластификации и гидрофибизации цемента – ПЛ, ГФ;
- цемента, полученного на основе клинкера нормированного состава – Н;
- стандарта.

Пример условного обозначения портландцемента марки 400 с добавками до 20 % быстротвердеющего пластифицированного:

*ПЦ 400 – Д20 – Б – ПЛ ГОСТ 10178-85*

Свойства портландцемента зависят от его минералогического состава. Алит ( $C_3S$ ) определяет быстроту твердения и прочность портландцемента. Белит ( $C_2S$ ) твердеет медленно, но при длительном твердении достигает высокой прочности. Трехкальциевый алюминат ( $C_3A$ ) дает быстротвердеющий цемент, является причиной сульфатной коррозии бетона. Четырехкальциевый алюмоферрит ( $C_4AF$ ) характеризуется умеренным тепловыделением и по скорости твердения занимает промежуточное положение между алитом и белитом.

На прочность цемента большое влияние оказывает тонкость помола. Тонкость помола цемента может быть оценена и другим показателем – удельной поверхностью (число м<sup>2</sup> поверхности зерен в 1 кг цемента).

Твердение цемента всегда сопровождается некоторым изменением его объема. Если изменение объема сравнительно невелико и протекает равномерно, то оно не вызывает вредных последствий в виде появления трещин или разрушений. Если же изменения объема вызывают внутренние напряжения, которым не может сопротивляться твердеющий цемент, то в этом случае его нельзя применять в строительстве. Неравномерность изменения объема цементного теста вызывается избыточным содержанием в цементе свободных окиси кальция, окиси магния и гипса.

Для оценки качества цемента определяют тонкость помола, нормальную плотность цементного теста, сроки схватывания, равномерность изменения объема, прочность при изгибе и сжатии.

Ниже приведена схема, показывающая, при каком состоянии цемента определяют указанные показатели.



### 3.1. Определение тонкости помола

Пробу цемента высушивают в сушильном шкафу при температуре 105–110 °С в течение 2 ч, охлаждают в эксикаторе. Отвешивают 50 г цемента и высыпают его на сито. Закрыв сито крышкой, устанавливают его в прибор для механического просеивания. Через 5–7 мин от начала просеивания останавливают прибор и делают контрольное просеивание на бумагу. Операцию считают законченной, если при контрольном просеивании сквозь сито в течение 1 мин проходит не более 0,05 г цемента. Тонкость помола определяют как остаток на сите с сеткой №008 в процентах к первоначальной массе просеиваемой пробы:



$$ТП = \frac{m}{50} \cdot 100,$$

где  $m$  – количество цемента, оставшегося на сите №008, г; 50 – исходная навеска цемента, г.

### 3.2. Определение нормальной густоты

Нормальная густота цементного теста – это такая его консистенция, при которой пестик прибора Вика, погруженный в кольцо, заполненное тестом, не доходит на 5–7 мм до пластинки, на которой установлено кольцо (см. рис.3).

Нормальная густота цементного теста характеризуется количеством воды затворения, выраженным в процентах от массы цемента.

Нормальную густоту цементного теста определяют на приборе Вика, при этом иглу прибора заменяют металлическим пестиком. Масса подвижного стержня прибора вместе с пестиком должна быть  $(300 \pm 2)$  г. Перед началом испытания проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на нуле при соприкосновении со стеклянной пластинкой; смазывают кольцо и пластинку слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпают в чашу, предварительно протертую влажной тканью. Затем в цементе делают углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно) для получения цементного теста нормальной густоты. Количество воды для первого пробного затворения цемента может быть принято в пределах 23–28 % от массы цемента. Углубление засыпают цементом и через 30 с после приливания воды сначала осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой. Продолжительность перемешивания и растирания составляет 5 мин с момента приливания воды.

После перемешивания цементное тесто в один прием укладывают в кольцо и 5–6 раз встряхивают его, постукивая пластинку с кольцом о твердое основание. Поверхность теста выравнивают с краями кольца, срезая избыток теста ножом. После этого приводят пестик прибора в прикосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень стопорным устройством. Затем быстро освобождают винт для свободного погружения пестика в тесто. Через 30 с по шкале фиксируют глубину погружения пестика.

Густота цементного теста считается нормальной, если пестик не доходит до пластинки на 5–7 мм. Если пестик, погружаясь в тесто, останется выше, то опыт повторяют с большим количеством воды, а если ниже – с меньшим, добиваясь погружения пестика на необходимую глубину.

### **3.3. Определение сроков схватывания**

Сроки схватывания цементного теста определяют при помощи прибора Вика, но вместо пестика на нижней части подвижного стержня закрепляют стальную иглу (см. рис.3).

Перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое показание прибора. Кроме того, проверяют чистоту поверхности и отсутствие искривления иглы.

Цементное тесто нормальной густоты готовят по методике, изложенной в п. 3.2, и сразу после приготовления помещают его за один прием в кольцо прибора Вика, встряхивают 5–6 раз для удаления воздуха и выравнивают поверхность.

Иглу прибора доводят до соприкосновения с поверхностью теста и, регулируя зажимной винт, дают возможность ей свободно погружаться. Иглу погружают в тесто через каждые 10 мин, передвигая кольцо после очередного погружения для того, чтобы игла не попадала в прежнее место. После каждого погружения иглу вытирают. Во время испытания прибор должен находиться в затемненном месте, где нет сквозняков, и не должен подвергаться сотрясениям.

Началом схватывания цементного теста является время, прошедшее от начала затворения (момент приливания воды) до того момента, когда игла не доходит до пластинки на 2–4 мм. Концом схватывания цементного теста является время от начала затворения до момента, когда игла опускается в тесто не более чем на 1–2 мм.

### **3.4. Определение равномерности изменения объема цемента**

Для испытания на равномерность изменения объема цемента готовят тесто нормальной густоты. Две навески теста массой 75 г каждая, приготовленные в виде шариков, помещают на стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Постукивают ею о твердое основание до образования из шариков лепешек диаметром 7–8 см толщиной около 1 см.

Лепешки заглаживают смоченным водой ножом от наружных краев к центру до образования острых краев в гладкой закругленной поверхности. Приготовленные лепешки хранят в течение 24 ч с момента изготовления в ванне с гидравлическим затвором (рис.5). В ванне образцы размещают на решетке, под которой всегда должна быть вода. Затем лепешки снимают с пластинок и переносят на этажерку специального бачка (рис.6). Уровень воды в бачке должен перекрывать лепешки на 4–6 см. Воду в бачке кипятят в течение 3 ч, после чего лепешки в бачке охлаждают и производят их внешний осмотр.

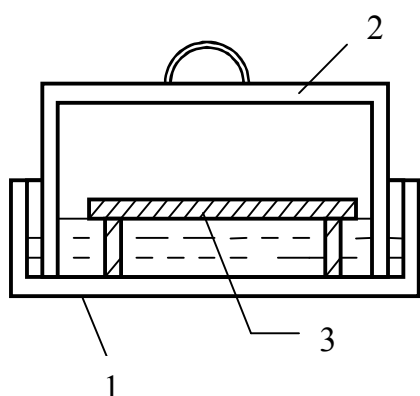


Рис. 5. Ванна с гидравлическим затвором: 1 – ванна; 2 – гидравлический затвор; 3 – решетка для образцов

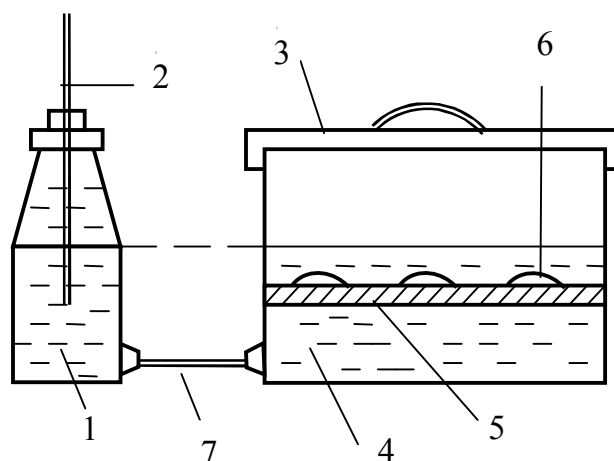


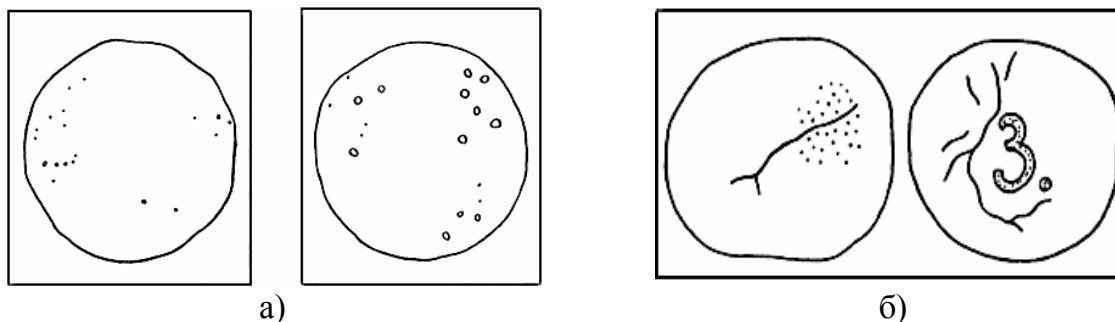
Рис. 6. Бачок для кипячения образцов: 1 – регулятор уровня воды; 2 – подвижная трубка; 3 – крышка; 4 – бачок; 5 – решетка; 6 – образец-лепешка; 7 – резиновый шланг

Цемент соответствует требованиям стандарта, если на лицевой поверхности лепешек не обнаружено радиальных, доходящих до краев трещин или сетки мелких трещин, видимых невооруженным глазом, а также каких-либо искривлений и увеличений объемов лепешек (рис.7).

Искривления обнаруживают при помощи линейки, прикладываемой к плоской поверхности лепешки, при этом искривления не должны превышать 2 мм на краю или в середине лепешки.

В том случае, когда образцы-лепешки не выдержали испытание на равномерность объема, цемент признается недоброкачественным (рис.8). В нем имеется наличие свободных CaO и MgO, которые будут гаситься с увеличением объема в уже затвердевшем цементном камне,

а это приведет к неравномерным деформациям и образованию трещин в твердеющих бетонах и растворах.



а)

б)

Рис. 7. Образцы, выдержавшие испытания на равномерность изменения объема: а) нормальное изменение объема; б) трещины усыхания



а)

б)

в)

Рис. 8. Образцы, не выдержавшие испытания на равномерность изменения объема: а) разрушение; б) радиальные трещины; в) искривление

### 3.5. Определение прочности (марки) цемента

Марку цемента устанавливают по показателям предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером  $40 \times 40 \times 160$  мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора состава 1:3 нормальной консистенции и твердевших во влажных условиях 28 сут при температуре  $(20 \pm 2)$  °С.

#### 3.5.1. Определение консистенции цементного раствора

Консистенция цементного раствора характеризуется распылом конуса на встряхивающем столике.

Для определения консистенции цементного раствора отвешивают 1500 г нормального песка и 500 г цемента, высыпают их в предварительно протертую мокрой тканью сферическую чашу, перемешивают цемент с песком в течение 1 мин. Затем в центре сухой смеси делают

лунку, вливают в нее воду в количестве 200 г ( $V/C=0,40$ ), дают воде впитаться в течение 0,5 мин и перемешивают смесь в течение 1 мин.

Форму-конус с центрирующим устройством устанавливают на диск встряхивающего столика (рис.9). Внутреннюю поверхность конуса и диск столика перед испытанием протирают влажной тканью.

По окончании перемешивания заполняют раствором форму-конус на половину высоты и уплотняют 15 штыкованиями металлической штыковкой. Затем заполняют конус раствором с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. После уплотнения верхнего слоя избыток раствора удаляют ножом вровень с краями конуса, затем конус снимают в вертикальном направлении.

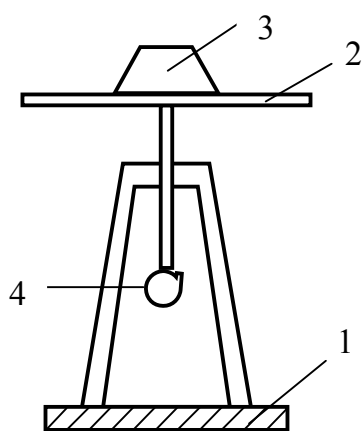


Рис. 9. Схема встряхивающего столика:

- 1 – станина; 2 – стол;
- 3 – конус-форма;
- 4 – эксцентрик

Раствор встряхивают на столике 30 раз (за  $30 \pm 5$  с), после чего штангенциркулем измеряют диаметр конуса по нижнему основанию в двух взаимно-перпендикулярных направлениях и берут среднее значение. Распływ конуса с  $V/C=0,40$  должен быть в пределах 106–115 мм. При меньшем расплыве конуса раствор готовят заново, несколько увеличивая количество воды затворения, при большем расплыве конуса количество воды уменьшают.

Водопотребность раствора выражают в виде водоцементного отношения и пользуются им при приготовлении раствора для изготовления образцов-балочек.

### ***3.5.2. Изготовление и хранение образцов-балочек***

Приготовленный раствор нормальной консистенции используют для изготовления образцов. Для этого применяют разъемные металлические формы.

Перед изготовлением образцов внутреннюю поверхность стенок форм и поддона слегка смазывают машинным маслом. Для уплотнения раствора формы балочек жестко закрепляют на виброплощадке, форму по высоте наполняют приблизительно на 1 см раствором и включают виброплощадку. В первые 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. По истечении 3 мин от начала вибрации виброплощадку отключают,

форму снимают с виброплощадки, срезают ножом, смоченным водой, излишек раствора, заглаживают поверхность образца вровень с краями формы и маркируют их.

После приготовления образцы в формах хранят  $24 \pm 1$  ч в ванне с гидравлическим затвором или в шкафу, обеспечивающим относительную влажность воздуха не менее 90 %. Затем образцы осторожно расформовывают и укладывают в ванну с водой в горизонтальном положении так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Вода должна покрывать образцы не менее чем на 2 см. Воду меняют через каждые 14 сут. Температура воды должна быть  $20 \pm 2$  °С.

По истечении срока хранения образцы вынимают из воды и не позднее чем через 30 мин подвергают испытанию. Непосредственно перед испытанием образцы должны быть вытерты.

### ***3.5.3. Определение предела прочности при изгибе***

Величину предела прочности при изгибе определяют при помощи машины МИИ-100 (см. рис.4, а). На счетчике остается показание предела прочности при изгибе. Сняв половинки балочек, рукоятку управления опускают в крайнее нижнее положение. При этом машина возвращает груз в начальное положение, а счетчик сбрасывает показания до нуля.

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

### ***3.5.4. Определение предела прочности при сжатии***

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. При этом используют нажимные пластинки для передачи нагрузки на половинки образцов-балочек. Половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой поверхности образца (см. рис.4, б). Образец вместе с пластинами центрируют на опорной плите прессы. Средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть  $(2 \pm 0,5)$  МПа/с. Рекомендуется использовать

приспособление, автоматически поддерживающее стандартную скорость нагружения образца.

Предел прочности при сжатии образца вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки  $F$  (кгс) на рабочую площадь пластинки  $S$  (см<sup>2</sup>), т.е. на 25 см<sup>2</sup>:

$$R_{сж} = \frac{F}{S} .$$

Предел прочности при сжатии образца вычисляют как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания шести образцов.

### 3.6. Требования ГОСТ 10178 к цементу

Предел прочности цемента при изгибе и сжатии должен быть не менее значений, указанных в табл. 5.

Таблица 5

| Обозначение цемента | Гарантированная марка | Предел прочности, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) |          |                            |            |
|---------------------|-----------------------|--|----------|----------------------------|------------|
|                     |                       | при изгибе в возрасте, сут                   |          | при сжатии в возрасте, сут |            |
|                     |                       | 3  | 28       | 3                          | 28         |
| ПЦ-Д0,<br>ПЦ-Д5     | 300                   | –  | 4,4 (45) | –                          | 29,4 (300) |
| ПЦ-Д20,<br>ШПЦ      | 400                   | –  | 5,4 (55) | –                          | 39,2 (400) |
|                     | 500                   | –  | 5,9 (60) | –                          | 49,0 (500) |
|                     | 550                   | –  | 6,1 (62) | –                          | 53,9 (550) |
|                     | 600                   | –  | 6,4 (65) | –                          | 58,8 (600) |
| ПЦ-Д20-Б            | 400                   | 3,9 (40)                                     | 5,4 (55) | 24,5 (250)                 | 39,2 (400) |
|                     | 500                   | 4,4 (45)                                     | 5,9 (60) | 27,5 (280)                 | 49,0 (500) |
| ШПЦ-Б               | 400                   | 3,4 (35)                                     | 5,4 (55) | 19,6 (200)                 | 39,2 (400) |

Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы через сито с сеткой № 008 проходило не менее 85 % массы просеиваемой пробы.

Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 45 мин, конец – не позднее 10 ч от начала затворения.

Цемент должен показывать равномерность изменения объема при испытании образцов кипячением в воде.

Требования к физико-механическим свойствам цементов по ГОСТ 31108 будут рассмотрены в методических указаниях «Испытание цемента с использованием полифракционного песка».

## Контрольные вопросы

1. Понятие о минеральных вяжущих веществах. На какие группы делят минеральные вяжущие?
2. Понятие о тонкости помола минеральных вяжущих веществ. Как влияет тонкость помола вяжущего на качество вяжущего теста и камня?
3. Метод определения тонкости помола гипсовых вяжущих веществ. На какие группы по тонкости помола делят гипсовые вяжущие?
4. Метод определения тонкости помола цемента. Каковы требования стандарта к тонкости помола портландцемента?
5. Понятие о нормальной густоте вяжущего теста. В чем выражается этот показатель?
6. Метод определения стандартной консистенции (нормальной густоты) гипсового теста.
7. Почему при определении нормальной густоты гипсового теста строго регламентируются сроки перемешивания? С какой целью в гипсовое тесто вводят количество воды, в несколько раз больше, чем требуется для прохождения химических реакций?
8. Метод определения нормальной густоты цементного теста. Влияет ли увеличение количества воды затворения на прочность цементного камня?
9. Понятие о сроках схватывания вяжущих веществ.
10. Метод определения сроков схватывания гипсовых вяжущих веществ. На какие группы по срокам схватывания делят гипсовые вяжущие?
11. Метод определения сроков схватывания цемента. Каковы требования стандарта к портландцементу по срокам схватывания?
12. Метод определения равномерности изменения объема цемента при твердении. В результате чего цемент может неравномерно изменять свой объем при твердении?
13. Метод определения марки гипсовых вяжущих (по прочности).
14. Метод определения марки цемента (по прочности). В каких условиях выдерживают образцы цемента для определения марки?
15. Как определяют консистенцию цементно-песчаного раствора?
16. Укажите различие понятий «активность» и «марка» цемента.
17. Какие марки установлены для портландцемента и его разновидностей?



18. Из каких данных должно состоять условное обозначение цемента? Приведите примеры.
19. Метод определения суммарного содержания активных оксидов кальция и магния в воздушной извести.
20. Метод определения времени гашения извести. На какие группы по скорости гашения делят известь?
21. Метод определения содержания непогасившихся зерен в извести. Какие зерна не способны к гашению?

### Библиографический список

1. *Рыбьев И.А.* Материаловедение в строительстве / *И.А. Рыбьев, Е.П. Казеннова, Л. Г. Кузнецова, Т.Е. Тихомирова.* – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
2. *Попов К.Н.* Оценка качества строительных материалов: учебное пособие / *К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков.* – М.: АСВ, 2001. – 240 с.
3. Минеральные вяжущие вещества: методические указания к лабораторной работе / сост. Л.А. Карабут. – Омск: Изд-во СибАДИ, 1999. – 27 с.
4. ГОСТ 125-79. Вяжущие гипсовые. Технические условия.
5. ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний.
6. ГОСТ 9179-77. Известь строительная. Технические условия.
7. ГОСТ 22688-77. Известь строительная. Методы испытаний.
8. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
9. ГОСТ 310.1-76. Цементы. Методы испытаний. Общие положения.
10. ГОСТ 310.2-76. Цементы. Методы определения тонкости помола.
11. ГОСТ 310.3-76. Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема.
12. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.
13. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия.

Табл. П.1.1

**Определение времени гашения извести воздушной**

|                         |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| Время гашения, мин      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9... |
| Температура гашения, °С |   |   |   |   |   |   |   |   |      |

Табл. П.1.2

**Определение нормальной густоты гипсового теста**

| Показатель             | Ед. изм. | № состава |   |   |
|------------------------|----------|-----------|---|---|
|                        |          | 1         | 2 | 3 |
| Расход гипса           | г        |           |   |   |
| Расход воды            | мл       |           |   |   |
| Диаметр расплыва теста | мм       |           |   |   |
| Нормальная густота     | %        |           |   |   |

Табл. П.1.3

**Определение марки гипса по прочности**

| Показатель                                   | № образца |   |   |   |   |   |                  |
|--|-----------|---|---|---|---|---|------------------|
|  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Среднее значение |
| Предел прочности при изгибе, МПа             |           |   |   | – | – | – |                  |
| Разрушающая нагрузка, кгс                    |           |   |   |   |   |   |                  |
| Площадь образца (пластинки), см <sup>2</sup> |           |   |   |   |   |   |                  |
| Предел прочности при сжатии, МПа             |           |   |   |   |   |   |                  |
| Марка гипса                                  |           |   |   |   |   |   |                  |

Табл. П.1.4

**Определение нормальной густоты цементного теста**

| Показатель         | Ед. изм. | № состава |   |   |
|--------------------|----------|-----------|---|---|
|                    |          | 1         | 2 | 3 |
| Расход цемента     | г        |           |   |   |
| Расход воды        | мл       |           |   |   |
| Отчет по шкале     | мм       |           |   |   |
| Нормальная густота | %        |           |   |   |

Табл. П.1.5

**Определение консистенции цементного раствора**

| Показатель       | Ед. изм. | № состава |   |   |
|------------------|----------|-----------|---|---|
|                  |          | 1         | 2 | 3 |
| Расход цемента   | г        |           |   |   |
| Расход песка     | г        |           |   |   |
| Расход воды      | мл       |           |   |   |
| Диаметр расплыва | мм       |           |   |   |
| В/Ц раствора     | —        |           |   |   |

Табл. П.1.6

**Определение марки цемента по прочности**

| Показатель                                   | № образца |   |   |   |   |   | Среднее значение |
|--|-----------|---|---|---|---|---|------------------|
|  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |                  |
| Предел прочности при изгибе, МПа             |           |   |   | — | — | — |                  |
| Разрушающая нагрузка, кгс                    |           |   |   |   |   |   |                  |
| Площадь образца (пластинки), см <sup>2</sup> |           |   |   |   |   |   |                  |
| Предел прочности при сжатии, МПа             |           |   |   |   |   |   |                  |
| Марка цемента                                |           |   |   |   |   |   |                  |

*Приложение 2***Область применения строительной извести**

| Отрасль   | Область применения   |
|---|--|
| Строительство   | Кладочные растворы, отделочные работы                                      |
| Промышленность строительных материалов                    | Производство силикатного кирпича и стеновых силикатобетонных изделий       |
| Металлургия   | Выплавка стали, агломерация железных руд и флюсование руд цветных металлов |
| Химия   | Производство соды, карбида, гипохлорида, кальция, магнезия и щелочей       |
| Пищевая промышленность                                    | Производство сахара  |
| Целлюлозно-бумажная                                       | Регенерация каустизированного шлама  |
| Энергетика, сантехника, сельское и коммунальное хозяйство | Химводоочистка, дезинфекция, обработка почвы, сточных вод и прочие нужды   |

**Область применения гипсовых вяжущих**

| Область применения гипсовых вяжущих  | Рекомендуемая марка и вид   |
|--|---|
| Изготовление гипсовых строительных изделий всех видов  | Г-2...Г-7, всех сроков твердения и степеней помола                        |
| Изготовление тонкостенных строительных изделий и декоративных деталей  | Г-2...Г-7, тонкого и среднего помола, быстрого и нормального твердения    |
| Производство штукатурных работ, заделка швов и специальные цели  | Г-2...Г-25, нормального и медленного твердения, среднего и тонкого помола |
| Изготовление форм и моделей в фарфоро-фаянсовой, керамической, машиностроительной и других отраслях промышленности, а также медицине | Г-5...Г-25, тонкого помола с нормальными сроками твердения                |
| Для медицинских целей  | Г-2...Г-7, быстрого и нормального твердения, среднего и тонкого помола    |

Область применения цементов в строительстве

| Вид и марка цемента  | Основное назначение  | Применение  |  |
|--|--|---|--|
|  |  | допускается   | не допускается   |
| 1  | 2  | 3   | 4  |
| Портландцемент марок М600 и М550                               | Для бетонов класса В40 и выше и жаростойкого бетона  | Для аварийно-восстановительных работ. При реконструкции промышленных предприятий, зданий и сооружений | Для монолитных бетонных и железобетонных конструкций, где не используются свойства этих цементов (быстрое твердение, прочность).<br>Для конструкций, подвергающихся действиям мин. вод со степенью минерализации, превышающей нормы агрессивности воды-среды |
| То же, М500  | Для бетонов классов В25-В35  |   |  |
| То же, М400  | Для бетонов классов В15-В25 и жаростойкого бетона  |   |  |
| То же, М300  | Для бетонов класса В10 и ниже и жаростойкого бетона  |   |  |
| Пластифицированный портландцемент марок М300, М400, М500, М550 | Для конструкций, подвергающихся систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию (в пресной воде).<br>Для обычных конструкций                                   | При бетонировании в условиях сухой и жаркой погоды  |  |
| Гидрофобный портландцемент марок М300 и М400                   | Для конструкций, подвергающихся систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию (в пресной воде).<br>В случае длительного транспортирования и хранения цемента | При бетонировании в условиях сухой и жаркой погоды  | Для конструкций, подвергающихся действиям мин. вод со степенью минерализации, превышающей нормы агрессивности воды-среды   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

Продолжение прил. 4

| 1  | 2   | 3   | 4   |
|--|---|---|---|
| Сульфатостойкий портландцемент марок М300 и М400       | Для конструкций, подвергающихся действию сульфатных вод, в условиях переменного горизонта воды, при систематическом попеременном замораживании и оттаивании, увлажнении и высыхании | Для конструкций, подвергающихся систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию (в пресной воде)  | Для бетонных и железобетонных конструкций, не подвергающихся действию агрессивных сред  |
| Тампонажный портландцемент                             | Для тампонируемых нефтяных и газовых скважин  | Для обычных конструкций   | Для конструкций, подвергающихся действиям мин. вод со степенью минерализации, превышающей нормы агрессивности воды-среды  |
| Шлакопортландцемент марок М200, М300, М400, М500, М550 | Для надземных, подземных и подводных конструкций, подвергающихся действию пресных и мин. вод.<br>Для внутримассивного бетона гидротехнических сооружений                            | При возведении конструкций в сухую и жаркую погоду при обеспечении влажного выдерживания.<br>Для конструкций из жаростойкого бетона | Для к-ций, подвергающихся систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию. При пониженных температурах (ниже 10 °С) без искусственного обогрева, за исключением массивов, выдерживаемых по методу термоса |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Быстротвердеющий шлакопортландцемент марок М400, М500 | Для бетонов класса В15 и выше с повышенной начальной прочностью и жаростойкого бетона | Для надземных, подземных и подводных к-ций, подвергающихся действию мин. вод.<br>Для к-ций возводимых при температурах ниже 10 °С.<br>Для к-ций из жаростойкого бетона | Для зон гидротехнических сооружений, находящихся на переменном горизонте воды и подвергающихся систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию |
|---|---|--|--|

Окончание прил. 4

| 1  | 2  | 3   | 4   |
|--|--|---|---|
| Пуццолановый портландцемент марок М200-400               | Для подземных и подводных конструкций, подвергающихся действию пресных вод   | Для надземных, конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности, при влажном выдерживании.                        | Для конструкций, подвергающихся систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, увлажнению и высыханию. В зимних условиях, если применение не предусмотрено проектом. При температурах ниже 10 °С без искусственного обогрева, кроме прогреваемых по методу термоса. Для надземных, подземных и подводных конструкций, в которых температура бетона может подняться выше 30 °С |
| Глиноземистый цемент марок М400, М500, М550, М600        | При необходимости получения высокой прочности бетона в короткие сроки при темп. окр. среды ниже 20 °С. При систематическом попеременном замораживании и оттаивании или увлажнении, а также при зимнем бетонировании. Для жаростойких и некоторых химически стойких бетонов | Для подводных и подземных конструкций, подвергающихся действию мин. вод   |   |
| Гипсоглиноземистый расширяющийся цемент марок М400, М500 | Для получения безусадочных и расширяющихся водонепроницаемых бетонов, гидроизоляционных штукатурок   | Для зачеканки швов и растресковок при рабочем давлении до 1 МПа, создаваемом в течении 24 ч с момента окончания зачеканки | Для производства строительных работ при температуре ниже 0 °С без обогрева, при реконструкции промышленных предприятий. При работе кон-   |

|                                      |   |   |   |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Напрягающий цемент марки М400 и выше | Для получения расширяющихся напрягающих бетонов, гидроизоляц. штукатурок, заделки стыков к-ций, заделки фундаментных болтов | При усилении конструкций, омоноличивании стыков, установке анкеров самоуплотняющихся покрытий | струкций в эксплуатационных условиях при температуре выше 80 °С |
| Низкотермичный цемент                | Для получения бетонов с низкой экзотермией  | Для массивных сложной конфигурации к-ций, для обеспечения высокой плотности бетона            |   |



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 3  |
| 1. Испытание воздушной извести.....   | 5  |
| 1.1. Определение суммарного содержания активных окисей кальция и магния в кальциевой извести..... | 5  |
| 1.2. Определение содержания непогасившихся зерен.....   | 6  |
| 1.3. Определение степени дисперсности порошкообразной извести.....                                | 6  |
| 1.4. Определение температуры и времени гашения извести.....                                       | 7  |
| 1.5. Требования ГОСТ 9179 к извести.....  | 7  |
| 2. Испытание строительного гипса.....   | 8  |
| 2.1. Определение тонкости помола.....   | 9  |
| 2.2. Определение нормальной густоты.....  | 9  |
| 2.3. Определение сроков схватывания.....  | 10 |
| 2.4. Определение предела прочности при изгибе и сжатии .....                                      | 11 |
| 2.5. Требования ГОСТ 125 к строительному гипсу.....   | 13 |
| 3. Испытание цемента.....   | 14 |
| 3.1. Определение тонкости помола.....   | 15 |
| 3.2. Определение нормальной густоты .....   | 16 |
| 3.3. Определение сроков схватывания.....  | 17 |
| 3.4. Определение равномерности изменения объема цемента.....                                      | 17 |
| 3.5. Определение прочности (марки) цемента.....   | 19 |
| 3.5.1. Определение консистенции цементного раствора.....  | 19 |
| 3.5.2. Изготовление и хранение образцов-балочек.....  | 20 |
| 3.5.3. Определение предела прочности при изгибе.....  | 21 |
| 3.5.4. Определение предела прочности при сжатии.....  | 21 |
| 3.6. Требования ГОСТ 10178 к цементу.....   | 22 |
| Контрольные вопросы.....  | 23 |
| Библиографический список.....   | 24 |
| Приложения.....   | 25 |

*Учебное издание*

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Методические указания к лабораторной работе

Составитель Елена Викторовна Гурова

\* \* \*

Редактор Н.И. Косенкова

\* \* \*

Подписано к печати \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2011  
Формат 60×90 1/16. Бумага писчая  
Оперативный способ печати.  
Гарнитура Times New Roman  
Усл. п.л. , уч.-изд.л. \_\_\_\_  
Тираж 150 экз. Заказ № \_\_\_\_  
Цена договорная

Издательство СибАДИ  
644099, Омск, ул. П. Некрасова, 10  
Отпечатано в подразделении ОП издательства СибАДИ







